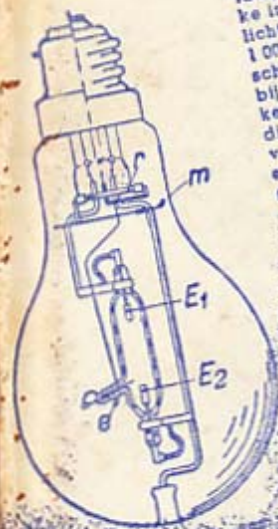


HOOFDSTUK VII. HOOGEDRUK-KWIKLAMPEN.

Door het spectrum van het kwiklicht in verband met de geringe kleurherkenningsmogelijkheid een beperking van de toepassingsmogelijkheid van de toepassingmogelijkheid reeds dedenkende, heeft het kwikmenglicht reeds dedenking gevonden.



Het bleek echter, dat de hoogedruk-kwiklampen type HO wellicht slechts met ke immers slechts met lichtstromen van 1.000 en 2.000 Dim be- schikbaar zijn, vooral bij de meest gebrui- kelijke meagverhou- dingen voor binnen- verlichting van 1. en hooger, tot oeven- redig grote eenhe- den, bereikende.



De natriumlamp type SO is in het vacuümglas, w. m. lichtdicht ge- maakt, welke aan het uiteinde van een vork te voorzien, waarmee de vacuümglas geconcentreerd is, zodat zij niet kan rammen, vee- rend penne, waarmee de porcelaine ring van het vacu- ümglas is vastgezet.

De natriumlamp, welke noodig is om het natrium in dampvorm te houden, wordt ook door de toegevoerde energie, zodat het voor een goede economie noodig is, verliezen zooveel mogelijk te beperken. Daartoe is op een zgn. vacuümglas. Dit is een om de lamp een dubbelwandige en tusschen deze wanden, luc- kompie glazen stols, als het ware, een thermische isolatie te bereiken, die de lampen in de lampen- omgeving te behouden.



IR.C.TH.HAVERKORN VAN RIJSEWIJK NATRIUM-EN KWIKLAMPEN

TABEL III.

Lamp type	Nominale lichtstr. Dim.	125 V. 220 V.				125 V. 220 V.				125 V. 220 V.			
		70	66	36	38	70	66	36	38	70	66	36	38
Natriumlampen	SO 250	250				zonder	0,2	0,2	2,6	1,5			
	SO 400	400	85	81	47	49	zonder	0,28	0,26	2,6	1,14		
	SO 650	650	110	106	59	61	zonder	0,36	0,36	2,5	1,4		
	SO 1000	1000	172	165	88	91	zonder	0,97	0,98	0,9	0,5		
	HO 1000						zonder	0,36	0,34	3,8	2,1		

INHOUDSOPGAVE

Ter inleiding

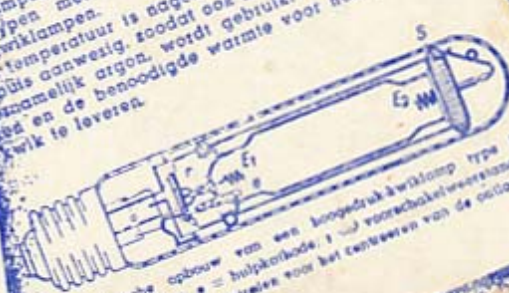
I. Het wesen van het licht (9). Golflengte (9). Voorkomende Energie-straling (9). Het spectrum van den temperatuur-stralingen (10). Het spectrum van den luminescentie-straler (11). Het spectrum van de kleuren (13). De spectrale verdeling (12). Het zien van kleuren (14). De ooggevoelig- energieverdeling der straling (14). De spectrale lichtstroomverdeling der straling (16).

II. Lichttechnische begrippen en eenheden (17). De licht- Vergelijkings-voorbeelden en overzicht (17). De licht- sterkte (18). De lichtsterkte (18). De verlichtings- sterkte (19). De helderheid (22).

III. Electrotechnische begrippen en eenheden (23). De spanning (23). De stroomsterkte (24). Overzicht (23). De energie (24). De weerstand (25). Het vermogen (24). De gelijkstroom (25). Wisselspanning en gelijkspanning (25). De zelfinductie (27). De impe- dantie (27). De faseverschil van de arbeidfactor (29). De wettelijke en het schijnbare vermogen (29). De wettelijke stroomsterkte (30). Smoorspoelen (31). Transformatoren (33). Condensatoren (34). Verbetering van den arbeidfactor (35).

IV. De werking van de gasontlading (36). Het aanslaan van een gas (36). De ontlading (37). De stabilisatie-weerstand (38). Spanningsverdeling in de ontladingsbuis (39). De invloed der electrode-constructie (40). De wissel- stroomontlading (40). Voorschakelapparaten voor wisselstroom (41). De veiligheids-schakeling (44). Lichtrendement van de gasontlading (44).

V. De natriumlampen (47). Spectrum en lichtkleur (49). Toepassingen (53).



DILIGENTIA - REEKS

In dezen tijd vragen telkens weer wetenschappelijke en technische onderwerpen onze aandacht, waarover wij té slecht georiënteerd zijn, om met vrucht de verdere ontwikkeling te kunnen volgen, er een eigen meening over te vormen, danwel om de theorie in de practijk om te zetten. De encyclopaedie geeft in deze te weinig, het studieboek voert ons vaak te ver. De Diligentia-Reeks beoogt daarom, *die* beknopte, maar deugdelijke, practische voorlichting te geven, waaraan op zoo menig gebied behoefte bestaat. Elk deeltje in deze serie vormt een afgerond geheel, geeft den lezer een helder beeld van het onderwerp, doch kan hem tevens dienen als inleiding tot verdere studie. De deeltjes verschijnen in een volgorde, welke door de actualiteit wordt bepaald.

WETENSCHAP EN TECHNIEK
IN DE PRACTIJK

Ter inleiding	Blz. 5
I. Het wezen van het licht	„ 9
Energie-straling (9). Golflengte (9). Voorkomende stralingen (10). Het spectrum van den temperatuur-straler (11). Het spectrum van den luminescentie-straler (12). Het zien van kleuren (13). De spectrale energieverdeeling der straling (14). De ooggevoelheidskromme (14). De spectrale lichtstroomverdeling der straling (16).	
II. Lichttechnische begrippen en eenheden	„ 17
Vergelijkings-voorbeelden en overzicht (17). De lichtstroom (18). De lichtsterkte (18). De verlichtingssterkte (19). De helderheid (22).	
III. Electrotechnische begrippen en eenheden	„ 23
Overzicht (23). De spanning (23). De stroomsterkte (24). Het vermogen (24). De energie (24). De weerstand (25). Gelijkspanning en gelijkstroom (25). Wisselspanning en wisselstroom (25). De zelfinductie (27). De impedantie (27). De phaseverschuiving; de arbeidsfactor (28). Het werkelijke en het schijnbare vermogen (29). De wattlooze stroomsterkte (30). Smoorspoelen (31). Transformatoren (33). Condensatoren (34). Verbetering van den arbeidsfactor (35).	
IV. De werking van de gasontlading	„ 36
Atomen en electronen (36). Het aanslaan van een gas (36). De ontlading (37). De stabilisatie-weerstand (39). Spanningsverdeling in de ontladingsbuis (39). De invloed der electrode-constructie (40). De wisselstroomontlading (40). Voorschakelapparaten voor wisselstroom (41). De veiligheids-schakeling (44). Lichtrendement van de gasontlading (44).	
V. De natriumlampen	„ 47
Bouw en werking (47). Spectrum en lichtkleur (49). Lichttechnische eigenschappen (50). Toepassingen (53).	

VI. De hoogedruk-kwiklampen	pag. 58
Bouw en werking (58). Spectrum, lichtkleur en eigenschappen (60). Het kwikmenglicht (61). De arbeidsfactor bij menglicht (62). Bijzondere uitvoeringen (62).	
VII. De superhoogedruk-kwiklampen	„ 64
Bouw en werking (64). Spectrum, lichtkleur en lichttechnische eigenschappen (66). Superhoogedruk-kwiklampen met kleurcorrectie (66). Superhoogedruk-kwikmenglichtlampen (68). Bijzondere uitvoeringen (71). Superhoogedruk-kwiklampen met waterkoeling (72).	
VIII. De lagedruk-kwiklampen	„ 81
Laagspannings-fluorescentiebuislampen (81). Hoogspannings-fluorescentiebuislampen (84).	
IX. De toepassingen van kwiklicht	„ 86
Utiliteits-buitenverlichting (86). Utiliteits-binnenverlichting (88). Huisverlichting (91). Reclame- en decoratieve verlichting (91). Speciale toepassingen (93).	
X. Andere gasontladingslampen	„ 94
De hoogspannings reclamelichtbuizen (94). De neonlampen (96). Glimlampen (98).	
Aanhangsel: Tabellen	„ 101
Tabel I, II, III, IV en V.	

EEN PROSPECTUS VAN DE DILIGENTIA-REEKS: WETENSCHAP
EN TECHNIEK IN DE PRACTIJK IS VERKRIJGBAAR IN DE
BOEKHANDEL EN BIJ DEN UITGEVER.

T E R I N L E I D I N G

De gasontladingslampen, en in het bijzonder de natrium- en kwiklampen zijn in vele opzichten een waardevolle, en voor sommige toepassingen zelfs onmisbare aanvulling van de hulpmiddelen der verlichtingstechniek, welke reeds door de geperfectioneerde gloeilampen in de laatste 10 jaren zulk een snelle ontwikkeling heeft doorgemaakt.

De eigenschappen van deze gasontladingslampen zijn echter voor het meerendeel zoozeer verschillend van die der gloeilampen, dat haar doelmatige toepassing eenig inzicht in lichttechnische en electrotechnische problemen vereischt, welke bij gloeilampenverlichtingen niet of nauwelijks van practisch belang zijn.

De moderne natrium- en kwiklampen staan, wat betreft bepaalde eigenschappen, bij de gloeilampen ten achter, terwijl zij door andere de prestaties van deze laatste in sommige opzichten verre overtreffen. Nu echter deze nog betrekkelijk nieuwe lichtbronnen sedert geruimen tijd het proefstadium ontgroeid zijn en tot een versnelling van de evolutie der verlichtingstechniek aanleiding geven, is bij velen de behoefte ontstaan zich, zonder diepgaande beschouwingen, van de werking, eigenschappen en mogelijkheden dezer lampen op de hoogte te stellen. Het is de bedoeling van dit boekje aan dat verlangen te voldoen, waartoe tevens eenige grondbeginselen der lichttechniek en electrotechniek besproken worden, welke voor een goed inzicht noodig zijn, zonder echter aanspraak op volledigheid te willen maken. Daarbij wordt een overzicht gegeven van de in Nederland meest gebruikte en door de N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken gefabriceerde typen, waarvan de meeste voor continentaal Europa ge-

standaardiseerd zijn, zoodat daarmede tevens een overzicht van andere fabrikaten is gegeven.

Behoudens de werking, de voornaamste eigenschappen alsmede de voor- en nadeelen deze gasontladingslampen worden daarbij een aantal toepassingen en globale richtlijnen besproken, welke echter in het bestek van dit boekje geenszins volledig kunnen zijn. Voor een juiste en doelmatige toepassing van deze nieuwste lichtbronnen is veelal de medewerking van den ervaren lichttechnicus onontbeerlijk.

Zoowel de natriumlampen als de kwiklampen in haar verschillende uitvoeringsvormen behooren, wat betreft het principe der lichtopwekking, tot de groep der gasontladingslampen. Teneinde een definitie van het begrip gasontladingslamp te geven is het dus noodig na te gaan waarop de lichtopwekking bij deze lichtbron berust. Daartoe bedenken we dat licht een vorm is van stralingsenergie, namelijk dat zeer kleine deel van de groote verscheidenheid der in de natuur voorkomende stralingen, dat door ons oog wordt waargenomen, en door onze hersens als licht wordt gewaardeerd. In het algemeen kan straling en daarmede ook licht, op twee wijzen opgewekt worden, men onderscheidt n.l. de temperatuurstraling en de luminescentiestraling.

Tot voor betrekkelijk korten tijd werd alleen de methode der temperatuurstraling voor de practische lichtopwekking toegepast. De lichtstraling werd opgewekt door op de een of andere wijze vaste stoffen bij hooge temperaturen te doen gloeien. Feitelijk zijn alle bekende lichtbronnen der historische ontwikkeling vanaf het vuur en de fakkel der oudheid tot en met de moderne electrische gloeilamp zulke temperatuurstralers, waarbij de warmte-ontwikkeling van het verbrandingsproces of tengevolge van den doorgang van den electrischen stroom de temperatuurverhooging veroorzaakt waardoor de straling wordt opgewekt.

Slechts een zeer gering gedeelte van de aldus opgewekte straling wordt door ons oog waargenomen en waardeeren we dus als licht. Verreweg het grootste deel is onzichtbare

warmtestraling, welke voor het eigenlijke doel van het licht, n.l. het zien, als verlies beschouwd kan worden. Zelfs bij de modernste elektrische gloeilampen van de typen, welke voor algemeene verlichtingsdoeleinden gebruikt worden, is dit verlies nog zeer groot en het is dus begrijpelijk, dat men heeft getracht andere methoden voor de praktische lichtopwekking te vinden met een hooger rendement, nadat het onmogelijk gebleken was de economie van de gloeilamp op doorslaggevende wijze te verhoogen.

De gasontladingslampen berusten op het luminescentieprincipe van stralingsopwekking, namelijk op de zgn. electroluminescentie.

Volgens dit principe wordt de straling opgewekt doordat electronen (uiterst kleine electrisch geladen deeltjes) met de atomen of moleculen van een gas in botsing komen, waardoor direct en dus zonder omweg via de warmte-ontwikkeling, straling geproduceerd wordt. Terwijl de gloeilamp relatief veel warmtestraling oplevert, is dit bij de luminescentiestralers altijd in veel mindere mate het geval. Weliswaar leveren ze soms een andere, eveneens onzichtbare straling, n.l. de ultraviolette stralen, welke echter, zooals we later zullen zien, ook aan de lichtproductie dienstbaar gemaakt kunnen worden, doch door de groote verscheidenheid der bestaande luminescentie-verschijnselen is men in staat diegene voor de constructie der gasontladingslampen te kiezen, waarvan de straling voornamelijk of geheel in het zichtbare gebied valt.

De economie der lichtproductie is veel grooter dan bij de gloeilamp, en hoewel ook hier verliezen optreden en het theoretische maximale rendement nog lang niet bereikt wordt, bedraagt het praktische rendement een veelvoud van dat der gloeilampen.

Het is daardoor in vele gevallen mogelijk geworden op een economische wijze de hoogere verlichtingsniveau's te bereiken, welke een efficient bedrijf bij kunstlicht vergemakkelijken, de oogen sparen en de werklust en prestatie stimuleeren.

De foto's in deze uitgave zijn afkomstig van het
Philips' Centraal Fotoarchief.

HET WEZEN VAN HET LICHT.

§ 1. ENERGIE-STRALING.

Om ons de energie-overbrenging door straling gemakkelijk voor te stellen kunnen we het beste van een voorbeeld gebruik maken.

Wanneer we een voorwerp in het water op en neer bewegen ondervindt deze beweging tegenstand van het water en moeten we dus arbeid verrichten. Indien het voorwerp aan de oppervlakte van het water bewogen wordt, ontstaan golven aan deze oppervlakte, die zich vanuit het punt der beweging in steeds grooter wordende kringen verbreiden.

Deze golven bezitten nu energie, welke het gevolg is van den door ons verrichten arbeid en zijn daardoor in staat op hun beurt arbeid te verrichten. Dit blijkt duidelijk uit het feit, dat een op het water drijvend voorwerp door deze golven op een neer bewogen en geschommeld wordt. Verder zien we, dat de golven zich niet tot in het oneindige verbreiden, maar geleidelijk uitsterven en verdwijnen. Daar nu volgens de natuurwetten energie niet vernietigd, doch hoogstens in een anderen vorm kan worden omgezet, moeten er bij dit energietransport onderweg verliezen optreden. Inderdaad wordt de energie van deze golven onderweg in warmte omgezet, en uiteindelijk zal het water door onzen arbeid een heel klein beetje verwarmd worden.

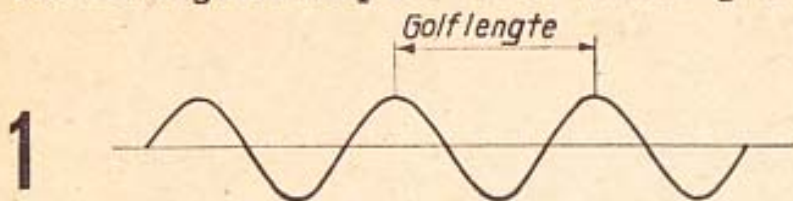
In het geval van een lamp als energiestraler stelt men zich nu voor dat deze, als ware het een radiozender in den onzichtbaren en ontastbaren æther, welke de wereldruimte vult, ook golven doet ontstaan, die zich echter niet als op het wateroppervlak kringvormig in een plat vlak bewegen, maar in alle richtingen vanuit het punt der evenwichtsverstoring. De energie wordt geheel als bij de radiogolven, welke eveneens tot de electromagnetische golven behooren, straalsgewijze uitgezonden en men spreekt dan ook van energiestraling.

§ 2. GOLFLENGTE.

Uit het bovenstaande is nu het begrip golflengte zonder meer duidelijk. De afstand tusschen twee golftoppen noemen we namelijk de golflengte (zie afb. 1).

De evenwichtsverstoring in het wateroppervlak bracht slechts een golfbeweging of trilling met één bepaalde golflengte

teweeg, evenals een radiozender. Een temperatuurstraler zendt daarentegen energie uit met een zeer groot aantal verschillende en opeenvolgende golflengten en terwijl de voortplantingssnelheid der golven op het wateroppervlak gering was, is die der electromagnetische aethertrillingen, waarop het energietransport door straling berust, zeer groot.



Afb. 1. Schematische voorstelling van een golf en van het begrip golflengte.

Deze snelheid, de snelheid van het licht, bedraagt 300 000 km/sec; zij is voor alle voorkomende stralingen, onverschillig

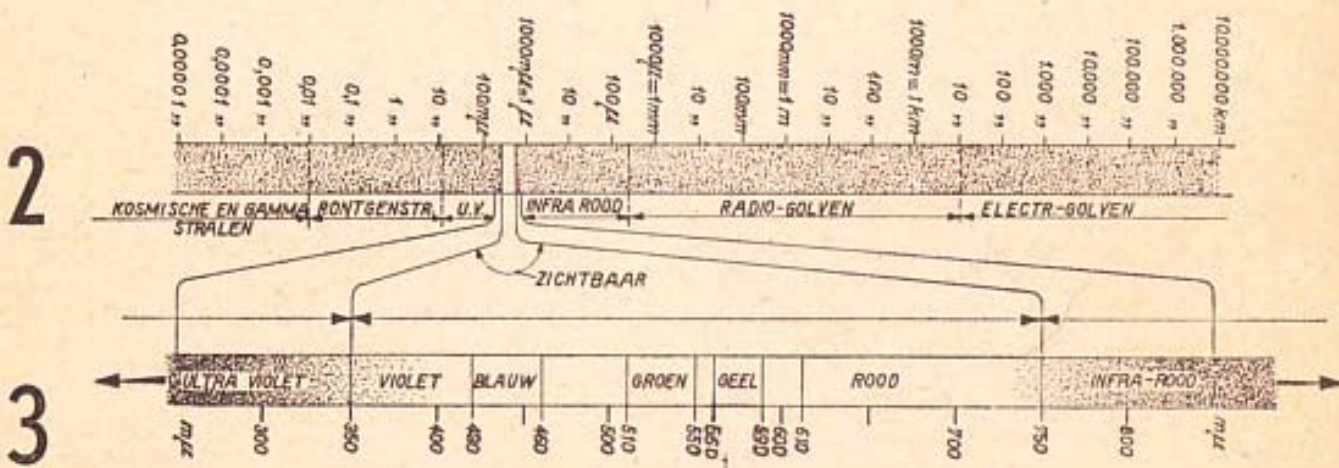
van welke golflengte, dezelfde. Echter is het aantal trillingen per seconde, het zgn. trillingsgetal van de evenwichtsverstoring, omgekeerd evenredig met de golflengte, en wel zoodanig, dat het product van deze waarden steeds gelijk is aan het constante bedrag der voortplantingssnelheid.

§ 3. VOORKOMENDE STRALINGEN.

Het aantal electromagnetische trillingen, ook wel aethertrillingen genaamd, dat zich in de wereldruimte voortplant, is vrijwel onbegrensd.

We kunnen ze elk met hun eigen trillingsgetal of golflengte aanduiden, doch ook ingedeeld in groepen of gebieden tusschen bepaalde golflengtegrenzen, naar hun eigenschappen of het gebruik dat de menschelijke techniek en wetenschap van hen maakt (zie afb. 2).

Beginnende met de zeer groote golflengten noemen we bijvoorbeeld den electrischen wisselstroom met een trillingsgetal van 50 (perioden per seconde), hetgeen volgens de genoemde omgekeerde evenredigheid overeenkomt met een golflengte van 6 000 km. Vervolgens komen de radiogolven van lange,



Afb. 2. (boven). Overzicht van de golflengten der voorkomende electromagnetische trillingen.

Afb. 3. (onder). Overzicht van het zichtbare spectrum.

middel en korte golflengten van ca. 20 km tot 1 m. De volgende groep stralen met kortere golflengten, van enkele meters tot enkele tienden van millimeters, wordt in de zgn. kortegolf-therapie en ook in de radiotechniek der ultrakortegolven toegepast, en zoo kunnen we afdalen naar de ook nog onzichtbare infrarode stralen die ons den indruk van warmte geven en golflengten hebben van enkele tienden van millimeters tot ca. 0,000 75 mm.

Als we de golflengten der nog volgende groepen met breuken in millimeters zouden willen aangeven, zou dit onpractisch groote getallen veroorzaken. Daarom maakt men, beginnende met de infrarode stralen, voor het aangeven van de golflengte meestal van andere lengte-eenheden gebruik. Deze zijn: de mikron = 0,001 mm, aangeduid door het teeken μ (uitgesproken mû) en voor nog „fijner werk“ de millikron = 0,000 001 mm en aangeduid met $m\mu$, ofwel de Ångström-eenheid, aangeduid met Å, welke gelijk is aan 0,1 $m\mu$. Zoo is dus $1 \text{ Å} = 0,000 1 \mu = 0,1 m\mu = 0,000 000 1 \text{ mm}$.

Het infrarode gebied kunnen we dus ook begrensd noemen tusschen golflengten van eenige duizenden mikrons en ca. 750 $m\mu$.

Het golflengtegebied der lichtstralen, dus der stralen welke door ons oog als licht worden waargenomen, ligt tusschen ca. 750 $m\mu$ en ca. 350 $m\mu$. Het is dit golflengtegebied dat, met een deel der aan de langgolvlige zijde aangrenzende infrarode stralen en een deel der aan de kortgolvlige zijde aangrenzende ultraviolette stralen, voor ons betoog van het meeste belang is. De ultraviolette stralen in het golflengtegebied van ca. 350 $m\mu$ tot ca. 10 $m\mu$ zijn wederom onzichtbaar, ze hebben zeer weinig warmtewerking, daarentegen een sterke scheikundige werking. Noch naar boven, noch naar onderen, wat de golflengte betreft, zijn de grenzen van het zichtbare stralingsgebied scherp te definieeren. De overgang naar de aangrenzende gebieden is zeer geleidelijk. Volledigheidshalve vermelden we nog eenige stralingsgroepen met nog kortere golflengten, en wel de röntgenstralen of X-stralen met golflengten tusschen ca. 10 $m\mu$ en ca. 0,01 $m\mu$, de zgn. Gammastralen van het radium en van radioactieve stoffen en tenslotte de kosmische of ruimtestralen, welke stralingen nog kortere golflengten dan 0,01 $m\mu$ bezitten.

§ 4. HET SPECTRUM VAN DEN TEMPERA- TUURSTRALER.

Wat betreft de samenstelling der straling uit verschillende golflengten, welke als licht van verschillende kleuren waargenomen worden, hebben alle temperatuurstralers de eigenschap gemeen, dat zij licht in alle golflengten tusschen de genoemde grenzen van het zichtbare gebied uitstralen.

Laat men dit licht door een glazen prisma vallen dan wordt het ontleed in een continue opeenvolging van kleuren, waarin achtereenvolgens de kleuren rood, oranje, geel, groen, blauw en violet vloeiend in elkaar over gaan. Dit noemt men een spectrum en indien, zooals hier, alle golflengten vertegenwoordigd zijn, dus elke kleurgroep in al haar nuances aanwezig is, spreekt men van een continu-spectrum.

We kunnen de kleuren in het zichtbare spectrum, wat betreft hun golflengten, ongeveer als volgt indeelen (zie afb. 3):

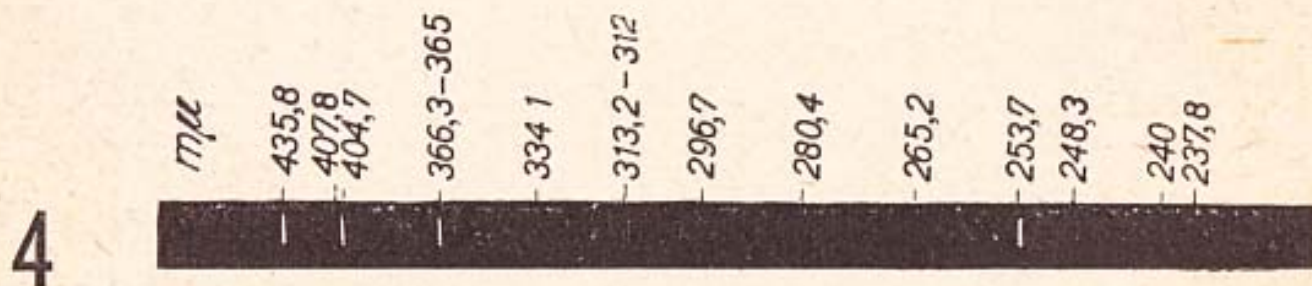
Het zichtbare spectrum	rood	van 750 m μ	tot 610 m μ
	oranje	" 610 "	" 590 "
	geel	" 590 "	" 560 "
	geelgroen	" 560 "	" 550 "
	groen	" 550 "	" 510 "
	groenblauw	" 510 "	" 460 "
	blauw	" 460 "	" 420 "
	violet	" 420 "	" 350 "

Voornamelijk in het infrarode gebied, maar ook in het ultraviolette stralingsgebied zet de temperatuurstraling zich continu over een bepaald gebied voort. Dit heet het onzichtbare spectrum.

§ 5. HET SPECTRUM VAN DEN LUMINESCENTIE-STRALER.

De luminescentiestraling is in tegenstelling met de temperatuurstraling gekenmerkt door een niet-continu-spectrum, dat bestaat uit lijnen of banden, overeenkomende met enkele

niet opeenvolgende golflengten of groepen van golflengten. Zoo bevat de straling van een gasontladingslamp in het algemeen slechts een aantal afzonderlijke stralen, elk door één bepaalde golflengte te definieeren, danwel één of een aantal stralengroepen, welke alle golflengten of nagenoeg alle tusschen hun uiterste grenzen bevatten. Men noemt dit een lijnenspectrum (zie afb. 4), resp. een bandenspectrum en de daar in voorkomende afzonderlijke spectraallijnen of banden zijn kenmerkend voor het in de betreffende gasontladingslamp toegepaste gas of den metaaldamp. Deze karakteristieke lijnen of banden komen niet alleen in het



Afb. 4. Voorbeeld van een lijnen-spectrum (lagedruk-kwiklamp).

zichtbare, doch ook in het onzichtbare spectrum van sommige gasontladingslampen voor en wel voornamelijk in het ultravioleto.

Zoowel licht met een continu-spectrum als met een lijnen- of banden-spectrum kan men met polychromatisch (veelkleurig) licht aanduiden. Monochromatisch (éénkleurig) licht komt in de praktijk bijna niet voor. Het later te bespreken natriumlicht, dat ten onrechte wel eens monochromatisch genoemd wordt, is strikt genomen niet volkomen monochromatisch, daar het behalve de bekende oranje-gele straling van bepaalde golflengte, ook nog enkele procenten straling in andere golflengten bevat. Werkelijk monochromatisch licht is feitelijk licht met slechts één golflengte.

§ 6. HET ZIEN VAN KLEUREN.

We kunnen de ons omringende voorwerpen slechts tengevolge van het licht, dat door deze voorwerpen naar ons oog wordt uitgestraald, waar-

nemen. Deze lichtstraling kan zoowel een primaire straling zijn indien het voorwerp zelf een lichtbron is, als een secundaire straling indien het voorwerp door een andere lichtbron bestraald, dus verlicht, wordt en een deel van het daar opgestraalde licht naar ons oog terugkaatst. Indien het noch zelf een straler is, noch bestraald wordt, zien we het niet; ook indien alle stralen die daar opgestraald worden door het voorwerp geabsorbeerd en geen gereflecteerd worden, is het voor ons onzichtbaar. Dit laatste kan dus bij een volkomen zwart voorwerp optreden.

In het algemeen zien we een voorwerp met een bepaalde kleur, en dit wordt veroorzaakt doordat stoffen de eigenschap bezitten stralen van bepaalde golflengten van het daar opvallende licht te absorbeeren, andere daarentegen te reflecteeren (selectieve reflectie). Een groen voorwerp schijnt dus groen te zijn omdat het alle stralen behalve de groene absorbeert en slechts de laatste reflecteert.

Bij een doorzichtig voorwerp gebeurt iets dergelijks: er worden bepaalde golflengten van de doorvallende straling geabsorbeerd, een ander deel met bepaalde kleur doorgelaten. Dit laatste deel bepaalt weer de kleur welke het voorwerp voor ons oog bezit.

Gecompliceerder wordt het geval wanneer het licht, waarbij we zien, niet alle kleuren bevat. Indien juist die kleur ontbreekt welke door het voorwerp kan worden gereflecteerd of doorgelaten, dan zien we het voorwerp niet of kleurloos. Theoretisch zou ons oog geen lichtindruk ontvangen en zouden we het dus niet zien. Zoo zou men bijvoorbeeld een zuiver blauw voorwerp onder monochromatisch geel licht niet

kunnen zien! Zoo'n vaart loopt het echter niet, aangezien noch volkomen monochromatisch licht, noch voorwerpen met volkomen monochromatische reflectie-eigenschappen in de praktijk voorkomen. In de praktijk ontstaat in een dergelijk geval dus meestal een sterke kleurverteekening of verkleuring.

Daar de gasontladingslampen geen continu-spectrum maar een lijnen-spectrum bezitten, is het dus voor de praktijk van groot belang om de kleursamenstelling van het licht dezer lampen goed te kennen. Het duidelijkste en meest overzichtelijke beeld van deze samenstelling krijgt men uit een diagram waaruit blijkt hoeveel licht van elke golflengte door de lichtbron wordt geleverd, de zgn. licht-golflengte-kromme. (zie ook tabel I).

§ 7. DE SPECTRALE ENERGIEVERDEELING DER STRALING.

Bij een continu-spectrum behoeft de energie, welke bij de verschillende golflengten wordt uitgestraald, niet even veel te zijn. Indien we bijvoorbeeld voor een 500 W gasgevulde

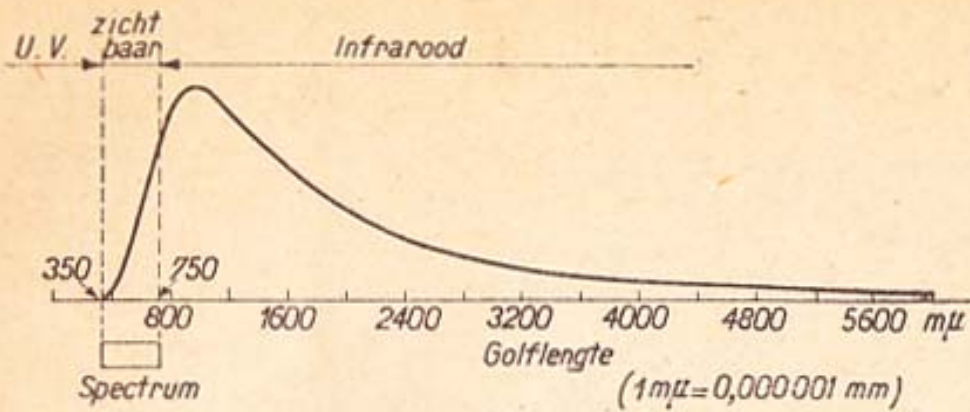
gloeilamp in een diagram de golflengten op een horizontale lijn uitzetten (afb. 5) en de door meting bepaalde energie, welke bij elk dier golflengten wordt uitgestraald, volgens een bepaalde maatstaf loodrecht daarop, dan ontstaat de zgn. energie-golflengte-kromme van deze lamp, welke de spectrale energie-verdeeling weergeeft. Het oppervlak tusschen de kromme en de horizontale as van het diagram is dan een maat voor de in een bepaalden tijd uitgestraalde energie en indien we de figuur begrenzen tusschen de golflengten 750 m_μ en 350 m_μ (afb. 6) stelt het oppervlak de energiestraling in het zichtbare spectrum van deze lamp voor.

Uit deze diagrammen blijkt welk een gering percentage van de totale energie door een gloeilamp in het zichtbare golflengtegebied wordt uitgestraald.

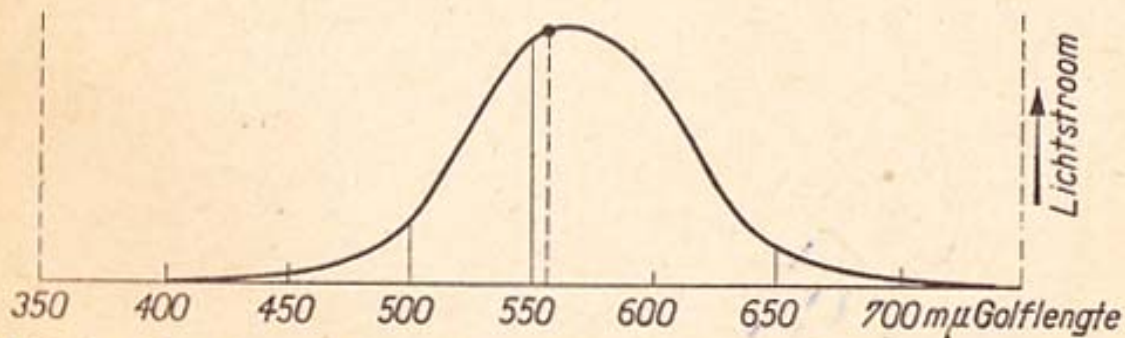
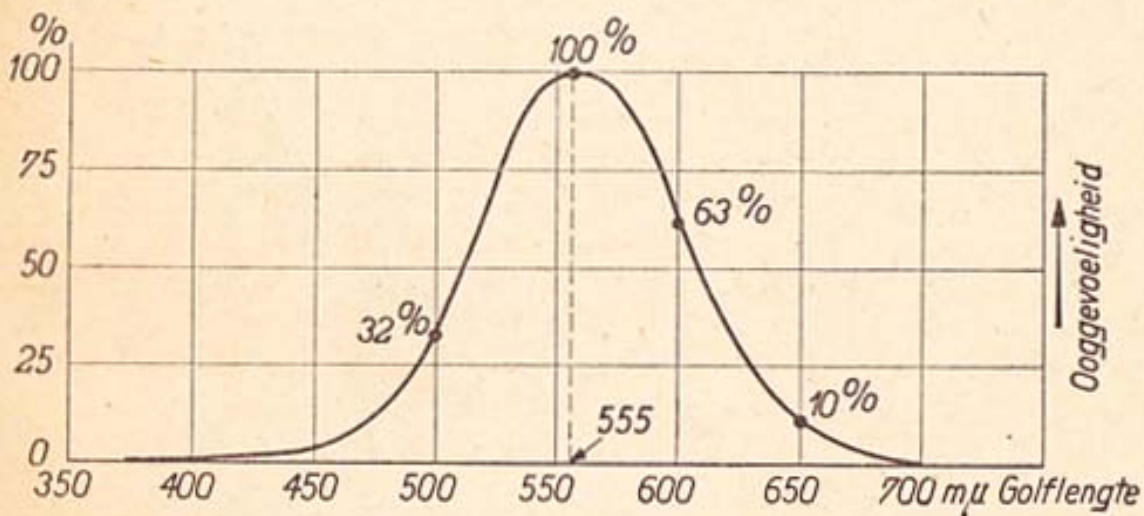
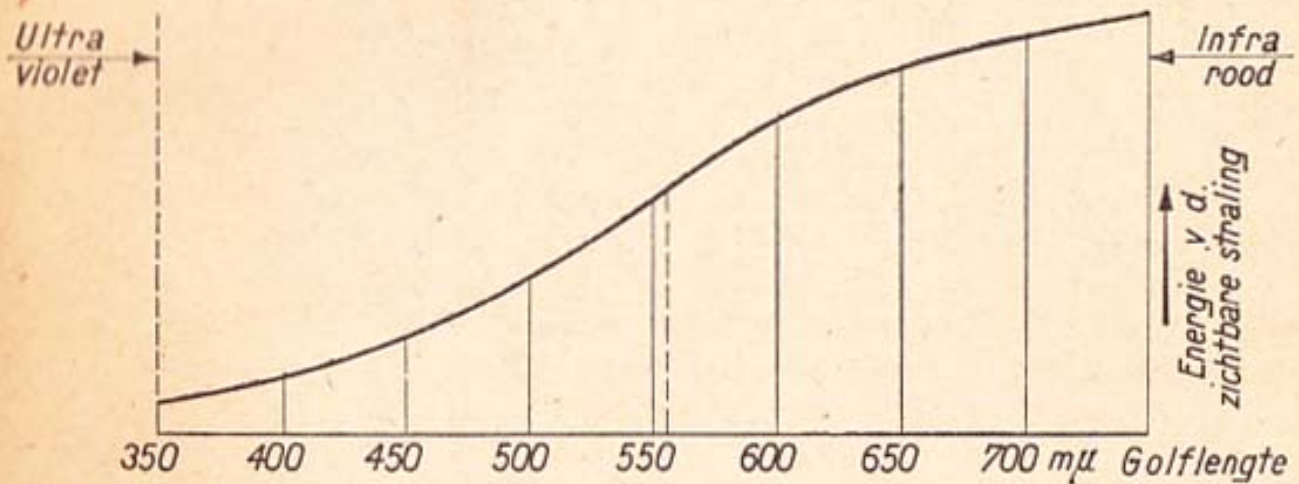
§ 8. DE OOGGEVOELIGHEIDSKROMME.

De sterke energiestraling in het infrarode deel van het spectrum van een gloeilamp is als een verlies te beschouwen, daar ons oog deze niet

als licht waarneemt. Maar ook in het zichtbare spectraalgebied is de gevoeligheid van het oog niet bij alle golflengten even groot. Naar aanleiding van metingen met een zeer groot aantal proefpersonen heeft men vastgesteld, dat het menschelijke oog gemiddeld het meest gevoelig is voor straling met een golflengte van 555 m_μ en dat de gevoeligheid zoowel voor grootere als voor kleinere golflengten afneemt. Indien men deze wisselende gevoeligheid voor de kleuren van het spectrum verticaal in procenten van de



Afb. 5. Energie-golflengte-kromme van een 500 watt gloeilamp.



Afb. 6. Energie-golflengte-kromme van een 500 watt gloeilamp in het zichtbare spectrum.

Afb. 7. Ooggevoeligheids-kromme.

Afb. 8. Licht-golflengte-kromme van een 500 watt gloeilamp.

maximale waarde bij geelgroen, in een diagram ten opzichte van een horizontale golflengteschaal uitzet, ontstaat de zgn. ooggevoeligheidskromme. Hieruit blijkt in welke mate ons oog de energie bij de verschillende golflengten als licht waardeert. De internationaal vastgestelde ooggevoeligheidskromme is in afb. 7 aangegeven.

§ 9. DE SPECTRALE LICHTSTROOM- VERDEELING DER STRALING.

Door de energiehoeveelheden per secunde uit het spectrale energieverdeelingsdiagram bij de verschillende golflengten te vermenigvuldigen met de overeenkomstige procentueele ooggevoeligheid, ontstaat de

licht-golflengte-kromme. Dit diagram (afb. 8) is voor de beoordeeling van de kleursamenstelling van een lichtsoort van het grootste belang. Voorts geeft het oppervlak tusschen deze kromme en de horizontale as de totale energiehoeveelheid aan welke per tijdseenheid wordt uitgestraald; zooals deze door het oog als licht gewaardeerd wordt. Indien men deze hoeveelheid deelt door de totale hoeveelheid gedurende hetzelfde tijdsdeel aan de lamp toegevoerde energie, dan verkrijgt men het visueel rendement of oogrendement van deze lichtbron.

Het diagram der spectrale lichtstroomverdeling geeft deze weliswaar voor een bepaalde lichtsoort of lichtbron zeer overzichtelijk aan, doch voor de onderlinge vergelijking van verschillende lichtsoorten is een andere methode meer geschikt. Dit is de zgn. vakjes-methode.

Uit onderzoekingen van Bouma blijkt, dat indien bij twee lichtsoorten de procentueele bijdragen tot den totalen lichtstroom in een beperkt aantal golflengtegebieden (vakjes) ongeveer gelijk is, bij deze lichtsoorten practisch dezelfde kleurweergave ontstaat. Voor deze beoordeeling heeft Bouma het zichtbare spectrum dus in een achttal vakjes ingedeeld, om dan door meting te bepalen welk percentage van den totalen lichtstroom van een bepaalde lichtbron in elk vakje valt.

Een overzicht van de lightsamenstelling van een aantal natuurlijke en kunstmatige lichtbronnen volgens deze vakjes-methode is in tabel I gegeven.



LICHTTECHNISCHE BEGRIPPEN EN EENHEDEN.

§ 10. VERGELIJKINGS-
VOORBEELDEN EN
OVERZICHT.

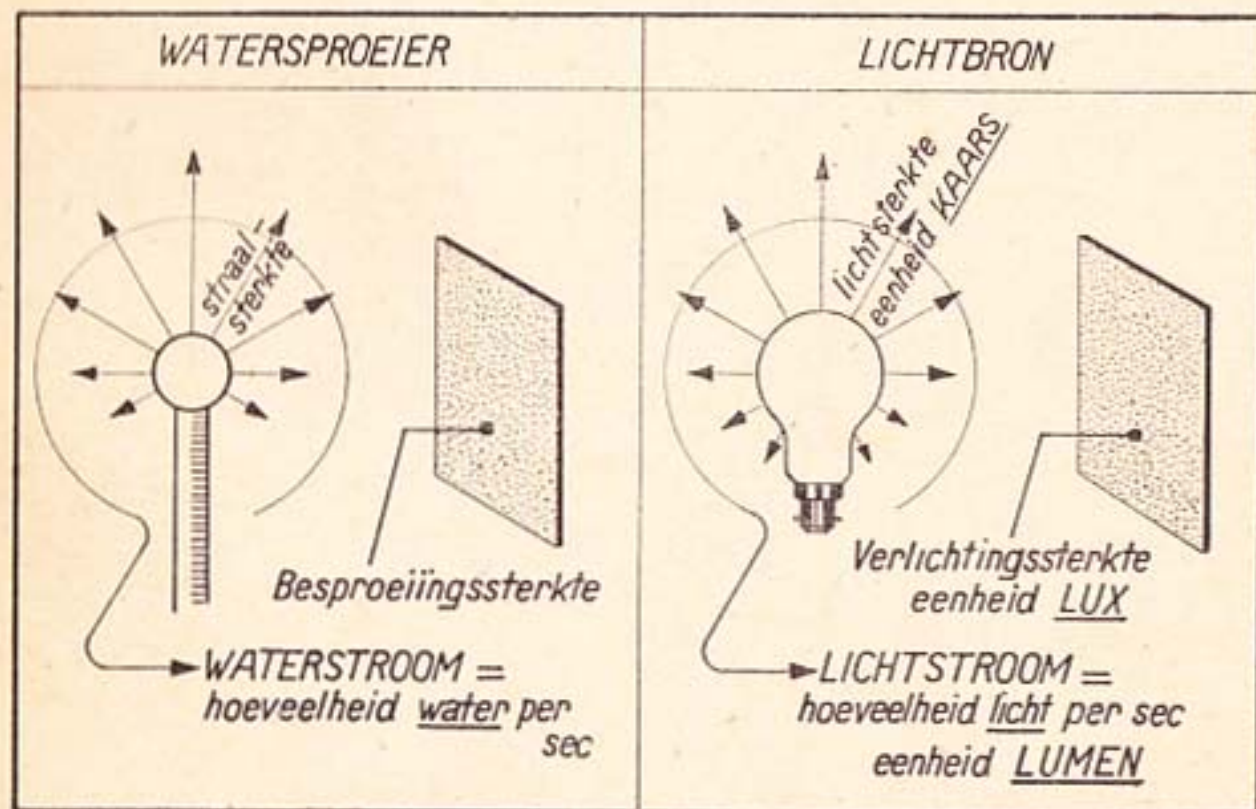
Hoewel de lichttechnische begrippen en de in de lichttechniek gebruikelijke eenheden, behoudens een enkele, weinig in het dagelijksche leven worden gebruikt en dus niet als bijvoorbeeld de maat- en gewichtseenheden, gemeengoed zijn, is het toch vrij gemakkelijk zich door middel van een vergelijkingsvoorbeeld een voorstelling van de voornaamste dezer begrippen en eenheden te vormen.

De voornaamste begrippen zijn:

de lichtstroom (ϕ) *	met de eenheid lumen (lm),
de lichtsterkte (I)	" " " kaars (k),
de verlichtingssterkte (E)	" " " lux (lx),
de helderheid (B)	" " " stilb (sb).

De letters achter de namen van de begrippen zijn de symbolen

*) De Grieksche hoofdletter ϕ wordt als „fi” uitgesproken.



Afb. 9. Vergelijkingsvoorbeeld ter verduidelijking van de voornaamste lichttechnische begrippen.

welke in formules en berekeningen worden gebruikt om deze grootheden aan te geven, terwijl die welke achter de namen der eenheden zijn vermeld de afkortingen van deze eenheden zijn.

Ter verduidelijking van deze begrippen kunnen we een lichtbron met een watersproeier vergelijken, waaruit naar alle richtingen water spuit (zie afb. 9):

waterstroom = hoeveelheid water per secunde in alle richtingen.	lichtstroom = hoeveelheid licht per secunde in alle richtingen.
straalsterkte = sterkte van een straal in een bepaalde richting.	lichtsterkte = sterkte van den lichtstroom in een bepaalde richting.
besproeiingssterkte = waterstroom per oppervlakte eenheid van het bespoten vlak.	verlichtingssterkte = lichtstroom per oppervlakte eenheid van het verlichte vlak.

De beide eerste begrippen zijn eigenschappen van de lichtbron zelf; de derde heeft betrekking op de vlakken of voorwerpen, welke door de lichtbron worden verlicht.

§ 11. DE LICHT-STROOM. (Φ)

Lumen (lm)
Dekalumen (Dlm)

De hoeveelheid licht, die per secunde in alle richtingen wordt uitgestraald en die de lichtstroom wordt genoemd, is wel het belangrijkste gegeven van een lichtbron.

Zij vormt het uitgangspunt voor de verlichtingsberekeningen; samen met het opgenomen vermogen of de „aansluitwaarde” bepaalt zij het rendement van de lichtbron. De verhouding van den lichtstroom in lumen tot het vermogen in watts wordt de „specifieke lichtstroom” genoemd. Zij wordt uitgedrukt in lm/W.

De eenheid dekalumen is tien keer zoo groot als de lumen. De praktische beteekenis van deze eenheid ligt daarin dat zij vrijwel gelijk is aan de eenheid „kaars”, die vroeger, o.a. bij de gloeilampen algemeen werd gebruikt om het lichtgevend vermogen aan te geven (zie § 12).

§ 12. DE LICHT-STERKTE. (I)

Kaars (k)

De kaars, oorspronkelijk bedoeld als maat voor de lichtsterkte van een lichtbron in één bepaalde richting, is dat strikt genomen ook nu nog; dat zij daarnaast bij het publiek zeer

sterk is ingeburgerd als maat van de totale hoeveelheid licht, die een lamp geeft, is aan het volgende toe te schrijven:

Men vergeleek vroeger de prestaties van petroleumlampen, staande gasgloeikousjes en vacuum-metaal draadlampen door meting van de „gemiddelde horizontale lichtsterkte“. Deze werd in „kaarsen“ uitgedrukt, een afkorting van „gemiddelde horizontale kaarsen“. Het gemiddelde van de lichtsterkte in alle richtingen, de „gemiddelde sferische lichtsterkte“ genoemd, zou een zuiverder maat voor de totale hoeveelheid licht zijn geweest, maar het bepalen daarvan was destijds zeer omslachtig en voorts was het probleem niet zóó belangrijk, daar de verhouding tusschen de gemiddelde horizontale lichtsterkte en de gemiddelde sferische lichtsterkte bij de genoemde lampen vrijwel gelijk was. Een gloeilamp van 100 (horizontale) kaarsen had een gemiddelde sferische lichtsterkte van ca. 80 kaarsen. Den lichtstroom verkrijgt men door de gemiddelde sferische lichtsterkte met $4\pi = 12,57$ of rond 12,5 te vermenigvuldigen. Een lamp van 100 (horizontale) kaarsen heeft dus een lichtstroom van ca. $80 \times 12,5 = 1\,000$ lm of 100 dekalumen. Bijgevolg kunnen we, zooals in § 11 reeds is vermeld, 1 kaars gelijkstellen aan $10\text{ lm} = 1\text{ Dlm}$.

De lichtsterkte in de eigenlijke beteekenis van het woord is daarentegen van belang wanneer men het verschil van het lichtuitstralend vermogen van een lichtbron in bepaalde richtingen wil weergeven, bijv. in de zgn. lichtsterkteverdeelingskromme, of wanneer we te maken hebben met lichtbronnen waarvan het licht zeer sterk in bepaalde richtingen is geconcentreerd, zooals bijvoorbeeld bij spiegelreflectoren, schijnwerpers, automobiellampen en dergelijke.

§ 13. DE VERLICHTINGSSTERKTE. (E)

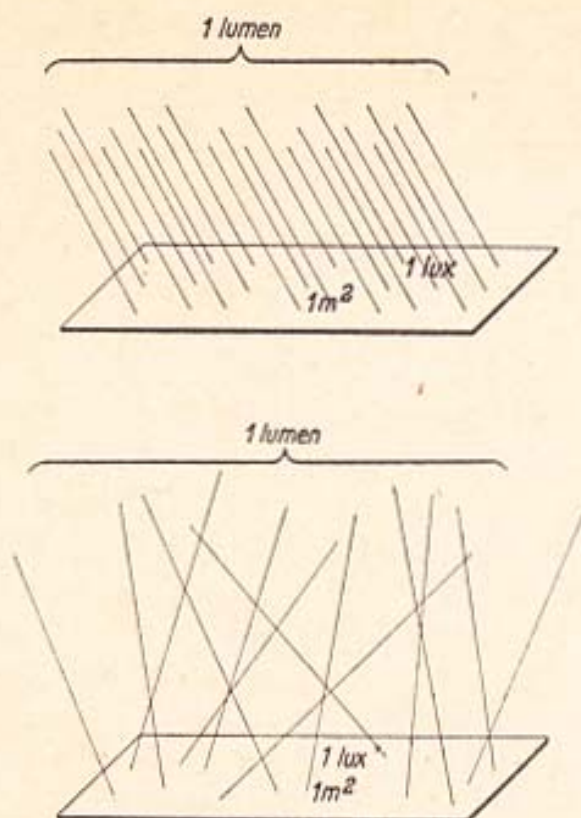
Lux (lx)

Indien een bepaalde lichtstroom op een vlak valt, wordt dit verlicht. Het vlak wordt sterker verlicht naarmate de lichtstroom welke per eenheid van oppervlak op het vlak terecht komt

groter is. Veronderstellen we, dat een lichtstroom van 1 lumen zoo gelijkmatig over een vlak van 1 m^2 oppervlakte verdeeld wordt, dat in elk punt van het vlak evenveel terecht komt, dan heeft het vlak per definitie overal een verlichtingssterkte van 1 lux (zie afb. 10).

Het is daarbij volkomen onverschillig in welke richting de lichtstralen op het vlak vallen, danwel of ze van één of van meerdere lichtbronnen afkomstig zijn. Het verband tusschen den lichtstroom en de verlichtingssterkte kan dus kort worden uitgedrukt door: **1 lm verdeeld over 1 m^2 geeft 1 lx.**

We kunnen dan ook de gemiddelde verlichtingssterkte in lx van een vlak berekenen door den totalen lichtstroom in lm



10

Afb. 10. Het verband tusschen lichtstroom en verlichtingssterkte.

digheid rekening te houden dat in verband met de eigenschappen van de gebruikelijke verlichtingsarmaturen, een deel van den totalen lichtstroom der lampen welke in de te verlichten ruimte aanwezig zijn, op de wanden en vaak tegen het plafond terecht komt, hetgeen ook meestal voor een goede zichtbaarheid gewenscht is. Hoewel een gedeelte van den lichtstroom, welke tegen plafond en wanden terecht komt, afhankelijk van de reflectie-eigenschappen van deze vlakken, weer naar het werkvlak teruggekaatst wordt, ontstaat dus een zeker verlies, dat nog vergroot wordt door lichtabsorptie in het armatuur zelf. De totale lichtstroom moet dus groter zijn als uit de bovenstaande formule zou volgen, hetgeen men in rekening brengt door een factor γ , als het zgn. rendement der verlichting, aan de formule toe te voegen:

$$\Phi = \frac{E_{\text{gem}} \times O}{\gamma} \text{ (lm)}, \text{ of: } E_{\text{gem}} = \frac{\Phi \times \gamma}{O} \text{ (lx).}^*$$

Voorts dient men er rekening mede te houden dat de reflectie-eigenschappen van wanden en plafond en ook de doorlating van het armatuur of de reflectie ervan, door vervuiling zullen afnemen, terwijl de lichtstroom van de lampen gedurende hun levensduur eveneens vermindert. Daardoor zou het gemiddelde in de praktijk niet met de berekening kloppen, als we niet een depreciatie-factor in de berekening opnemen.

*) De Grieksche (kleine) letter γ wordt als „êta“ uitgesproken.

welke op het vlak valt te deelen door de oppervlakte in m^2 .

$$E_{\text{gem}} = \frac{\Phi}{O} \text{ (lx).}$$

Omgekeerd bepalen we den totalen lichtstroom, welke noodig is om een vlak een bepaalde gemiddelde verlichtingssterkte te geven, door deze laatste waarde in lx te vermenigvuldigen met de oppervlakte in m^2 .

$$\Phi = E_{\text{gem}} \times O \text{ (lm).}$$

Voor practijk-berekeningen dient men echter met de omstan-

De bepaling van dezen factor en de bespreking van de omstandigheden welke het rendement van de verlichting bepalen, vallen echter buiten het bestek van dit boekje.

De bovenbeschreven methode voor de berekening van de verlichtingssterkte noemt men de lichtstroom-methode.

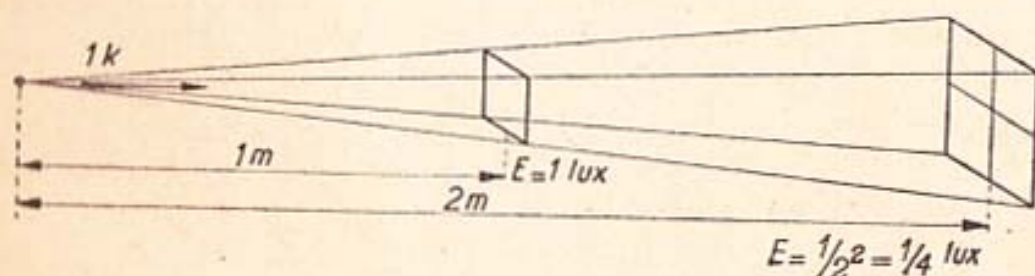
Voor de meting van de verlichtingssterkte gebruiken we een luxmeter, welke in moderne uitvoering bestaat uit een lichtgevoelige elektrische cel en een gevoelig stroommeetinstrumentje dat in lux geijkt is. De luxmeter beteekent voor de verlichtingstechniek wat de thermometer voor de verwarmingsstechniek is.

Theoretisch kan men afleiden dat een lichtsterkte van 1 k welke een vlak op 1 m afstand van de lichtbron loodrecht treft, op dat vlak een verlichtingssterkte van 1 lx veroorzaakt. Kortweg kan men dus zeggen: **1 k geeft op 1 m afstand op een vlak 1 lx.** Herhaalt men de berekening voor een afstand van 2 m, dan levert dit een verlichtingssterkte van $\frac{1}{4}$ lx op. **De verlichtingssterkte daalt dus met het vierkant (het kwadraat) van den afstand.** Als we den afstand met r aanduiden, kunnen we dit uitdrukken door:

$$E = \frac{I}{r^2} \text{ (lx). (afb. 11).}$$

Hiermede is dan tevens het verband tusschen de begrippen lichtsterkte en verlichtingssterkte bepaald. Er zij echter op gewezen dat deze betrekking alleen geldt wanneer de afstand van de lichtbron tot het verlichte vlak groot is ten opzichte van de afmetingen van de lichtbron zelf, en in het algemeen dient deze afstand groter dan 2 m te zijn.

Men kan van deze zgn. **vierkantswet** gebruik maken om uitgaande van de lichtsterkte van een verlichtingsarmatuur in een bepaalde richting, de verlichtingssterkte op een vlak te berekenen dat door de van het armatuur uitgaande lichtstralen in die richting wordt verlicht. Bij deze berekening dient dan nog de invloed van den hoek van inval der lichtstralen in aanmerking genomen te worden. In het algemeen wordt deze berekeningsmethode van de verlichtingssterkte, de zgn. puntmethode, voor buitenverlichtingen gebruikt, ter-



11

Afb. 11. Het verband tusschen lichtsterkte en verlichtingssterkte (Vierkantswet).

wijl de eveneens in deze § beschreven lichtstroommethode voor binnenverlichtingen wordt toegepast.

Het valt echter buiten het bestek van dit boekje om nader op deze berekeningen in te gaan.

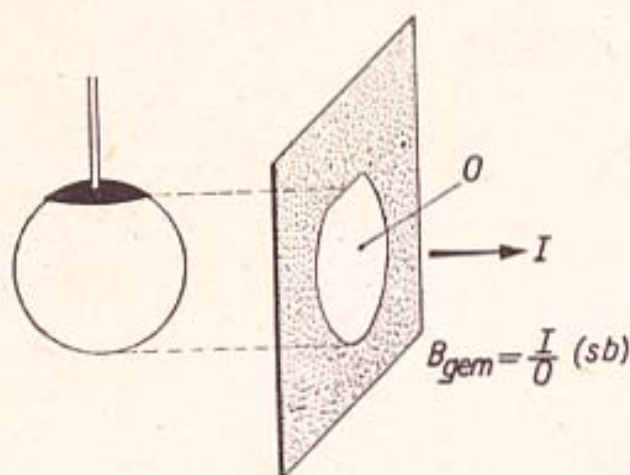
§ 14. DE HELDERHEID. (B)

Stilb ($sb = k/cm^2$)

Elk voorwerp, hetzij zelf een lichtbron, hetzij een voorwerp dat door reflectie van daar opgestraald licht, danwel door het doorlaten van er tegengestraald licht, lichtgevend is,

dus in feite elk voorwerp dat we kunnen zien, wordt door ons oog met een bepaalde helderheid waargenomen.

Deze helderheid drukken we uit door de lichtsterkte per oppervlakte-eenheid van het lichtgevende oppervlak van het voorwerp, zoals we dat uit de kijkrichting zien. Voor een bolvormigen diffuseerenden ballon van een verlichtingsarmatuur is dit bijv. niet het totale oppervlak van den ballon, maar een cirkelvlak



12

Afb. 12. Voorstelling van de begrippen schijnbaar oppervlak en helderheid.

met denzelfden diameter. Dit „schijnbare oppervlak” is de projectie van het lichtgevende voorwerp op een vlak dat loodrecht op de kijkrichting staat (afb. 12). Wanneer 1 cm^2 van dit schijnbare oppervlak een lichtsterkte van 1 k in de kijkrichting heeft, dan kennen we het vlak per definitie de eenheid van helderheid toe, welke stilb (sb) heet. Men bepaalt dus de helderheid (in sb) door de lichtsterkte (in k) te deelen door het schijnbare oppervlak (in cm^2):

$$B = \frac{I}{O} (sb).$$

Bij de beoordeeling van verblindingsverschijnselen is de helderheid van zeer groote beteekenis. In de practijk heeft men niet alleen rekening te houden met de helderheid van de lichtbronnen zelf, of van de reflectievlakken en ballons van de gebruikte verlichtingsarmaturen, maar ook met de helderheid van de verlichte vlakken in de ruimte. Het is in hooge mate de juiste verhouding van deze helderheden waardoor de kwaliteit van een verlichting wordt bepaald.

ELECTROTECHNISCHE BEGRIPPEN EN EENHEDEN.

§ 15. OVERZICHT.

De gebruikelijke begrippen der electrotechniek zijn, evenmin als die der lichttechniek, tastbaar of aanschouwelijk, doch ook hier kan een vergelijking met de waterleiding ter verduidelijking van sommige begrippen worden gebruikt.

De voornaamste begrippen zijn:

de electrische spanning (e)	met de eenheid volt (V),
" " stroomsterkte (i)	" " " ampère (A),
het electrische vermogen (P)	" " " watt (W),
de electrische energie	" " " watt-uur (Wh), of kilowatt-uur (kWh),
de electrische weerstand (r)	met de eenheid ohm (Ω).

De grootte van deze eenheden is theoretisch uit de eenheden centimeter, gram en secunde afgeleid. De letters achter de begripsnamen zijn symbolen voor het gebruik in berekeningen en formules, terwijl met de letters achter de namen der eenheden de afkortingen daarvoor worden aangegeven.

§ 16. DE SPANNING. (e)
Volt (V)

De spanning in het electrische net, d.w.z. de kracht welke de electriciteit door de leidingen en toestellen stuwt, kunnen we het beste vergelijken met den waterdruk welke het water uit de waterleidingkraan perst. Op elk electrisch gebruikstoestel is de spanning aangegeven waarvoor het geschikt is, evenals bijvoorbeeld op een geiser de waterdruk is aangegeven waarvoor hij gemaakt is, of van een autoband de meest geschikte druk bekend is waartoe hij opgepompt moet worden. Sluit men een electrisch gebruikstoestel aan een te hooge netspanning aan dan wordt het beschadigd doordat de stroomsterkte welke er door vloeit te groot wordt (§ 20), ofwel door het doorslaan van de isolatie. Op een gloeilamp treffen we dus steeds de opgave aan voor welke spanning de lamp gebouwd is, in tegenstelling met de gasontladingslampen, waarvoor, zooals we later zullen zien, de aansluitspanning niet bepaald wordt door de lamp zelf, doch door het voorschakelapparaat.

**§ 17. DE STROOM-
STERKTE. (i)**
Ampère (A)

De hoeveelheid electriciteit die per secunde door de leidingen en toestellen (bijv. een lamp) vloeit, noemen we de stroomsterkte, evenals we de hoeveelheid water die per secunde uit de kraan vloeit met stroomsterkte kunnen aanduiden. De stroomsterkte wordt in het algemeen niet op elektrische gebruikstoestellen aangegeven.

**§ 18. HET VER-
MOGEN. (P)**
Watt (W)
Kilowatt (kW)

Om den elektrischen stroom in het leven te roepen moet arbeid worden verricht. Dientengevolge bezit de vloeiende stroom energie en kan deze weer afgeven. In een lamp wordt zooals we reeds zagen deze energie in stralingsenergie omgezet, welke we gedeeltelijk als licht waarnemen en gedeeltelijk als warmte kunnen voelen. Den per secunde door den stroom geleverden arbeid noemen we zijn vermogen en deze is afhankelijk van de spanning en de stroomsterkte, evenals bijvoorbeeld bij een waterturbine het vermogen van den waterdruk en van de toegevoerde hoeveelheid water per secunde afhangt. We kunnen deze afhankelijkheid uitdrukken door te zeggen dat het vermogen gelijk is aan het product van de spanning en de stroomsterkte, dus: $P = e \times i$ (W).

Voor een lamp is dus het vermogen, dat steeds in watt op de lamp is aangegeven, gelijk aan het product van de netspanning in volt waarvoor ze geschikt is en de stroomsterkte welke door den gloeidraad vloeit. Sluit men een gloeilamp op een te hooge netspanning aan, dan wordt die stroomsterkte te groot en de temperatuur van den gloeidraad eveneens. De lichtstroom van de lamp is dan weliswaar ook groter, maar door de snelle verstuiwing van den gloeidraad wordt de levensduur aanmerkelijk geringer. Is daarentegen de netspanning te laag dan bereikt de gloeidraad slechts een lagere temperatuur, zoodat de lichtopwekking minder economisch wordt, terwijl echter de levensduur stijgt.

Ter vermindering van groote getallen gebruikt men in de praktijk veelal de eenheid kilowatt = 1 000 watt.

§ 19. DE ENERGIE.
Kilowatt-uur (kWh)
Watt-uur (Wh)

Een lamp van bijvoorbeeld 100 W neemt per secunde een energie van 100 watt-secunden op, dus per uur 360 000 watt-sec. Alweer om in niet te groote getallen te vervallen gebruikt men in de praktijk een grootere energie-eenheid, nl. de watt-uur (= 3 600 watt-sec) of de kilowatt-uur (= 3 600 000

watt-sec). Een lamp van 100 W (= 0,1 kW) gebruikt dus per uur 0,1 kWh.

Het is deze energie, welke door den kilowatturenmeter, dikwijls, doch feitelijk abusievelijk, „electriciteitsmeter” genoemd, wordt gemeten en die we betalen moeten; niet de electriciteit als zoodanig. We betalen voor den arbeid welke in de centrale verricht moet worden om de electriciteit door het kabelnet, de leidingen en verbruikstoestellen zooals bijvoorbeeld onze lamp te stuwen en tevens ter vergoeding van rente en afschrijving op installaties, onderhoud en andere onkosten, alsmede een zekere winst.

§ 20. DE WEER- STAND. (r) Ohm (Ω)

Bij ons vergelijkingsvoorbeeld, de waterkraan, neemt de waterstroomsterkte toe als de weerstand, welke het stroomende water ondervindt, afneemt doordat we bijvoorbeeld de

kraan verder opendraaien, ofwel als de waterdruk stijgt. De waterstroomsterkte neemt daarentegen af, als we den weerstand laten toenemen door de kraan verder dicht te draaien of als de waterdruk daalt. Zoo ook bij den elektrischen stroom. Deze neemt toe bij hogere spanning of geringeren weerstand in de leidingen en toestellen, en neemt af bij lagere spanning of hoogereren weerstand. Dit verband wordt aangegeven door de wet van Ohm:

$$\text{stroomsterkte} = \frac{\text{spanning}}{\text{weerstand}} \quad i = \frac{e}{r} (\text{A}).$$

ofwel: $\text{spanning} = \text{stroomsterkte} \times \text{weerstand}$; $e = i \times r$ (V).

§ 21. GELIJKSPANNING EN GELIJKSTROOM.

Uit het voorgaande volgt dat als aan de uiteinden van een geleider een spanningsverschil heerscht, dit het optreden van een stroom in den geleider tengevolge heeft.

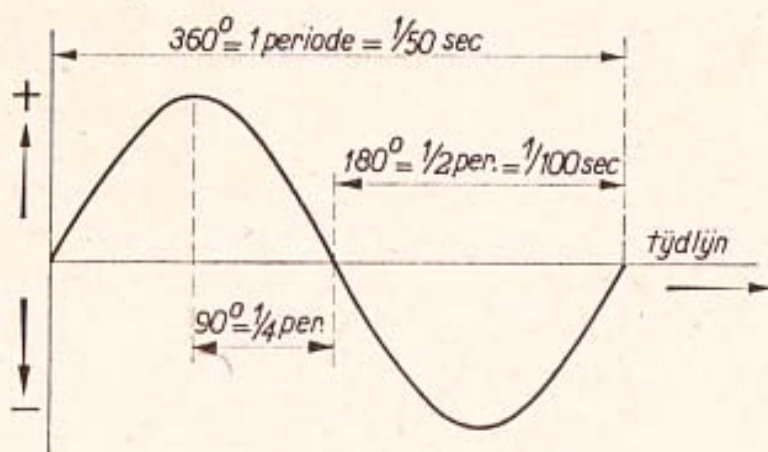
We stellen ons daarbij aan het eene uiteinde een positieve, aan het andere uiteinde een negatieve spanning voor, waartusschen een steeds in dezelfde richting werkende spanning heerscht, die we gelijkspanning noemen. Deze gelijkspanning veroorzaakt natuurlijk een stroom welke ook steeds dezelfde richting heeft. Deze heet dan een gelijkstroom. Voor gelijkstroom geldt de reeds genoemde wet van Ohm en tevens de regel: gelijkstroomvermogen = spanning $\times$ stroomsterkte; $P = e \times i$ (W).

§ 22. WISSELSpanning EN WISSELSTROOM.

Indien de positieve en negatieve spanning aan de uiteinden van den geleider een regelmatig aantal malen per secunde van plaats verwisselen,

zoodat de onderlinge spanning evenveel malen van richting verandert, spreken we van een wisselspanning. De stroom die het gevolg is van een wisselspanning verandert evenveel malen per secunde van richting en heet wisselstroom.

Bij wisselspanning van 50 perioden (per secunde) geschiedt dit van richting veranderen 100 malen per secunde, echter niet plotseling, maar geleidelijk. De spanning en daardoor ook de stroomsterkte veranderen dus steeds van een maximale waarde in een bepaalde richting geleidelijk via nul naar een evengroote doch tegengesteld gerichte maximale waarde, vervolgens weer geleidelijk via nul naar het eerste maximum, en zoo verder. Deze cyclus van nul, via de positieve topwaarde, door nul en via de negatieve topwaarde weer tot nul, noemen we een periode. Een wisselspanning of wisselstroom welke $100 \times$ per secunde van richting verandert (100 poolwisselingen per sec) heeft dus een frequentie van 50 perioden per secunde.

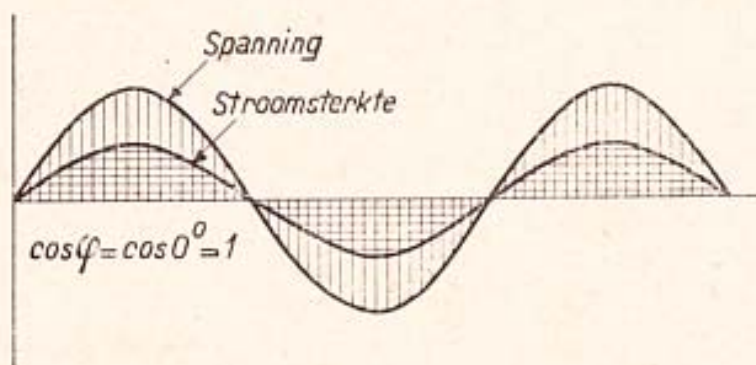


13

Afb. 13. Wisselspanningskromme voor 1 periode.

Als we nu den tijdsduur van een periode in gelijke deeltjes verdeelen en deze volgens een bepaalde schaal op een horizontale lijn, de tijdlijn of tijd-as genaamd, in een diagram uitzetten en vervolgens na elk tijdsdeeltje de spanning op dat moment loodrecht op de tijdas ook volgens een bepaalde schaal uitzetten, en wel zoodanig dat positieve spanningen naar boven en negatieve spanningen naar beneden gericht zijn, dan kunnen we de toppen van deze laatste lijnen door een vloeiende lijn met elkaar verbinden. Deze

vloeiende kromme is de wisselspanningskromme. Op dezelfde wijze kunnen we afzonderlijk of in hetzelfde diagram de wisselstroomkromme uitzetten. In verband met de



14

Afb. 14. Voorstelling van een wisselstroom, welke in phase is met de spanning.

constructie van de machines waarmede de wisselstroom opgewekt wordt, de wisselstroom-generatoren, hebben deze krommen een bepaalden vorm, welke in de wiskunde als sinusoïde of sinuskromme bekend is (afb. 13 en 14).

Daar de grootte van spanning en stroomsterkte voortdurend verandert, rijst nu de vraag met behulp van welke waarden het vermogen berekend moet worden. Dit gebeurt nu niet met de maximale waarden dezer grootheden, de zgn. topwaarden, maar met de effectieve waarden van spanning en stroomsterkte. Wiskundig kan men aantoonen dat de effectieve waarden $\sqrt{2}$ maal zoo klein zijn als de topwaarden, zoodat het wisselstroomvermogen de helft bedraagt van het product der topwaarden van stroom en spanning. Bij wisselstroom is dus:

vermogen = eff. spanning $\times$ eff. stroomsterkte:

$$P = e_{\text{eff}} \times i_{\text{eff}} \text{ (W).}$$

Indien men voor het meten van de wisselspanning en stroomsterkte speciale wisselspannings-, resp. stroommeters gebruikt, geven deze zonder meer de effectieve waarden van de spanning en stroom aan, zoodat men in de wisselstroomtechniek, zonder dit speciaal aan te geven, steeds met de effectieve waarden rekent.

Indien de stroom door een geleider
§ 23. DE ZELFINDUCTIE. vloeit, veroorzaakt hij een magnetische kracht in een bepaalde richting ten opzichte van den geleider. Dit noemt men het magnetische veld.

Zoolang de stroomsterkte en daarmede het magnetisch veld constant is, ondervindt de stroom daarvan geen invloed. Alleen de invloed van den ohmschen weerstand van den geleider doet zich gelden. Neemt echter de stroomsterkte toe, dan neemt ook de magnetische veldsterkte toe en dit veroorzaakt een zgn. inductiespanning welke zoo gericht is dat zij den stroom tegenwerkt. Dit verschijnsel heet de zelfinductie. De zelfinductie werkt dus vertragend op het tot stand komen van de stroom, zooals de massa van een voorwerp dat we in beweging willen brengen vertragend werkt op het tot stand komen van deze beweging. Men spreekt dan ook wel van de electriche traagheid.

Bij wisselstroom welke voortdurend van sterkte en bovendien 100 maal per secunde van richting verandert,
§ 24. DE IMPEDANTIE. hebben we dus niet alleen rekening te houden met den ohmschen weerstand, maar bovendien met een inductieven

weerstand als gevolg van de zelfinductie. Op dezen inductieven weerstand is de wet van Ohm in den in § 20 genoemden eenvoudigsten vorm niet van toepassing.

Ohmsche weerstand is practisch bij elken geleider aanwezig en deze vormt tezamen met den inductieven weerstand den zgn. wisselstroomweerstand of impedantie.

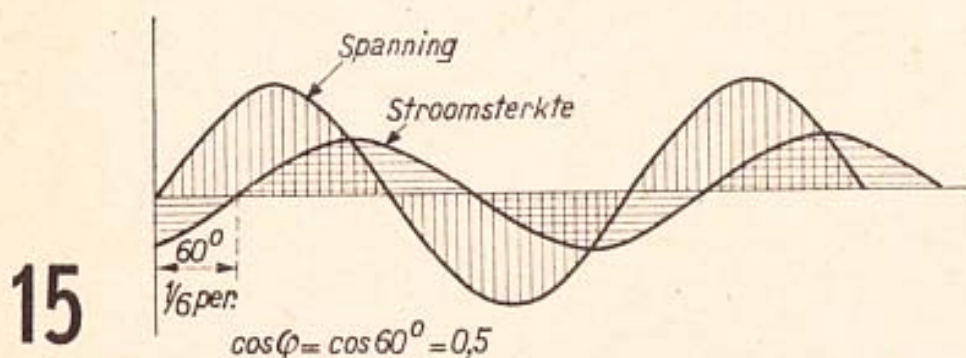
Vormt men den geleider tot een spiraal, waarvan de windingen naast elkaar liggen, dan ondersteunen de magnetische velden van deze windingen elkaar. Een nog grootere versterking van het magnetische veld ontstaat als men een ijzerkern in de aldus gevormde spoel brengt. Spoelenstelsels met ijzerkern, zooals bijvoorbeeld in motoren, transformatoren en smoorspoelen aanwezig zijn, hebben dus een zeer grooten wisselstroomweerstand (impedantie), die slechts voor een gering deel op ohmschen weerstand berust.

§ 25. DE PHASEVER- SCHUIVING; DE ARBEIDSFACITOR.

De zelfinductie veroorzaakt dat de stroomsterkte, welke door de wisselspanning veroorzaakt wordt, niet gelijktijdig met deze spanning de maxima bereikt en door nul gaat,

maar iets later. Dit verschijnsel noemen we de phaseverschuiving en deze is weer als het gevolg van het traagheidsverschijnsel der zelfinductie op te vatten.

Men zegt dat de stroom en de spanning niet in phase zijn en men spreekt dan van een **naijlenden stroom**. De mate van **phaseverschuiving** drukt men uit

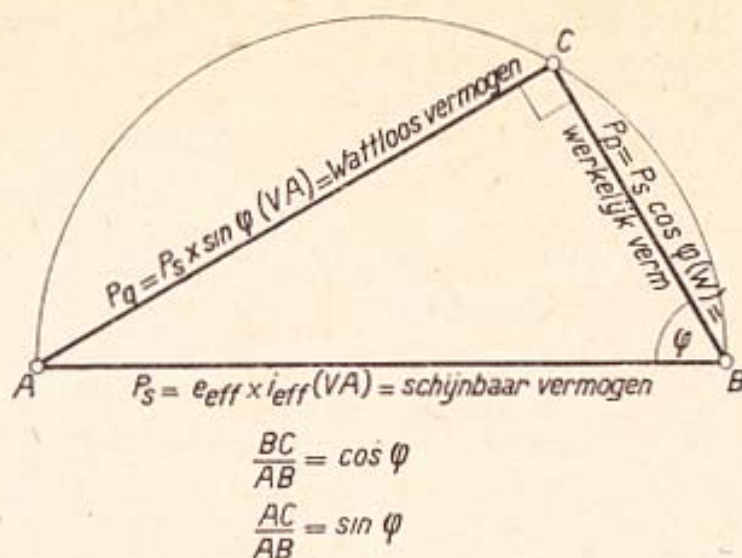


Afb. 15. Voorstelling van een wisselstroom, welke 60° bij de spanning najilt.

door een wiskundige grootheid, nl. door den „cosinus“ van een hoek, de **phaseverschuivingshoek** geheeten, doch ook wel als een gedeelte van een periode. Een phaseverschuivingshoek van 90° komt overeen met een phaseverschuiving van $\frac{1}{4}$ periode en een phaseverschuivingshoek van bijvoorbeeld 60° met een phaseverschuiving van $\frac{1}{6}$ periode (afb. 15).

Het begrip cosinus als zoodanig is een breuk, nl. de verhouding tusschen de lengten van een rechthoekzijde en de schuine zijde van een rechthoekigen driehoek. Deze breuk is gelijk aan den cosinus van den hoek, welke tusschen deze twee zijden ingesloten is (zie afb. 16 en 17). De phasever-

schuivingshoek wordt met het letterteken φ^*) aangeduid en bedraagt bij maximale faseverschuiving 90° , bij afwezigheid van faseverschuiving, dus als de stroom en de spanning in phase zijn, 0° . De cosinus van een hoek van $90^\circ = 0$ en de cosinus (afge-



16

Afb. 16. De vermogens-driehoek. Het verband tussen werkelijk, -schijnbaar, en -wattloosvermogen bij $\cos \varphi^* = 0,5$.

kort cos.) van een hoek van $0^\circ = 1$. De waarde van $\cos \varphi$, ook wel de arbeidsfactor genaamd, is dus steeds een breuk kleiner dan 1. Bij belasting door een inductievrije weerstand, bijv. een gloeilamp, spreekt men van inductievrije belasting. Er treedt dan geen faseverschuiving op, de faseverschuivingshoek $\varphi = 0^\circ$, dus de arbeidsfactor $= \cos \varphi = 1$ (afb. 14).

§ 26. HET WERKELIJKE EN HET SCHIJNBARE VERMOGEN.

Bij wisselstroom wordt het vermogen bepaald door het product van de effectieve spanning en stroomsterkte nog eens te vermenigvuldigen met den arbeidsfactor. Dit noemt men het

nuttige of werkelijke vermogen van den wisselstroom (P_p):

$$P_p = e_{\text{eff}} \times i_{\text{eff}} \times \cos \varphi = P_s \times \cos \varphi \text{ (W)}.$$

Het product van de effectieve spanning en stroomsterkte zonder meer geeft het zgn. **schijnbare vermogen P_s** aan, dat niet in watts, maar in volts-ampères (VA) uitgedrukt wordt. Aangezien de arbeidsfactor steeds een breuk kleiner dan 1 is, is het nuttig of werkelijk vermogen steeds kleiner dan het schijnbare vermogen. Het bovenaangegeven verband tussen P_p en P_s is in afb. 16 grafisch uitgedrukt. Indien we P_s op een bepaalde schaal uitzetten als middellijn van een (halven) cirkel en vervolgens het punt C zoodanig op den cirkel-omtrek kiezen dat BC gelijk is aan P_p op dezelfde schaal, dan is ABC een rechthoekige driehoek, de zgn. vermogens-driehoek, waarin de hoek φ tussen AB en BC gelijk is aan de faseverschuivingshoek (zie § 25). De tweede rechthoekzijde AC geeft nu, alweer op dezelfde schaal, de

*) De Grieksche (kleine) letter φ wordt als „fi” uitgesproken.

grootte van het zgn. **wattlooze of blindvermogen** P_q aan. Daar in een rechthoekigen driehoek de breuk welke de verhouding tusschen de lengten van een rechthoekzijde en de schuine zijde aangeeft als de „sinus” van den hoek tegenover deze rechthoekzijde wordt aangeduid, is: $P_q = P_s \times \sin \varphi$ (VA).

Onze normale kilowatt-urenmeter registreert nu uitsluitend het werkelijke vermogen P_p en reageert niet op het wattlooze vermogen, hoewel een groote phaseverschuiving (slechte arbeidsfactor, lage $\cos \varphi$) wel eens aanleiding kan zijn tot een foutief aanwijzen van dit instrument.

§ 27. DE WATTLOOZE STROOMSTERKTE.

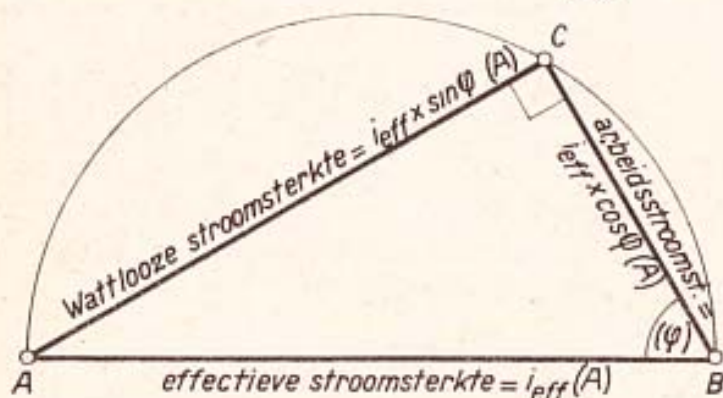
De smeltveiligheden of „zekeringen” van de netgroep waarin phaseverschuiving optreedt en ook de leidingen zelf moeten dus niet slechts op

de zgn. arbeidsstroomsterkte $= i_{\text{eff}} \times \cos \varphi$, maar op de totale effectieve (gemeten) stroomsterkte

i_{eff} berekend

zijn. Bij een slechten arbeidsfactor kan deze laatste waarde aanzienlijk hoger zijn. Uit den zgn. stroomdriehoek (afb.

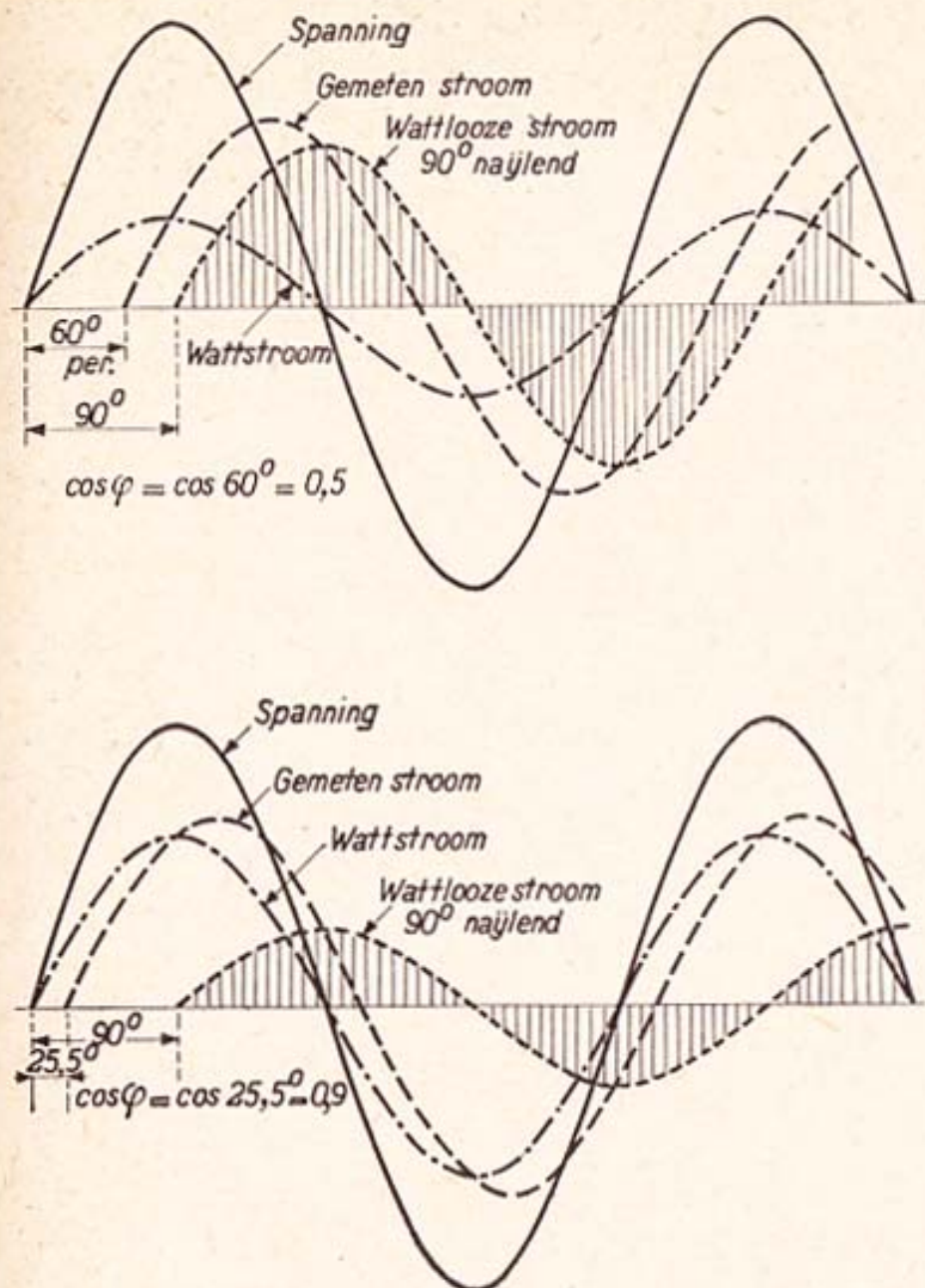
17



Afb. 17. De stroomdriehoek. Het verband tusschen effectieve (gemeten) stroomsterkte, arbeidsstroomsterkte en wattlooze stroomsterkte bij $\cos \varphi = 0,5$.

17), die we op analoge wijze als in § 26 voor den vermogensdriehoek beschreven werd, kunnen opteekenen, blijkt nu dat de wattlooze stroomsterkte gelijk is aan $i_{\text{eff}} \times \sin \varphi$.

Deze wattlooze stroomsterkte (zie afb. 18) beteekent feitelijk een verliespost, weliswaar niet voor den electriciteitsverbruiker, maar voor het electriciteits-distributiebedrijf en de centrale, die genoodzaakt worden de kabels van het net, de schakelapparaten, transformatoren en machines in de centrale zwaarder uit te voeren dan zonder het optreden van den wattloozen stroom noodzakelijk zou zijn. Voorts treden extra warmteverliezen in het net op, doordat de totale stroomsterkte onnuttig vergroot is. Voor den verbruiker, die niet meer betaalt dan zijn kilowatt-urenmeter op basis van het werkelijke vermogen registreert en die slechts in extreme gevallen, nl. indien de arbeidsfactor van bepaalde netgroepen zeer laag is, een zwaardere leiding moet toepassen of zekeringen moet verzwaren, is dit van geen practisch belang.



18

Afb. 18. De grootte van de wattloze stroomsterkte bij meer (bijv. $\cos \varphi = 0,5$ - boven) of minder (bijv. $\cos \varphi = 0,9$ - onder) phaseverschuiving.

In het algemeen zal het electriciteitsbedrijf echter op een zoo hoog mogelijken arbeidsfactor in het net aandringen en eventueel daartoe speciale maatregelen voorschrijven.

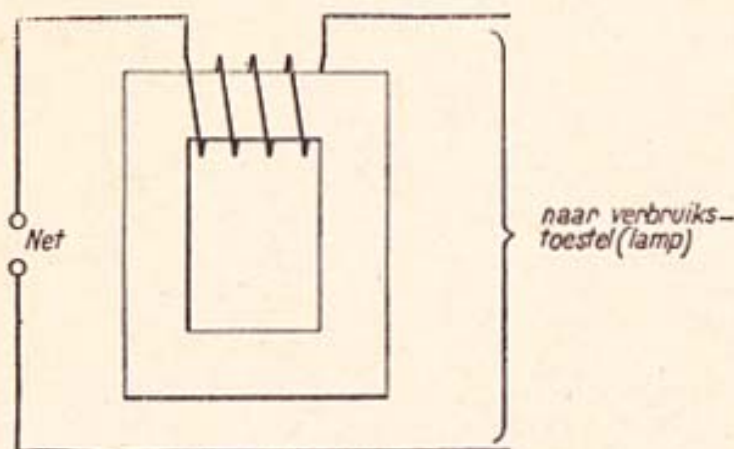
Het is echter op eenvoudige wijze mogelijk den arbeidsfactor te verbeteren, zooals uit § 31 zal blijken.

Indien men bij gelijkstroom de stroomsterkte wil beperken, dan leidt men deze door een ohmschen weerstand. Hierin wordt een deel van de energie in warmte omgezet en de stroomsterkte zal een bepaalde waarde niet overschrijden. Tusschen het begin en het einde van den weerstand heerscht een spanningsverschil, nl. het spanningsverlies dat de weerstand veroorzaakt en dat vermenigvuldigd met de

§ 28. SMOORSPOELN.

stroomsterkte het vermogen oplevert dat per tijdseenheid in den weerstand in warmte wordt omgezet. Dit beteekent dus een energieverlies en voor het verbruikstoestel dat via den weerstand aan het net is aangesloten is het spanningsverlies een verlaging van de netspanning, evenwel uitsluitend zoolang er stroom door den weerstand vloeit, d.w.z. zoolang deze belast is. In onbelasten toestand is de spanning aan het verbruikstoestel gelijk aan de netspanning. Men noemt dit wel de „open” spanning. Bij wisselstroom zouden we een dergelijken ohmschen weerstand ook kunnen gebruiken. Beter maken we echter gebruik van een ander apparaat ter verlaging van de spanning, resp. ter begrenzing van de stroomsterkte, nl. een smoorspoel, waarin bijna geen energieverlies optreedt.

19



Afb. 19. Het principe van den bouw van een smoorspoel.

Een smoorspoel bestaat in principe uit een rechthoekige ijzerkern, waaromheen een wikkeling uit geïsoleerd draad, de spoel, is aangebracht.

De smorende werking op den stroom is nu

het gevolg van den hoogen inductieven weerstand die door de aanwezigheid van de ijzerkern in de spoel veroorzaakt wordt (afb. 19). De kern bestaat niet uit massief ijzer, maar is gelamelleerd, d.w.z. uit dunne, onderling geïsoleerde, blikplaatjes opgebouwd, daar een massieve kern tengevolge van inductiestroom in de ijzermassa een aanzienlijk energieverlies (zgn. ijzerverliezen) zou veroorzaken. Eigenlijk treedt er nog een gering energieverlies op door den ohmschen weerstand van de draadwikkeling, maar dit is ten opzichte van het verlies in een zuiveren ohmschen voorschakelweerstand, die hetzelfde vermogen als de smoorspoel kan opnemen, te verwaarlozen klein. Een smoorspoel veroorzaakt dus weinig energie verlies, maar bezit daarentegen het nadeel dat ze phaseverschuiving veroorzaakt en dus den arbeidsfactor doet dalen. Evenals bij een ohmschen voorschakelweerstand is, onbelast, de open spanning gelijk aan de netspanning.

§ 29. TRANSFORMATOREN.

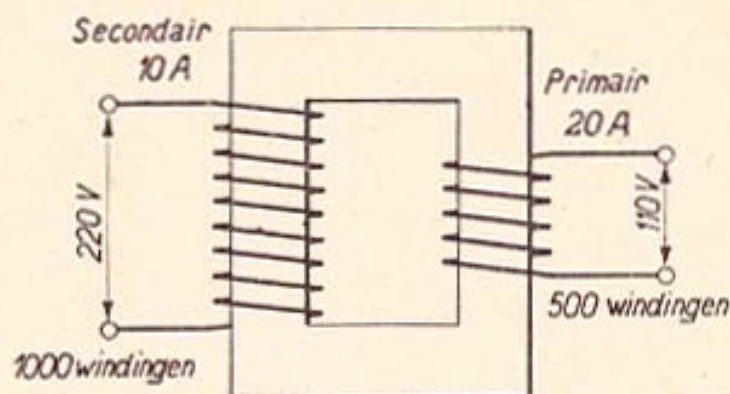
willen aansluiten gebruiken we een transformator om de netspanning overeenkomstig te verhoogen. Een andere transformator zou de netspanning kunnen aanpassen aan een verbruikstoestel voor een lagere spanning.

In principe bestaat een transformator uit een dergelijke ijzerkern als een smoorspoel heeft, welke echter niet van één, doch van twee wikkelingen (spoelen) is voorzien. De eene wikkeling

wordt aan het net aangesloten (primaire wikkeling), de andere aan het verbruikstoestel (secundaire wikkeling). De wisselstroom welke door de primaire wikkeling vloeit, veroorzaakt nu een steeds van sterkte en richting wisselend magnetisch veld in de kern en op zijn beurt veroorzaakt dit veld door inductie een wisselspanning in de secundaire wikkeling, welke den (secundairen) stroom door het verbruikstoestel stuwt. De primaire en secundaire spanningen verhouden zich als de windingsgetallen der respectieve wikkelingen en het secundaire vermogen is, behoudens bepaalde verliezen, gelijk aan het toegevoerde — het primaire vermogen (afb. 20).

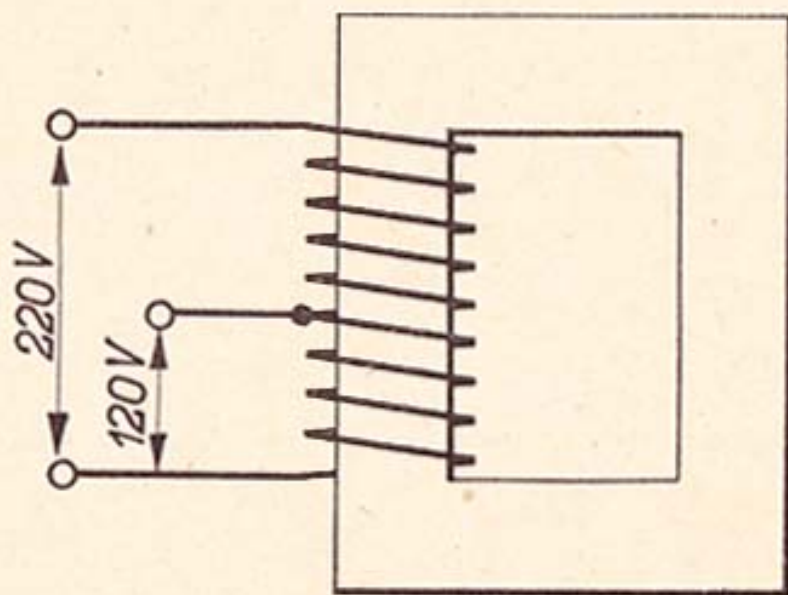
Onder de open spanning van een transformator verstaan we de secundaire spanning indien de secundaire wikkeling open is, d.w.z. aan geen verbruiks-

Als we bij wisselstroom een verbruikstoestel dat voor een hoogere spanning dan de beschikbare netspanning is gebouwd, aan het net



Afb. 20. Het principe van den bouw van een transformator.

20



Afb. 21. Het principe van den bouw van een spaartransformator (netspanning = 120 V).

21

toestel is aangesloten, zoodat er geen secundaire stroom vloeit. De transformator is dan onbelast.

Transformatoren als in het voorgaande beschreven, met twee afzonderlijke wikkelingen, noemt men transformatoren met gescheiden wikkeling. Men kan echter de primaire en secundaire spoelen tot één doorgaande wikkeling combineeren, zoodat door een deel dezer wikkeling zoowel de primaire als de secundaire stroom vloeit (afb. 21). Dit levert weliswaar een materiaalbesparing en een kleineren transformator op, maar kan uitsluitend worden toegepast als een volkomen isolatie van de primaire, aan het net aangesloten wikkeling, ten opzichte van de secundaire wikkeling, niet noodzakelijk is uit veiligheidsoverwegingen met betrekking tot de netspanning. Dergelijke transformatoren met een doorgaande wikkeling noemt men spaartransformatoren.

§ 30. CONDENSATOREN.

Een condensator bevat twee metaaloppervlakten welke gescheiden zijn door een tusschengelegen laag isolatiemateriaal. Deze laag kan be-

staan uit lucht, olie, glas, geïmpregneerd papier enz. Lucht als isolatiemateriaal geeft de laagste verliezen, doch de grootste afmetingen en gewoonlijk stapelt men afwisselende geleidende en isoleerende lagen op elkaar of worden deze tot zgn. pakketten opgewikkeld. Het geheel wordt dan in een metalen huis of bus opgeborgen.

Op gelijkspanning aangesloten laat een condensator geen stroom door, maar neemt bij het inschakelen alleen een bepaalden laadstroom op, welke grooter is naarmate de zgn. **capaciteit** van den condensator grooter is.

De capaciteit hangt af van de constructie en is grooter naarmate de geleidende oppervlakte grooter en de isoleerende lagen dunner zijn. Als we een condensator op wisselstroom aansluiten treedt een laadstroom van voortdurend wisselende richting op, die geheel het karakter van een wisselstroom heeft, ofschoon de stroom in feite niet „door” den condensator vloeit.

In tegenstelling met den stroom welke door een smoorspoel, een transformator, een motor of een ander toestel waarin een spoelensysteem met ijzerkern voorkomt, ijlt deze wisselende laadstroom niet na, doch vóór bij de spanning.

We hebben dus ook hier met een wattlooze stroom te maken, een capaciteiven stroom, welke 90° ofwel $\frac{1}{4}$ periode voorijlt bij de spanning welke haar veroorzaakt.

§ 31. VERBETERING VAN DEN ARBEIDS- FACTOR.

In den voorijlenden stroom, welken een condensator opneemt, hebben we een welkom hulpmiddel om den naijlenden stroom, welke door de inductieve belasting van smoorspoelen, transformatoren e.d. veroorzaakt wordt, op te heffen of wel te compenseeren.

We sluiten daartoe op het net een condensator aan van zoodanige capaciteit, dat de voorijlende wattlooze laadstroom van den condensator juist evenwicht maakt met den naijlenden wattloozen stroom die het gevolg is van de phaseverschuiving van de inductieve belasting. Het is duidelijk dat de capaciteit van den condensator niet te groot mag zijn, daar anders het evenwicht in de tegenovergestelde richting verstoord wordt, dus voorijling in het net gaat optreden, waarvan het electriciteitsbedrijf evenmin gediend is.

We spreken dan van overcompensatie. Verder moet er gezorgd worden dat de condensator met denzelfden schakelaar aan het net wordt aangesloten als het verbruikstoestel, waarvan de phaseverschuiving der belasting gecompenseerd moet worden, dus gelijktijdig met die inductieve belasting wordt afgeschakeld. Indien immers de condensator aan het net verbonden zou blijven, terwijl de inductieve belasting is afgeschakeld, treedt wederom voorijling in het net op.

DE WERKING VAN DE GASONTLADING.

§ 32. ATOMEN EN ELECTRONEN.

Wij bespraken reeds, dat bij electroluminescentie straling wordt opgewekt door botsing tusschen electronen en de atomen van een gas- of metaaldamp.

Theoretisch stellen we ons alle stoffen, vloeistoffen en gassen voor als opgebouwd uit zeer kleine deeltjes. Bij de edelgassen als neon en argon, evenals de metaaldampen, kwikdamp en natriumdamp zijn dit de zgn. atomen.

Een atoom denken we ons opgebouwd uit een positief electrisch geladen atoomkern, waaromheen zich een wolk van nog kleinere, doch negatief electrisch geladen deeltjes, de zgn. electronen, beweegt. Het geheel wordt door de aantrekkingskracht tuschen de atoomkern en de electronen in evenwicht en bij elkaar gehouden. Men neemt verder aan, dat de electronen zich voortdurend in regelmatige banen om de atoomkern bewegen, zoodat de bouw van een atoom te vergelijken is met een miniatuur zonnestelseltje.

Volledigheidshalve zij vermeld dat de atomen van de verschillende zgn. elementen, waaruit vaste stoffen, vloeistoffen en gassen in het algemeen zijn opgebouwd, onderling wat betreft het aantal en de groepeerings van hun onderdeelen verschillen, maar voor elk element alle dezelfde samenstelling hebben. Grootere deeltjes van bepaalde stoffen, opgebouwd uit meerdere atomen, heeten moleculen.

§ 33. HET AANSLAAN VAN EEN GAS.

Teneinde ons een voorstelling te vormen van de werking der gasontlading stellen we ons een luchtledig gepompte glazen buis voor, welke

aan beide uiteinden van een ingesmolten doorvoering met aan de binnenzijde een metaalplaatje, een zgn. electrode, is voorzien.

Indien deze buis met een gas van bepaalden druk gevuld wordt en de electroden op een voldoende hoge gelijkspanning worden aangesloten, ontstaat een electrische stroom of „ontlading” door het gas tusschen de electroden. We spreken dan ook van een „ontladingsbuis” en „gasontlading”. Deze stroomdoorgang gaat met een lichtuitstraling gepaard en op

dit verschijnsel berusten de gasontladingslampen. Wat nu in de buis plaats vindt is het volgende:

In het gas zijn, behoudens de in de atomen gebonden electronen, ook steeds niet gebonden, zgn. vrije electronen aanwezig en deze laatste bewegen zich onder invloed van het spanningsverschil tusschen de electroden met groote snelheid naar de positieve electrode, de zgn. **anode**. Op hun weg naar de anode ontmoeten ze gasatomen waarmee zij in botsing komen. Er kunnen zich daarbij nu drie gevallen voordoen:

1. De electronen botsen tegen de atomen, veranderen daardoor van richting en vervolgen hun weg. Dergelijke terugkaatsingen tegen den buiswand treden natuurlijk ook op.
2. De botsing met een atoom is zoo hevig dat één of meer gebonden electronen van het atoom daardoor tijdelijk uit hun baan geworpen worden. Ze hebben door de botsing energie opgedaan en zijn wat men noemt op een hoger energie-niveau gekomen. Bij het direct daarna weer terugvallen in hun evenwichtstoestand, dus in hun baan, komen ze op hun oorspronkelijk energie-niveau terug en geven de bij de botsing verkregen energie in den vorm van een straling af. Indien deze straling geheel of gedeeltelijk in het zichtbare gebied valt, nemen we dit als een lichtverschijnsel waar.

Dit noemt men **het aanslaan van een gas**. De daardoor opgewekte straling bevat slechts stralen van één of meer bepaalde golflengten, welke kenmerkend zijn voor de soort van het aangeslagen atoom (lijnspectrum).

3. Bij nog heviger botsing worden gebonden electronen uit de atomen losgestooten en treden verder als vrije electronen op, zoodat hierdoor de electronenstroom, dus de stroomsterkte in de buis toeneemt. Hierdoor wordt weer een grooter aantal botsingen veroorzaakt enz.

In een compleet atoom wordt de positieve elektrische lading van de atoomkern juist gecompenseerd door de negatieve lading der gebonden electronen, zoodat het geheel neutraal is. Na de bovenbeschreven splitsing heeft de overblijvende atoomrest, ion geheeten, dus een positieve lading. Dit splitsingsverschijnsel heet: **ionisatie**.

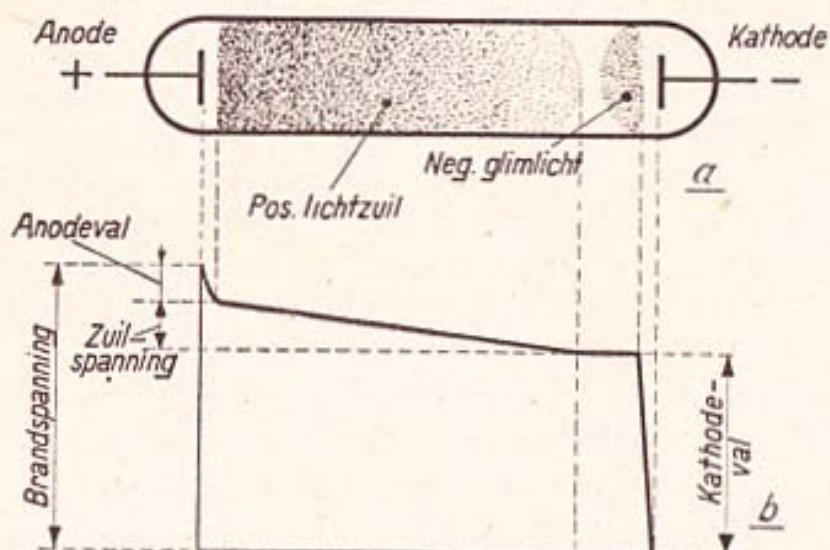
De snelheid van de electronen is van vele omstandigheden afhankelijk, zooals van den gasdruk, de grootte van de aangelegde spanning en den afstand tusschen de electroden. Door een doelmatige vormgeving en constructie van de buis tracht men een maximale lichtopwekking te bereiken.

§ 34. DE ONTLADING.

Wat geschiedt er nu verder in de zoo juist ontstoken gasontladingsbuis? De positieve ionen worden door de

negatieve electrode, **de kathode**, aangetrokken, hoewel ze zich in verband met hun grootere massa langzamer dan de electronen bewegen. Daardoor ontstaat in de buis een teveel aan ionen, die zich als een electrisch goed geleidende wolk tot aan de kathode uitbreidt. Een groot deel van het spanningsverschil tusschen de electroden wordt daardoor werkzaam tusschen de naar de kathode gerichte zijde van deze ionenwolk en de op korten afstand daarvan gelegen kathode (afb. 22). Dit groote spanningsverval over korten afstand heet de **kathodeval**.

22



Afb. 22. Schematische voorstelling van een gasontlading en van de spanningsverdeling in een ontladingsbuis.

De zich het dichtst bij de kathode bevindende ionen botsen met een zoodanige snelheid tegen de kathode, dat zij uit het materiaal daarvan weer electronen losstooten. Dit veroorzaakt weer een grooteren electronenstroom naar de anode en door deze wisselwerking groeit de stroom snel aan tot een electronenlawine.

Het groote spanningsverval vlak bij de kathode, de kathodeval, geeft aan de electronen ter plaatse een zoo groote snelheid, dat daar voornamelijk botsingen van de onder 3 in § 33 beschreven soort plaats hebben welke dus ionisatie tengevolge hebben, terwijl geen atomen worden aangeslagen. Het gebied der kathodeval, vlak tegen de kathode straalt dan ook geen licht uit (donkere ruimte van Hittorf). Op iets grooteren afstand van de kathode worden wel, hoewel relatief weinig, atomen aangeslagen en ontstaat een lichtwolk, het zgn. negatieve glimlicht.

De daarop volgende donkere ruimte wordt de donkere ruimte van Faraday genoemd, terwijl de verdere lichtzuil tot de anode de positieve lichtzuil heet. Deze laatste wordt voor de lichtopwekking in de meeste gasontladingslampen gebruikt en alleen bij de zgn. glimlampen (§ 66), welke ook tot de groep der gasontladingslampen behooren, wordt het negatieve glimlicht voor de lichtopwekking toegepast.

Direct na het ontsteken of „doorslaan” van de buis is de stroomsterkte nog klein, evenals de lichtopwekking, welke

laatste met de stroomsterkte toeneemt. De aanvankelijke glimontlading, waarmede men tot op dat moment zoowel de positieve lichtzuil als het negatieve glimlicht kan aanduiden, verandert van karakter en krijgt het aanzien van een lichtboog. Als de ontlading eenmaal volledig tot stand gekomen is, spreekt men dan ook van een boogontlading.

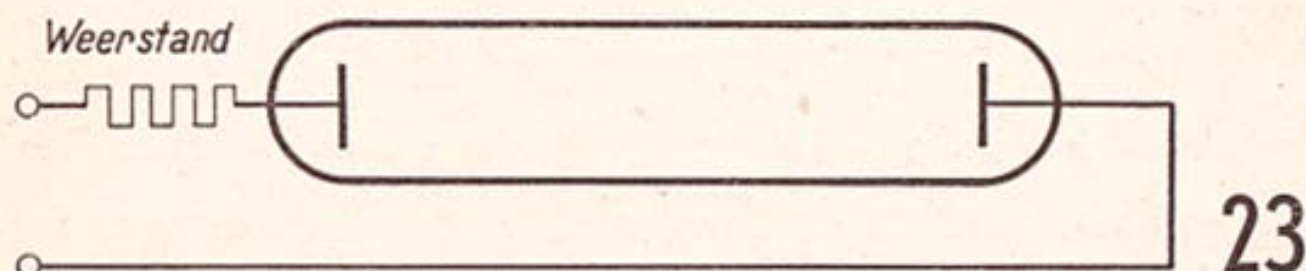
§ 35. DE STABILISATIE-WEERSTAND.

We zagen reeds, dat de ionisatie snel na de ontsteking tot een electronenlawine aanleiding geeft. Indien geen tegenmaatregelen genomen werden,

zou deze lawine de stroomsterkte onbeperkt doen stijgen en zou de ontladingsbuis als gevolg daarvan bezwijken.

Bij een normale belasting, bijv. bij een gloeilamp, zou voor het toenemen van de stroomsterkte ook een hogere spanning noodig zijn. Bij de gasontlading is het echter omgekeerd, zoodat een hogere stroomsterkte met een lagere spanning gepaard gaat. Men noemt deze eigenschap der gasontladingslampen de negatieve karakteristiek.

Voor het begrenzen der stroomsterkte is daarom bij een gasontladingslamp steeds het voorschakelen van een afzonderlijken zgn. stabilisatiweerstand noodzakelijk (afb. 23).



Afb. 23. Schakeling van een stabilisatie-weerstand.

§ 36. SPANNINGS-VERDEELING IN DE ONTLADINGSBUIS.

Indien men het verloop van het spanningsverlies in de in bedrijf zijnde ontladingsbuis nagaat, valt de hoge gradiënt, dwz. het spanningsverlies per lengte-eenheid, in de donkere

ruimte van Hittorf, de zgn. kathodeval, het meeste op (afb. 22). In het volgende deel der ontlading, bestaande uit het negatieve glimlicht en de donkere ruimte van Faraday treedt daarentegen zeer weinig spanningsverlies op.

Het spanningsverlies in de positieve lichtzuil noemt men de zuilspanning, terwijl aan de anode nog een geprononceerd spanningsverlies optreedt, de anodeval. Het totaal dezer spanningsverliezen vormt de bedrijfsspanning tusschen de elektroden, de zgn. brandspanning.

§ 37. INVLOED DER ELECTRODE- CONSTRUCTIE.

Bij niet door bijzondere middelen verwarmde electroden treedt in het algemeen een groote kathodeval op. Aangezien deze laatste niet tot de lichtproductie bijdraagt, moet zij als

een verlies worden beschouwd. Men kan echter den kathodeval verminderen door de electroden met een stof te bedekken, welke gemakkelijk electronen afgeeft, een zgn. emitter. Dergelijke electroden noemt men wel oxyde-kathoden aangezien de gebruikelijke emitters meestal bepaalde metaaloxyden bevatten; hiermede is het dikwijls mogelijk een redelijk laag kathodeval te verkrijgen. Ook de totale brandspanning blijft hierdoor laag.

Het belang van een lage brandspanning ligt voor de hand, immers indien deze voldoende laag is ten opzichte van de netspanning, kan men in het algemeen voor de stabilisatie met een eenvoudigen weerstand of smoorspoel volstaan.

Voorts is in dit geval de ontsteekspanning, dwz. de spanning waarbij de buis doorslaat (§ 34), in het algemeen ook laag. Bij sommige lamptypen kan een voldoende lage ontsteekspanning op deze wijze echter niet worden bereikt en past men electroden toe, die niet uitsluitend door de gasontlading zelf, doch op afzonderlijke wijze verwarmd worden. Bepaalde stoffen welke op een hooge temperatuur gebracht zijn geven ook gemakkelijk electronen af en indien men bijv. electroden in den vorm van gloeispiraaltjes, waardoor een stroom vloeit, gebruikt, behoeft de kathodeval slechts gering te zijn en kan men eveneens met een lage ontsteekspanning volstaan. Gloeikathoden van dit type zijn bovendien nog meestal met een emitter bekleed.

In de practijk onderscheidt men hoogspannings-ontladingsbuizen, welke in het algemeen gewone kathoden bezitten, en laagspannings-ontladingsbuizen, welke steeds van oxyde-kathoden voorzien zijn, die soms bovendien afzonderlijk verhit worden, hetzij permanent, hetzij alleen tot aan de ontsteking. In het laatste geval spreekt men van voorverhitte (gloei-)kathoden.

Een verder voordeel van oxyde-kathoden is, dat men hiermede hogere stroomsterkten, dus grootere lichtstromen kan bereiken. Gewone kathoden zou men daartoe zeer groote afmetingen moeten geven, hetgeen relatief wijde ontladingsbuizen noodzakelijk zou maken.

§ 38. DE WISSEL- STROOMONTLADING.

In het voorgaande bespraken we het mechanisme der gasontlading bij gelijkstroom, doch in de practijk gebruikt men hoofdzakelijk wissel-

stroomlampen. Ten eerste komen wisselstroomnetten verreweg

het meeste voor en ten tweede geeft het groote energieverlies in den bij gelijkstroom noodzakelijken ohmschen stabilisatie-weerstand aanleiding tot een onevenredige verlaging van den specifieken lichtstroom (lm/W) van de lamp, zoodat hiermede een van de voornaamste voordeelen van deze soort lampen gedeeltelijk verloren zou gaan. Bij aansluiting aan wisselstroom zijn de electroden beurtelings kathode en anode en wordt de lichtopwekking bij elken nuldoorgang van den stroom gedurende een zeer kort oogenblik onderbroken. Deze zgn. donker-periode treedt dus bij een wisselstroomfrequentie van 50 perioden per secunde (50 herz) 100 maal per secunde op. De daardoor optredende lichtflikkering is weliswaar op stilstaande voorwerpen niet waarneembaar, maar doet zich bij de waarneming van bewegende voorwerpen en vooral bij groote helderheidscontrasten als het zgn. **stroboscopische effect** gelden.

Aangezien dit bij sommige werkzaamheden als hinderlijk ondervonden wordt, sluit men in dergelijke gevallen in de practijk meerdere gasontladingslampen, welke eenzelfde voorwerp verlichten, niet alle op dezelfde phase van den draaistroom aan, maar verdeelt ze over twee, zoo mogelijk over drie fasen en liefst zoodanig, dat lampen op korten afstand van elkaar steeds op verschillende fasen aangesloten zijn.

Daar de stroomen in de drie fasen van den draaistroom onderling $1/3$ periode in phase verschoven zijn, gaan ze nooit gelijktijdig door nul. Als één lamp in de donker-periode is, geven de lampen op de andere fasen van den draaistroom dus licht, zoodat de invloed van het stroboscopische effect vrijwel geheel te niet gedaan kan worden.

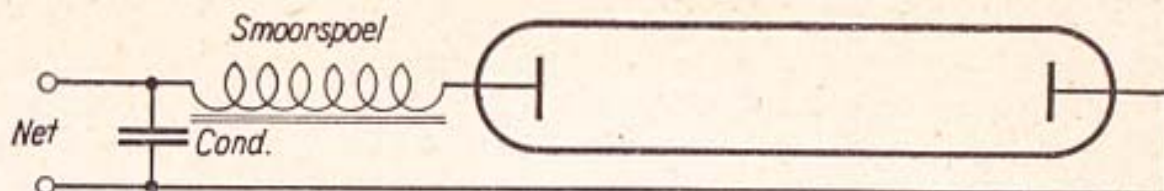
Het beste kan men natuurlijk twee lampen op verschillende fasen in een zelfde verlichtingsarmatuur aanbrengen. In Amerika maakt men bij dergelijke twee-lamps-eenheden op één phase veel gebruik van een bijzondere schakeling, de zgn. Tu-lamp schakeling. Hierbij worden met behulp van speciale voorschakelapparaten de lichtstroomen van de beide lampen ten opzichte van elkaar in phase verschoven zoodat hun lichtfluctuaties tegengesteld verlopen en elkaar dus grootendeels nivelleeren en bovendien voor beide lampen tezamen met de voorschakelapparaten een goede (hooge) arbeidsfactor wordt bereikt.

§ 39. VOORSCHAKEL- APPARATEN VOOR WISSELSTROOM.

Bij wisselstroom gebruikt men ter stabilisatie van de ontlading geen ohmschen weerstand, maar een inductieven weerstand in den vorm van een smoorspoel. Het stabiliseeren van de

stroomsterkte gaat daarbij, zooals we zagen, met geringe

24



Afb. 24. Schakeling van een smoorspoel met condensator ter verbetering van den arbeidsfactor.

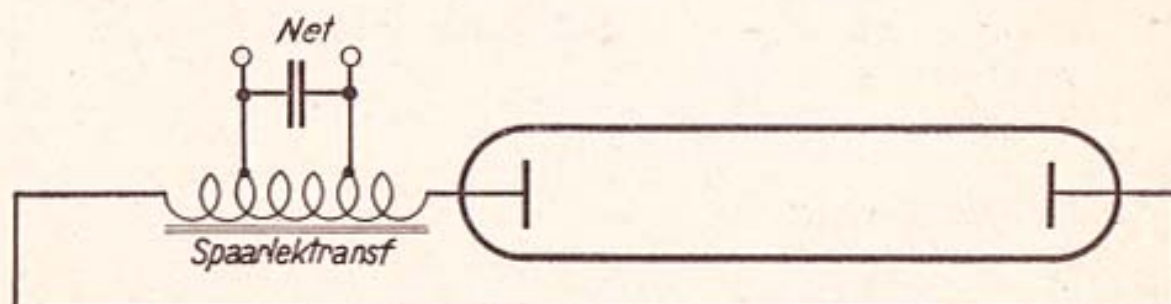
energieverliezen gepaard, doch bovendien blijkt de in § 38 besproken donker-periode korter te zijn dan bij gebruik van een ohmschen weerstand, zoodat de eventueele bezwaren van het stroboscopische effect nog verminderd worden.

Een nadeel van de smoorspoel als voorschakelapparaat is de reeds besproken phaseverschuiving tusschen stroom en spanning, welke echter door de doelmatige toepassing van een condensator van de juiste capaciteit weer vrijwel geheel gecompenseerd kan worden (fig. 24). Het is ook mogelijk voor een groep lampen welke met denzelfden schakelaar ontstoken wordt, één grooteren gezamenlijken condensator te gebruiken, hetgeen natuurlijk goedkoper is dan het gebruik van een individueelen condensator bij elk voorschakelapparaat.

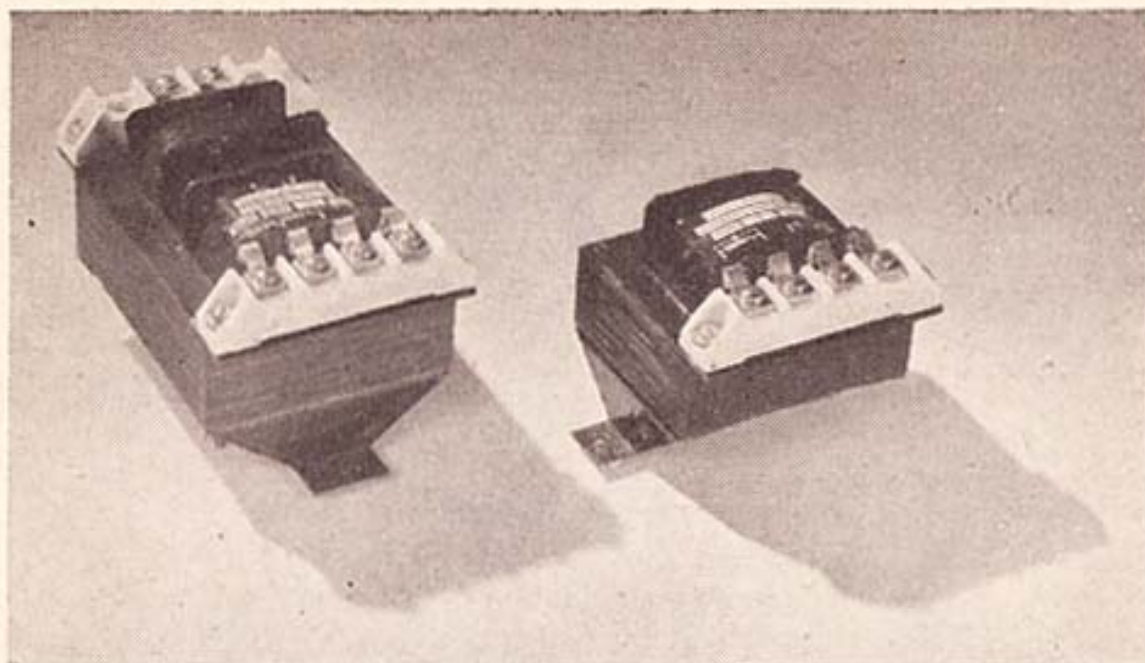
Indien de netspanning in verband met de eigenschappen van de betreffende gasontladingslamp ontoereikend is, om een betrouwbare ontsteking te waarborgen, moet deze door een transformator voldoende worden verhoogd. Men gebruikt daartoe een spaartransformator (§ 29), welke echter van bijzondere constructie is, nl. een zgn. spaarlektransformator. Dit is een spaartransformator, die in zich de eigenschappen van een transformator en een smoorspoel vereenigt en dient om een goede aanpassing tusschen de eigenschappen van voorschakelapparaat en lamp te verkrijgen. Deze nauwkeurige aanpassing is van het grootste belang opdat een goed functionneeren van de lamp en een behoorlijke levensduur gewaarborgd kunnen zijn. Het prinsipeschema van een spaarlektransformator met condensator ter verbetering van den arbeidsfactor is in afb. 25 gegeven; afb. 26 geeft het uiterlijk van eenige normale voorschakelapparaten weer.

Hoewel de condensatoren, welke voor de verbetering van den

25



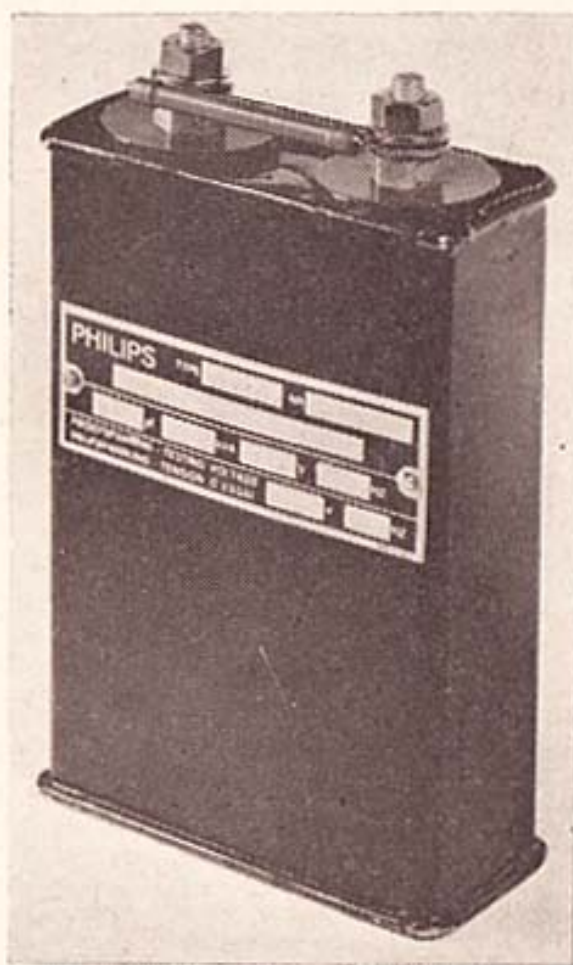
Afb. 25. Schakeling van een spaarlektransformator met condensator ter verbetering van den arbeidsfactor.



26

Afb. 26. Spaarlektransformator 110/130 V (links) en smoorspoel 210/230 V (rechts) voor superhoogedruk-kwiklamp type HP 300, HPL 300 of HPW 75 W.

arbeidsfactor worden gebruikt, geen voorschakelapparaten als zoodanig zijn, behoren ze toch tot het onmiddellijke toebehooren van een gasontladingslamp. In afb. 27 is een dergelijke condensator met een capaciteit van $8\frac{1}{2} \mu\text{F}$ (mikro-farad) afgebeeld. De condensator-pakketten (§ 30) zijn hierbij in een hermetisch gesloten bus aangebracht en tusschen de aansluitklemmen is een ontlaadweerstand aangebracht. Deze laatste verdient aanbeveling om de lading van den condensator na het uitschakelen te doen wegvloeien, zoodat deze bij eventueele inspectie gevaarloos zal zijn.



27

Afb. 27. Condensator van $8\frac{1}{2} \mu\text{F}$ met aangebouwd ontlaadweerstand voor de verbetering van den arbeidsfactor der lampen type HP 300, HPL 300 of HPW 75 W tot 0,9 bij 125 V of tot 0,97 bij 220 V.

§ 40. DE VEILIGHEIDSSCHAKELING.

Dikwijls rijst de vraag of het mogelijk is meer dan één gasontladingslamp op een voorschakelapparaat aan te sluiten. Dit is met de gebruikelijke voorschakelapparaten, noch in serie, noch bij parallelschakeling mogelijk. Bij serieschakeling van twee lampen aan een voorschakelapparaat dat voor één lamp bestemd is, is geen voldoende spanning voor de ontsteking aanwezig. Bij parallelschakeling van twee lampen aan zulk een voorschakelapparaat komt slechts één lamp tot ontsteking. Dit laatste wordt veroorzaakt doordat geen twee lampen nauwkeurig dezelfde ontsteekspanning hebben, zoodat die met de laagste ontsteekspanning het eerste ontsteekt. Vanaf dit moment vloeit dan een stroom door het voorschakelapparaat. Daardoor wordt de spanning verlaagd en komt de tweede lamp niet meer tot ontsteking.

Het parallelschakelen van twee gasontladingslampen aan één voorschakelapparaat kan echter met sommige typen lampen als veiligheidsschakeling geschieden. Eén van de twee lampen komt dan tot ontsteking, terwijl de tweede een automatische reserve vormt en direct ontsteekt zoodra de eerste, hetzij door beëindiging van den levensduur, hetzij door mechanische beschadiging uitvalt.

§ 41. LICHTRENDEMENT VAN DE GASONTLADING.

Theoretisch heeft men bepaald dat, als alle toegevoerde energie in licht met een golflengte van $555 \text{ m}\mu$, overeenkomende met de maximale ooggevoeligheid, zou kunnen worden omgezet, de specifieke lichtstroom van een zoodanige lichtbron, 670 lm/W zou bedragen. De reciproque waarde van dit getal, dus $0,00149$ watt per lumen, noemt men wel het mechanische lichtaequivalent. Indien men het hiermede overeenkomstige en in dit denkbeeldige geval maximaal bereikbare visueele rendement (§ 9) op 100% stelt, dan bedraagt in vergelijking daarmede het visueele rendement van de meest gebruikelijke moderne gloeilampen slechts 2 à 3% . Dit is niet zoo verwonderlijk als we bedenken, welk een groot deel van de totale, door een gloeilamp uitgestraalde, energie buiten het zichtbare spectraalgebied valt, terwijl bovendien binnen dit gebied de ooggevoeligheid slechts voor geel-groen ($555 \text{ m}\mu$) maximaal is en zoowel bij langere als bij kortere golflengten afneemt (zie afb. 5, 6, 7 en 8).

Men heeft ook nagegaan hoe hoog de temperatuur van een temperatuurstraler zou moeten zijn, om het maximum der energie in het zichtbare spectraalgebied te kunnen uitstralen. Zelfs indien men er in zou slagen een dergelijken idealen temperatuurstraler te vervaardigen, waarvan dan de temperatuur

meer dan het dubbele zou moeten bedragen van de maximale temperatuur welke men bij een gloeidraad, in verband met het smeltpunt van wolfram, zou kunnen toepassen, dan zou, doordat dan nog een groot deel der energie buiten het zichtbare gebied zou worden uitgestraald, het visuele rendement ten hoogste 14% bedragen.

Bij een luminescentiestraler zou men een visueel rendement van 100% theoretisch kunnen bereiken als de lichtuitstraling van het aangeslagen atoom uitsluitend in één golflengte, nl. 555 m μ , overeenkomstig met de maximale ooggevoeligheid, zou geschieden. Jammer genoeg is geen atoom met deze eigenschap bekend, doch het atoom natrium is in dit opzicht toch nog zeer gunstig. Bij het aanslaan van dit atoom immers wordt meer dan 90% van de energie in twee zeer dicht bij elkaar gelegen golflengten in het zichtbare gebied uitgestraald, nl. 589 en 589,6 m μ , welke spectraallijnen we praktisch als één lijn waarnemen in den zgn. spectroscop. Deze oranje-gele dubbellijn of doublet noemt men de natrium D-lijn. De ooggevoeligheid voor deze golflengte bedraagt 77% van het maximum en men zou dus bij de natriumlamp theoretisch ook een visueel rendement van 77%, overeenkomende met een specifiek lichtstroom van ca. 515 lm/W kunnen bereiken. Er treden echter verliezen op bij de omzetting van elektrische energie in licht, zooals warmteverliezen en straling bij andere golflengten dan 555 m μ . Praktisch komt men bij natriumlampen, de verliezen in het voorschakelapparaat meegerekend, tot een visueel rendement van ca. 9,3% bij het gunstigste type, hetgeen overeenkomt met een specifiek lichtstroom van 61 lm/W.

Ook het atoom kwik is in dit opzicht veelbelovend. Bij het aanslaan van dit atoom treedt immers een groene spectraallijn van 546,1 m μ op, waarvoor de ooggevoeligheid 89% bedraagt en voorts een gele dubbellijn 577/579 m μ met een ooggevoeligheidsfactor van 89%. Voor de derde der voornaamste kwiklijnen, nl. de blauwe lijn 435,8 m μ is de ooggevoeligheid echter slechts 1,8%. Toch bereikt men in de praktijk met kwiklampen een visueel rendement van ca. 5,2—8,2%, dus specifieke lichtstromen van ca. 35 tot 55 lm/W. Gezien de specifieke lichtstroom van de meest voorkomende moderne gloeilampen, welke in de orde van grootte van 15 lm/W is (zie tabel II), beteekenen de luminescentiestralers dan ook in dit opzicht een groote verbetering. De natrium- en kwiklampen kunnen we wel als de gunstigste luminescentie-stralingsbronnen door gasontlading beschouwen en al kunnen de theoretisch, op grond van de ooggevoeligheid, te verwachten rendementen in de praktijk niet worden bereikt, toch is de specifieke lichtstroom van de gangbare typen natrium- en kwiklampen gelegen tusschen 33 en 61 lm/W.

Slechts bij die soorten van gasontladingsbuizen, waarbij het niet zoozeer gaat om een zoo hoog mogelijk rendement der lichtproductie en welke niet voor algemeene verlichtingsdoeleinden, maar bijvoorbeeld voor reclame en decoratieve verlichting bestemd zijn, gebruikt men ook andere gassen. Deze zijn o.a. de edelgassen neon, helium en argon en vroeger ook de gassen stikstof en koolzuur. Deze leveren weliswaar geen hoog rendement, maar een geprononceerde en voor dit doel zeer geschikte kleur van het ontladingslicht op. Ofschoon dit boekje bedoeld is om een overzicht te geven van de gasontladingslampen, die in hoofdzaak voor verlichtingsdoeleinden worden gebruikt, worden eenige bijzondere uitvoeringen, alsmede de lichtreclamebuizen verderop besproken.

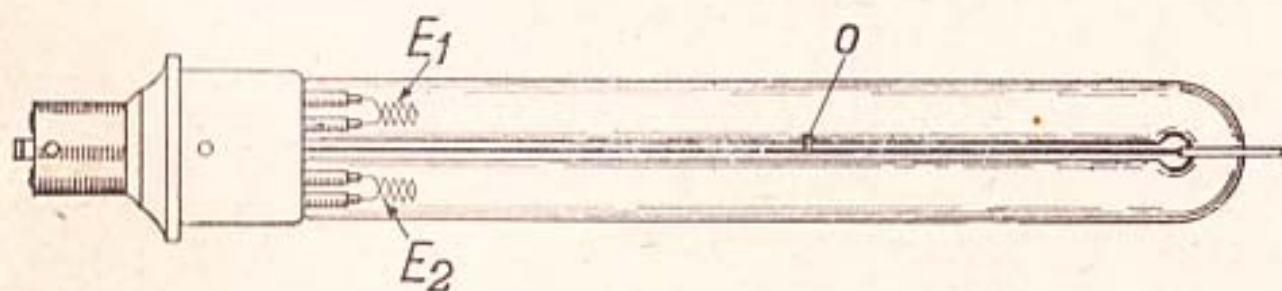
DE NATRIUMLAMPEN.

§ 42. BOUW EN WERKING.

De natriumlamp bestaat uit een 13 à 14 mm dikke dubbelgevouwen glazen buis, welke aan de naast elkaar gelegen uiteinden van oxyde-kathoden is voorzien (afb. 28). In deze buis bevindt zich een kleine hoeveelheid van het metaal natrium (Na), alsmede een hulpgas, waarvoor in hoofdzaak neon gebruikt wordt. Dit laatste is noodzakelijk, daar natrium eerst bij 97°C vloeibaar wordt en pas bij een nog hogere temperatuur geheel in damp overgaat, zoodat bij normale temperatuur zeer weinig natriumdamp in de ontladingsbuis aanwezig is. De eerste ontlading, dus de ontsteking, heeft in het hulpgas plaats en eerst dan verdampt het natrium tengevolge van de warmteontwikkeling van deze neon-ontlading. Daar de natrium-atomen gemakkelijker aangeslagen worden dan die van het neongas, wordt de ontlading geleidelijk door de natriumdamp overgenomen.

Gedurende dezen „aanlooptijd” verandert de lichtkleur en het relatief zwakke roode licht der neon-ontlading, bekend uit de neonreclame-verlichtingstechniek, wordt geleidelijk verdrongen door de sterke oranje-gele straling van de natriumdamp.

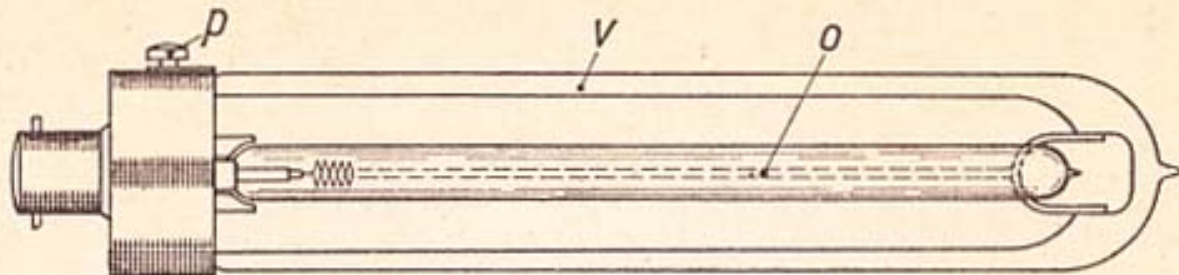
Om de ontsteking van de lamp te vergemakkelijken, is tusschen de beenen van de buis een smalle metalen „ontsteekstrip” aangebracht, die aan een der contacten van den porceleinen bajonet-(Swan-) lampvoet is aangesloten. De ontladingsbuis is flexibel aan den lampvoet bevestigd, teneinde de uitzetting van de buis, tengevolge van de warmteontwikkeling, niet te belemmeren.



28

Afb. 28. Schematische opbouw van een natriumlamp type SO met afgenomen vacuumglas. E_1 en E_2 = hoofdkathoden; o = ontsteekstrip.

29

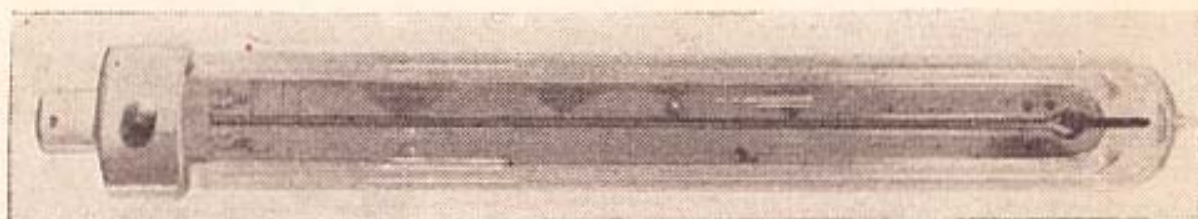


Afb. 29. De natriumlamp type SO in het vacuumglas, v = luchtledig gepompte ruimte tusschen den dubbelen wand van het vacuumglas; o = ontsteekstrip, welke aan het uiteinde van een vork is voorzien, waarmede de lamp in het vacuumglas gecentreerd is, zoodat zij niet kan rammelen; p = veerend pennetje, waarmede de porceleinen ring van het vacuumglas om den lampvoet is vastgezet.

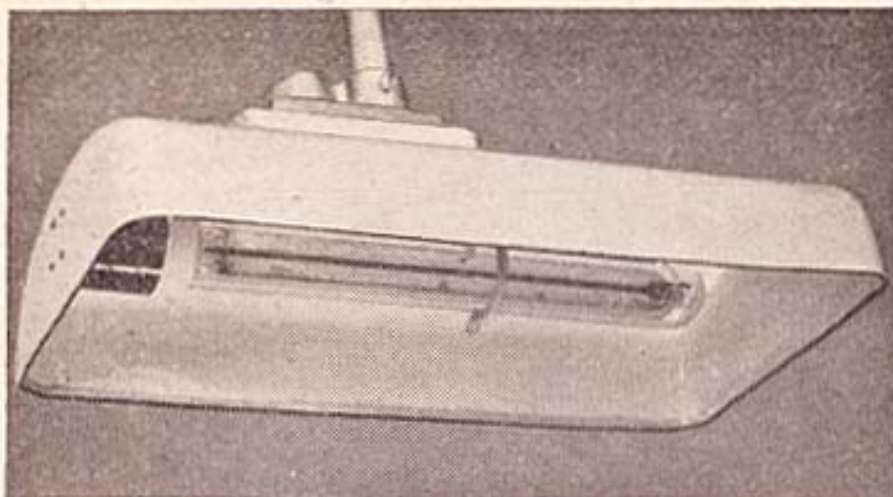
De warmte, welke noodig is om het natrium in dampvorm te brengen en te houden, wordt ook door de toegevoerde energie geleverd zoodat het voor een goede economie noodig is, de warmteverliezen zooveel mogelijk te beperken. Daartoe heeft elke lamp een zgn. **vacuumglas**. Dit is een om de lamp geschoven dubbelwandige en tusschen deze wanden luchtledig gepompte glazen stolp, als het ware een thermosflesch. Het vacuumglas is afneembaar, zoodat het slechts eenmaal voor elk natriumlichtpunt behoeft te worden aangeschaft en na beëindiging van den levensduur van de lamp, voor een nieuwe lamp kan worden gebruikt (afb. 29 en 30).

De kleinste **natriumlampen type SO** hebben een lichtstroom van 250 Dlm, de grootste van 1 000 Dlm. Voor de verdere gegevens, zooals het vermogen, den specifiek lichtstroom enz. verwijzen we naar tabel III en IV. In tegenstelling met de gloeilampen, kunnen natriumlampen niet in elken willekeurigen stand gebruikt worden, maar is de „**brandstand**” voorgeschreven. De twee kleinste typen mogen verticaal hangend en in alle tusschengelegen standen tot den horizontalen worden gebruikt, de twee grootste typen daarentegen alleen horizontaal met een maximale afwijking uit dien stand van 20° en met den lampvoet aan de hoogste zijde. Een dergelijke beperking is voor een regelmatige verdeling van het natrium en daarmede voor een gelijkmatige lichtverdeling over de lengte van de buis noodzakelijk. Natuurlijk heeft men in ver-

30



Afb. 30. Natriumlamp type SO 650 met vacuumglas, 125 V/110 W, 220 V/106 W, 650 Dlm. Het niet verdampte natrium is zichtbaar.



31

Afb. 31. Natriumverlichtingsarmatuur type SORA 400/650 met lamp type SO 650 en vacuumglas. Het armatuur is tevens geschikt voor de lamp SO 400. Desgewenscht kan het voorschakelapparaat in een cilindrische bus direct op het armatuur worden gemonteerd.

band met den horizontalen brandstand der lampen, speciale natriumverlichtingsarmaturen ontwikkelen (afb. 31).

De levensduur van natriumlampen is zeer groot en overschrijdt gemiddeld 3 000 uren, hetgeen met den zeer hoogen specifieke lichtstroom een economisch bedrijf mogelijk maakt. De ontsteekspanning van de natriumlampen type SO ligt tusschen 350 en 450 V, zoodat als voorschakelapparaat ter stabilisatie van de ontlading niet met een smoorspoel kan worden volstaan, welke immers in onbelasten toestand een open spanning heeft welke hoogstens gelijk is aan de netspanning, dus ten hoogste 220 V. Voor aansluiting aan het net wordt dus zoowel bij 110/130 V als bij 210/230 V een spaarlektransformator toegepast.

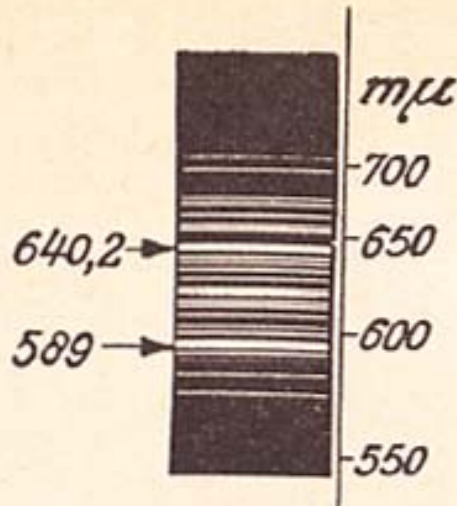
Bij elk dezer netspanningen wordt voor de drie kleinste lamp-typen éénzelfde type spaarlektransformator gebruikt. Daardoor kan men zoonoodig later in een installatie grootere of kleinere lampen gebruiken dan oorspronkelijk waren geprojecteerd, zonder de voorschakelapparaten te vervangen. Belangrijk is nog voor de practijk, dat natriumlampen een geringe gevoeligheid voor netspanningsvariatiën hebben.

§ 43. SPECTRUM EN LICHTKLEUR.

We zagen reeds in § 41 dat meer dan 90% van den totalen lichtstroom van de natriumlamp in één spectrale dubbellijn, de natrium-D-lijn, wordt

uitgestraald. Niet alleen doordat de natriumontlading nog eenige, zij het relatief zwakke dubbellijnen in andere deelen van het spectrum bevat, maar voornamelijk tengevolge van de neonstraling van het hulpgas, is het licht van de natriumlamp in haar practische uitvoering niet volkomen monochromatisch (afb. 32).

32



Afb. 32. Het spectrum van een natriumlamp. De natrium-D-lijn 589/589,6 $m\mu$ is als één lijn 589 $m\mu$ aangegeven. De verdere lijnen zijn hoofdzakelijk roode neonlijnen.

lichtsamenstelling volgens de vakjes-methode (§ 9) zijn in tabel I vermeld.

§ 44. LICHTTECHNISCHE EIGENSCHAPPEN.

In § 6 is reeds besproken, dat het praktisch monochromatische oranjegele natriumlicht elke kleurwaarneming, behalve van de oranjegele kleur zelf, onmogelijk maakt en dat voor de overige kleuren een zeer sterke vertekening optreedt, welke het verrichten van bepaalde werkzaamheden bij dit licht onmogelijk maakt. In vele gevallen is het waarnemen van kleuren niet strikt noodzakelijk, doch ondanks de groote economie der lichtproductie, de specifieke lichtstroom bedraagt nl. ca. 36—61 lm/W, zouden de natriumlampen niet zoo snel een zoo groot toepassingsgebied hebben veroverd, indien het natriumlicht niet bepaalde eigenschappen bezat, welke de waarneming, op andere wijze, beter dan bij andere lichtsoorten mogelijk maken. We zullen deze eigenschappen achtereenvolgens bespreken.

Ons oog ontwerpt door middel van de ooglenzen een beeld van het waargenomene op het netvlies, op analoge wijze als dit in de fotografische camera geschiedt. De verschillende kleuren van dit beeld worden door de ooglenzen niet alle met dezelfde scherpte afgebeeld. Bij een normaal oog vormen alleen die stralen welke, wat hun golflengte betreft, ongeveer met de maximale ooggevoeligheid corresponderen, dus in het midden van het spectrum gelegen zijn, een scherp beeld. Zoowel de stralen van langere (bijv. roode), als die van kortere golflengten (bijv. blauwe), vormen een niet geheel

De neonstraling bevat een groot aantal, weliswaar ten opzichte van de D-lijn zwakke, roode lijnen; bovendien veroorzaken de kathoden, die een vrij hoge temperatuur bereiken, nog een zwakke straling met een continu-spectrum (temperatuurstraler).

De overmaat van oranjegeel licht met een golflengte van 589/589,6 $m\mu$ is echter zoo groot dat men het licht van de natriumlamp in de praktijk als monochromatisch beschouwt.

Volledige gegevens over de

scherp, ietwat verdoezeld beeld. Dit verschijnsel heet de **chromatische aberratie** van de ooglens.

Bij de hoge verlichtingssterkte overdag bemerken we deze onscherpte niet, daar deze bij de relatieve overmaat van de daglichtenergie in het middendeel van het spectrum, waarvoor ons oog het meest gevoelig is en waarmede het wel een scherp beeld vormt, geheel in het niet valt. Voorts werkt ons oog bij het hoge daglichtniveau met een kleine pupil, waardoor evenals bij een kleine diafragma-opening van de fotografische camera, de scherpste verhoogd wordt. Bij het zwakkere kunstlicht is de invloed van de niet geheel scherpe beelden, welke door het langgolfige en kortgolfige deel van het spectrum gevormd worden, grooter tengevolge van de grootere oogpupil dan bij de daglichtwaarneming. Gebruikt men echter natriumlicht, waarin practisch slechts één golflengte voorkomt, dan treedt ook bij de grootere oogpupil, welke het gevolg is van de in het algemeen ten opzichte van het daglicht lage verlichtingsniveau's, geen storing der scherpste op door stralen met andere golflengten. **Natriumlicht veroorzaakt een zeer hoge gezichtsscherpte.**

Voorts onderscheidt het natriumlicht zich van andere lichtsoorten door een abnormaal **hoge contrastwerking bij lage helderheden**. Dit vindt zijn oorzaak in een ander verschijnsel, het zgn. Purkinje-effect.

Bij lage helderheden, zooals deze bij kunstlicht in de schaduwen en andere donkere partijen van het beeld optreden, is de maximale ooggevoeligheid niet meer bij geel-groen (555 m μ), maar bij een kortere golflengte gelegen. De geheele ooggevoeligheidskromme verschuift voor lage helderheden naar kortere golflengten, welk verschijnsel meermalen in het dagelijksche leven is waar te nemen. Als we bijvoorbeeld bij de dalende verlichtingssterkte tegen het einde van de avond-schemering in een bloementuin zijn, valt het op, dat van een bepaald moment af de kleur der roode bloemen niet meer als zoodanig waarneembaar is en dat deze een grauwe tint aannemen, terwijl de kleur der blauwe bloemen nog zeer goed als zoodanig te herkennen is.

Iets dergelijks valt waar te nemen bij oranje en gele kleuren waardoor alle schaduwpartijen bij natriumverlichting met een laag verlichtingsniveau bijzonder donker schijnen te zijn en daardoor de contrasten versterkt worden.

Een verdere voor de waarneming gunstige eigenschap van de natriumlamp is de **lage helderheid**, welke slechts 9 à 10 sb bedraagt (zie tabel II en IV).

Afgezien van de helderheid worden de verblindings-eigenschappen van een lichtbron ook bepaald door de lichtsamenstelling en het zijn voornamelijk de stralen van kortere golf-

lengte (bijv. blauwe en violette) welke aanleiding geven tot de vorming van een nabeeld op het netvlies en daardoor de waarneming kunnen storen. Dit nabeeld treedt direct na het kijken in een verblindende lichtbron op en is bij gesloten oogen soms als een groene vlek of lichtverschijnsel te bemerken. Nabeeldvorming komt bij een natriumlamp door de afwezigheid van stralen met kortere golflengte nagenoeg niet voor. Door deze omstandigheid en door de lage helderheid geven natriumlampen dan ook vrijwel geen aanleiding tot verblinding.

Een gevolg daarvan is het **gunstige nevel-effect** van natriumlicht.

Bij mistig weer des nachts ziet men veelal gedurende een autorit hoe zich onder invloed van het licht van de koplampen als het ware een ondoordringbare witte sluier voor den wagen vormt. Deze wordt veroorzaakt door milliarden kleine doch verblindende reflecties van de hoge helderheid der lichtbronnen in de koplampen. Ook is het bijvoorbeeld bij mist dikwijls niet mogelijk om verder dan de eerstvolgende straatlantaarn waar te nemen en het is meestal zeer moeilijk om met normaal kunstlicht in de rookerige, stoffige of met damp bezwangerde atmosfeer van sommige werkplaatsen een goede zichtbaarheid te bereiken. Deze verschijnselen doen zich bij natriumlicht bijna niet voor en de nevel blijft hierbij veel meer doorzichtig.



33a

Afb. 33a. Natriumverlichting op een snelverkeersweg. (Zie afb. 33b).

§ 45. TOEPASSINGEN.

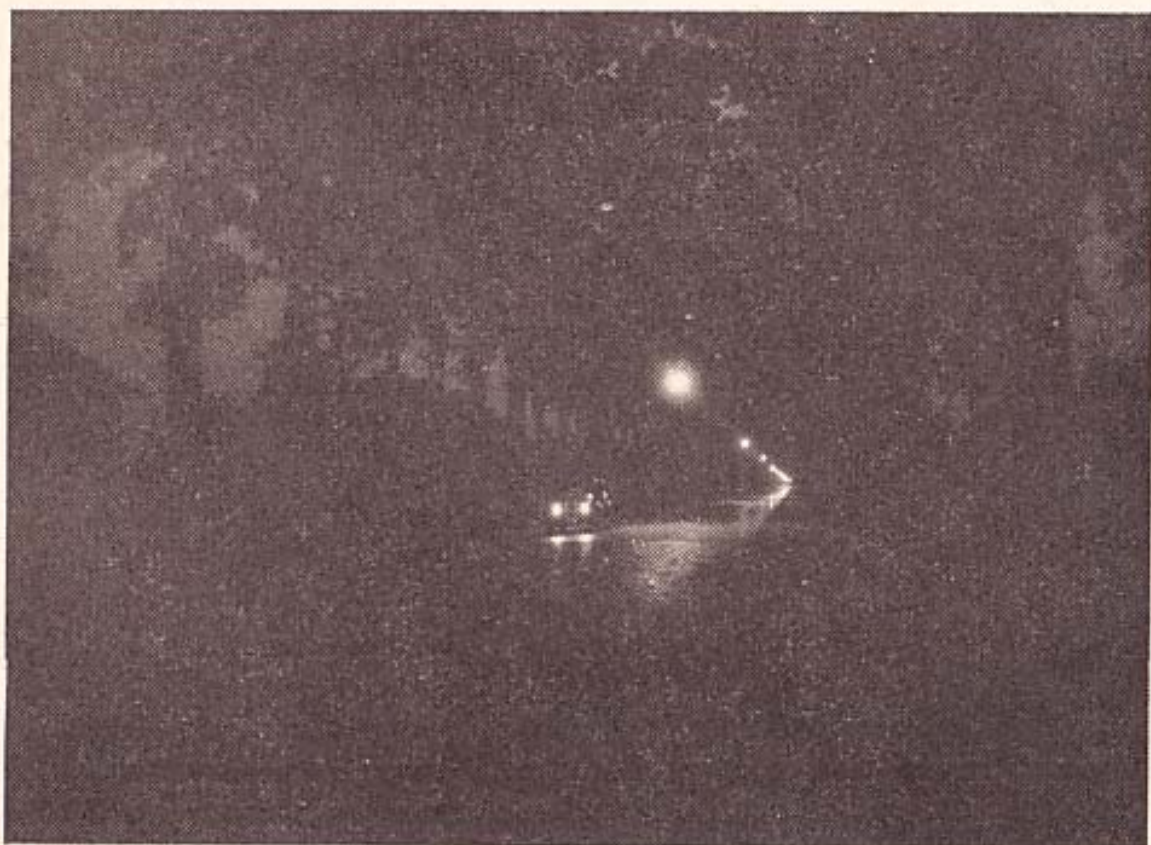
Uit het voorgaande blijkt wel, dat de natriumlamp niet als een universeele lichtbron kan worden beschouwd.

Deze lampen worden in de praktijk dan ook in hoofdzaak gebruikt voor verlichtingsobjecten, waarbij de waarneming van kleuren niet noodzakelijk is, doch waarbij voor het overige een zeer goede waarneming, als gevolg van de hoge gezichtscherpte, contrastwerking en waarnemingssnelheid, de geringe verblinding en het gunstige nevel-effect, van het grootste belang is.

Het ligt voor de hand, dat het natriumlicht uiterst geschikt is voor de verlichting van verkeerswegen en deze, mede door het lage energieverbruik en door den langen levensduur der lampen, op groote schaal economisch mogelijk heeft gemaakt.

In Nederland werd reeds in 1932 de eerste proefverlichting met natriumlampen op den snelverkeersweg tusschen Beek en Geleen in Limburg in bedrijf gesteld. De resultaten van deze praktijkproef waren van dien aard, dat al spoedig een aantal gemeentebesturen tot het aanbrengen van natriumverlichting op de wegvakken met snelverkeer in hun gemeenten zijn overgegaan.

In 1936 werd voor de eerste maal door het Rijk een snelverkeersverlichting met natriumlampen aangelegd en wel op den rijksweg tusschen Amsterdam en Haarlem en sedert dien



Afb. 33b. Dezelfde verkeersweg van afb. 33a met de vroegere, verouderde verlichting met hetzelfde energie-verbruik.

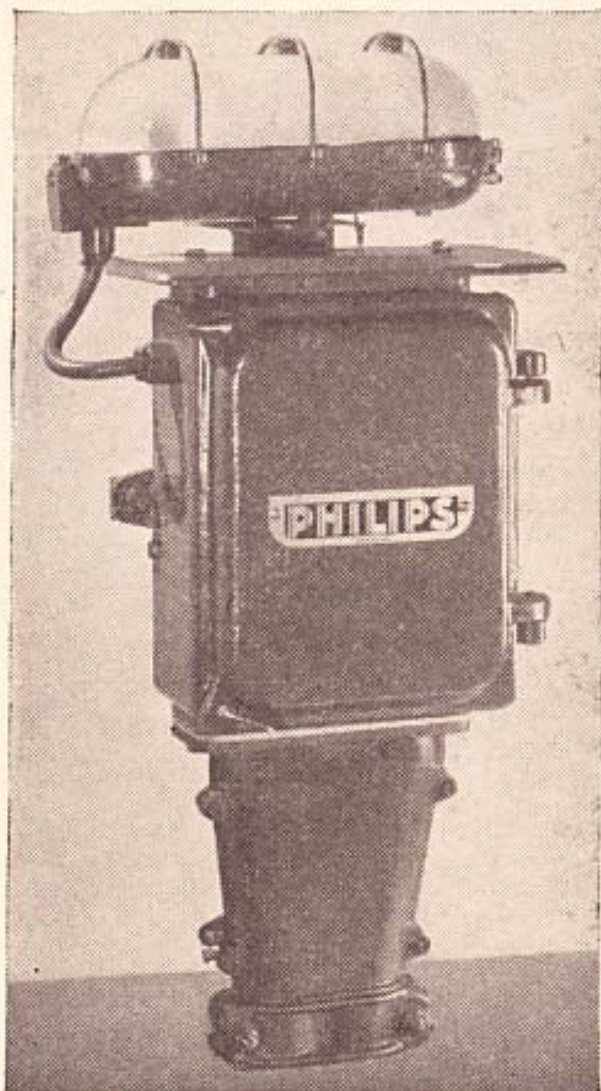
werd door de regeering tot het aanbrengen van natriumverlichting langs snelverkeerswegen met één verkeersbaan, voorloopig tot een lengte van ca. 150 km, besloten. Los daarvan werd alleen reeds in Nederland natriumverlichting aangelegd langs wegvakken tot een totale lengte van meerdere honderden kilometers.

Het is duidelijk gebleken dat de in gebruik genomen installaties aanleiding zijn geweest tot een aanzienlijke vermindering van het aantal verkeersongelukken in de donkere uren. De autobestuurder heeft ervaren dat men zonder „groot” licht bij natriumverlichting met zeer hoge snelheden veilig kan rijden en dat het probleem der tegenliggerverblindingsdaarbij als opgelost kan worden beschouwd.

Vanzelfsprekend wordt natriumverlichting ook op groote schaal voor andere verkeersobjecten als wegkruisingen, bruggen en brug-opritten, onderdoorgangen, mijngangen en tunnels, zooals bijvoorbeeld voor den bekenden Maastunnel te

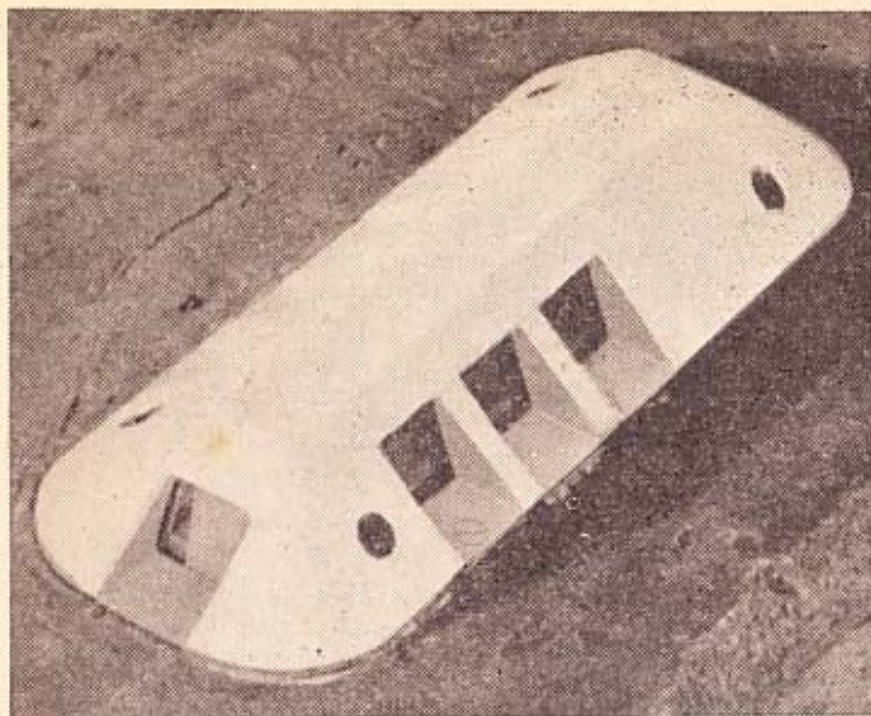
Rotterdam, toegepast. Behalve voor de verlichting van snelverkeerswegen wordt het natriumlicht voor vele andere doeleinden gebruikt, waarbij eveneens een zoo hoog mogelijke zichtbaarheid en economie van het grootste belang zijn, doch het onderscheiden van kleuren overbodig is of een ondergeschikte rol speelt.

Voor terreinverlichtingen in den uitgebreidsten zin worden veelal natriumlampen toegepast. We noemen de verlichting van fabrieksterreinen, spoorwegemplacementen en rangeerterreinen, haven-terreinen, sluizen en opslagterreinen, bewakingsverlichtingen in het algemeen en zelfs tennisbanen.



34

Afb. 34. Natrium-omrandingslicht voor vliegvelden met natriumlamp type SO 250 in waterdicht armatuur en kast met voorschakelapparaat en zekeringen.



35

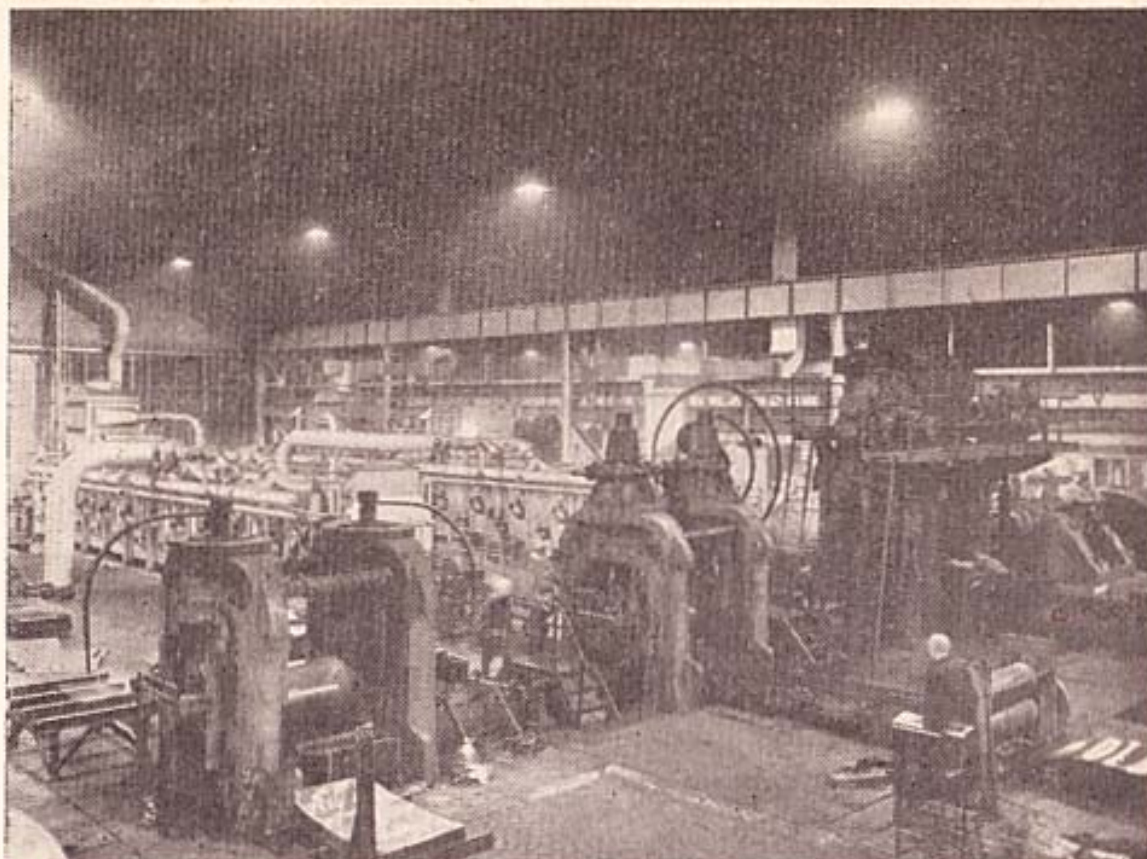
Afb. 35. Natrium-lichtknop voor startbaanbebakening op vliegvelden, met natriumlamp type SO 250 en ingebouwden spaarlektransformator.

Voor baken- en markeeringsverlichtingen profiteert men van het gunstigste nevel-effect en de opvallende lichtkleur der natriumlampen. Zoo worden natriumlampen voor de bebakening van waterwegen gebruikt, terwijl men bijvoorbeeld de omtrek van vliegvelden des nachts aangeeft met op onderlinge afstanden van 100 m geplaatste natrium-omrandingslichten. (afb. 34). Langs de randen der start- en landingsbanen brengt men zgn. natrium-lichtknoppen (fig. 35) op onderlinge afstanden van 25 m in den bodem aan.

Reclameborden, dakreclameletters en dergelijke worden dikwijls met natriumlicht bestraald, waardoor een opvallend effect en een zeer goede leesbaarheid op grooten afstand wordt verkregen. Dit verklaart ook het gebruik van natriumlampen voor de verlichting van reclame-transparanten, lichtbakken en openbare klokken.

Voor de gevelverlichting, vooral op lichtgekleurde gevels, wordt het warmgekleurde natriumlicht veel toegepast, terwijl ook voor het decoratief verlichten van boomgroepen in parken en op feestterreinen, met natriumlampen prachtige resultaten verkregen worden.

Natriumlampen komen echter ook voor bepaalde binnenverlichtingen in de industrie met voordeel in aanmerking (afb. 36). In stoffige, donkergekleurde en soms met rook en damp bezwangerde ruimten, zooals ketelhuizen, stokerijen van gasfabrieken en dergelijke, in ijzergieterijen, vormerijen, walsbedrijven en laschwerkplaatsen, alsmede in smederijen, constructiewerkplaatsen, opslagruimten, magazijnen, garages, overdekte tennisbanen, sport- en gymnastiekzalen, wordt



Afb. 36. ⚡ Natriumverlichting in een walswerk.

natriumverlichting toegepast.

Tenslotte hebben de bijzondere lichttechnische eigenschappen van natriumlicht aanleiding gegeven tot een aantal speciale toepassingen in laboratoria, voor verschillende materiaalkeuringen en sorteer-procédés in de industrie, zooals bij de fabricage van spiegelglas en glazen voorwerpen, in blikfabrieken, in de textielindustrie enz. en verder als opname-licht in fotografische ateliers, aangezien het natriumlicht in combinatie met gloeilampen- of kwiklicht op panchromatisch gevoelig materiaal een bijzonder goede stof- en kleurweergave oplevert, terwijl ook de geringe warmtestraling van voordeel is. Ook in donkere kamers wordt voor bepaalde werkzaamheden natriumverlichting gebruikt (indirect).

Ten dienste van de luchtbescherming worden industrieele binnenverlichtingen volgens het zgn. filtersysteem uitgevoerd met natriumlampen, waarbij de ramen en glasdaken met een spectraal zeer nauwkeurig aan het natriumlicht aangepaste groene verfstof worden bewerkt. Verdere verduisteringsmaatregelen zijn dan onnoodig: overdag werkt men bij het door de ramen groen gekleurde daglicht; 's avonds kan echter het oranje-gele natriumlicht niet door de ramen naar buiten dringen.

Door haar groote economie en de bijzonder visueele eigenschappen heeft de natriumverlichting dus een zeer uitgebreide toepassing gekregen en ondanks het onprettige uiterlijk, dat de menschelijke huid bij deze verlichting heeft, is het zeer

onwaarschijnlijk, dat de wel eens voorgestelde „kleurverbetering“ van het natriumlicht door het bijmengen van gloeilampenlicht eenige toekomst heeft, daar hierdoor de gunstige en specifieke eigenschappen, waaraan deze lichtsoort zijn vele toepassingen te danken heeft, grootendeels verloren gaan.

DE HOOGEDRUK-KWIKLAMPEN.

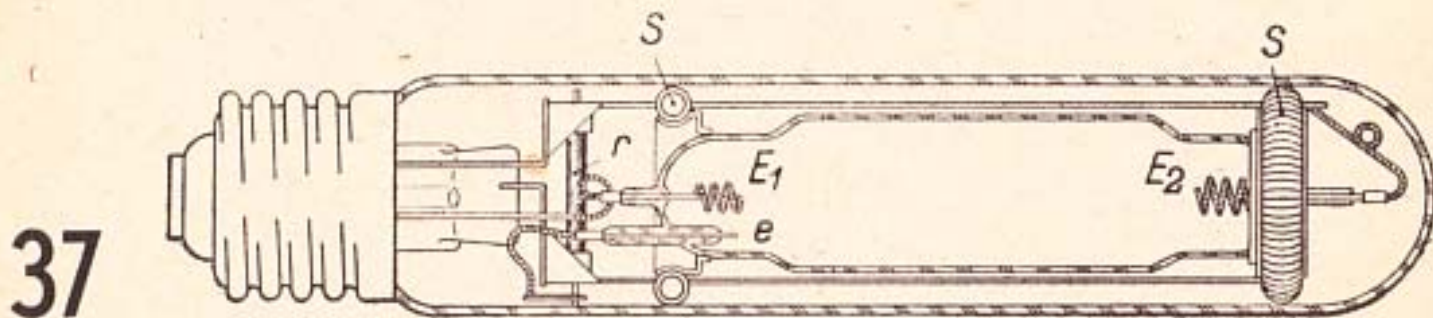
§ 46. BOUW EN WERKING.

Naast de natriumlampen heeft men de **hoogedruk-kwiklampen** van het type **HO** ontwikkeld.

Deze bevatten een rechte ontladingsbuis van 30 à 35 mm diameter, afhankelijk van de grootte der lamp, welke aan de uiteinden van oxyde-kathoden is voorzien (afb. 37). Dicht bij één der kathoden is een hulp-electrode ter inleiding van de ontlading aangebracht, welke via een weerstand aan hetzelfde contact van den lampvoet is aangesloten als de overstaande hoofdkathode. De eerste ontsteking vindt nu plaats tusschen de naast elkaar gelegen hoofd- en hulpkathode waarbij de stroomsterkte via deze laatste door den hoogen weerstand tot een zoodanige lage waarde begrensd wordt, dat hierdoor geen noemenswaardig energieverlies optreedt.

In de ontladingsbuis, welke in verband met de hooge temperatuur uit hardglas vervaardigd is, bevindt zich een kleine hoeveelheid kwik, welke gedurende den aanlooptijd geheel verdampt en waarbij de dampdruk tot ca. 1 at stijgt. Men noemt deze lampen dan ook, in tegenstelling met de later te bespreken typen met aanzienlijke lagere dampdrukken, hoogedruk-kwiklampen.

Bij normale temperatuur is nagenoeg geen kwikdamp in de ontladingsbuis aanwezig, zoodat ook hier een hulpgas, in dit geval voornamelijk argon, wordt gebruikt om de ontlading in te leiden en de benodigde warmte voor het verdampen van het kwik te leveren.



Afb. 37. Schematische opbouw van een hoogedruk-kwiklamp type HO. E_1 en E_2 = hoofdkathoden; e = hulpkathode; r = voorschakelweerstand der hulpkathode; S = ringvormige spiralen voor het centreeeren van de ontladingsbuis in den buitenballon.

Door de afkoeling van den buiswand is de temperatuur in de as van de buis het hoogste en dus de dampdichtheid het laagste. De electronen onder vinden daar dus den minsten weerstand en ontwikkelen de grootste snelheid, zoodat ook in de as van de buis de meeste ionisatie en aanslag van atomen plaats heeft. De zuilontlading, welke aanvankelijk de geheele buis vult, trekt zich daardoor geleidelijk tot een ca. 5 mm dikke kern van hoge helderheid, de lichtboog, samen. Om de ontladingsbuis is een cylindervormige buitenballon aangebracht, welke de onder spanning staande deelen afschermt en luchtledig is gepompt.

HO-lampen zijn van een groote schroefhuls, de zgn. goliath-lampvoet, voorzien en worden in twee grootten gemaakt: de typen HO 1 000 en HO 2 000, welke een lichtstroom van resp. 1 000 en 2 000 Dlm hebben (afb. 38).

Voor HO-lampen is de brandstand eveneens voorgeschreven; de lampen mogen zoowel verticaal hangend als staand en met afwijkingen tot max. 45° uit deze standen worden gebruikt. Het type HO 2 000 mag bovendien in horizontalen stand worden toegepast en het type HO 1 000 kan in speciale uitvoering, geschikt voor dezen brandstand, worden geleverd. Aangezien de meest voorkomende stand de verticale is, worden deze lampen gewoonlijk in normale gloeilamp-armaturen (ornamenten) van voldoende afmetingen gebruikt.



38

Afb. 38. Hoogedruk-kwiklamp type HO 1 000, 125V/294 W, 220V/283 W, 1 000 Dlm.

De ontsteekspanning der HO-lampen bedraagt ca. 180 V, de brandspanning echter slechts ca. 130 V, zoodat men bij 210/230 V netspanning met een smoorspoel als voorschakelapparaat kan volstaan, echter bij 110/130 V netten een spaarlekiransformator gebruiken moet.

We zagen reeds dat hoogedruk-kwiklampen een aanlooptijd noodig hebben. Voor de practijk is echter ook het verschijnsel van den zgn. her-aanlooptijd van belang. Deze ontstaat, doordat de ontsteekspanning met den dampdruk toeneemt, zoodat de lamp, alvorens in warmen toestand na het uitschakelen opnieuw te kunnen ontsteken en te kunnen aanloopen, eerst afkoelen moet. Inschakelen direct na het uitschakelen is dus zonder meer mogelijk, maar de ontsteking laat dan nog eenigen tijd op zich wachten.

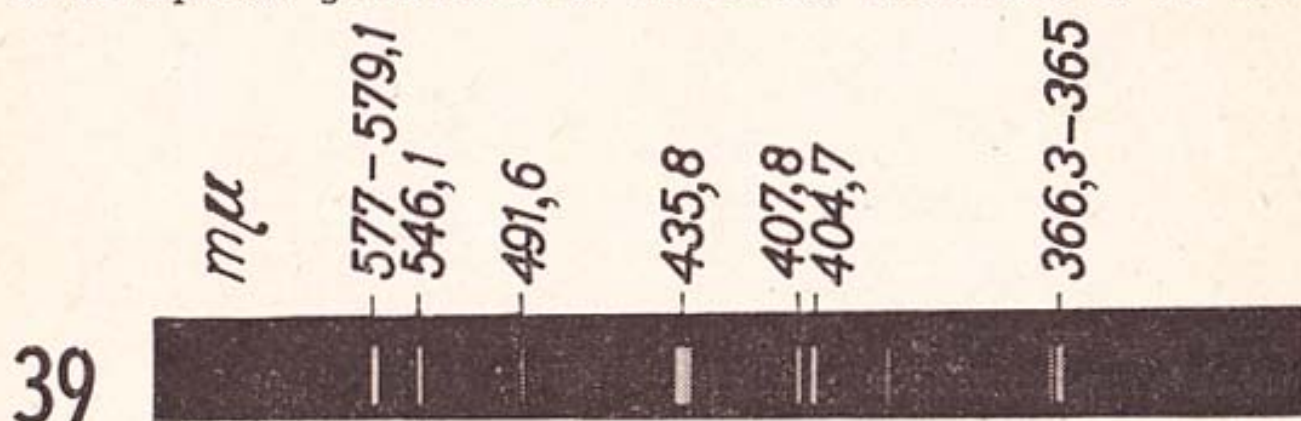
Voor alle verdere gegevens van dit lamptype zij naar de tabellen III en IV verwezen.

§ 47. SPECTRUM, LICHTKLEUR EN EIGENSCHAPPEN.

De samenstellingen van het lijnenspectrum der HO-lampen is reeds in § 41 besproken (zie afb. 39), terwijl een meer overzichtelijk beeld van deze lichtsamenstelling in tabel I is

gegeven. Hoewel beter dan bij natriumlicht, is de kleurherkenning bij hoogedrukkwiklicht voor vele doeleinden geheel onvoldoende. Bepaalde kleuren, voornamelijk het rood, worden door de afwezigheid van deze kleuren in het spectrum niet of sterk vertekend waargenomen, terwijl die kleuren, welke min of meer nauwkeurig met de golflengten der kwiklijnen correspondeeren, sterk overdreven en dus veelal ook onnatuurlijk worden weergegeven.

De gezichtsscherpte is bij kwiklicht evenals bij natriumlicht zeer hoog. Daarentegen is een bijzondere contrastwerking niet aanwezig en is ook de helderheid van de lamp relatief hoog, nl. ca. 175 sb. Een vergelijking met andere lichtbronnen in dit opzicht geeft tabel II. Gezien de helderheid is de ver-



Afb. 39. Het spectrum van een hoogedruk-kwikdamp. Ca. 98% van den totalen lichtstroom wordt uitgestraald in de golflengten 577/579,1 m_{μ} (geel) en 546,1 m_{μ} (groen).

blindingskans bij kwiklicht dan ook in het algemeen grooter dan bij gloeilampenlicht en veel grooter dan bij natriumlicht. De kwikdampontlading veroorzaakt een sterke ultra-violette straling met lijnen van verschillende golflengten, waarvan die met zeer korte golflengte schadelijk voor het oog zijn. Deze schadelijke straling wordt echter door de glaswanden van de ontladingsbuis en den buitenballon geheel geabsorbeerd, zoodat men hiervan in de practijk geen enkel nadeel te duchten heeft.

§ 48. HET KWIK-MENGLICHT.

Zooals we zagen bevat het spectrum van de hoogedruk-kwikontlading, zij het als lijnen, alle hoofdkleuren behalve het rood. Het ligt dus voor de

hand dat men de lichtkleur kan verbeteren door met een afzonderlijke lichtbron het ontbrekende rood aan te vullen. Men past dan ook veelal combinaties toe van een kwiklamp met een of meer gloeilampen in één armatuur, (een zgn. kwikmenglicht-armatuur) en spreekt dan van kwikmenglicht of kortweg menglicht. Hierbij is zoowel de overmaat van roode stralen welke het gloeilampenlicht ten opzichte van het daglicht bezit, als het verdere continue-spectrum een goede aanvulling van het lijnenspectrum der kwiklamp. Het is reeds mogelijk een lichtkleur te verkrijgen welke behoorlijk met de kleur van het noorderdaglicht harmonieert, zonder echter daarmede wat betreft de nauwkeurige kleurwaardering overeen te komen, door in het menglichtarmatuur gelijke hoeveelheden kwiklicht en gloeilampenlicht te combineeren. Men spreekt dan van een mengverhouding 1 : 1, welke dus op de verhouding der lichtstroomen van de lampen en niet op hunne vermogens betrekking heeft.

Zoo wordt met een mengverhouding 1 : $\frac{1}{2}$ de combinatie van een kwiklamp met een of meer gloeilampen van tezamen den halven lichtstroom bedoeld en deze mengverhouding is reeds voor zeer vele industriele verlichtingsdoeleinden en voor openbare verlichtingen voldoende wat betreft de kleurherkenning.

Voor verdere gegevens omtrent de kleur van menglicht met verschillende mengverhoudingen zij verwezen naar tabel I.

Een goede menging van de beide lichtsoorten wordt pas verkregen indien de beide soorten lichtbronnen zich in één armatuur bevinden. Bij afzonderlijke en afwisselende montage van kwiklampen en gloeilampen op eenigen afstand van elkaar treden altijd gekleurde schaduwen op en ontstaat een ongelijkmatigheid van de lichtkleur, welke zeer hinderlijk kan zijn.

§ 49. DE ARBEIDS- FACTOR BIJ MENGLICHT.

welke een arbeidsfactor = 1 hebben, hoger en afhankelijk van de mengverhouding.

Door een aantal electriciteitsbedrijven worden dan ook geen bijzondere maatregelen ter verbetering van den arbeidsfactor geëischt (§ 31), indien een zoo hoge mengverhouding wordt toegepast, dat de arbeidsfactor een bepaalde waarde bereikt. Deze en verdere gegevens omtrent menglicht zijn in tabel V vermeld.

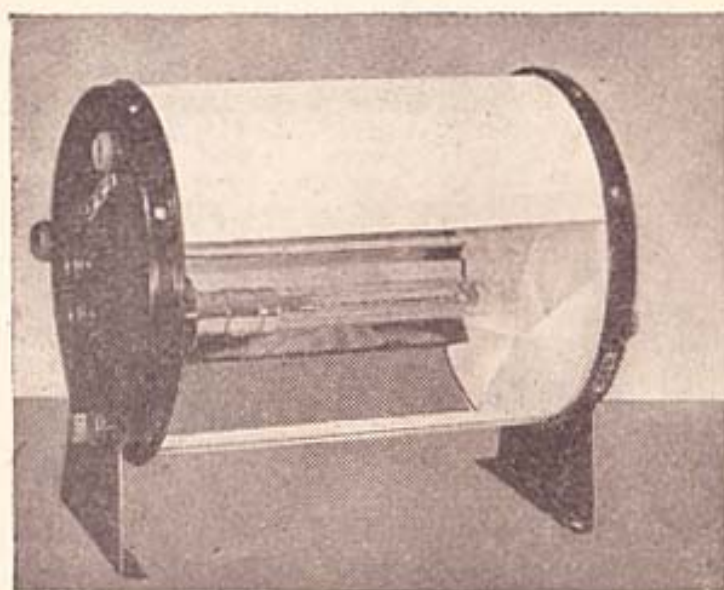
§ 50. BIJZONDERE UITVOERINGEN.

Een bijzondere uitvoering van de hoogedruk-kwiklamp is de zgn. **hoogtezonlamp Biosol** (afb. 40). Bij deze lamp bestaat de ontladingsbuis uit kwartsglas, waardoor ook de kortgolvlige ultraviolette straling wordt doorgelaten. De lamp is bestemd voor medische bestralingen en kan, naar den aard van de gewenschte

therapie, al of niet worden omgeven door een filterbuis, waardoor de meest kortgolvlige straling wordt geabsorbeerd.

Een verdere speciale uitvoering is de **lichtdruk lamp type HOS 2000 W** welke voor inbouw in lichtdrukmachines gebruikt wordt ter vervanging van koolboog-

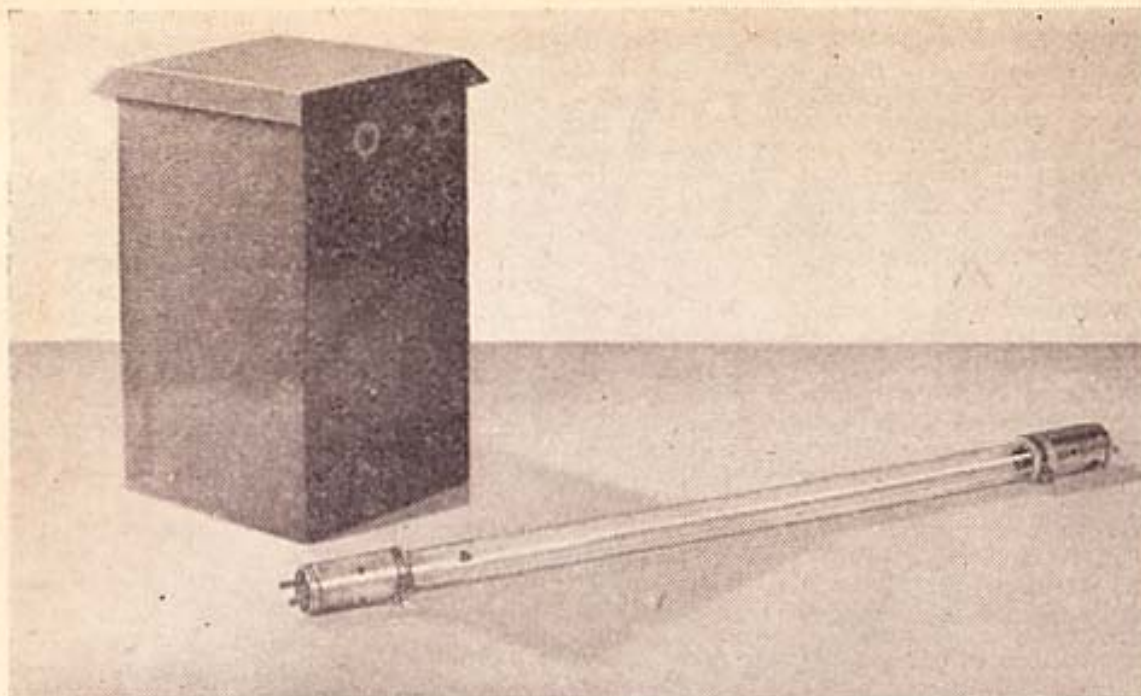
40



Afb. 40. Hoogtezonapparaat Biosol, tafelmanier. De lamp is voorzien van een filter dat om de lamp is geschoven, waardoor de stralen met de kortste golflengten geabsorbeerd worden.

lampen. Ook bij andere lichtcopieer-procédés in de grafische industrie wordt dit lamptype toegepast (afb. 41).

De glaswand van de ontladingsbuis heeft ook bij deze uitvoering een speciale samenstelling opdat de ultraviolette stralen met die golflengten welke een zgn. aktinische werking hebben, dwz. een sterken invloed op het bij deze processen gebruikte lichtgevoelige materiaal, in onverzwakte mate worden doorgelaten.



41

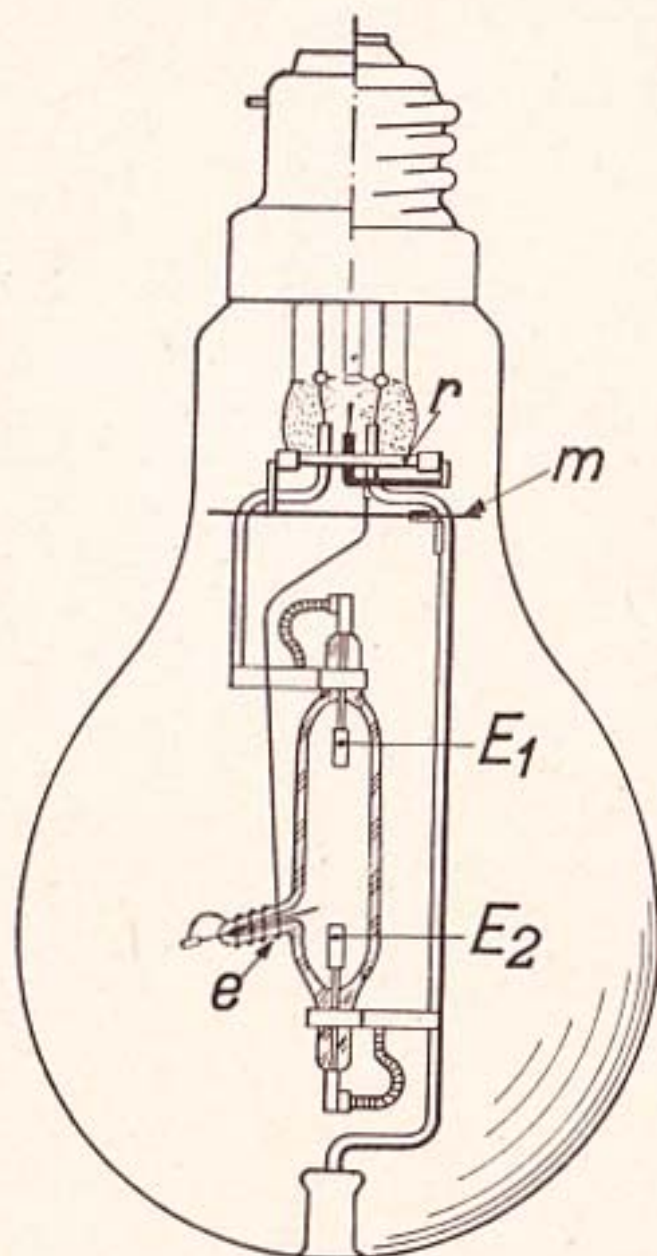
Afb. 41. Lichtdrukbuislamp type HOS 2 000 W voor inbouw in lichtdruk-apparaten, met voorschakelapparaat voor aansluiting op 380 V.

Voor de betreffende procédé's in de grafische industrie worden van oudsher koolbooglampen toegepast, welke echter aanleiding geven tot een ongewenschte stof- en warmte-ontwikkeling, terwijl de uitwisseling der koolstaven met tijd-verlies en veelal met persoonlijke risico's ten gevolge van onder spanning staande en heete onderdeelen gepaard gaat. Verder is de lichtstroom van koolbogen niet constant en kan men wegens de hoge temperatuur geen reflectoren voor het bereiken van de noodzakelijke gelijkmatigheid der bestraling en een gunstig rendement toepassen.

DE SUPERHOOGEDRUK-KWIKLAMPEN.

§ 51. BOUW EN WERKING.

Daar het spectrum van het kwiklicht in verband met de geringe kleurherkenningsmogelijkheid een beperking van de toepassingsmogelijkheid van kwiklampen beteekende, heeft het kwikmenglicht reeds dadelijk veel meer toepassing gevonden.



42

Afb. 42. Schematische opbouw van een superhoogedruk-kwiklamp type HP. E_1 en E_2 = hoofdkathoden; e = hulpkathode; r = voor-schakelweerstand der hulpkathode; m = micaplaatje.

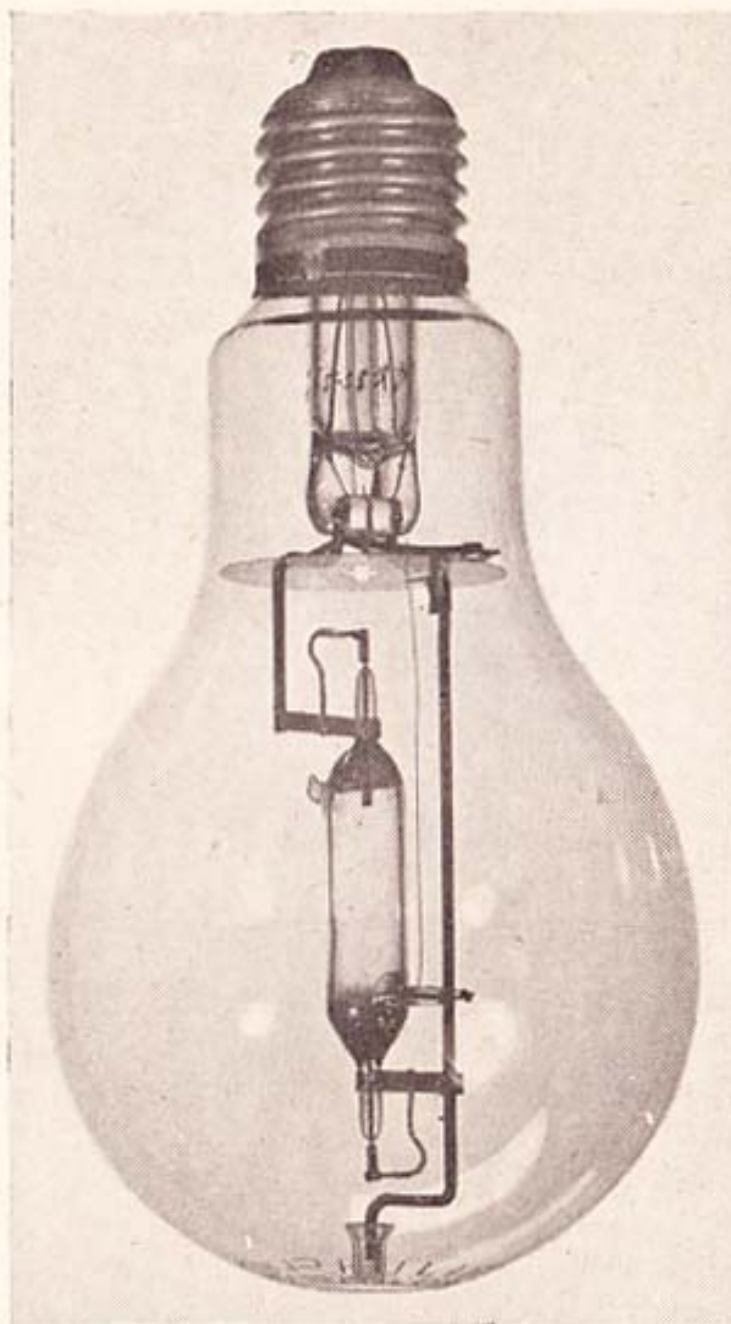
Het bleek echter, dat de hoogedruk-kwiklampen type HO welke immers slechts met lichtstroomen van 1 000 en 2 000 Dlm beschikbaar zijn, vooral bij de meest gebruikelijke mengverhoudingen voor binnenverlichting van 1 : 1 en hoger, tot onevenredig groote eenheden aanleiding gaven. Er ontstond dus behoefte aan een kleinere kwiklamp. De aanvankelijk ontwikkelde hoogedruk-kwiklamp met een lichtstroom van 500 Dlm had een lagere specifieke lichtstroom dan de 1 000 en 2 000 Dlm-typen en eerst bij verhooging van den kwikdampdruk tot een aanzienlijk hogere waarde bleek het mogelijk te zijn, kleinere eenheden met denzelfden hoogen specifieke

lichtstroom te vervaardigen, die tevens belangrijk kleiner van afmetingen konden zijn. Ook dit laatste maakte het gebruik in menglicht-armaturen zoowel als in normale armaturen gemakkelijker.

De moderne uitvoering van deze **superhoogedruk-kwiklampen**, de **typen HP 300 en HP 500**, hebben lichtstromen van resp. 300 en 500 Dlm, welke eenheid niet te groot is voor algemeene verlichtingsdoeleinden en ook voor menglichteenheden passend is. In verband met den hooger en dampdruk en temperatuur in bedrijfstoestand is het ontladingsbuisje veel kleiner dan bij de hoogedruk-kwiklampen. Het is, afhankelijk van het lamptype slechts ca. 35—40 mm lang met een inwendigen diameter van $7\frac{1}{2}$ —9 mm en uit kwartsglas met een groote wanddikte vervaardigd (afb. 42).

Dit kwarts-ontladingsbuisje is weer voorzien van twee oxydekathoden als hoofdkathoden en een zijdelings aangebrachte hulpkathode voor de ontsteking. Waar de constructie der in het voorgaande beschreven gas-ontladingslampen reeds vrij gecompliceerd is, is het duidelijk welk een prestatie deze uiterst fijne constructie in het zooveel moeilijker smeltbare kwartsglas beteekent.

De buitenballon van de HP-lampen heeft denzelfden vorm



Afb. 43. Superhoogedruk-kwiklamp type HP 300 125 V/92 W—220 V/83 W, 300 Dlm. De normale uitvoering bezit een inwendig gesatineerden ballon.

als die van de normale gloeilampen en is in verband met de hoge helderheid van de ontleding (600 sb) inwendig gesatineerd. De gasvulling (stikstof) van den buitenballon dient om een regelmatig warmte-afvoer te verkrijgen. Aan gezien de lampen ook van een normalen Edison(schroef-) of Swan (bajonet-) lampvoet zijn voorzien (afb. 43), bestaat er uitwendig geen opvallend verschil met gloeilampen, bovendien kunnen ze evenals deze laatste in elken stand worden toegepast.

De HP-lampen vertoonen evenals de HO-lampen het verschijnsel van den aanlooptijd en her-aanlooptijd. Beide zijn echter korter dan bij HO-lampen.

De ontsteekspanning van HP-lampen bedraagt 180 V, zoodat bij 210/230 V netten een smoorspoel, bij 110/130 V netten een spaarlektransformator als voorschakelapparaat moet worden gebruikt (afb. 26).

Voor de verdere technische gegevens van dit lamptype zij naar de tabellen III en IV verwezen.

§ 52. SPECTRUM, LICHTKLEUR EN LICHTTECHNISCHE EIGENSCHAPPEN.

De lichtsamenstelling der HP-lampen is gunstiger dan die der HO-lampen, daar behoudens de normale kwiklijnen een zwak continu-spectrum, waarin ook een hoeveelheid roode stralen voorkomt, aanwezig is. Dit is

een gevolg van den hooger en dampdruk in bedrijfstoestand en bij het licht van deze lampen is de kleurherkenning, hoewel nog zeer beperkt, gunstiger dan bij het licht der hoogedruk-kwiklampen.

De hoge helderheid van de ontleding, nl. 600 sb, wordt door den inwendig gesatineerden ballon aanzienlijk verlaagd, nl. tot maximaal 35 à 40 sb.

De kortgolfige ultra-violette straling, welke voor het oog schadelijk is, wordt door den glazen buitenballon geabsorbeerd, maar doordat het ontladingsbuisje uit kwartsglas bestaat, dat nagenoeg de volledige ultra-violette straling doorlaat, is de langgolfige en voor het oog onschadelijke ultra-violette straling van HP-lampen relatief sterker dan van HO-lampen, waarvan de ontladingsbuis uit normaal glas bestaat.

§ 53. SUPERHOOGEDRUK-KWIKLAMPEN MET KLEURCORRECTIE.

In het voorgaande zagen we, dat men ter verbetering van de kleurherkenning bij kwiklicht het menglicht toegepast.

De specifieke lichtstroom van een menglichteenheid is echter tengevolge van den relatief lagen specifiek lichtstroom van de menggloeilamp(en) aanzienlijk lager dan van de kwiklamp alleen.

Men heeft dus naar andere methoden ter verbetering van de kleurherkenning gezocht, waarbij het rendement niet ver-

mindert. De ultra-violette straling der kwikontlading, die overigens gedeeltelijk door den buitenballon geabsorbeerd wordt, is voor verlichtingsdoeleinden feitelijk als een verlies te beschouwen, maar kan door middel van zgn. luminoforen in zichtbare straling worden omgezet.

Deze luminoforen, ook wel fluoresceerende stoffen genaamd, hebben de eigenschap, dat zij onder ultra-violette bestraling zichtbare straling produceeren, waarvan de lichtkleur voor de gebruikte fluoresceerende stof kenmerkend is.

Bij de **superhoogedruk-kwiklampen met kleurcorrectie type HPL** is de binnenzijde van den buitenballon bedekt met een laagje, bestaande uit een mengsel van zoodanige fluoresceerende stoffen, dat daardoor een aanvulling van de samenstelling van het kwiklicht en een kleurcorrectie wordt verkregen. Deze fluoresceerende laag wordt van binnen uit door de ontlading in het kwartsbuisje met ultra-violet bestraald. Het daardoor in de laag opgewekte licht, dat een vrijwel continu-spectrum heeft waarin eenig rood voorkomt, mengt zich met het kwiklicht, dat voor het grootste deel door de laag wordt doorgelaten. De ballon diffuseert de straling evenals een gematteerde ballon, doch de helderheid is nog lager dan van de normale HP-lampen, nl. ca. 7 sb, terwijl de hoeveelheid kwiklicht welke nog door de fluorescentielaag geabsorbeerd wordt, juist door het fluorescentielicht wordt aangevuld.

Daardoor hebben de HPL-lampen, waarvan de inwendige constructie gelijk is aan die der overeenkomstige HP-lampen en waarvoor dus ook dezelfde voorschakelapparaten worden gebruikt, ook dezelfde totale en specifieke lichtstromen als deze laatste.

Bij de keuze der



Afb. 44. Superhoogedruk-kwiklamp met kleurcorrectie type HPL 500, 125 V/143 W, 220 V/132 W, 500 Dlm.

fluoresceerende poeders is men echter beperkt tot die, welke bestand zijn tegen de hooge temperatuur van den ballon, terwijl de lijnen van het kwikspectrum nog tamelijk overheerschend zijn. De verkregen kleurcorrectie is dus betrekkelijk, maar voldoende om bij het licht van HPL-lampen de hoofdkleuren te kunnen herkennen (zie tabel I).

Zoowel om de temperatuur van den ballon zoo laag mogelijk te houden, als om een zoo groot mogelijk fluoresceerend oppervlak te verkrijgen, is de ballon van de HPL-lampen van grootere afmetingen dan die der overeenkomstige HP-lampen (afb. 44). De brandstand van HPL-lampen is evenals die der HP-lampen willekeurig.

Het type HPL 300 heeft een normalen Edison of Swan lampvoet, doch in verband met de afmetingen van den ballon wordt het type HPL 500 slechts met een goliath lampvoet geleverd. Voor verdere gegevens van de HPL-lampen wordt naar de tabellen III en IV verwezen.

§ 54. SUPERHOOGEDRUK-KWIKMENG- LICHTLAMPEN.

In § 28 zagen we, dat bij wisselstroom voor de stabilisatie van een gasontladingslamp een smoorspoel boven een ohmschen weerstand te verkiezen is, daar dit minder energieverlies in den vorm van warmte ten gevolge heeft.

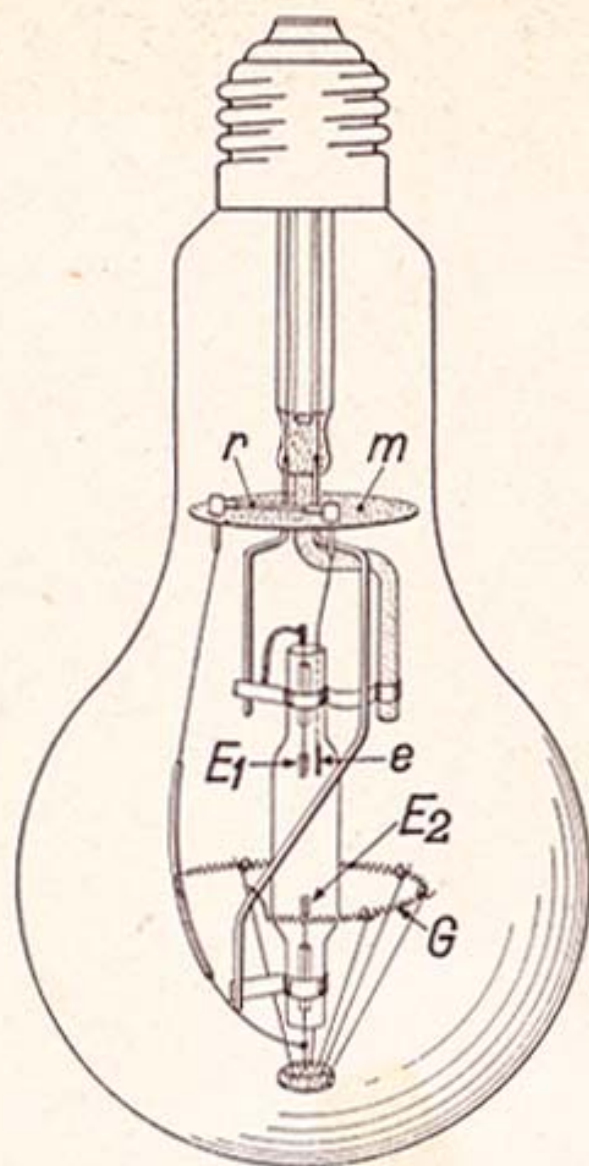
Wanneer men echter een gloeilamp als ohmschen weerstand ter stabilisatie van de kwikdampontlading toepast, komt het energieverlies in de gloeilamp als licht aan den totalen lichtstroom van deze menglichteenheid ten goede. In deze richting zijn zeer vele ontwikkelingspogingen gedaan, zoowel met hoogedruk-, als met lagedruk-kwikontladingsbuizen. Het is gebleken, dat op deze laatste wijze geen oplossing met een bruikbare mengverhouding kan worden verkregen en uitsluitend met een zoo hooge mengverhouding, dat hoogstens van een beetje witter gloeilampenlicht kan worden gesproken, terwijl het rendement van een dergelijke combinatie van een lagedrukkwikbuis met een gloeilamp aanzienlijk lager is dan van een gloeilamp alleen. Deze constructie heeft dan ook geen praktische waarde gehad en pas door superhoogedruk-kwiklampen te gebruiken is het gelukt, tot bruikbare menglichtlampen te komen.

De **superhoogedruk-kwikmenglichtlampen typen ML 300 en ML 500** (afb. 45) bestaan uit zulk een combinatie van een superhoogedrukkwikbuis en een gloeispiraal in één buitenballon. De gloeidraad en het kwikontladingsbuisje zijn in serie geschakeld, zoodat de eerste als stabilisatieweerstand voor de ontlading dienst doet.

Daardoor kan de menglichtlamp type ML zonder toepassing van een afzonderlijk voorschakelapparaat aan het net verbonden worden. In verband met de ontsteekspanning van het

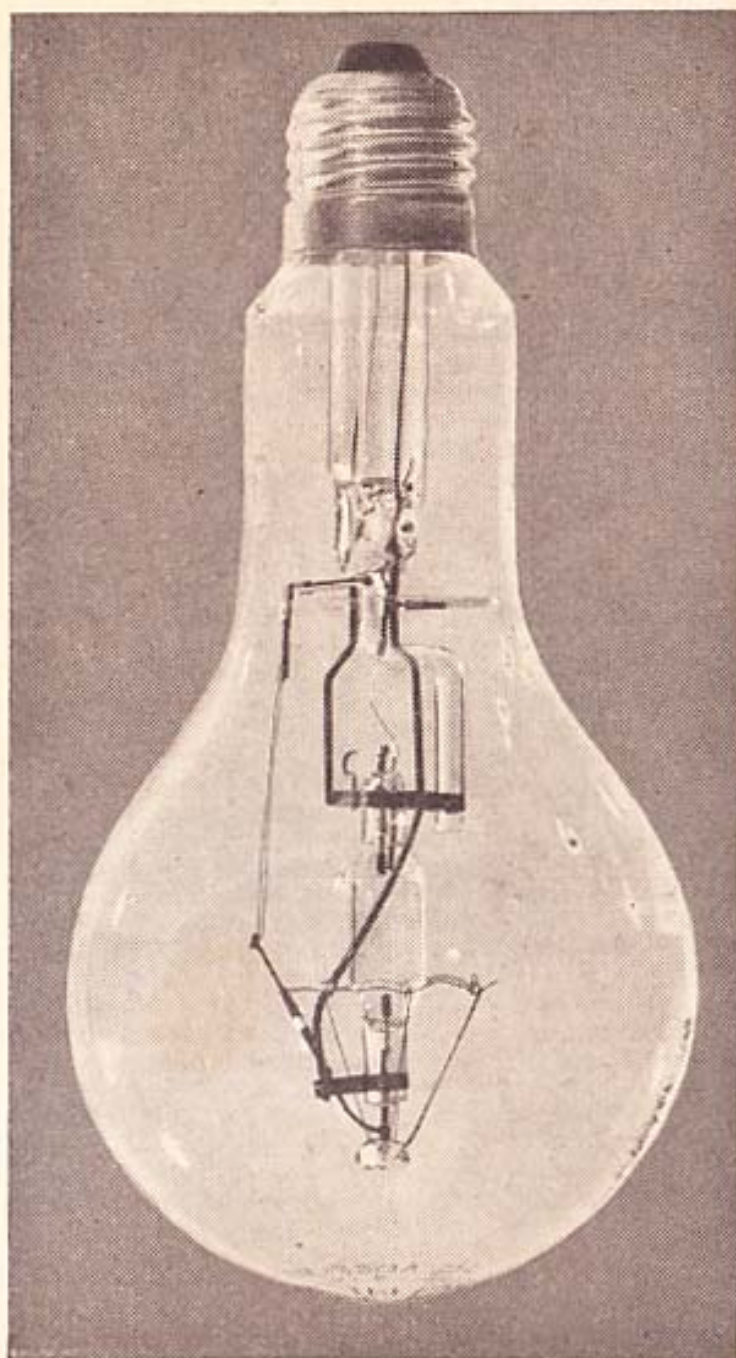
ontladingsbuisje is dit lamptype echter slechts beschikbaar voor 220 V, en voorts is de constructie zoodanig, dat de mengverhouding gelijk is aan 1 : 1, terwijl de specifieke lichtstroom ca. 20 lm/W bedraagt. De helderheid van den inwendig gesatineerden ballon is ongeveer 25 sb, terwijl het type ML 300 zowel met Edison- als met Swan-lampvoet, doch het type ML 500 uitsluitend met goliath-lampvoet geleverd wordt (afb. 46). Aangezien geen inductief voorschakelapparaat gebruikt wordt, is de arbeidsfactor zeer gunstig, hoewel, tengevolge van invloeden der ontlading zelf, niet geheel gelijk aan 1, doch 0,98. Voor practijkdoeleinden wordt de menglichtlamp in dit opzicht met de gloeilamp gelijk gesteld.

Daar de gloeidraad direct na het ontsteken van de ontlading licht produceert, heeft de menglichtlamp geen aanlooptijd en geeft zelfs direct na inschakelen aanzienlijk meer dan den nominalen lichtstroom. Dit wordt veroorzaakt doordat het ontladingsbuisje direct na het ontsteken een veel lagere brandspanning heeft dan in normaal bedrijf. De gloeidraad is zoo bemeten, dat zij direct na het inschakelen iets overbelast, doch in bedrijfstoestand iets onderbelast is. De overbelaste gloeidraad geeft gedurende de eerste oogenblikken een lichtstroom, welke hooger is dan de nominale lichtstroom van de totale lamp in bedrijfstoestand. Dit eerste licht is dus een zuiver en door de overbelasting abnormaal wit gloeilicht, waarna het ontladingsbuisje gaat aanlopen zoodat geleidelijk meer kwiklicht en door de afnemende span-



Afb. 45. Schematische opbouw van een menglichtlamp type ML, E_1 en E_2 hoofdkathoden; e hulpkathode; r voorschakelweerstand der hulpkathode; m mica plaatje; G gloeidraad.

ning op den gloeidraad minder gloeilicht geproduceerd wordt. Zoodra het ontladingsbuisje in den bedrijfstoestand gekomen



46

Afb. 46. Menglichtlamp type ML 300, 225 V/165 W. De normale uitvoering bezit een inwendig gesatineerden ballon.

Een nadeel ten opzichte van de menglichtmethode met losse lampen is, dat men met ML-lampen aan een bepaalde mengverhouding gebonden is (1 : 1), welke overigens voor de meeste doeleinden zeer voldoende is, en voorts is de herontstekingswijze ongunstiger.

Immers geheel als bij de HP-lamp ontsteekt het ontladingsbuisje van de ML-lamp niet, voordat het voldoende afgekoeld is en laat dus gedurende deze afkoelperiode geen stroom door, zoodat dus ook de gloeidraad gedurende dien tijd geen

is, hetgeen ca. 60 sec duurt, hebben beide een gelijken lichtstroom en is de totale lichtstroom gelijk aan de nominale waarde. De onmiddellijke lichtproductie, de hoge arbeidsfactor en de afwezigheid van een afzonderlijk voor-schakelapparaat beteekenen een voordeel ten opzichte van het menglicht met „losse lampen” (§ 48).

Bij dit laatste menglichtsysteem geeft (geven) weliswaar de gloeilamp (en) bij inschakelen direct licht, doch dit is slechts een deel van den uiteindelijke totalen lichtstroom.

licht geeft. Bij het „losse lampen“-systeem gaat tenminste de menggloeilamp direct weer aan.

Voor verdere gegevens van de ML-lampen wordt naar de tabellen III en IV verwezen.

§ 55. BIJZONDERE UITVOERINGEN.

Een bijzondere uitvoering van de HP-lamp is de **superhoogedruk-kwik-analyselamp type HPW**. Bij dit lamp-type bestaat de buitenballon uit een

zwarte glassoort van bijzondere samenstelling, het zgn. Woodsglas. Deze glassoort laat vrijwel uitsluitend het grensgebied tussen de ultra-violette en de zichtbare straling door. De straling der HPW-lamp bevat dus de kwiklijnen uit het langgolfige ultra-violette gebied, waarvan de lijn 365,5 m μ verreweg de sterkste is en een zeer zwakke straling in het violet, doch overigens geen zichtbaar licht.

Deze lampen, de typen HPW 75 W en HPW 120 W, worden veel voor de zgn. fluorescentie-analyse, ook wel luminescentie-onderzoek genaamd, toegepast, een methode voor materiaal-onderzoek, welke berust op de eigenschap van een zeer groot aantal stoffen, dat zij in het donker bij ultra-violette bestraling, met een bepaalde, voor den aard van de betreffende stof kenmerkende kleur lichtgevend worden (§ 53).

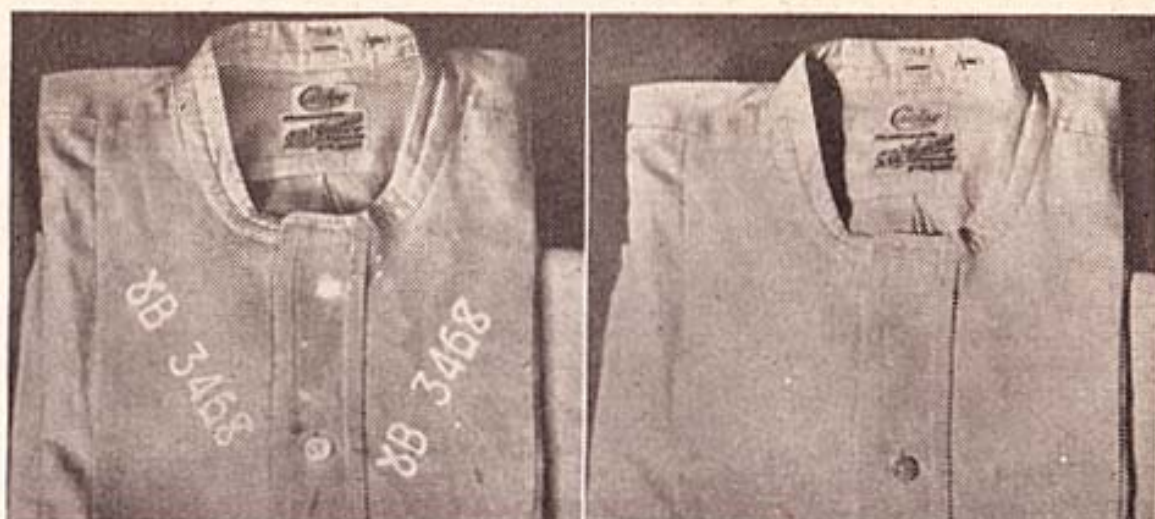
Men past de methode onder meer toe voor criminologisch onderzoek, voor het onderzoek van levensmiddelen en ver-



47

Afb. 47. Foto van een wederrechtelijk geopende en later weer dichtgeplakte enveloppe. Boven: bij normaal licht; onder: bij ultra-violette bestraling met een superhoogedruk-kwikanalyselamp type HPW. (Foto C. J. Tirion, Den Haag).

48



Afb. 48. Rechts: opname bij normaal (zichtbaar) licht van een overhemd met onzichtbaar waschmerk. Links: fluoresceerend waschmerk op het zelfde overhemd, opgenomen onder ultraviolette straling der analyselamp type HPW.

valschingen, in het laboratorium en in het fabricageproces bij verschillende industrieën (afb. 47 en 48).

Hoewel de fluorescentie-analyse met meer omvangrijke en aanzienlijk kostbaarder installaties voor de opwekking van ultra-violette stralen reeds lang bekend was, heeft deze methode met de eenvoudige en gemakkelijk te installeren en te behandelen HPW-lampen pas haar huidige groote verbreiding gekregen.

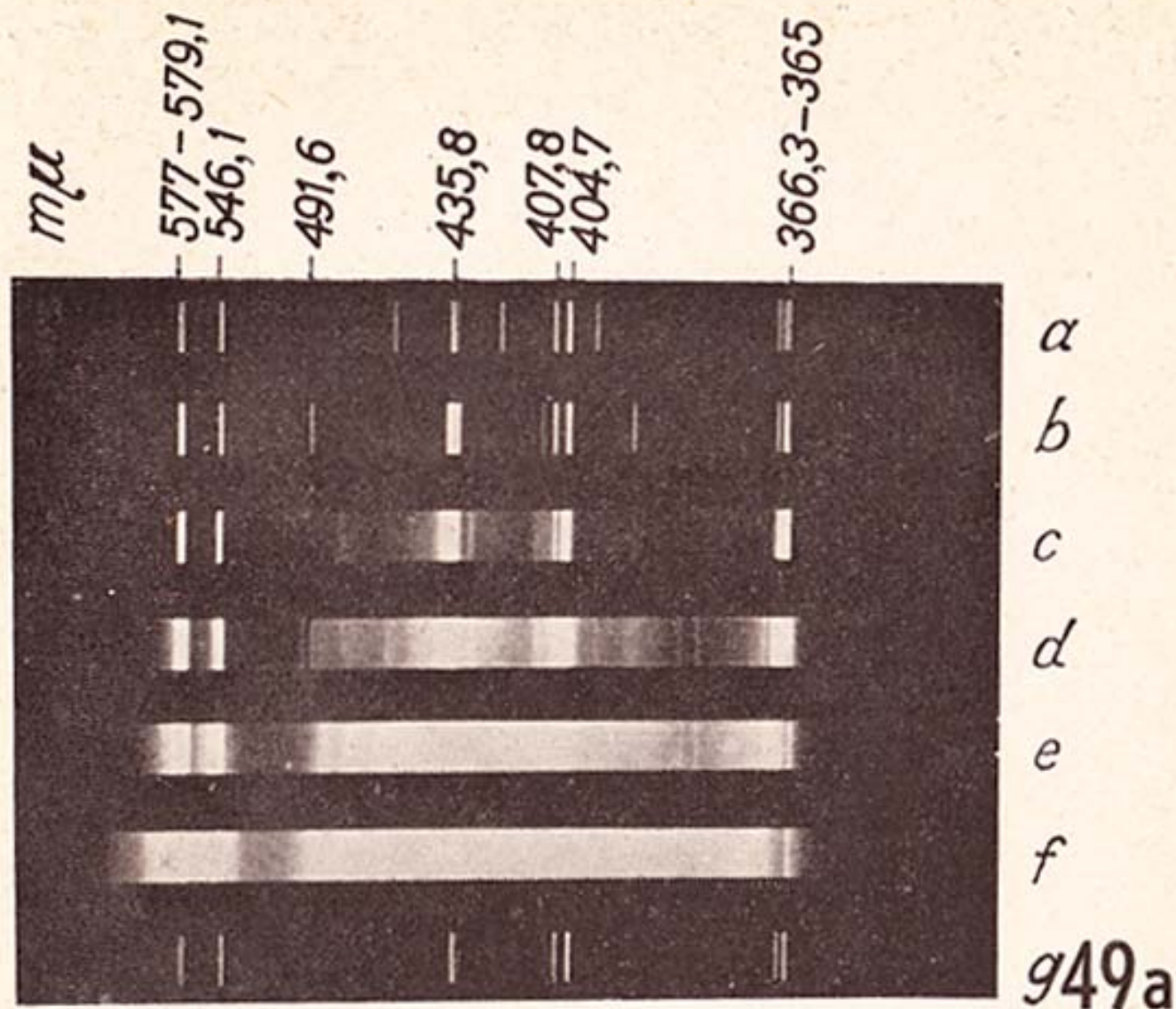
In combinatie met verschillende fluoresceerende stoffen welke in de handel als „lichtgevende” verfstoffen verkrijgbaar zijn en waarvan sommige soorten ook na de bestraling hetzij met zichtbare, hetzij met onzichtbare stralen, gedurende eenigen tijd lichtgevend zijn (nalichten), worden de HPW-lampen op het tooneel, in de revue, voor winkelatalage-attracties en ook voor het bestralen van opschriften en dergelijke in de reclametechniek en ten dienste van de luchtbescherming toegepast.

Wat betreft de constructie van het „binnenwerk” komen de lampen HPW 75 W en HPW 120 W geheel met de typen HP 300, resp. HP 500 overeen, bovendien hebben ze ook dezelfde afmetingen en lampvoeten. Men kan ze eveneens in alle standen toepassen en dezelfde voorschakelapparaten voor aansluiting aan het net gebruiken.

§ 56. SUPERHOOGE- DRUK-KWIKLAMPEN MET WATERKOELING.

Indien men door toenemende belasting den dampdruk der kwikontlading belangrijk hooger dan die der HP-lampen opvoert, wordt de warmteontwikkeling der ontlading zoo groot,

dat de natuurlijke koeling als bij de in het voorgaande behandelde gasontladingslampen niet meer voldoende is.



Afb. 49a. Toename van het zichtbare continu-spectrum en verbreeding der spectraallijnen van langere golflengten bij toenemenden dampdruk en verschillende stroomsterkten der kwikontlading.

- a lagedruk kwikontlading, luchtgekoeld.
- b hoogedruk kwikontlading, luchtgekoeld.
- c superhoogedruk kwikontlading 0,5 A, ca. 20 at, luchtgekoeld.
- d superhoogedruk kwikontlading 5,6 A, ca. 20 at, watergekoeld.
- e superhoogedruk kwikontlading 1,2 A, ca. 125 at, watergekoeld.
- f superhoogedruk kwikontlading 1,1 A, ca. 175 at., watergekoeld.
- g als a.

De donkere plaatsen tusschen de golflengten 546,1 en 491,6 $m\mu$ zijn aan mindere gevoeligheid van de fotografische plaat voor de betreffende golflengten toe te schrijven.

Bij de **superhoogedruk-kwiklampen met waterkoeling type SP**, is het zeer kleine en dikwandige kwarts-ontladingsbuisje dan ook door een koelwaterstroom omgeven. Op deze wijze kunnen lampen van zeer groot vermogen, met dampdrukken tot 250 à 300 at worden gemaakt, welke toch zeer kleine afmetingen hebben. Hierbij wordt ook de specifieke en totale

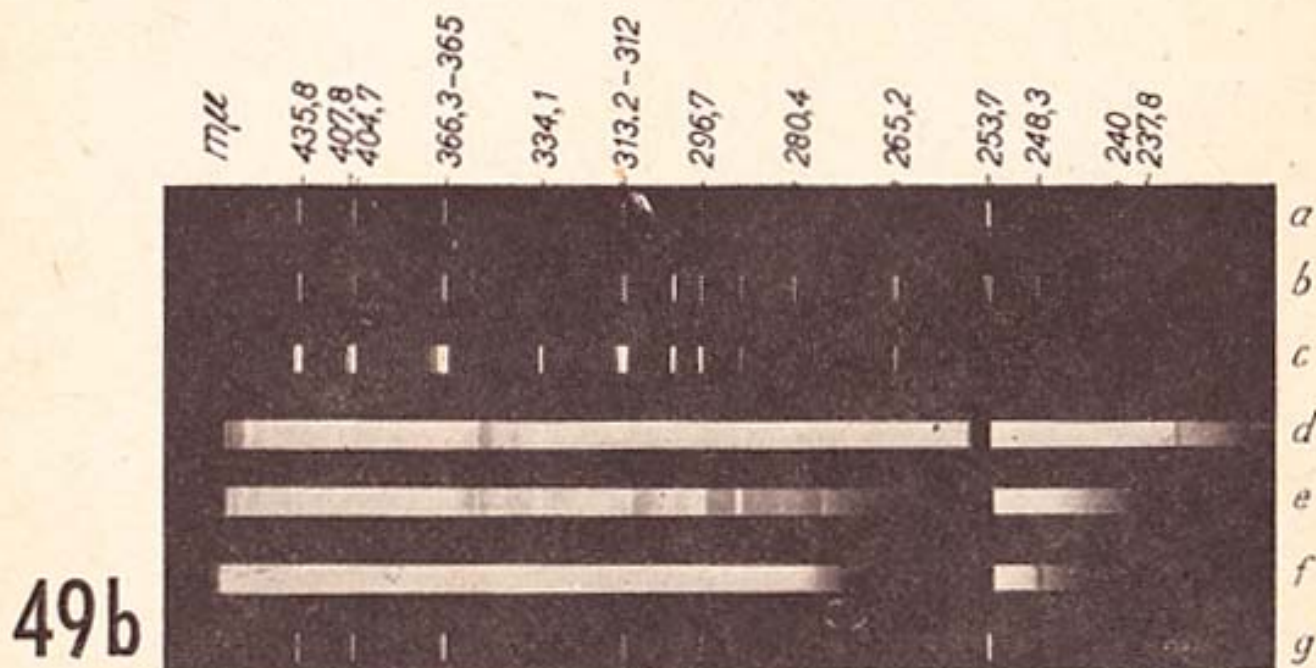
lichtstroom groter, terwijl de spectrale samenstelling van het licht zich wijzigt.

In § 52 bleek, dat verhooging van den dampdruk aanleiding was tot het optreden van een continu-spectrum naast het aanwezige lijnenspectrum waarvan de lijnen zich tot banden gaan verbreedten (afb. 49 A en B).

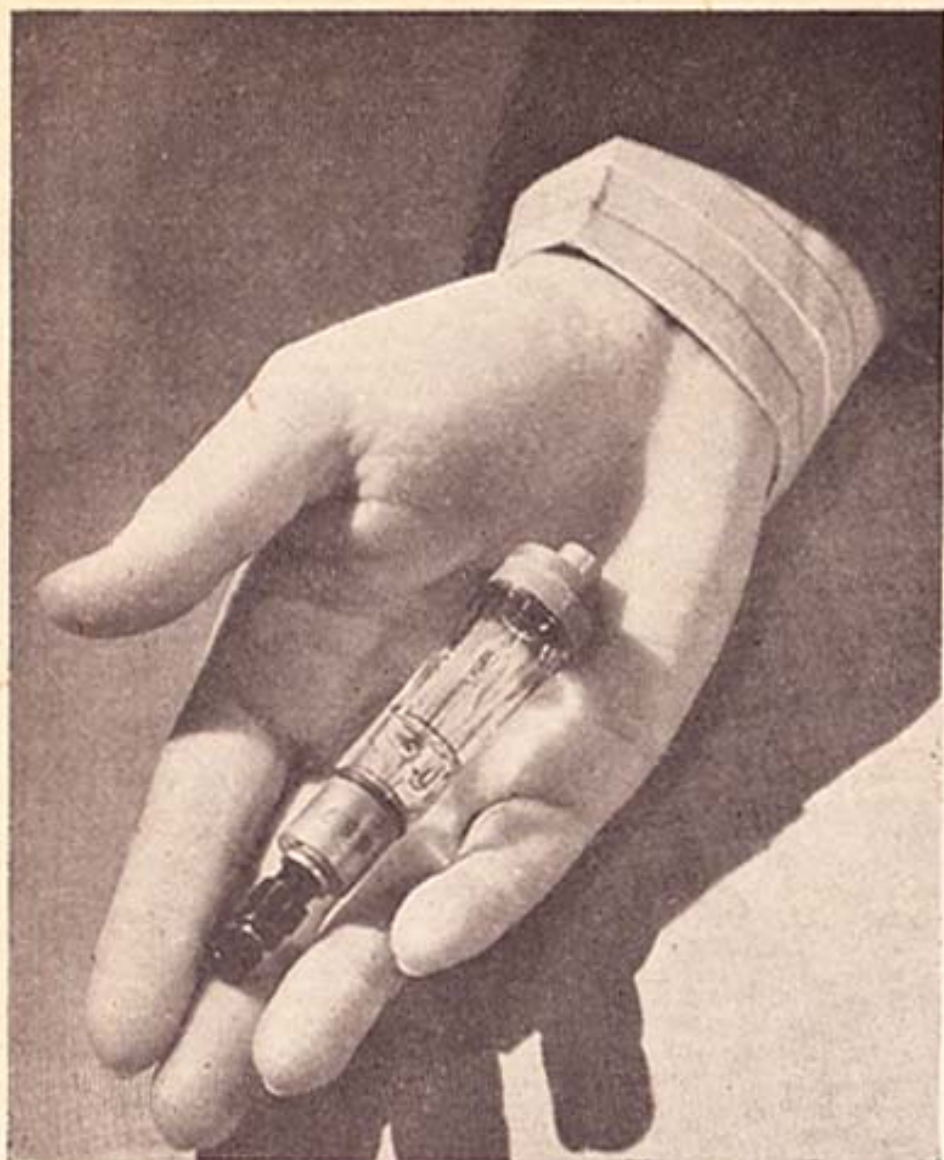
Bij den aanzienlijk hoogerem dampdruk der SP-lampen vormt zich dan ook een tamelijk sterk continu-spectrum, hetwelk zich tot in het rood uitstrekt. Het licht wordt bij zeer hoge dampdrukken dan ook minder blauw en steeds „witter” (tabel I).

De typen SP 500 W, SP 1 000 W en SP 2 000 W hebben in bedrijf een dampdruk van ca. 80 at, een netto-vermogen (excl. voorschakelapparaten) van resp. 500, 1 000 en 2 000 W. De lichtstromen van deze typen bedragen resp. 3 000, 6 000 en 12 000 Dlm bij een maximale helderheid van ca. 25 000 sb en een specifieke lichtstroom, inclusief de verliezen van den voedingstransformator, van 55 lm/W.

Bij de normale uitvoering als „alzijdig” stralende lamp is het ontladingsbuisje door een dubbelen concentrischen glazen koelmantel omgeven en wordt het geheel op een wateraansluitstuk aangesloten (afb. 50 en 51). Van de lamp SP 500 W bestaat bovendien een uitvoering met éézijdig gerichte straling, waarbij het ontladingsbuisje met een reflector in een metalen lamphouder-koelmantel is geplaatst en de lichtstroom door een rond stralingsvenster naar één zijde uit-



Afb. 49b. Het ultraviolette spectrum van dezelfde kwikontladingen als in afb. 49a zijn weergegeven. Ook hier is een verbreding van de spectraallijnen en het optreden van een continu-spectrum waar te nemen. De sterke lijn 253,7 m μ der lagedruk-ontlading is voor de werking van de fluorescentie-lampen van groot belang (zie § 57 en § 58).



50

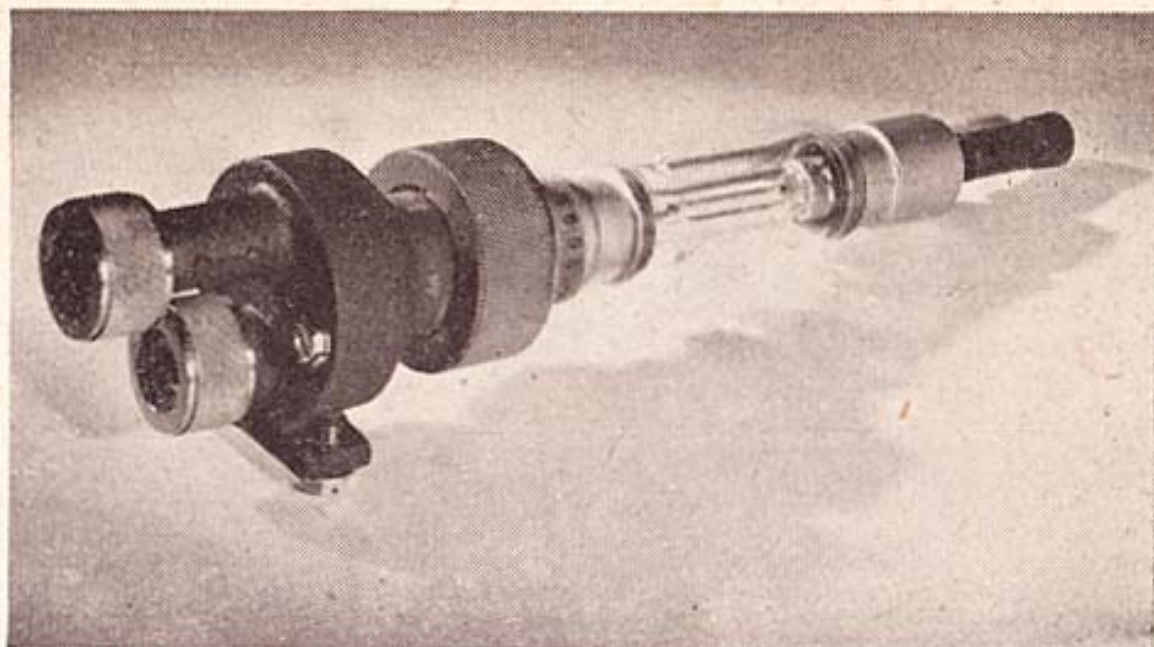
Afb. 50. Vrijstralende watergekoelde superhoogedruk-kwiklamp type SP 500 W 40/1,4 220 V/1 100 W, 6 000 Dlm. Maximale helderheid 25 000 sb, met wateraansluitstuk.

treedt (afb. 52). Dit laatste model heeft een nuttigen lichtstroom van 1 500 Dlm.

In verband met de groote warmte-ontwikkeling bedraagt de aanlooptijd hoogstens een secunde, zoodat men bij dit lamp-type wel van een onmiddellijk op volle sterkte branden kan spreken, terwijl de waterkoeling er voor zorgt, dat de lamp direct na het uitschakelen weer bedrijfs gereed is.

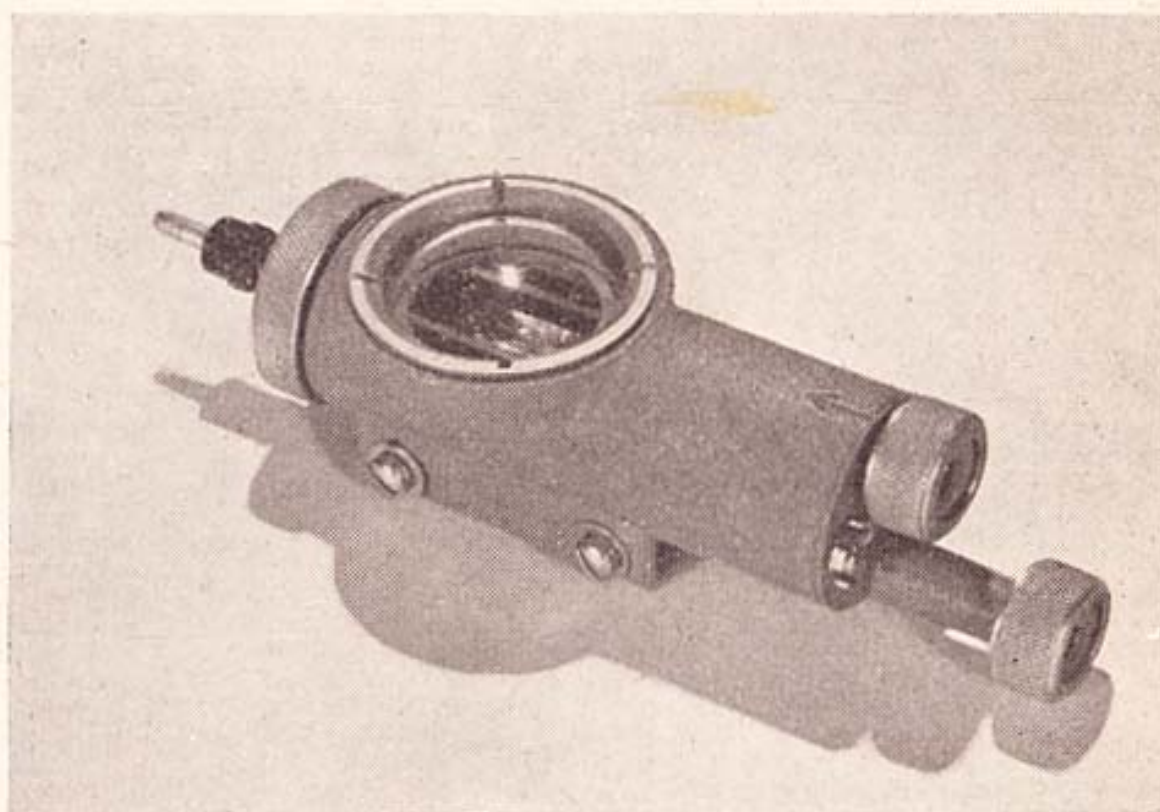
Principieel kan het koelwatercircuit aan de waterleiding worden aangesloten, doch zoowel wegens onreinheden en metaalzouten, welke in het leidingwater voorkomen en door een neerslag op het ontladingsbuisje den lichtstroom zouden doen afnemen, als terwille van mogelijk bevroezingsgevaar en om onafhankelijk te zijn van de waterleiding en haar niet steeds constanten druk, gebruikt men voor de koeling meestal een omloopsysteem door middel van een circulatiewaterkoelings-

51



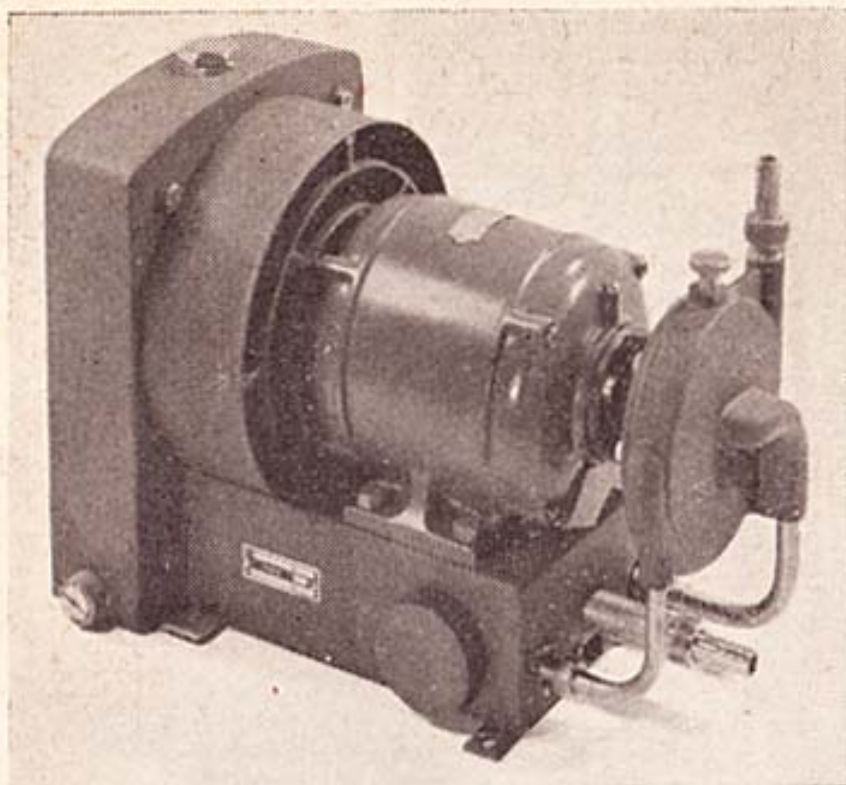
Afb. 51. Vrijstralende watergekoelde superhoogedruk-kwiklamp type SP 1 000 W 40/1,4 220 V/1 100 W, 6 000 Dlm. Maximale helderheid 25 000 sb, met wateraansluitstuk.

52



Afb. 52. Watergekoelde superhoogedruk-kwiklamp met gerichte straling type SP 500 W, 40/1,4, 220 V/560 W, 1 500 Dlm, in lamphouder-koelmante' Maximale helderheid 25 000 sb.

aggregaat (afb. 53). Dit aggregaat bevat een electrisch aangedreven pompje met radiator en ventilator, een filter en een automatischen drukschakelaar, welke den voedingstransformator onmiddellijk van het net afschakelt indien de koelwaterdruk onvoldoende zou zijn. Als dit niet geschiedde zou het



53

Afb. 53. Circulatie-waterkoelings-aggregaat voor 1—3 lampen type SP 500 W, 1—2 lampen type SP 1 000 W of 1 lamp type SP 2 000 W.

kwartsbuisje door de groote warmte-ontwikkeling der ontlading direct springen. Voor gebruik buitenshuis kan de benoodigde kleine hoeveelheid koelvloeistof met een speciaal anti-vries-middel worden ge-

mengd. Door haar groote helderheid zijn de SP-lampen zeer geschikt om in

combinatie met optische systemen zooals lenzen en spiegels te worden gebruikt, terwijl voor sommige toepassingen de aktinische werking der straling van belang is.

De voornaamste toepassingen liggen dan ook op het ge-



54

Afb. 54. Draagbaar en horizontaal oriënteerbaar zoeklicht met ingebouwden voedingstransformator en koelinstallatie, voorzien van lamp SP 500 W 40/1,4, met afgenomen afsluitplaat. Maximum lichtsterkte van den concentrischen lichtbundel ca. 5 000 000 k.

55



Afb. 55. Transportabele vliegveld schijnwerper met ingebouwden voedingstransformator en koelinstallatie, voorzien van een lamp type SP 2 000 W, 40/1,4, op aanhangwagen, in omhoog geheven stand. Maximale lichtsterkte van den waaiervormigen lichtbundel ca. 1 300 000 k. De schijnwerper heeft opgebouwde obstakellichten en kan gedurende het transport achter de kast op den aanhangwagen worden neergelaten. In deze kast is het benzinemotor-voedingsaggregaat ondergebracht.

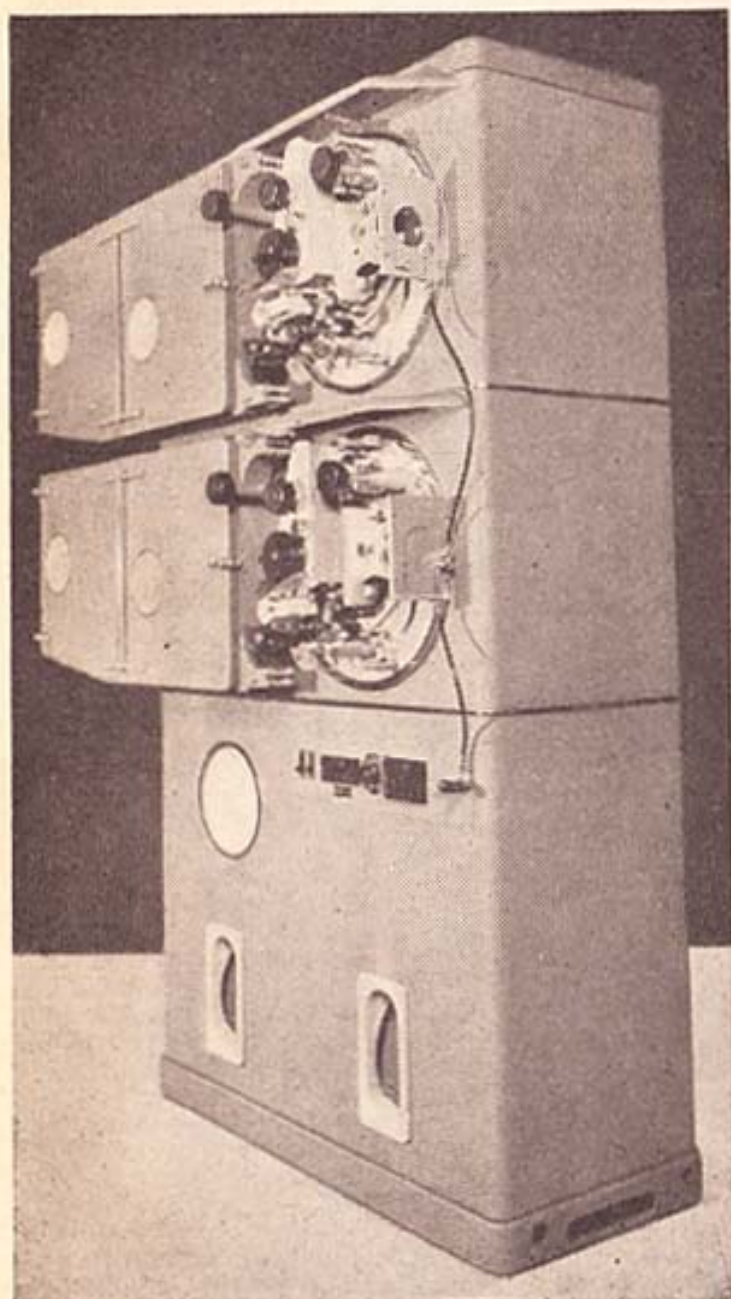
parabolischen spiegel een horizontalen waaiervormigen lichtbundel met een maximale lichtsterkte van 1 300 000 k oplevert. Met één zulk een verplaatsbaren neerlaatbaren schijnwerper (afb. 55) kan men een oppervlakte van ongeveer 600×600 m op een voor het nachtelijk vliegbedrijf voldoende wijze verlichten. Voor vaste opstelling gebruikt men meestal twee of meer van dergelijke schijnwerpers in één lichttoren (afb. 56).

In het bijzonder voor bioscoopprojectie-apparaten is een watergekoelde superhoogedruk-kwiklamp voor gelijkstroom ontwikkeld, het type SP 1 000 W 80/2, dat een nog hogere maximale helderheid, nl. 45 000 sb heeft. De lichtkleur van dit

bied van de schijnwerpers en vliegveldverlichting, de verlichting van film- en televisie-studio's, voor filmcopieermachines, micro-projectie, foto-mechanische copieerprocédés, der projectie en der medische of industriële bestralingen.

Met de lamp SP 500 W kan men in kleine schijnwerpers met parabolischen omwentelingsspiegel een geconcentreerde lichtbundel met een lichtsterkte tot 5 000 000 k bereiken (afb. 54), terwijl de lamp SP 2 000 W in landingsschijnwerpers voor vliegvelden met cilindrisch-

waaiervormigen



Afb. 57. Dubbele geluidsfilm-bioscoopprojector met 2×2 watergekoelde superhoogedruk-kwiklampen voor gelijkstroom type SP 1 000 W, 80/2. Voor elken projector is een reservelamp in den revolverkop aanwezig. Voor stilstaande projectie zijn aan de achterzijde (niet zichtbaar) nog 2 afzonderlijke optieken aangebracht, elk met een lamp type SP 500 W, 40/1,4.

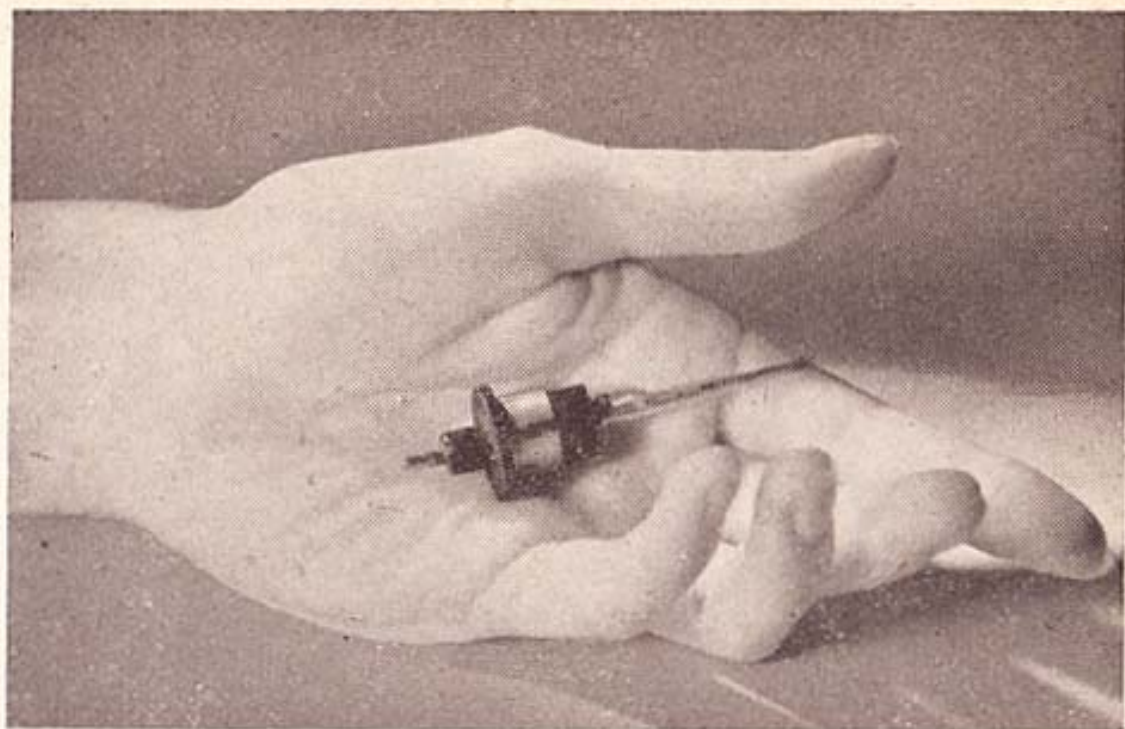


56

Afb. 56. Drievoudige vliegveldschijnwerper in toren met opgebouwde obstakellichten, voorzien van 3 lampen type SP 2 000 W, 40/1,4, met bijbehorende voedingstransformatoren, koelinstallaties en schakelapparaten voor afstandsbediening. Max. lichtsterkte van den waaiervormigen lichtbundel ca. 3 900 000 k.

57

58



Afb. 58. Experimenteele watergekoelde superhoogedruk-kwiklamp type SP 1 400 W—10 000 Dlm, met afgenomen koelmantel. Maximale helderheid 180 000 sb.

lamptype is zoo veel „witter“, dat met de speciaal voor deze lamp geconstrueerde bioscoopprojectoren kleurenfilms kunnen worden gedraaid (afb. 57).

De ontwikkeling van SP-lampen met nog hoogere dampdrukken is nog niet afgesloten. Experimenteele lampjes van ca. 1 400 W met een uitwendigen diameter van $3\frac{1}{2}$ mm en een inwendigen diameter van slechts 1 mm, bereikten bij een druk van 200 at een lichtstroom van 10 000 Dlm en een maximale helderheid van 180 000 sb! Vergeleken met de zon, die vanaf de aarde gezien een maximale helderheid van „slechts“ 165 000 sb heeft, is zoo'n lichtnaaldje inderdaad een eerbiedwaardige prestatie (afb. 58). Met een andere experimenteele SP-lamp werd met een vermogen van ca. $16\frac{1}{2}$ kW een lichtstroom van 100 000 Dlm opgewekt.

DE LAGEDRUK-KWIKLAMPEN.

§ 57. LAAGSPANNINGS-
FLUORESCENTIE-
BUISLAMPEN.

Bij de bespreking van de HPL-lampen (§ 53) zagen we, hoe de kleurcorrectie van het licht door een laagje fluoresceerende stoffen op de binnenzijde van den buitenballon wordt verkregen,

doch dat de mate der kleurcorrectie bij dit lamptype beperkt is. Kwiklampen met zeer lagen dampdruk geven echter relatief weinig zichtbare, daarentegen een sterke ultraviolette straling, (zie afb. 49 B) terwijl bovendien de temperatuur van deze lampen laag is. Uit technische overwegingen is men aan een langgerekten buisvorm der lamp gebonden.

Bij de fluorescentie-buislampen, die in bedrijf slechts een dampdruk van ca. 0,000 13 at hebben en in verband met hun lage temperatuur geen buitenballon- of buis behoeven, is de ontladingsbuis zelf aan de binnenzijde met een laagje van verschillende fluoresceerende stoffen bedekt. Bij de keuze van deze stoffen is men geheel vrij, zoodat de gewenschte lichtkleur als het ware uit diverse kleuren kan worden opgebouwd. De relatief zwakke directe kwikstraling bedraagt slechts ongeveer 4% van den totalen lichtstroom, zoodat op deze wijze een vrijwel continu-spectrum wordt verkregen.

De uiterst geringe warmteontwikkeling is van niet te onderschatten voordeel bij sterke verlichtingen of plaatselijke verlichtingen op korten afstand, welke indien met gloeilampen uitgevoerd een hinderlijke warmtestraling zouden veroorzaken en doordat de dampdruk gedurende het branden zoo laag blijft, bereiken deze buislampen vrijwel onmiddellijk hun vollen lichtstroom, terwijl door de geringe temperatuur-



59

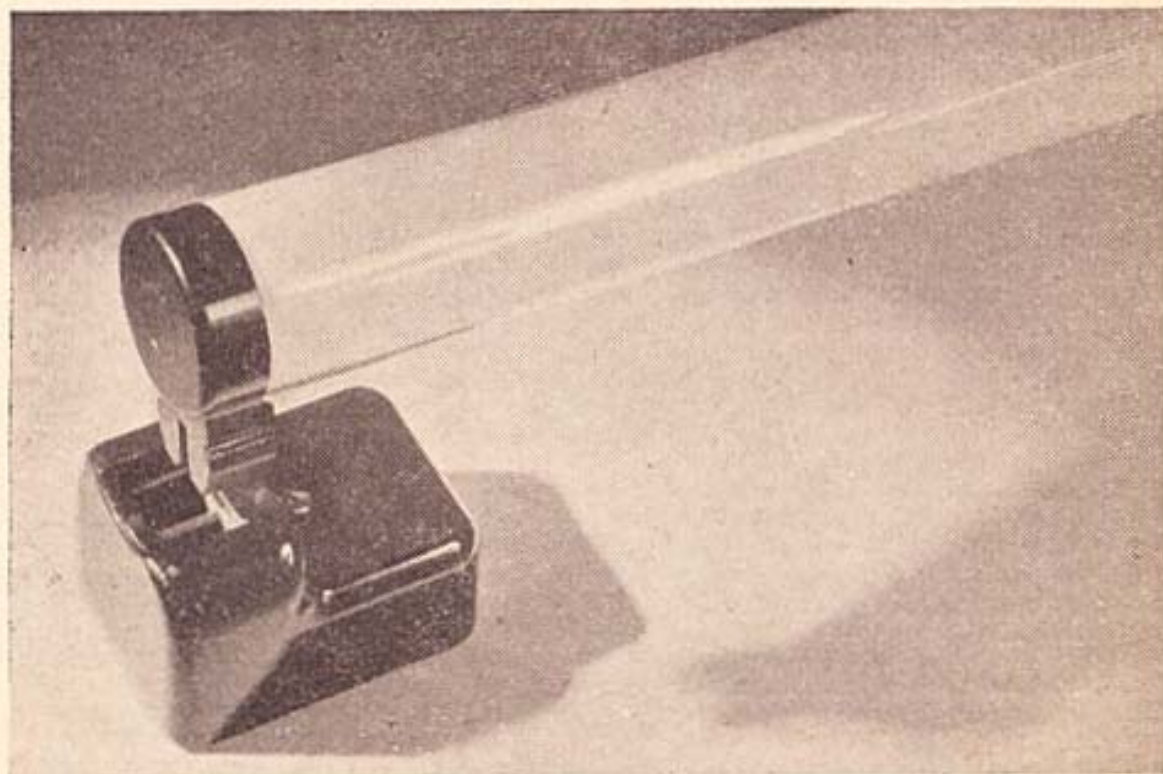
Afb. 59. Laagspannings fluorescentie-buislamp type TL 100, 220 V/28 W, 100-115 Dlm, met lamphouders en 220 V voorschakelapparaat (links op den voorgrond).

verhooging ook de herontsteking (§ 46) direct plaats heeft. Dit lamptype heeft dus noch een aanlooptijd, noch een heraanlooptijd nodig.

De **laagspannings-fluorescentie-buislampen type TL 100** bestaan uit een rechte 1 m lange en 35 mm dikke buis, die door de inwendige fluorescentielaag het uiterlijk van opaalglas vertoont (afb. 59), en aan de uiteinden van een speciaal lampvoetje uit Philite is voorzien. Deze voetjes passen in lamphouders van bijzonder model (afb. 60), zoodat deze buislampen even gemakkelijk als buisvormige gloeilampen aan te brengen en te verwisselen zijn.

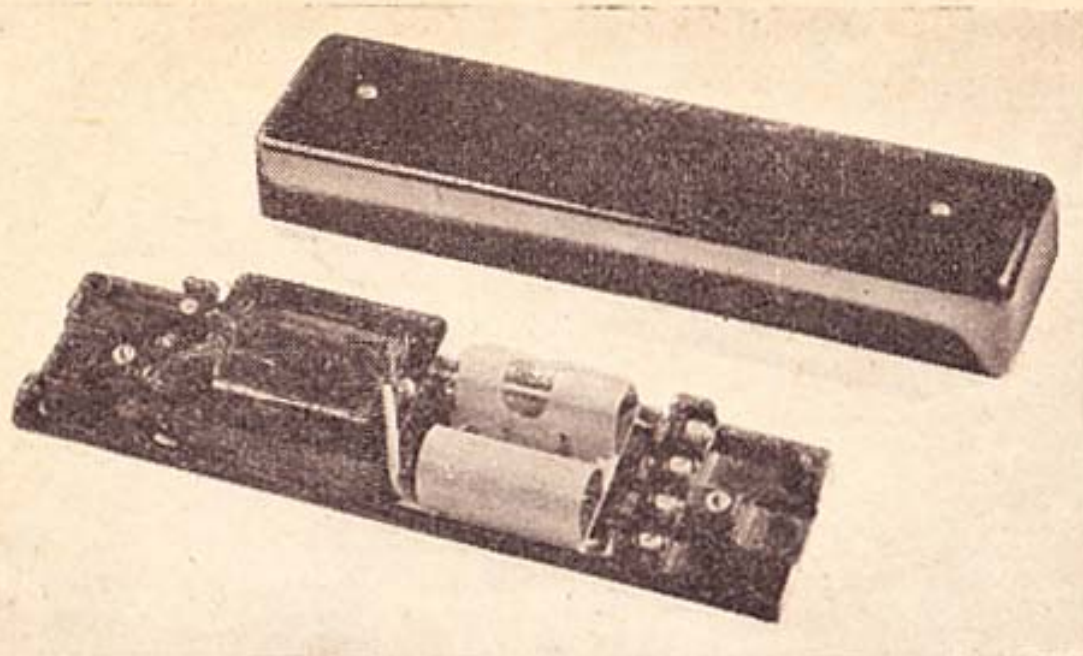
De TL-buislampen worden in 3 normale lichtkleuren geleverd nl. daglicht, wit en warm-wit. De daglichtkleur komt zeer nauwkeurig met het gemiddelde natuurlijke noorderdaglicht overeen en wordt zeer veel voor nauwkeurige kleurbeoordeling in de industrie en het winkelbedrijf, doch ook als daglicht-aanvulling voor algemeene verlichtingsdoeleinden gebruikt. De warm-witte kleur is voor sfeer-verlichting bestemd en de witte kleur, welke met daglicht en gloeilampenlicht harmonieert, kan als de meest universeel toegepaste lichtkleur worden beschouwd. Een beperking, die echter niet de kleur betreft, is de temperatuurgevoeligheid. Bij lage temperaturen daalt de lichtstroom en onder 5° C kan voor een betrouwbare ontsteking niet worden ingestaan.

Hoewel de ontsteekspanning van deze buislampen hoger is dan 220 V, heeft men voor deze typische binnenverlichtings-



60

Afb. 60. Detail van lampvoet en lamphouder van een laagspannings fluorescentie-buislamp type TL 100.



61

Afb. 61. Voorschakelapparaat 220 V voor laagspanningsfluorescentie-buis-lamp type TL 100 met afgenomen Philite beschermkap. Links het smoor-spoeltje, rechts de glimlichtschakelaar en de ontstoringcondensator.

lamp geen voorschakelapparaat willen toepassen, waarvan de open spanning hoger is dan 220 V. Het voorschakel-apparaat voor 220/230 V bestaat uit een smoorspoeltje dat tezamen met een bijzonder ontsteek-apparaatje en een radio-ontstoringcondensator in een langwerpige, smalle en platte Philite doos is aangebracht (afb. 59 en 61). De totale afmetingen van dit voorschakelapparaat zijn zoodanig, dat het tusschen de beide lamphouders en in één lijn daarmee, dus „onder“ de buislamp, kan worden gemonteerd, waardoor een eenvoudige en overzichtelijke aansluiting mogelijk is, in het bijzonder indien meerdere buislampen in elkaars verlengde worden geplaatst.

De oxyde-gloeikathoden van de buislamp worden tot aan het oogenblik der ontsteking door stroom doorgeloopt en deze stroom wordt door den zgn. glimlichtschakelaar van het ontsteek-apparaatje automatisch in- en uitgeschakeld. Voor 120/130 V netspanning moet het smoorspoeltje in het voorschakelapparaat door een spaarlektransformatortje vervangen worden, dat echter geen hoogere spanning dan 220 V behoeft te leveren en zoo klein kan zijn dat het voorschakel-apparaat daardoor niet groter behoeft te worden.

De levensduur der TL-buislampen overschrijdt gemiddeld 2 000 uren, terwijl het rendement zeer gunstig is. Immers, bij 220 V bedraagt het vermogen per buislamp, inclusief de verliezen in het voorschakelapparaat, slechts 28 W, terwijl de lichtstroom voor de kleuren daglicht en warm-wit 100 Dlm en voor de kleur wit zelfs 115 Dlm bedraagt. De specifieke

lichtstroom bedraagt dus 36 à 41 lm/W (zie ook tabel III en IV). Aangezien de lamp een relatief groote oppervlakte heeft, is de helderheid zeer laag, nl. slechts 0,3 à 0,34 sb. Onder normale omstandigheden geven TL-buislampen dan ook geen aanleiding tot verblinding, zoodat ze uit dien hoofde niet in een armatuur of ornament behoeven te worden gebruikt. Bij deze toepassingswijze treedt dus ook geen lichtverlies door absorptie in het armatuur op en dit verklaart onder meer het zeer hoge praktische verlichtingsrendement dat met deze lichtbron kan worden verkregen.

Een verder gemak bij de toepassing is de willekeurige brandstand, terwijl de langerekte vorm en de mogelijkheid van zichtbare montage een goede aanpassing van de verlichtingsinstallatie aan de lijnen en architectonische vormen van de ruimte mogelijk maken.

De uitgebreide toepassing der TL-buislampen heeft dan ook aangetoond, dat met deze lampen buitengewoon economische, decoratieve en lichttechnisch superieure verlichtingsinstallaties kunnen worden gerealiseerd.

§ 58. HOOGSPANNINGS-FLUORESCENTIE-BUISLAMPEN.

De bouw der hoogspannings-fluorescentie-buislampen type HTL heeft veel overeenkomst met die der TL-buislampen. Bij de HTL-buislampen worden echter geen voorverhitte

gloeikathoden maar normale oxyde-kathoden toegepast, terwijl ook de normale buislengte grooter is en 2 m bedraagt. Hierdoor is de ontsteekspanning hoger en is de arbeidsfactor ongunstiger.

Feitelijk zijn deze buislampen te beschouwen als hoogspannings reclame-lichtbuizen met hoge stroomsterkte en witte kleur en als voorlopers van de veel meer universeel bruikbare laagspannings TL-buislampen. In tegenstelling met de witte lichtbuizen voor reclame of lichtdecoraties zijn ze echter wel als „lampen“ te beschouwen, daar ze van zijdelings aan de uiteinden van de buis aangebrachte éénpolige lampvoetjes zijn voorzien, welke in speciale porceleinen hoogspannings-lamphouders passen (afb. 62). De gebruikelijke reclame lichtbuizen bezitten geen lampvoetjes en de aansluitdraden worden door middel van aansluitklemmen aan de uiteinden verbonden.

62



Afb. 62. Hoogspannings-fluorescentie-buislamp type HTL 200, 200 Dlm.

De normale lichtkleur der buislampen type HTL 200 is zgn. gloeilampenwit, een kleur, die iets warmer is dan de witte kleur der TL-buislampen, maar een minder juiste kleurweergave oplevert.

Evenals de reclame lichtbuizen worden de HTL-buislampen niet afzonderlijk, maar groepsgewijze in serie (achter elkaar doorverbonden) aan een gemeenschappelijken hoogspanningslektransformator aangesloten. Hiervoor gebruikt men gewoonlijk een zgn. „neon-transformator” met 6 000 V open spanning, waarop men ten hoogste 9 buislampen HTL 200 kan aansluiten. Daar de lichtstroom per meter ca. 100 Dlm bedraagt bij een vermogen van ca. 38 W is de specifieke lichtstroom ongeveer 26 lm/W. Dit rendement wordt echter belangrijk verlaagd, indien men een kleiner aantal lampen op één transformator aansluit, hetgeen, doordat de laatste van aftakkingen met lagere open spanning voorzien is, wel mogelijk is. Het is begrijpelijk, dat de aanleg van deze hoogspanningslichtinstallaties vele voorzorgen in het belang der veiligheid eischt en dan ook niet als een universeele verlichtingsmethode beschouwd en nog minder voor huisverlichting geschikt geacht kan worden.

Installaties met HTL-buislampen moeten aan de zgn. neonvoorschriften voldoen, hetgeen een tamelijk gecompliceerden aanleg met speciale leidingen, aardleidingen en afschermingen noodzakelijk maakt. De buislampen moeten buiten handbereik worden gemonteerd en het inzetten en uitwisselen der lampen is ook door de ietwat onhandelbare groote lengten niet ieders werk. Uit een oogpunt van economie is men geneigd steeds een zoo groot mogelijk aantal buislampen met één transformator te voeden, dus met één schakelaar aan de laagspanningszijde te bedienen, hetgeen voor vele ruimten en toepassingen tot onlogisch of onnoodig groote groepen voert.

De toepassing van HTL-buislampen heeft zich dan ook in de praktijk beperkt tot verlichtingsinstallaties met continue lichtlijnen tegen of op eenigen afstand hangende onder het plafond in groote ruimten, zooals sommige warenhuizen, lunchrooms en dergelijke.

DE TOEPASSINGEN VAN KWIKLICHT.

§ 59. UTILITEITS-
BUITENVERLICHTING.

Op snelverkeerswegen is het bereiken van een zoo groot mogelijke zichtbaarheid bij de kunstverlichting absolute hoofdzaak. Het al of niet onderscheiden van kleuren kan men als een daaraan ondergeschikt probleem beschouwen. Zoodra er echter op de te verlichten weg een eenigermate belangrijk voetgangersverkeer is, of daarlangs gebouwen en in het bijzonder woonhuizen gelegen zijn, dient men in het algemeen meer aandacht aan de mogelijkheid van kleurherkenning te besteden. Als richtlijn wordt over het algemeen aangehouden dat weliswaar voor de buiten de bebouwde kom gelegen snelverkeerswegen natriumverlichting het meest aangewezen is, doch dat voor de hoofdtoevoerwegen naar of in de plaats zelf kwiklicht danwel kwikmenglicht met een lage mengverhouding, bijvoorbeeld $1 : \frac{1}{2}$, of het licht van HPL-lampen meer geschikt



63

Afb. 63. Straatverlichting met hoogedruk-kwikmenglicht-eenheden.

is. Wat betreft de belangen van het snelverkeer kan dit een achteruitgang ten opzichte van natriumverlichting beteekenen, maar met het oog op de geringere verkeerssnelheid en den meestal langs deze wegen aanwezige verlichten achtergrond, waardoor de zichtbaarheid wordt verhoogd, is een dergelijke concessie aan het wandelend publiek in het algemeen wel verantwoord. In sommige gevallen wordt echter voor hoofdverkeersaders door steden met intensief snelverkeer toch aan natriumverlichting de voorkeur gegeven.

Voor woonwijken en nog meer voor winkelstraten, amusementscentra en boulevards is meestal een nog gunstiger kleurherkenningsmogelijkheid noodzakelijk en gebruikt men bij voorkeur kwikmenglicht met een hogere mengverhouding of ML-lampen.

Wit licht geeft nu eenmaal eerder den indruk van een „goede” verlichting en vermoedelijk speelt de hogere helderheid der kwiklampen en het daardoor meer brillante uiterlijk van de straatverlichting bij deze suggestie een rol. In werkelijkheid kan echter met het zachte natriumlicht veel gemakkelijker een goede zichtbaarheid bereikt worden. Het is opvallend, hoe dikwijls men nog, geheel ten onrechte, de kwaliteit van een verlichting beoordeelt naar den min of meer brillanten, soms zelfs verblindenden indruk, welke de lampen zelf veroorzaken, inplaats van de zichtbaarheid van het verkeer en van de verdere voorwerpen op het wegdek te beoordeelen.

Voor terreinverlichtingen in den meest uitgebreiden zin wordt, afhankelijk van de mate der noodzakelijke kleurherkenning, zuiver kwiklicht, kwikmenglicht met een bepaalde mengverhouding, of het licht van HPL- of ML-lampen gebruikt.

Bij deze laatste toepassingen is de aanloop- en her-aanlooptijd van de kwiklampen in het algemeen niet bezwaarlijk. In bepaalde gevallen kan het laatstgenoemde verschijnsel bij de openbare verlichting hinderlijk zijn op het moment dat de „avondverlichting” op de „nachtverlichting”, welke in sommige gemeenten uit zuinigheidsoverwegingen zwakker is, wordt omgeschakeld. Deze bezwaren kan men ontgaan door deze omschakeling zonder stroomonderbreking te doen geschieden, waarvoor speciale schakelingen bestaan.

Bij kwikmenglicht vindt direct herontsteking van de gloeilamp plaats en ook op de snelverkeerswegen, waar men in het algemeen de verlichting gedurende den geheelen nacht op normale sterkte laat doorbranden, doet dit probleem zich niet voor. Overigens wordt de relatief korte herontsteektijd van bepaalde kwiklampen dikwijls toelaatbaar geacht.

Zoals we reeds zagen, komen de fluorescentie-buislampen door hun gevoeligheid voor lage omgevingstemperaturen voor de buitenverlichting niet in aanmerking.

§ 60. UTILITEITS- BINNENVERLICHTING.

De kwiklampen zijn door hun specifieke lichttechnische eigenschappen voor vele toepassingen op het gebied der binnenverlichting zeer geschikt, hoewel men bij deze beoordeeling de belangrijke plaats, welke de moderne gloeilamp in de verlichtingstechniek inneemt, niet moet vergeten. Er bestaan voor allerlei speciale verlichtingsdoeleinden in het interieur speciale gloeilampen, terwijl hiervoor dikwijls geen gasontladingslampen met even goede eigenschappen bestaan. Het kwiklicht heeft echter ook een ruim toepassingsgebied veroverd.

In werkplaatsen en fabriekslokalen gebruikt men meestal kwikmenglicht, waarvan de mengverhouding zelden hoger dan 1 : 1 behoeft te zijn, of ML-lampen, doch in vele gevallen wordt ook van lagere mengverhoudingen of van HPL-lampen gebruik gemaakt, terwijl in speciale gevallen zelfs zuiver kwiklicht wordt toegepast.

De meest geschikte lichtsamenstelling is geheel van den aard der werkzaamheden afhankelijk in verband met de noodzakelijke mate van kleurherkenning. Wegens de groote gezichtsscherpte gebruikt men bijvoorbeeld in de krasseer-afdeeling van constructiewerkplaatsen en machinefabrieken wel eens zuiver kwiklicht.

Indien de verlichting tevens als aanvulling en versterking van het daglicht wordt gebruikt, is dikwijls een zoodanig



64

Afb. 64. Fabrieksverlichting met superhoogedruk-kwikmenglicht-eenheden.

globale overeenstemming van de lichtkleur met die van het daglicht gewenscht, dat zgn. valsch licht voorkomen wordt; men past dan kwikmenglicht met een mengverhouding 1 : 1, of ML-lampen toe; indien de kleurovereenkomst zeer nauwkeurig moet zijn, dus als werkelijke kleurbeoordeeling plaats heeft, fluorescentie-buislampen type TL in daglichtkleur.

Indien niet te hoge eischen aan de kleurbeoordeeling worden gesteld, is kwikmenglicht met een mengverhouding 1 : 1½ à 1 : 2 soms voldoende, maar voor een zeer nauwkeurige kleurwaardeering zijn de TL-buislampen in daglichtkleur de aangewezen lichtbronnen. Men dient er echter aan te denken, dat de kleurwaardeering niet slechts van de lichtkleur, doch ook van het gekozen verlichtingssysteem (direct, diffuus enz.) en nog meer van de verlichtingssterkte afhankelijk is. Deze laatste moet voor dit doel hoog gekozen worden. Op vele plaatsen wordt echter ook overdag aan de constante lichtkleur en verlichtingssterkte van een buislampen-installatie voor de kleurwaardeering boven de steeds wisselende kleur en sterkte van het daglicht de voorkeur gegeven.

voor de kleurwaardeering boven de steeds wisselende kleur en sterkte van het daglicht de voorkeur gegeven.

Ongeacht het vraagstuk der kleurwaardeering, kan men in bepaalde gevallen ook op grond van de zeer gelijkmatige, schaduwloze, diffuse verlichting, welke men ermede bereiken kan, aan TL-buislampen de voorkeur geven, terwijl ook economische of architectonische overwegingen hiertoe aanleiding kunnen zijn.

Voor machinekamers, magazijnruimten, garages en dergelijke gelden in hoofdzaak dezelfde overwegingen, zoodat dan ook veel van kwikverlichting in den een of anderen vorm gebruik wordt gemaakt.

Daarentegen gebruikt men in kantoren, teekenzalen, scholen, sport- en gymnastiekzalen en dergelijke meestal kwikmenglicht met hoge mengverhoudingen (1 : 1 à 1 : 2), ML-lampen of TL-buislampen. Aangezien de lichtkleur wit der TL-buislampen reeds voldoende met het noorderdaglicht harmonieert om hinderlijk valsch licht te voorkomen, indien de verlichting als daglichtaanvulling wordt gebruikt, hebben deze lampen een zeer groote toepassing gevonden. Als het betreffende lokaal uitsluitend overdag wordt gebruikt, is de toepassing van TL-buislampen in daglichtkleur dikwijls aangewezen.

Bij de groep winkels, warenhuizen en etalages en ook voor showrooms, tentoonstellingsruimten en musea is het probleem der lichtkleur meestal van nog grooter belang en worden tevens de aesthetische eischen, welke aan de verlichtingsinstallatie gesteld dienen te worden, zwaarder. In sommige gevallen komt kwikmenglicht met hoge mengverhouding (1 : 1 à 1 : 3 of nog hooger) in aanmerking, maar meestal

65



Afb. 65. Kantoorverlichting met laagspannings-fluorescentie-buislampen type TL 100.

66



Afb. 66. Winkelverlichting met laagspannings-fluorescentie-buislampen type TL 100.

worden tegenwoordig TL-buislampen toegepast, waarmee ook hier een in de architectuur der ruimte opgenomen verlichtingsinstallatie mogelijk is. Voorts wordt in deze gebruikscategorie reeds dikwijls prijs gesteld op een verlichting, waarmee een bepaalde sfeer gesuggereerd wordt.

Deze laatste overweging geldt nog sterker in bars, restaurants, café's en lunchrooms en ook in hotel-lounges, conversatie- en vergaderzalen, waardoor men sterk op TL-buislampen in witte of warm-witte kleur is aangewezen.

Terwijl het in winkels en dergelijke uit overwegingen van sfeer reeds wenschelijk kan zijn een decoratieve bijverlichting aan te brengen, bijvoorbeeld met gloeilampen in schemerlampen of wandornamenten, is dit in de laatste gebruiksgroep welhaast onontbeerlijk. In dergelijke gevallen dient men er op te letten, dat de lichtkleur van gloeilampen slechts met die van enkele soorten kwiklampen, in het bijzonder met de witte kleur der TL-buislampen, voldoende harmonieert om niet storend te zijn, ofschoon in de wijze van aanbrengen der lichtbronnen nog middelen ter versterking van deze harmonie te vinden zijn.

In ruimten waar het licht normaal slechts gedurende korte perioden wordt ingeschakeld is het gebruik van lampen met aanloop- en her-aanlooptijd natuurlijk uitgesloten en is men dus op TL-buislampen of gloeilampen aangewezen.

§ 61. HUISVERLICHTING. De eenige kwiklamp welke, wat betreft de lichtkleur en de grootte der eenheden, voor huisverlichtingsdoeleinden in aanmerking komt en tevens geen aanloop- en her-aanlooptijd heeft, is de TL-buislamp.

Men gebruikt de witte of warm-witte kleur en past de lampen in half-indirecte of indirecte wandkoven, in plafond-ornamenten en cassetten, in figuren tegen het plafond ofwel in speciaal voor dit lamptype ontworpen hangende of andere ornamenten toe. Indien in de ruimten een bijverlichting met gloeilampen aanwezig is, zooals zeer dikwijls het geval is, verdient de witte kleur de voorkeur.

§ 62. RECLAME- EN DECORATIEVE VERLICHTING.

In de reclametechniek worden voor het verlichten van opschriften, borden of dakletterreclame's dikwijls kwiklampen toegepast. Het effect is opvallend en men kan tengevolge

van de samenstelling van zuiver kwiklicht bepaalde kleuren, nl. geel, groen en blauw, bijzonder accentueeren, terwijl de omtrekken van letters en figuren zeer scherp worden waargenomen. Ook in lichtbakken en achter transparanten worden dikwijls kwiklampen gebruikt.

67



Afb. 67. Huisverlichting met 2 laagspannings-fluorescentie-buislampen type TL 100.

68



Afb. 68. Reclame en decoratieve verlichting met hoogspannings-gasontladdingsbuizen.

Men dient zich natuurlijk wel te realiseeren, dat de kleuren van de betreffende reclame in verband met het kwiklicht juist gekozen moeten worden en dat deze weliswaar opvallend zijn onder kwiklicht, maar anders dan overdag verschijnen.

Ook voor gevelverlichtingen zijn kwiklampen zeer geschikt en bij de decoratieve verlichting van boomgroepen, zooals deze in parken en dergelijke wordt toegepast, veroorzaakt het kwiklicht een opvallende, frissche groene kleur.

§ 63. SPECIALE TOEPASSINGEN.

Als gevolg van de samenstelling van het lijnenspectrum van kwiklicht wordt deze lichtsoort voor een aantal bijzondere doeleinden gebruikt, zoo-

als boven de zgn. leesbanden in de mijnen, waar de steenen uit de steenkool gesorteerd worden, voor het sorteeren van verchroomde en vernikkelde voorwerpen, voor de keuring van vertind blik enz.

Als opname-licht in fotografische ateliers, voornamelijk in combinatie met natriumlampen (zie § 45), worden kwiklampen gebruikt, terwijl men met HPL-lampen zonder bijmenging van andere lichtsoorten op sterk roodgevoelig panchromatisch opnamemateriaal en zonder filters een zeer goede kleurweergave kan bereiken.

Andere toepassingen zijn het gebruik in fotografische vergrootingsapparaten, in de reproductie-techniek, voor diverse copieerprocédés in de grafische industrie, de cliché-fabricage enz. (zie § 50).

Voor nauwkeurige kleurbeoordeeling, het sorteeren en vergelijken van kleuren worden de TL-buislampen in daglichtkleur bij voorkeur toegepast en verdienen zelfs dikwijls de voorkeur boven het natuurlijke daglicht, daar dit laatste voortdurend in sterkte en kleur varieert.

Voor eenige toepassingen van watergekoelde superhoogedrukkwiklampen type SP verwijzen we naar § 56, terwijl de toepassing van de superhoogedruk-kwik-analyselampen type HPW in § 50 werd aangegeven.

ANDERE GASONTLADINGSGLAMPEN.

§ 64. DE HOOGSPAN-
NINGS RECLAME-
LICHTBUIZEN.

De lagedruk-gasontladingsbuizen, welke eigenlijk als voorloopers van de moderne gasontladingslampen kunnen worden beschouwd, werden reeds lang voordat deze laatste tot

ontwikkeling kwamen, voor reclame- en decoratieve verlichtingsdoeleinden gebruikt. Voor deze toepassingen is niet zoozeer de specifieke lichtstroom of een geprononceerde lichtkleur van belang.

Het is ietwat verwarrend, dat men de reclamelichtbuizen nog dikwijls met den verzamelnaam neon-reclamebuizen aanduidt, hoewel de ontlading in feite slechts bij de roode buizen in het gas neon, bij buizen met andere kleuren daarentegen in andere gassen plaats heeft. De oorzaak daarvan is gelegen in de omstandigheid, dat de met neon-gas gevulde roode ont-ladingsbuizen het eerst, nl. omstreeks het jaar 1920, een uitgebreide toepassing kregen.

Reeds eerder, nl. omstreeks 1904 construeerde de Amerikaan Moore praktisch bruikbare, met koolzuur en met stikstof gevulde, ont-ladingsbuizen welke in het eerste geval blauw-wit, in het tweede geval goudgeel licht gaven. De specifieke lichtstroom van deze buizen was echter zeer gering, nl. respectievelijk 2 en 4 lm/W, terwijl veelvuldig bijvullen van het gas noodig was, daar dit gedurende het branden door de elektroden en den glaswand werd geabsorbeerd. Bij de koolzuur-Moorelichtbuizen van moderner constructie, welke hier en daar nog wel eens als kunstmatige daglichtbron worden toegepast, worden dan ook veelal speciale automatische ventielen voor het bijvullen met koolzuur gebruikt. Deze gecompliceerde daglichtbronnen zijn echter vrijwel geheel door de eenvoudige en veel meer economische laagspannings fluorescentie-buislampen van het type TL 100 in daglichtkleur verdrongen.

De neon-reclamebuizen geven rood licht met een specifiek lichtstroom van maximaal ca. 10 lm/W. Een rose-witte lichtkleur en een specifieke lichtstroom van ca. 5 lm/W wordt met helium als vulgas, een blauwe kleur bij ca. 6 lm/W wordt met een mengsel van kwikdamp, neon en argon als vulgas verkregen. Andere kleuren ontstaan in combinatie met gekleurde

glasbuizen. Zoo geeft de heliumontlading in een geel gekleurde buis geel licht, terwijl door een kwikontlading in groen, geel of bruin gekleurde buizen verschillende kleuren groen licht ontstaan. De specifieke lichtstroom wordt echter door het gebruik van gekleurde glasbuizen geringer.

Deze lichtreclame-buizen worden met diameters van 10 tot 30 mm en met stroomsterkten van respectievelijk 10—150 mA (= milliampère = 1 duizendste A) gemaakt en steeds in serie aan een hoogspannings-lektransformator (§ 58) aangesloten. Meer kleuren en tevens een aanzienlijke verhooging van den specifieke lichtstroom kunnen met kwikontladings-buizen worden verkregen waarbij de binnenzijde van den buiswand door een laagje fluoresceerende poeders bedekt is, en deze zgn. Lumilux-buizen worden dan ook tegenwoordig meestal toegepast. Als overgang tot dit type heeft men ook wel buizen gebruikt, welke uit een fluoresceerende glassoort, bijvoorbeeld uraanglas gemaakt waren.

De maximale stroomsterkte bedraagt bij Lumilux-buizen slechts 75 mA en de lichtstroom per meter lengte is dus weliswaar voor reclame en decoratieve doeleinden voldoende, maar voor verlichtingsbuizen te gering.

De zgn. Superlux-buizen zijn eveneens van een fluoresceerend laagje voorzien maar hebben bovendien oxyde-kathoden, zoodat ze met stroomsterkten tot 250 mA kunnen worden belast. De buisdiameter is bij dit type groter en bedraagt maximaal 35 mm.

In het algemeen kan men met wit fluoresceerende buizen specifieke lichtstromen van 30 à 40 lm/W bereiken en met groen fluoresceerende buizen zelfs 60 à 70 lm/W.

Reclame lichtbuizen worden gewoonlijk op bestelling gemaakt en tot letters en andere figuren overeenkomstig de wenschen van den gebruiker gebogen en er is dan ook zeer weinig aan dit lamptype genormaliseerd. Ze bezitten geen lampvoetjes noch bijbehorende lamphouders, maar zijn aan de uiteinden der buizen van aansluitklemmen voorzien, waarmede ze onderling of aan den hoogspannings-lektransformator worden verbonden. De buizen worden meestal door al of niet geïsoleerde houders ondersteund, waaraan ze met binddraad worden bevestigd.

De 250 mA Superlux-buizen komen constructief, behoudens de afwezigheid van lampvoetjes en de omstandigheid, dat ze niet in bepaalde standaardlengten gemaakt worden, met de reeds besproken HTL-buislampen overeen. Behalve de standaardkleur gloeilampenwit zijn de lichtkleuren der Superlux-buizen echter in het algemeen niet voor verlichtingsdoeleinden geschikt. Zoowel de hoogspanningsaansluiting als de gecompliceerde montagemethode zijn voorts voor dat doel bezwaarlijk, zoodat voor algemeene binnenverlichtingsdoeleinden vrij-

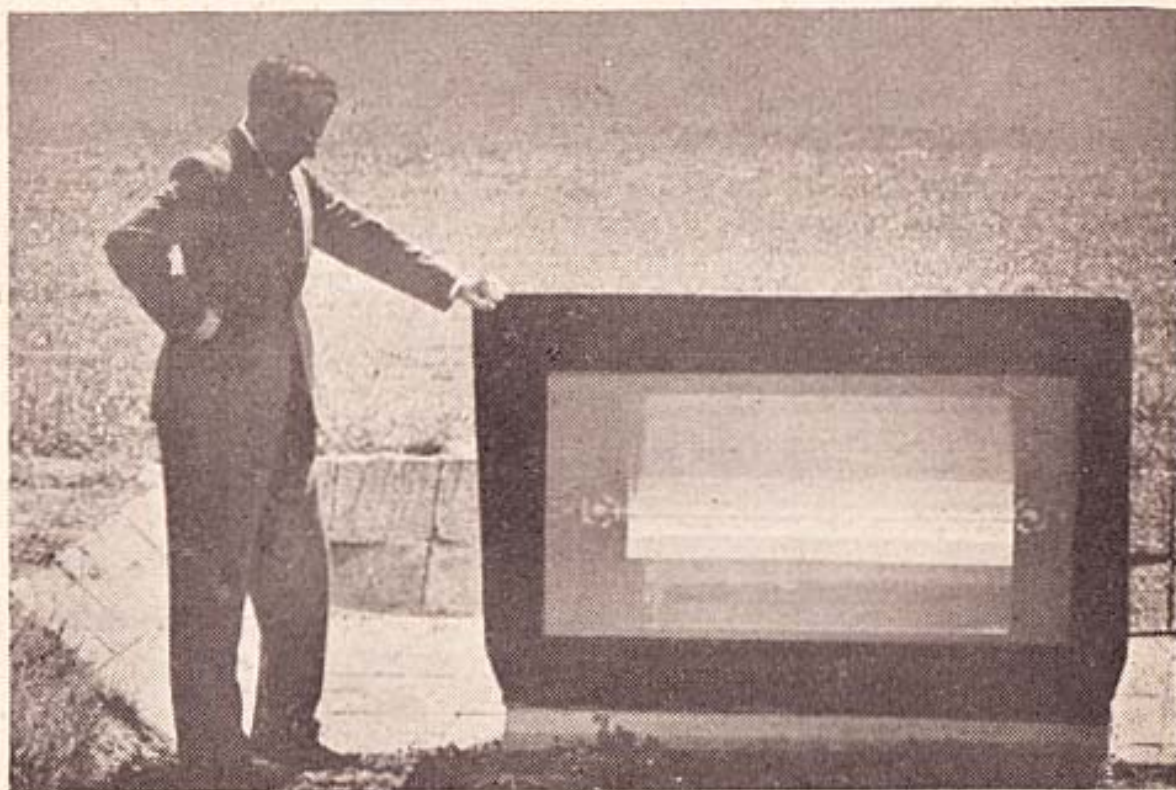
wel uitsluitend laagspannings-fluorescentie-buislampen van het type TL gebruikt worden.

§ 65. DE NEONLAMPEN. Om rood licht te produceeren kan men een gloeilamp, omgeven door een filterballon uit rood glas, gebruiken. Doordat het grootste gedeelte der anders gekleurde stralen door dezen ballon geabsorbeerd wordt, vooral als men rood licht met een hoge verzadiging nodig heeft, zooals voor baken- en signaleeringsdoeleinden, is de specifieke lichtstroom welke op deze wijze bereikt kan worden veel lager dan van een lichtbron, die van nature slechts roode stralen levert, zooals de neon-ontladingsbuis. Het gefilterde roode gloeilampenlicht bevat buitendien niet uitsluitend roode, maar ook steeds een hoeveelheid stralen van andere golflengten, zoodat de kleur van het op deze wijze verkregen roode licht minder verzadigd is.

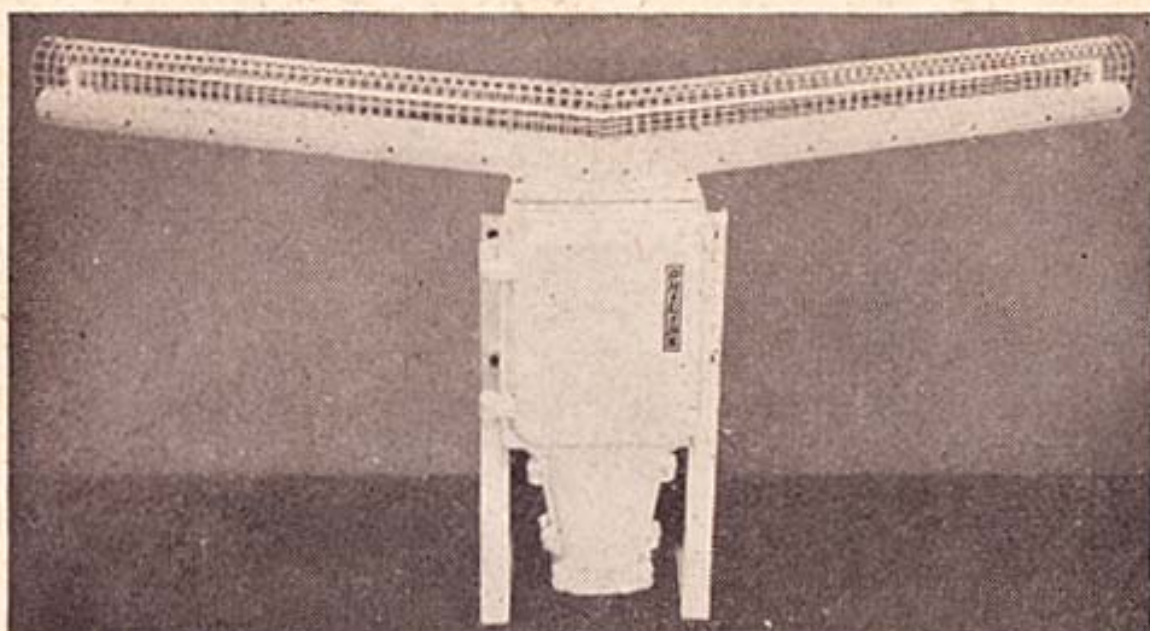
De roode lichtkleur van de neon-ontlading wordt relatief weinig door mist en nevel geabsorbeerd en is dus zeer bruikbaar voor baken- en markeeringslichten, in het bijzonder voor vliegvelden.

We zagen reeds, dat het oranje-gele licht der natriumlampen voor de markeering van start- en landingsbanen alsmede voor de grensbebakening van vliegvelden wordt toegepast (§ 45). Teneinde verwarring te voorkomen, gebruikt men voor de grensbebakening ook wel neon-omrandingslichten (afb. 70)

69



Afb. 69. Neon-aanlooplicht 475 W/630 Dlm aan den rand van een vliegveld, met ingebouwde voorschakelapparatuur. Maximale lichtsterkte van den waaiervormigen lichtbundel ca. 1100 k.



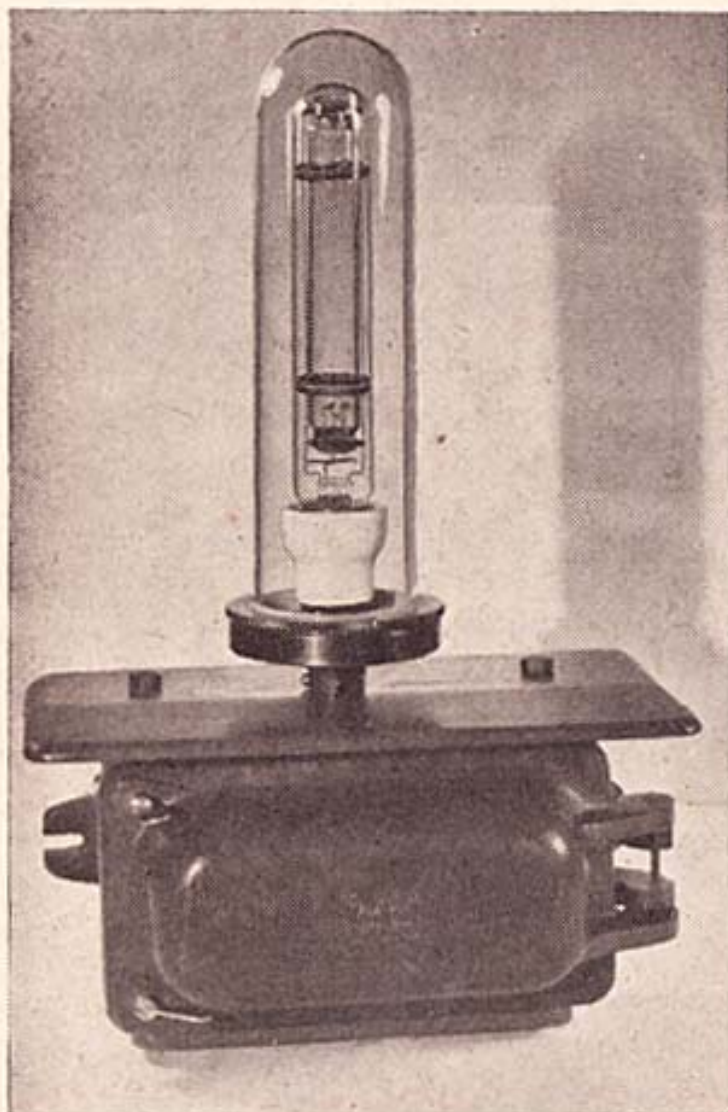
70

Afb. 70. Neon-omrandingslicht voor vliegvelden, ca. 100 Dlm, met voor-schakelapparaat en beveiliging in kast.

waarin 2 m lange V-vormig geknipte hoogspanningsneonbuizen zijn gemonteerd.

Het baken wordt dan zoodanig opgesteld, dat de punt van de V naar het vliegveld toe wijst. Ter markeering van de zgn. in-zweefbaan buiten het eigenlijke landingsveld gebruikt men neon-aan-looplichten (afbeelding 69).

Deze bevatten een rechte laagspanningsneonlamp van 1 m lengte en 45 mm diameter, gemonteerd in een cilindrisch



71

Afb. 71. Neon-obstakellicht met spaarlektransformator in gietijzeren kast, voorzien van laagspanningsneonlamp 220 V/45 W, 13,5 Dlm, in waterdicht armatuur.

parabolischen spiegel. Dit type neonlamp heeft permanent verwarmde oxyde-gloeikathoden en heeft dan ook een hoogen lichtstroom, nl. ca 630 Dlm. De maximale lichtsterkte in den platten waaiervormigen lichtbundel bedraagt bij deze aanlooplichten ca. 1 100 k, terwijl het totaalvermogen van de buis 475 W bedraagt.

Voor het aangeven van obstakels in de omgeving van een vliegveld zooals gebouwen, boomgroepen enz. gebruikt men neon-obstakel- of hindernis-lichten. Hierin wordt een laagspannings neonlamp met oxyde-kathoden gebruikt, welke uiterlijk een sterke gelijkenis met de hoogedrukkwiklamp type HO vertoont, doch van een normalen Edison-lampvoet voorzien is.

Deze lamp wordt ter bescherming tegen weer en wind in een stolpvormig glasarmatuur gebruikt (afb. 71), dat meestal direct op het gietijzeren kastje is gemonteerd, waarin de benodigde spaarlektransformator is opgeborgen. Bij obstakel-lichten wordt dikwijls de in § 40 beschreven veiligheidschakeling toegepast.

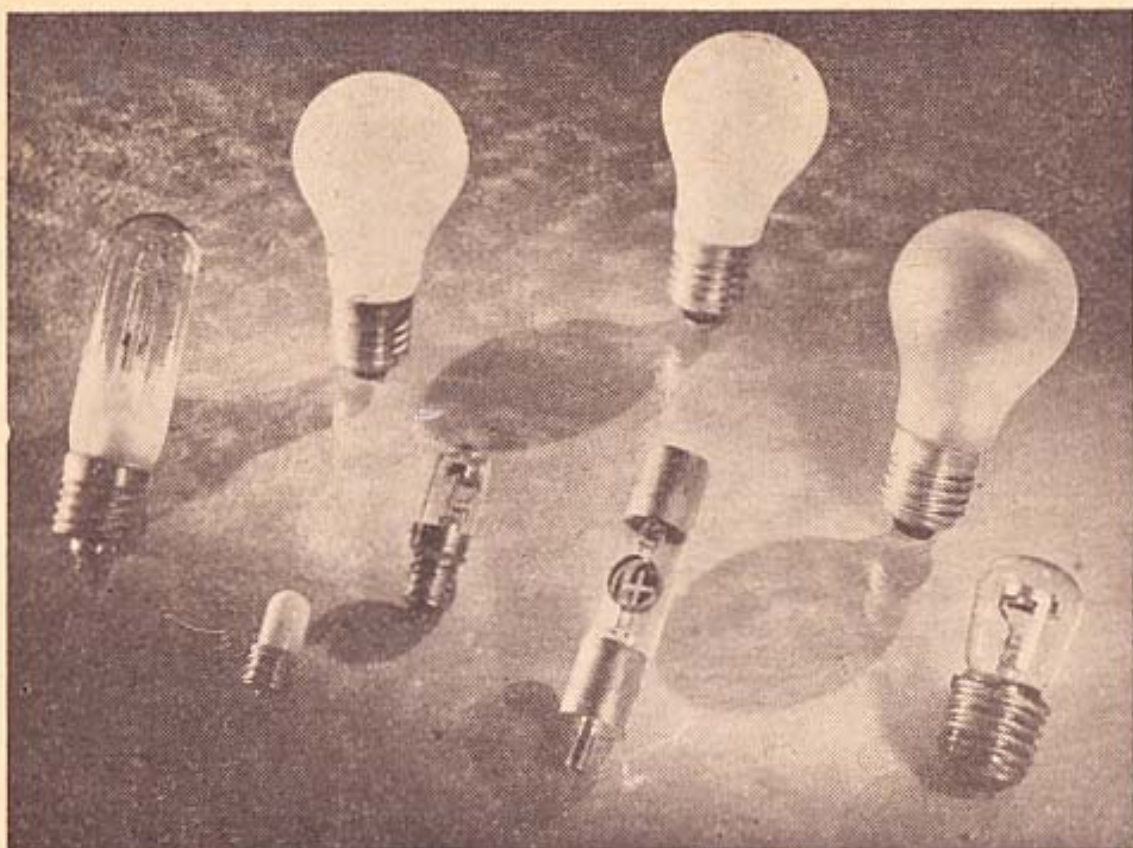
§ 66. GLIMLAMPEN.

De glimlampen behooren eveneens tot de groep der gasontladingslampen, maar bij deze wordt niet, zooals

bij de in het voorgaande beschreven gasontladingslampen, de positieve lichtzuil, maar het negatieve glimlicht voor de lichtproductie gebruikt (§ 34). De totale zoowel als de specifieke lichtstroom van de glimlampen is dan ook zoo gering, dat ze niet voor normale verlichtingsdoeleinden, maar voornamelijk als signaal- of verklikkerlampjes, als spaarlampen voor oriënteringsverlichting en in slaapkamers worden toegepast.

De benodigde stabilisatieweerstand is gewoonlijk in het lampvoetje aangebracht, terwijl de gebruikte electrodevorm naar aanleiding van de diverse toepassingen verschillend is. Glimlampen worden voor wisselspanning van 80 V en meer en voor gelijkspanning van 100 V en meer gemaakt met een gasvulling, bestaande uit een mengsel van neon en helium (afb. 72). De signaal- en dwergsignaallampjes met een vermogen van 0,1—1 W worden op schakelborden en in signaalinstallaties gebruikt.

Spanningzoekers en hoogspanningsaanwijzers bevatten een klein glimlampje en ook de devotielampen behooren tot deze groep. Meer licht, nl. ca. 0,8 lm geven de spaarlampen voor nachtverlichting in gangen en slaapkamers. Ze hebben een vermogen van 2 à 3 W en hebben een rossig-witte lichtkleur. De fluorescentie-glimlampen hebben een fluoresceerenden ballon welke een groenachtig witte lichtkleur, maar meer dan den dubbelen lichtstroom van de normale spaarlampen geeft. Een bijzondere uitvoering zijn de argon-glimlampen. Deze



72

Afb. 72. Diverse neon-glimlampen. Op de voorgrond v.l.n.r.: dwerg-signaallamp met klein-Edison-lampvoet; buisvormige signaallamp met klein-Edison-lampvoet; spannings- en poolzoekerlampje, en peervormige signaallamp met normalen Edison-lampvoet; op den achtergrond v.l.n.r. devotie- of kruislamp; fluoresceerende neonglimlamp; zgn. slaaplamp (opaal glas) en zgn. nachtlamp (uitwendig gematteerd).

lampjes geven practisch alleen ultra-violette straling en worden met normale of met Woodsglasballon (§ 55) vervaardigd. Ze dienen voor de bestraling van kleine fluoresceerende opschriften, richtingspijlen en andere teekens bij verduistering wegens luchtgevaar, in bioscopen en dergelijke.

TABELLEN.

Tabel I.**Spectrale lichtstroomverdeling van diverse lichtbronnen.**

De kleurherkenningsmogelijkheid bij het licht van kwiklampen in verschillende uitvoeringen, het kwikmenglicht met verschillende mengverhoudingen en het natriumlicht is het duidelijkste na te gaan aan de hand van een spectrale lichtstroomverdeling volgens de zgn. „vakjesmethode“.

Uit de onderzoeken van Bouma blijkt dat, indien bij twee lichtsoorten de procentueele bijdragen tot den totalen lichtstroom in een beperkt aantal golflengtegebieden ongeveer gelijk is, bij deze lichtsoorten een practisch gelijke kleurweergave ontstaat.

Voor deze beoordeeling heeft hij het zichtbare spectrum in 8 gebieden of „vakjes“ ingedeeld, waarvan de grenzen in het blauw het nauwste en in het rood het wijdeste zijn. Dit is toelaatbaar, omdat een verandering der bijdrage in het blauw een veel grooteren invloed op de kleurweergave heeft dan dezelfde procentueele verandering in het rood. De breedte der vakjes is verder zoodanig gekozen, dat een wijziging van de spectrale verdeling binnen de grenzen van elk vakje weinig invloed op de kleurweergave heeft.

Bij de algemeen voor de vergelijking en beoordeeling van lichtsamenstellingen gebruikte 8-vakjes-methode is de kleurweergave nog gelijk, als de afwijking in de middelste vakjes niet meer dan 10 à 20% bedraagt. Een grootere afwijking in de vakjes nrs. 1, 2 en 8 is toelaatbaar.

In het overzicht van de spectrale lichtstroomverdeling van de meest voorkomende gasontladings- en andere lichtbronnen volgens tabel 1A zijn ter vergelijking ook het gemiddelde noorderdaglicht, het directe zonlicht (hoogste stand), alsmede eenige gloeilamptypen en koolbooglampen aangegeven.

Tabel 1B geeft voor dezelfde lichtbronnen een vergelijking met het gemiddelde noorderdaglicht, waartoe de bijdrage van dit laatste in elk vakje gelijk aan 1 is gesteld.

Tabel II.**Vergelijkingstabel van helderheid en specifiek lichtstroom.**

Een overzicht van de helderheid en den specifiek lichtstroom van verschillende lichtbronnen is in tabel II gegeven.

De helderheid van een lichtbron is in het algemeen niet voor elk punt van haar (schijnbaar) oppervlak hetzelfde en meestal in het midden het grootste. De tabel vermeldt dan ook de maximale helderheid.

Tabel III en IV.

Algemeene gegevens van natrium- en kwiklampen.

De voor de practijk meest gebruikte gegevens van natrium- en kwiklampen zijn in de tabellen III en IV vermeld.

De condensatorcapaciteiten welke naast de kolom „arbeidsfactor” aangegeven zijn, komen overeen met die welke in de practijk per lamp moeten worden gebruikt voor de verbetering van den arbeidsfactor. De gegevens omtrent de normale netstroomsterkte en aanloopstroomsterkte zijn maatgevend voor de keuze van draaddikten en zekeringen.

Tabel V.

Gegevens van kwikmenglicht met afzonderlijke lampen.

De tabel V vermeldt eenige lichttechnische en electrotechnische gegevens van kwikmenglicht met afzonderlijke lampen, doch is niet van toepassing op de menglichtlampen van het type ML.

In het bijzonder zijn de totale lichtstroom, het totaal vermogen, de arbeidsfactor en de netstroomsterkte voor de meest voorkomende mengverhoudingen en lamptypen aangegeven, nl. voor menglicht met één en met drie menggloeilampen. Twee menggloeilampen worden in het algemeen niet toegepast en de modernste menglichtarmaturen bevatten ofwel een kwiklamp en één gloeilamp (buitenverlichting) of een kwiklamp en drie gloeilampen (binnenverlichting).

TABEL I.

Spectrale Lichtstroomverdeling van diverse
Lichtbronnen in % volgens de Vakjesmethode.

A	Vak nr.	1	2	3	4	5	6	7	8
	golflengte- gebied in m μ	400— 420	420— 440	440— 460	460— 510	510— 560	560— 610	610— 660	660— 720
	kleurgroep	Violet	Blauw		Blauw Groen	Groen	Geel Oranje	Rood	
Gemiddeld daglicht		0,025	0,26	0,91	11,1	40,8	36,2	10,0	0,70
Zonlicht		0,015	0,18	0,64	9,2	39,3	38,2	11,6	0,90
Daglicht (zonlicht) gll.		0,01	0,09	0,40	7,60	39,60	39,50	11,70	1,0
Dubb. sp. gasgev. gll.		0,005	0,05	0,23	5,30	32,70	42,20	17,70	1,80
Bioscoop gloeilamp		0,014	0,094	0,36	6,72	35,95	40,65	14,90	1,31
Koolbooglamp		0,013	0,116	0,43	7,40	37,30	40,0	13,60	1,13
Hoogintensiefboogl.		0,050	0,27	0,97	10,2	43,7	33,2	10,6	0,94
HO kwiklamp		0,01	0,56	0,05	0,72	53,3	44,6	0,71	0,05
HP kwiklamp		0,02	0,69	0,09	1,03	57,0	39,9	1,17	0,10
HPL kwiklamp		0,01	0,46	0,09	1,53	56,0	39,6	2,15	0,17
HP menglicht 1: 1/2		0,013	0,57	0,136	2,38	45,0	46,0	6,35	0,64
HP menglicht 1: 1		0,011	0,44	0,16	3,11	42,1	44,0	9,2	0,94
ML kwikmenglamp		0,015	0,37	0,16	3,16	44,85	41,05	9,44	0,95
HP menglicht 1: 1 1/2		0,01	0,36	0,174	3,18	46,2	43,64	10,9	1,10
HP menglicht 1: 2		0,009	0,31	0,183	3,84	37,97	43,4	12,03	1,22
TL daglicht		0,015	0,44	0,60	9,03	45,02	36,23	8,38	0,29
TL wit		0,01	0,35	0,30	4,81	38,21	43,03	12,86	0,43
TL warmwit		0,015	0,45	0,52	8,0	35,16	37,94	17,28	0,64
SP 40/1,4		0,05	0,57	0,90	4,80	51,8	37,8	3,79	0,29
SP 80/2		0,042	0,534	0,87	4,6	52,6	37,5	3,60	0,254
Lagedrukkwikbuis		0,05	3,1		1,0	75,5	20,3		
SO natriumlamp			0,009	0,038	1,31	0,99	92,0	4,8	0,85

B	Lichtstroomverdeling in vergelijking met gemiddeld daglicht								
	Vak nr.	1	2	3	4	5	6	7	8
Gemiddeld daglicht		1	1	1	1	1	1	1	1
Zonlicht		0,64	0,69	0,70	0,83	0,96	1,06	1,16	1,30
Daglicht (zonlicht) gll.		0,35	0,36	0,44	0,68	0,79	1,09	1,18	1,40
Dubb. sp. gasgev. gll.		0,19	0,20	0,25	0,48	0,80	1,17	1,79	2,60
Bioscoop gloeilamp		0,56	0,36	0,39	0,65	0,88	1,16	1,51	1,87
Koolbooglamp		0,52	0,446	0,475	0,67	0,92	1,1	1,36	1,62
Hoogintensiefboogl.		2,0	1,04	1,07	0,92	1,07	0,92	1,06	1,35
HO kwiklamp		0,4	2,15	0,054	0,063	1,31	1,23	0,07	0,72
HP kwiklamp		0,8	2,65	0,099	0,093	1,4	1,1	0,117	0,142
HPL kwiklamp		0,4	1,76	0,099	0,138	1,38	1,1	0,215	0,233
HP menglicht 1: 1/2		0,52	2,19	0,15	0,21	1,11	1,23	0,64	0,91
HP menglicht 1: 1		0,44	1,69	0,17	0,28	1,03	1,22	0,92	1,33
ML kwikmenglamp		0,6	1,42	0,17	0,285	1,1	1,13	0,94	1,36
HP menglicht 1: 1 1/2		0,39	1,48	0,19	0,29	1,14	1,21	1,10	1,67
HP menglicht 1: 2		0,36	1,24	0,20	0,39	0,95	1,20	1,20	1,74
TL daglicht		0,6	1,69	0,66	0,82	1,11	1,0	0,84	0,43
TL wit		0,39	1,35	0,33	0,43	0,95	1,18	1,29	0,62
TL warmwit		0,6	1,73	0,57	0,72	0,87	1,05	1,73	0,91
SP 40/1,4		2,0	2,19	0,99	0,43	1,27	1,05	0,38	0,41
SP 80/2		1,68	2,06	0,96	0,41	1,3	1,04	0,36	0,36
Lagedrukkwikbuis		2,0	11,9		0,09	1,85	0,56		
SO natriumlamp			0,035	0,042	0,12	0,024	2,55	0,48	1,22

TABEL II.

VERGELIJKINGSTABEL

Maximale helderheid en specifieke lichtstroom van lichtbronnen.

Lichtbron	Max. helderheid stilb	Spec. lichtstr. netto lm/W	bruto lm/W ¹⁾
Experimenteele kwiklamp SP	180 000	71	
Zon in hoogsten stand	165 000		
Beck-Sperry koolbooglamp	125 000-50 000		30-10
Kwiklamp SP 1000W 80/2	45 000		27 ²⁾
Kwiklamp SP 2000/500W 40/1,35	25 000		55 ³⁾
Gewone koolbooglamp	20 000-9 000		14-8
Bioscoopgloeilamp 15 V 50 A	3 000		30-25
Wolfraambooglamp	2 000		25-20
Gloeilamp 220V 2000 W helder	1 000		18,5 ⁴⁾
Zon aan den horizon	600		
Kwiklamp HP 500/300 helder ⁵⁾	600	42-40	38-36 ⁶⁾
Gloeilamp 220 V 500/200 Dlm h.	470 ⁷⁾		16-15 ⁴⁾
Gloeilamp 220 V 30/15 Dlm h.	300 ⁷⁾		10-9 ⁴⁾
Kwiklamp HO 2000/1000	180-170	45-38	42-35 ⁶⁾
Kooldraadlamp 220 V	60 ⁷⁾		3,3
Kwiklamp HP 500/300 gesat.	40-35	42-40	38-36 ⁶⁾
Menglichtlamp ML 500/300 ges.	30-25		20-18 ⁴⁾
Bi-arlita gloeil. 220 V 150/25 Dlm gesatineerd	15 ⁷⁾		15-10 ⁴⁾
Acetylenevlam	10		0,7 ⁸⁾
Natriumlamp SO 1000/250	10	71-56	61-38 ⁶⁾
Kwiklamp HPL 500/300	7-6	42-40	38-36 ⁶⁾
Gasgloeikousje (gemiddeld)	5		1,25 ⁸⁾
Petroleumbrander (pit)	1		0,3 ⁸⁾
Heldere hemel (zomer 12 uur)	0,8		
Kwikbuislamp HTL 200	0,3		30-20
Kwikbuislamp TL 100	0,35-0,3	51-46	41-36 ⁶⁾
Volle maan in hoogsten stand	0,25		
Neon-reclamebuis (gemiddeld)	0,25		10-3
Glimlamp (gemiddeld)	0,025		1-0,5

¹⁾ bruto = waarde incl. voorschakelapp. indien aanwezig.

²⁾ zonder reflector en lamphouder ca. 55 lm/W bruto.

³⁾ SP 500 W als gerichte straler ca. 27 lm/W bruto.

⁴⁾ bij 225 V.

⁵⁾ normale uitvoering is gesatineerd.

⁶⁾ bij 220 V.

⁷⁾ gemiddeld.

⁸⁾ naar calorische waarde der brandstof berekend.

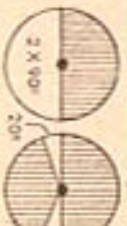
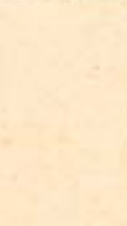
TABEL III. ALGEMEENE GEGEVENS VAN NATRIUM- EN KWIKLAMPEN

Lamp type	Nominale lichtstr. Dlm.	Vermogen watt		Spec. licht-str. lm/W		Cond. μ F	Arbeids-factor		Netstroom-sterkte/A.		Aanloopstroom-sterkte/A. max.	
		125 V	220 V	125 V	220 V		125 V	220 V	125 V	220 V	125 V	220 V
Natriumlampen	SO 250	250	70	36	38	zonder 19	0,2 0,88	0,2 0,9	2,6 0,6	1,5 0,35	Lager dan netstroomsterkte	Lager dan netstroomsterkte
	SO 400	400	85	47	49	zonder 19	0,28 0,92	0,26 0,96	2,6 0,8	1,14 0,4		
	SO 650	650	110	59	61	zonder 19	0,36 0,97	0,36 0,98	2,5 0,9	1,4 0,5		
	SO 1000	1000	172	58	61	zonder 25	0,36 0,88	0,34 0,92	3,8 1,5	2,1 0,78		
Hoogedruk kwiklamp	HO 1000	1000	294	34	35	zonder 19	0,56 —	0,55 0,88	4,2 —	2,2 1,4	8,3 —	3,7 2,45
	HO 2000	2000	490	41	42	zonder 25	0,55 —	0,58 0,85	7,5 —	3,7 2,6	13,5 —	6,1 4,5
Superhoogedruk kwiklampen	HP 300	300	92	33	36	zonder 8,5	0,48 0,9	0,51 0,97	1,5 0,8	0,75 0,33	2,25 1,25	1,15 0,6
	HPL 300											
	HP 500	500	143	35	38	zonder 12	0,5 0,88	0,5 0,95	2,25 1,3	1,15 0,6	3,15 1,65	1,7 0,9
	HPL 500											
Lagedruk kwiklamp	ML 300	300	165 $\dagger$)	18 $\dagger$)		zonder	0,98 $\dagger$)	0,98 $\dagger$)	0,73 $\dagger$)	0,87 $\dagger$)		
	ML 500	500	250	20		zonder	0,98	0,98	1,14	1,34		
Lagedruk kwiklamp	TL 100 {dagl. w/wit	100	31,5	—	36	zonder 2,5	0,47 —	0,52 0,92	0,51 —	0,25 0,14	0,72 —	0,42 0,26
	TL 100 wit	115	31,5	—	41	zonder 2,5	0,47 —	0,52 0,92	0,51 —	0,25 0,14	0,72 —	0,42 0,26

$\dagger$) bij 225 V

TABEL IV.

ALGEMEENE GEGEVENS VAN NATRIUM- EN KWIKLAMPEN.

Lamp type	Gem. levensduur uren	Lichtsterkte vol gedurende levensduur	Aanloop tijd min. ¹⁾	Aard van het spectrum	Lichtkleur ²⁾	Helddichtheid in K cm^2 (sb)	Strobosc. copisch en bij 50 per	Normale uitvoering	Lampvoet	Brandstand ³⁾
SO 250	3 000	20 ¹⁾ / ₁₀	5	één dubbel-lijn	verza- digd geel	10	merkbaar	cyl.-vorm helder (los vacuümglas)	Sw.	
SO 400	3 000	20 ¹⁾ / ₁₀	6			10			Sw.	
SO 650	3 000	20 ¹⁾ / ₁₀	10	meerdere lijnen	blauw-groen-achtig wit	10	merkbaar	cyl.-vorm helder	Sw.	
SO 1000	3 000	20 ¹⁾ / ₁₀	10			10			Sw.	
HO 1000	2 000	25 ¹⁾ / ₁₀	5	meerdere lijnen	blauw-groen-achtig wit	170	merkbaar	cyl.-vorm helder	gol.	
HO 2000	2 000	25 ¹⁾ / ₁₀	4	meerdere lijnen	blauw-groen-achtig wit	180	merkbaar	cyl.-vorm helder	gol.	
HP 300	2 000	25 ¹⁾ / ₁₀	4	meerdere lijnen en zwak continu	blauw-achtig wit	35 ¹⁾ / ₁₀	merkbaar	balloon inwendig gesat. neerd	Ed Sw	
HP 500	2 000	25 ¹⁾ / ₁₀	4,5	meerdere lijnen en sterk continu	groen-achtig wit	40 ¹⁾ / ₁₀	merkbaar	balloon inwendig gesat. neerd	Ed Sw	
HPL 300	2 000	30 ¹⁾ / ₁₀	4	meerdere lijnen en sterk continu	groen-achtig wit	7	merkbaar	fluoresceerende ballon	Ed Sw	
HPL 500	2 000	30 ¹⁾ / ₁₀	4,5	meerdere lijnen en sterk continu	groen-achtig wit	7	merkbaar	fluoresceerende ballon	Ed Sw	
ML 300	2 000	30 ¹⁾ / ₁₀	geen	meerdere lijnen en sterk continu	wit	25	nauwelijks merkbaar	balloon inwendig gesat. neerd	Ed Sw	
ML 500	2 000	30 ¹⁾ / ₁₀	geen	meerdere lijnen en sterk continu	wit	30	merkbaar	balloon inwendig gesat. neerd	Ed Sw	
TL 100 (daglicht)	2 000	25 ¹⁾ / ₁₀	geen	continu met enkele lijnen	geel/ik aan daglicht	0,3	nauwelijks merkbaar	fluoresceerende buis	Spec.	
TL 100 (warmwit)	2 000	25 ¹⁾ / ₁₀	geen	continu met enkele lijnen	warmwit	0,3	merkbaar	fluoresceerende buis	Spec.	
TL 100 (wit)	2 000	25 ¹⁾ / ₁₀	geen	continu met enkele lijnen	wit	0,35	merkbaar	fluoresceerende buis	Spec.	

¹⁾ HO 1000L alleen op speciale bestelling voor horizontaal gebruik.²⁾ met beide ballen 600 K/cm² (sb).³⁾ tot 80¹⁾/₁₀ van de nominale lichtstroom.⁴⁾ lampvoet in het hart van den cilinder verondersteld; gearceerde gebieden verboden stonden.⁵⁾ zie ook tabel I.

TABEL V. Gegevens van Menglicht, zonder condensator, met één gloeilamp.

Kwik- lamp type	Gloeilamp Dlm	Meng- verh.	Dlm totaal	125 Volt				220 Volt			
				Watt totaal	lm/W	Arb. factor	Netstroom A.	Watt totaal	lm/W	Arb. factor	Netstroom A.
HO 1000	0		1000	294	34	0,56	4,2	283	35	0,55	2,2
-	500	1:0,5	1500	575	26	0,71	6,45	590	25,4	0,75	3,6
-	800	1:0,8	1800	720	25	0,76	7,6	755	23,8	0,8	4,3
-	1250	1:1,25	2250	920	24,5	0,8	9,2	975	23	0,85	5,3
-	2000	1:2	3000	1255	23,9	0,84	11,9	1335	22,5	0,9	6,8
HO 2000	0		2000	490	41	0,55	7,5	475	42	0,58	3,7
-	800	1:0,4	2800	915	30,6	0,69	10,9	945	29,6	0,74	5,9
-	1250	1:0,63	3250	1125	29,1	0,72	12,5	1165	27,9	0,77	6,9
-	2000	1:1	4000	1450	27,6	0,77	15,1	1525	26,2	0,82	8,5
-	3000	1:1,5	5000	1855	27	0,81	18,4	2005	24,4	0,86	10,7
HP 300	0		300	92	33	0,48	1,5	83	36	0,51	0,75
-	150	1:0,5	450	185	24,3	0,66	2,25	185	24,3	0,7	1,2
-	200	1:0,67	500	220	22,7	0,7	2,55	225	22,2	0,74	1,4
-	300	1:1	600	270	22,2	0,73	2,95	285	21	0,78	1,65
-	500	1:1,65	800	375	21,3	0,82	3,75	395	20,3	0,83	2,15
HP 500	0		500	143	35	0,5	2,25	132	38	0,5	1,15
-	300	1:0,6	800	320	25	0,7	3,65	335	23,9	0,7	2,2
-	500	1:1	1000	425	23,5	0,76	4,5	440	22,7	0,78	2,25
-	800	1:1,6	1300	570	22,8	0,86	5,45	605	21,5	0,84	3,3

Gegevens van Menglicht, zonder condensator, met drie gloeilampen.

Kwik- lamp type	Gloeilampen Dlm	Meng- verh.	Dlm totaal	125 Volt				220 Volt			
				Watt totaal	lm/W	Arb. factor	Netstroom A.	Watt totaal	lm/W	Arb. factor	Netstroom A.
HP 300	0		300	92	33	0,48	1,5	83	36	0,51	0,75
-	3 x 100	1:1	600	280	21,4	0,72	3,1	305	19,7	0,79	1,75
-	3 x 125	1:1,25	675	330	20,5	0,78	3,4	350	19,3	0,81	2
-	3 x 150	1:1,5	750	370	20,3	0,8	3,7	390	19,2	0,83	2,15
-	3 x 200	1:2	900	475	19,3	0,84	4,6	510	17,6	0,87	2,7
HP 300	0		500	143	35	0,5	2,25	132	38	0,5	1,15
-	3 x 150	1:0,9	950	422	22,5	0,77	4,5	438	21,7	0,81	2,45
-	3 x 200	1:1,2	1100	527	20,8	0,8	5,3	558	19,9	0,82	3,1
-	3 x 300	1:1,8	1400	677	20,6	0,84	6,5	738	18,9	0,86	3,9



DILIGENTIA - REEKS
WETENSCHAP EN TECHNIEK IN DE PRACTIJK