

PHILIPS' TECHNISCHE BIBLIOTHEEK

PRINCIPES
EIGENSCHAPPEN
TOEPASSINGEN

VAN

GASONTLADINGSGLAMPEN

DOOR

Ir. P. J. ORANJE.

1942

UITGAVE MEULENHOF & Co. N.V. - AMSTERDAM

Copyright 1942

N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken Eindhoven (Nederland).

VOORWOORD

Sinds 1932, toen de eerste openbare wegverlichting met gasontladingslampen tot stand kwam, is de ontwikkeling van deze lampen door de laboratoria en fabrieken van de groote lampen-firma's krachtig voortgezet. Reeds lang bekende principes werden practisch gebruikt, nieuwe vindingen werden gedaan, een beter inzicht werd verkregen, duizenden bezwaren werden overwonnen en door dit alles verkreeg de gasontladingslamp een nieuwe en aparte plaats in het arsenaal van den verlichtingsdeskundige. Nieuwe mogelijkheden ontstonden en tot nog toe onbereikbare wenschen werden vervuld. De gloeilampen, die een zoo grooten vooruitgang gebracht hadden, vonden hun gelukkige aanvulling in de gasontladingslampen. Hier wordt uitdrukkelijk het woord „aanvulling“ gebruikt, omdat het woord „vervanging“ de groote plaats, die de gloeilampen ook heden op het verlichtingsgebied innemen, zou miskennen. Vele eigenschappen, die de gloeilamp haar buitengewoon succes hebben gebracht, zijn niet of niet beter aanwezig bij de gasontladingslampen, maar anderzijds bezitten de gasontladingslampen eigenschappen, die hen voor bepaalde toepassingen verre superieur aan de gloeilampen maken.

Aan velen zijn de lichttechnische eigenschappen der gasontladingslampen slechts zeer vaag bekend. Zeer velen staan min of meer hulpeloos tegenover de electriche problemen, die het gebruik van gasontladingslampen stelt. Slechts enkelen hebben meer dan een vaag begrip van de principes, waarop de moderne gasontladingslampen berusten.

De bedoeling van dit boek is, aan de hand van de door Philips in den handel gebrachte gasontladingslampen een overzicht te geven van de bestaande typen, hun mogelijkheden, hun voor- en nadeelen, hun eigenschappen en hun principes.

Hoewel er reeds eenige boeken over gasontladingslampen bestaan, zijn de meeste zoo geschreven, dat ze alleen toegankelijk zijn voor lezers met een wetenschappelijke opleiding (ingenieurs, academische physici e.d.). Wij gelooven daarom, dat er plaats is voor een boek, waarin getracht is aan de hand van handelslampen een overzicht te geven van de voor de practijk belangrijke eigenschappen, terwijl ook de principieele punten, zij het op eenvoudige wijze, voor zoover noodig, zijn behandeld.

Op enkele uitzonderingen na, zijn de besproken typen voor continentaal Europa gestandaardiseerd, zoodat een bespreking van de door Philips geleverde typen (die onder den naam „Philora“ lampen in den handel worden gebracht) tevens in hoofdzaak de door andere firma's gevoerde lampen omvat.

De lampentypen, welke voor algemeene verlichting in den meest uitgebreiden zin van het woord gebruikt worden, zijn uitvoerig behandeld, terwijl reclamebuizen en lampen voor zeer beperkte toepassingsgebieden betrekkelijk kort worden besproken. Ook aan de ultravioletlampen wordt een bespreking gewijd.

Niet besproken worden gasontladingslampen, waarbij de lichtuitstraling niet ten gevolge van processen in de positieve zuil plaats vindt (glimlampen, signaallampen, spanningzoekers, daar deze eenerzijds in verschillende boeken uitvoerig behandeld zijn en anderzijds in de verlichtingstechniek geen groote toepassing gevonden hebben.

Slechts in uitzonderingsgevallen wordt een meer dan elementair begrip van wis- en natuurkunde verondersteld, zoodat dit boek ook gelezen kan worden door hen, die hetzij de vooropleiding, dan wel den tijd missen om de zuiver wetenschappelijke publicaties te bestudeeren, maar door hun werkzaamheden zijdelings of rechtstreeks met gasontladingslampen te maken hebben.

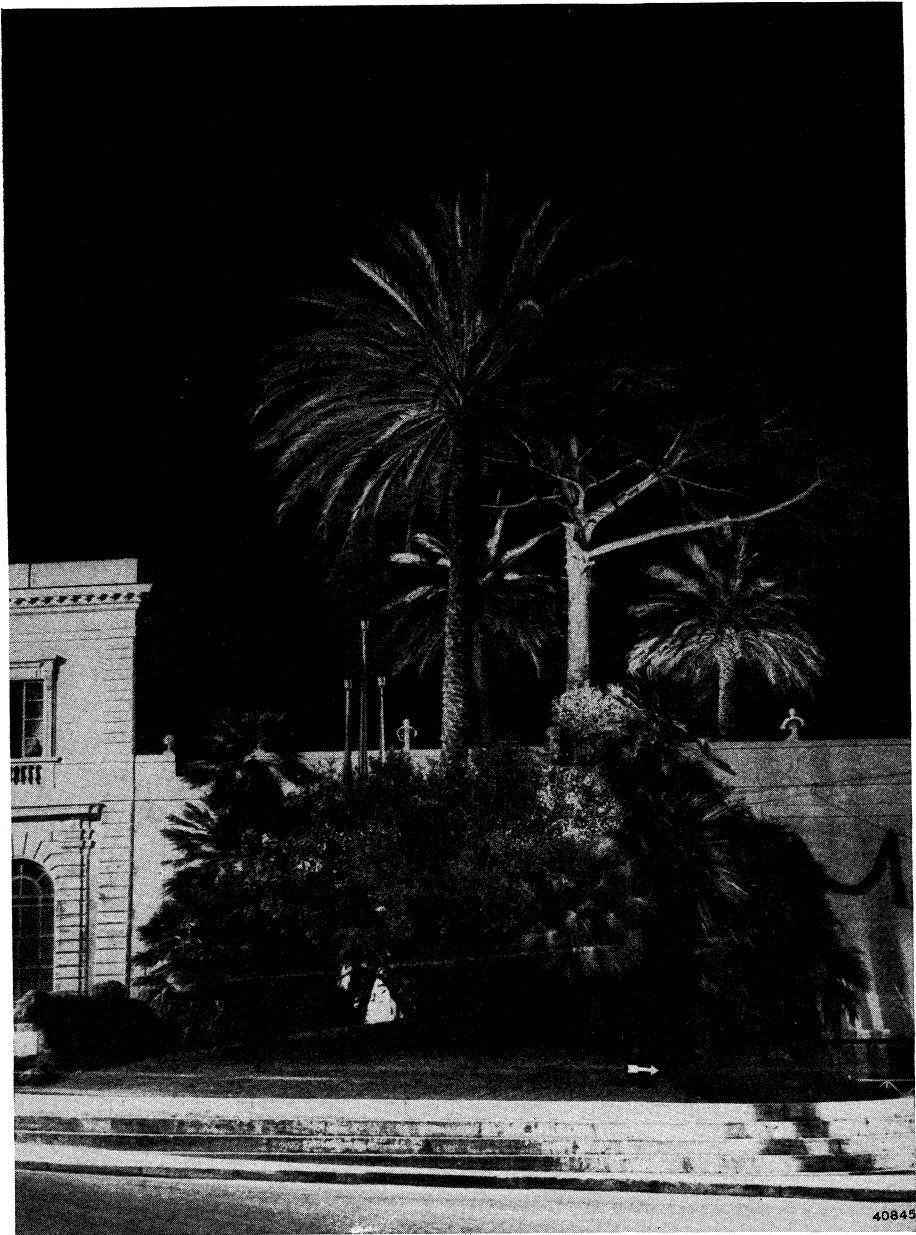
In het aanhangsel is een korte beschrijving gewijd aan de begrippen en eenheden der lichttechniek. Tevens is in het aanhangsel een lijst van publicaties op het gebied van gasontladingslampen door Philips medewerkers opgenomen, ten behoeve van hen, die van bepaalde onderdeelen een diepere studie wenschen te maken.

De stand van de techniek is tot herfst 1941 bijgewerkt.

Ten slotte is het mij een genoegen op deze plaats allen, die op eenigerlei wijze aan de totstandkoming van dit boek hebben medegewerkt, mijn hartelijken dank te brengen. In het bijzonder dank ik de heeren Dr. W. Elenbaas, Drs. J. Funke en Drs. A. A. Padmos voor vele waardevolle critische opmerkingen.

EINDHOVEN, Januari 1942.





Verlichting van een groep boomen door kwiklampen te Rome.

40845

INHOUD

INLEIDING

DEEL I

HOOFDSTUK I

GASONTLADINGSLAMPEN.

	Blz.
§ 1 Grondbegrippen	13
§ 2 Het periodiek systeem	14
§ 3 Elementaire processen	16
§ 4 Stralingsemisatie	20
§ 5 De gasontlading	22
§ 6 Ontsteekspanning	25

HOOFDSTUK II

VOORSCHAKELAPPARATEN.

§ 7 Stabiliseering der ontlading	31
§ 8 Stabiliseering der ontlading bij gelijkstroom	31
§ 9 Stabiliseering der ontlading bij wisselstroom	34
§ 10 Smoorspoelen	35
§ 11 Transformatoren	38
§ 12 Condensatoren	40

HOOFDSTUK III

HET VERBAND TUSSCHEN GASONTLADINGSLAMPEN EN HUN APPARATUUR.

§ 13 De brandspanning	45
§ 14 Wisselstroomschakeling met zelfinductie	46
§ 15 Keuze van de brandspanning	48
§ 16 Apparatuureischen in verband met lampeigenschappen	52
§ 17 Gemeenschappelijke voorschakelapparatuur	56

DEEL II

§ 18 Inleiding	61
--------------------------	----

HOOFDSTUK I

NATRIUMLAMPEN.

§ 19 Overzicht	63
§ 20 Het vacuumglas	64
§ 21 Het glas van de ontladingsbuis	66
§ 22 De ontsteekspanning	66
§ 23 De opwarmperiode	68
§ 24 Invloed van netspanningsvariaties	71
§ 25 Principieel verschil tusschen natrium- en kwiklampen	72
§ 26 Afmetingen van natriumlampen. Brandstand	75
§ 27 Keuze van het werkpunt	76

	Blz
§ 28 Het zichtbare spectrum	77
§ 29 Natriumlampen zijn monochromatische lichtbronnen . .	78
§ 30 Natriumlampen hebben een lage helderheid	86
§ 31 Het voorschakelapparaat	86
§ 32 De opwarmtijd	87
§ 33 De groote specifieke lichtstroom	87
§ 34 Toepassingen	89
§ 35 Stroboscopisch effect	95
§ 36 De arbeidsfactor	97
§ 37 Radiostoring	98
§ 38 De levensduur	98
§ 39 Serieschakeling van natriumlampen	99
§ 40 De polarimeterlamp	100

HOOFDSTUK II

HOOGEDRUK EN SUPERHOOGEDRUK KWIKLAMPEN MET NATUURLIJKE KOELING.

§ 41 Indeeeling der kwiklampen in hoofdgroepen	103
§ 42 Overzicht	104
§ 43 Het glas van de ontladingsbuis	106
§ 44 De buitenballon	107
§ 45 De ontsteekspanning	109
§ 46 De opwarmperiode	110
§ 47 Invloed van netspanningsvariaties	114
§ 48 De brandstand	115
§ 49 Het zichtbare spectrum der hoogedruk en superhooge druk kwiklampen	116
§ 50 Kleurverbetering	118
§ 51 Wijziging van het spectrum door toevoeging van andere ontladingsdragers	119
§ 52 Bijmenging van gloeilampenlicht. — Menglicht	119
§ 53 De menglichtlamp (Type ML)	121
§ 54 Het onzichtbare spectrum der hoogedruk en super- hoogedruk kwiklampen	129
§ 55 Kleurverbetering door omzetting van de UV straling in licht — HPL lampen	131
§ 56 Gezichtsscherpte, contrastvorming, waarnemingssnel- heid bij kwiklampen	135
§ 57 De helderheid	136
§ 58 Armaturen — Lichtsterkteverdeling	139
§ 59 Het voorschakelapparaat, aanloopstroom, compensatie .	143
§ 60 De opwarmtijd	145
§ 61 Toepassingen	146
§ 62 Stroboscopisch effect	147
§ 63 Radiostoring	148
§ 64 De levensduur	149
§ 65 De HP 1000 W lamp voor terreinverlichting	149
§ 66 De HOS 2000 W lamp voor lichtdrukdoeleinden	152
§ 67 De „Biosol“ lampen	155
§ 68 De HPW lampen	162

HOOFDSTUK III

SUPERHOOGEDRUK KWIKLAMPEN MET WATERKOELING.

	Blz.
§ 69 Overzicht, nomenclatuur	167
§ 70 De invloed van den zeer hoogen druk	168
§ 71 Het zichtbare spectrum der SP lampen	170
§ 72 Het onzichtbare spectrum der SP lampen	172
§ 73 Verband tusschen lamp en voorschakelapparaat — Keuze van de brandspanning	174
§ 74 Ontsteekspanning, voorschakelapparaat	181
§ 75 De opwarmperiode	182
§ 76 Invloed van netspanningsvariaties	183
§ 77 De helderheid	184
§ 78 Uitvoeringsvormen, lichtsterkteverdeling	186
§ 79 Waterkoeling	188
§ 80 De levensduur	190
§ 81 Toepassingen	191

HOOFDSTUK IV

BUISVORMIGE LAGEDRUK KWIKLAMPEN MET FLUORESCEERENDEN WAND.

§ 82 Het principe der fluorescentiebuislampen	197
§ 83 De kwiklamp als producent van ultraviolette straling .	197
§ 84 Fluorescentiestoffen	198
§ 85 Kleuren en kleurweergave	202
§ 86 TL 100 lampen	209
§ 87 Het voorschakelapparaat	217
§ 88 Invloed van de temperatuur	220
§ 89 De opwarmperiode - Invloed van netspanningsvariaties	221
§ 90 Radiostoring	221
§ 91 De levensduur	222
§ 92 Toepassingen	223

HOOFDSTUK V

GASONTLADINGSGLAMPEN VOOR RECLAME- EN MARKEERINGS-DOELEINDEN.

§ 93 Neonlampen voor vliegveldbebakening	227
§ 94 Neon reclamebuizen	231

HOOFDSTUK VI

DE STROBOSCOOPLAMP.

§ 95 De stroboscooplamp	237
§ 96 Toepassingen	240

AANHANGSEL

1. Lijst van gebruikte symbolen en indices	245
2. Overzichtsbladen	246
3. Begrippen en eenheden der lichttechniek	265
4. Overzicht van publicaties door Philips medewerkers op gasontladingsgebied	267

ALFABETISCH REGISTER.

283

INLEIDING

Een gasontladingslamp is fundamenteel verschillend van een gloeilamp en men zou zelfs kunnen zeggen, dat de eenige punten van overeenkomst zijn, dat het beide lichtbronnen zijn en dat de lichtuitstraling bij beide door electriciteit wordt opgewekt.

Verder is dan echter ook vrijwel alles verschillend. De gloeilamp is principieel niets anders dan een gloeiend lichaam, waarvan de straling over een zeer groot golflengtegebied continu is verdeeld; de gasontladingslamp produceert licht op geheel andere wijze. De gloeilamp kan zonder meer aan de netspanning worden aangesloten; de gasontladingslamp heeft een stroombeperker noodig. De electricische eigenschappen van een gloeilamp worden vrijwel uitsluitend door den aard van het gloeiende lichaam (wolfram) bepaald; die van een gasontladingslamp mede door de gebruikte voorschakelapparatuur.

Al deze verschillen dragen ertoe bij, dat de gasontladingslampen voor velen onbegrepen lichtbronnen zijn. Dit boek heeft tot doel een principieele uiteenzetting te geven van de eigenschappen van deze interessante lampen, waarbij meer naar een duidelijk beeld dan naar volledigheid is gestreefd. De grondslagen van de theorie dezer lampen brengen ons in aanraking met zeer moeilijke physische problemen. Getracht is deze zoo eenvoudig mogelijk voor te stellen en moeilijke wiskundige afleidingen te vermijden.

In de tweede plaats is het doel van dit boek een beknopt overzicht te geven van de voor de practijk belangrijke eigenschappen van in den handel zijnde gasontladingslampen, zoodat de mogelijkheden en tegelijkertijd de grenzen der toepasbaarheid van deze lichtbronnen duidelijk naar voren komen.

Hoewel zooveel mogelijk getracht is aan de hand van de behandelde lampentypen de met gasontladingslampen samenhangende problemen te bespreken (deel II), was het noodig vooraf (in deel I) enkele algemeene punten, die voor een goed begrip onmisbaar zijn, te bespreken, waarin we ons echter tot het uiterste beperken. De uitwerking en toepassing van de in deel I behandelde punten vindt men dus in deel II.

DEEL I

HOOFDSTUK I

GASONTLADINGSGLAMPEN

§ 1. GRONDBEGRIPPEN.

Onder gasontlading verstaan wij de elektrische stroomdoorgang door een gas. De eerste vraag, die wij ons te stellen hebben is dus: „Onder welke omstandigheden is stroomdoorgang door een gas mogelijk?“ Een gas geleidt nl. meestal den stroom niet; slechts indien het gas bepaalde bijzondere eigenschappen heeft, kan het den stroom geleiden. In het algemeen kan worden gezegd, dat een transport van elektrische lading plaats moet hebben, m.a.w. er moeten zich geladen deeltjes in het gas bevinden.

In een metalen geleider wordt de stroom gedragen door electronen; het ligt dus voor de hand ook hier de electronen verantwoordelijk te stellen voor het ladingstransport. In eerste instantie is dit ook juist, maar toch ligt de zaak hier geheel anders dan bij de metalen. Een metaal is immers altijd geleidend, terwijl een gas meestal een isolator is. De verklaring ligt in de aanname, dat een metaal vrije electronen bevat, d.w.z. electronen, die zich vrij door het metaal kunnen bewegen, terwijl dergelijke vrije electronen in een gas bijna niet voorkomen. In het gas moeten deze electronen eerst geproduceerd worden en wel door afsplitsing uit het atoomverband.

Het mag als bekend worden verondersteld, dat de materie opgebouwd is uit moleculen, die op hun beurt weer samenstellingen kunnen zijn van atomen van één of meer elementen. Deze atomen zijn zelf ongeladen, maar zijn volgens de atoomphysica, behalve uit ongeladen ook uit elektrisch geladen deeltjes opgebouwd, nl.

neutronen	—	ongeladen,
electronen	—	negatief geladen,
protonen	—	positief geladen.

De neutronen en protonen vormen samen een positieve kern, waaromheen de electronen zich in banen bewegen, als in een zeer verkleind zonnestelsel.

De electronen en protonen hebben een even groote, maar tegengestelde lading, die we elementairlading ($= 1,6 \times 10^{-19}$ Coulomb) noemen. De massa's van proton en neutron zijn ongeveer even groot, terwijl de massa van een electron 1835 maal zoo klein is.

Zou zich een electron van een atoom afsplitsen, dan zouden hieruit dus twee geladen deeltjes ontstaan: een electron en een positief geladen atoomrest, ion genaamd (ionisatie).

Door de verschillende processen in de gasontlading, die we nader zullen bespreken, treedt een dergelijke splitsing nu inderdaad op; we moeten het ladingstransport of de geleidbaarheid van een gas dan ook toeschrijven aan de aanwezigheid van electronen en ionen.

Zijn deze geladen deeltjes eenmaal aanwezig, dan zullen zij zich onder invloed van een aangelegd potentiaalverschil gaan bewegen: de electronen naar de positieve pool of anode, de positieve ionen naar de negatieve electrode of kathode. Bij deze bewegingen zullen ze met ongeladen en geladen deeltjes botsen; we zullen bij de bespreking van de z.g. elementaire processen nagaan welke de gevolgen hiervan zijn. Vooraf is het echter noodig ons een oogenblik bezig te houden met de indeeling der chemische elementen in het z.g. periodiek systeem.

§ 2. HET PERIODIEK SYSTEEM.

Reeds in 1869 heeft Mendeleeff de elementen in een systeem ondergebracht. Hierbij rangschikte hij de verschillende elementen in horizontale rijen (perioden) en verticale kolommen (groepen) zoodanig, dat elementen met gelijksoortige eigenschappen onder elkaar (in één groep) terecht kwamen. Het merkwaardige was, dat het mogelijk was, de elementen bij deze groepeerling met slechts enkele uitzonderingen in volgorde van het atoomgewicht te rangschikken. Het was een van de grootste successen van dit systeem, dat het duidelijk de nog aanwezige open plaatsen liet zien en tot het voorspellen van de eigenschappen van op dat oogenblik nog niet bekende elementen leidde, welke later in groote lijnen bevestigd werden gevonden. Enkele voorloopig onverklaarbare onregelmatigheden bleven echter bestaan, totdat de ontdekking der isotopen eenerzijds*) en de rangschikking volgens de kernlading in het z.g. natuurlijke systeem der elemen-

*) Isotopen zijn chemisch identieke elementen met van elkaar verschillend atoomgewicht.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	
1							1H 1,008	2He 4,00	
2	3Li 6,94	4Be 9,02	5B 10,82	6C 12,01	7N 14,008	8O 16,00	9F 19,00	10Ne 20,18	
3	11Na 23,00	12Mg 24,32	13Al 26,97	14Si 28,06	15P 30,98	16S 32,06	17Cl 35,46	18Ar 39,94	
4	19K 39,10 29Cu 63,57	20Ca 40,08 30Zn 65,38	21Sc 45,10 31Ga 69,72	22Ti 47,90 32Ge 72,60	23V 51,0 33As 74,91	24Cr 52,01 34Se 78,96	25Mn 54,93 35Br 79,92	26Fe 55,84 36Kr 83,7	27Co 58,94 28Ni 58,69
5	37Rb 85,5 47Ag 107,88	38Sr 87,6 48Cd 112,4	39Y 88,92 49In 114,8	40Zr 91,2 50Sn 118,7	41Nb 92,91 51Sb 121,8	42Mo 96,0 52Te 127,6	43* 53J 126,92	44Ru 101,7 54X 131,3	45Rh 102,9 46Pd 106,7
6	55Cs 132,9 79Au 197,2	56Ba 137,4 80Hg 200,6	+ 81Tl 204,4	72Hf 178,6 82Pb 207,2	73Ta 180,9 83Bi 209,0	74W 183,9 84Po 210,0	75Re 186,3 85*	76Os 190,2 86Em 222	77Ir 193,1 78Pt 195,2
7	87* —	88Ra 226,0	89Ac 227	90Th 232,1	91Pa 231	92U 238,07			

57La 138,9	58Ce 140,1	59Pr 140,9	60Nd 144,3	61* —	62Sm 150,4	63Eu 152,0	64Gd 156,9
65Tb 159,2	66Dy 162,5	67Ho 164,9	68Er 167,2	69Tm 169,4	70Yb 173,0	71Lu 175,0	

40775

FIG. 1

Het natuurlijke systeem der elementen. De getallen voor de atoomsymbolen zijn de atoomnummers; de getallen eronder geven het atoomgewicht aan (0 = 16). Voor de met een * aangegeven plaatsen zijn tot nog toe geen elementen gevonden.

ten (zie fig. 1) anderzijds, deze afwijkingen begrijpelijk maakten.

Zoals in de figuur is te zien, beginnen alle perioden met elementen, die onderling een groote overeenkomst vertoonen (de lichte alkalimetalen). Op de tweede plaats van iedere periode volgen de (tweewaardige) aardalkalimetalen. Een andere zeer bekende groep van elementen, die zeer veel overeenkomst met elkaar vertoonen (op de zevende plaats), wordt gevormd door de halogenen. Aan het einde van iedere periode bevinden zich de inactieve, inerte edelgassen.

Het blijkt, dat, beginnend bij waterstof (H), na resp. 2, 8, 8, 18, 18 en 32 atoomnummers gelijksoortige eigenschappen terugkeeren. Dit atoomnummer is nu even groot als het aantal electronen in het atoom (1913 door den Nederlander van de Broek voor het eerst uitgesproken hypothese). Daar het atoom electrisch neutraal is, is ook de kernlading (uitgedrukt in elementairladingen) gelijk aan het atoomnummer, of ook: het atoomnummer geeft het aantal protonen in de kern aan.

Volgens het bovenstaande heeft een waterstofatoom een kern, die één proton bevat en bezit het derhalve ook slechts één electron, dat een baan om deze kern beschrijft. Dit electron is verantwoordelijk voor de waardigheid van het element. Het volgende

element is helium (atoomnummer 2). Dit behoort tot de groep der inerte gassen; het is chemisch inactief of „nulwaardig“. Blijkbaar zijn beide electronen zoo sterk gebonden, dat ze geen chemische binding meer teweeg kunnen brengen.

Het volgende element (lithium) is weer éénwaardig. Er zijn drie electronen, waarvan er een (valentie-electron) blijkbaar lossier gebonden is dan de andere. Men stelt zich nu voor, dat de twee (heliumachtige) electronen zich in een soort „schil“ bevinden, terwijl het derde electron (valentie-electron) zich op een meer naar buiten gelegen schil bevindt. Elke schil blijkt nl. slechts een bepaald aantal electronen te kunnen bevatten. De eerste schil is nu reeds met twee electronen „verzadigd“. De nieuwe schil, waarin het valentie-electron van lithium zich bevindt, vindt haar afsluiting indien zij bezet is door acht electronen (neon). Het volgende element (natrium) heeft overeenkomstige eigenschappen als lithium en heeft dus weer één lossier gebonden (valentie-) electron op een derde schil. Ook deze schil wordt weer verzadigd met acht electronen (argon). De volgende schillen zijn verzadigd met 18 (krypton), 18 (xenon) en 32 (emanatie) electronen.

De baanmiddellijn van het buitenste electron is van de orde van grootte van 10^{-8} cm. De botsingen, die plaats vinden in de gasontlading, beïnvloeden slechts de beweging van de electronen van de buitenste schil en hoofdzakelijk het meest los gebonden electron.

De veranderingen, die door deze botsingen kunnen optreden, vormen den grondslag voor de verschijnselen in de gasontlading.

§ 3. ELEMENTAIRE PROCESSEN.

Wisselwerking tusschen atomen, ionen en electronen.

Wij denken ons een buis, gevuld met verdund gas, voorzien van twee electroden, aangesloten aan een gelijkspanning (fig. 2). Zooals wij zagen, is het voor het ontstaan van een gasontlading noodig, dat er electricch geladen deeltjes (electronen en/of ionen) in de buis aanwezig zijn. Het gas zal in normale gevallen niet geïoniseerd zijn, maar wel zullen zich in het algemeen enkele vrije electronen tusschen de atomen van het gas bevinden, die door foto-electrische werking of kosmische straling zijn ontstaan. Mochten deze niet of in niet voldoende mate aanwezig zijn, dan kan de gasontlading ook niet ingeleid worden. Men moet dan wachten tot door bovengenoemde oorzaken voldoende vrije elec-

tronen gevormd zijn (ontsteekvertraging). Het is mogelijk deze vertraging op te heffen door de buis te verlichten, waardoor (foto-electrisch) vrije electronen worden gevormd. Men kan dus onder bepaalde zeldzame omstandigheden een gasontladingslamp met een lucifer aansteken.

Wij nemen echter aan, dat (zooals dit onder alle practische omstandigheden het geval is) er enkele vrije electronen aanwezig zijn. Deze zullen zich nu onder invloed van de aangelegde spanning gaan bewegen. Zij verplaatsen zich in de richting van de positieve pool (anode) en zullen daarbij met de neutrale atomen van het gas kunnen botsen, waarbij hun richting veranderen of zelfs omkeeren kan. Gemiddeld blijven ze zich echter in de richting van de anode verplaatsen. Wij kunnen ons, afhankelijk van de botsingssnelheid, drie gevallen denken:

1. De snelheid is klein, de stoot zwak. Het gevolg is, dat het botsende electron van zijn baan wordt afgebogen, terwijl het gemiddeld een klein gedeelte ($2 \frac{m}{M}$, waarin m — massa electron, M — massa atoom) van zijn kinetische energie aan het atoom

meedeelt. Hierdoor wordt de kinetische energie van de gasatomen (of moleculen), dus de temperatuur van het gas, verhoogd. Men noemt dit *elastische botsing*.

2. De snelheid, waarmee het electron met het atoom botst, is zoo groot, dat hierdoor een atomelectron op een meer naar buiten gelegen baan terecht komt. Men noemt dit *anslag*

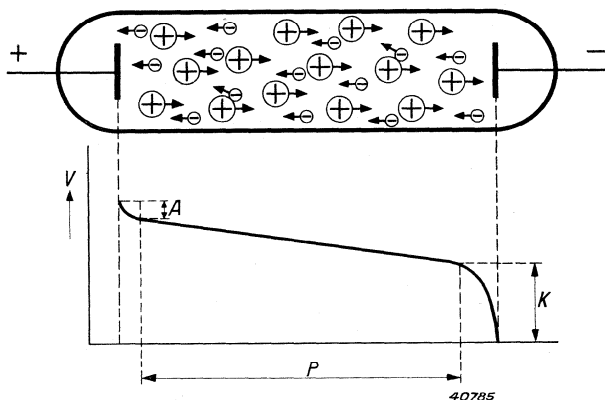


FIG. 2

Aan gelijkspanning aangesloten ontladingsbuis. De electronen (—) bewegen zich hoofdzakelijk naar de anode, de ionen (+) naar de kathode. De spanning per lengte-eenheid is slechts in het gebied van de positieve zuil (P) constant. De veldsterkte is in het gebied van den kathodeval (K) steeds, en in dat van den anodeval (A) meestal grooter dan in het gebied van de positieve zuil.

van het atoom. Hierdoor wordt de totale inwendige energie van het atoom groter, het atoom komt op een hoger energie niveau. Deze hoogere energietoestand blijft echter niet gehandhaafd en het electron valt na korten tijd (10^{-7} à 10^{-8} sec) weer in den oorspronkelijken toestand terug, onder afgifte van de tevoren opgenomen energie. Deze energie komt nu in het algemeen in den vorm van straling (licht) vrij. We gaan hierop later (§ 4) nog uitvoeriger in.

3. De snelheid, waarmee het electron met het atoom botst, is zoo groot, dat een electron van dit atoom geheel uit het atoomverband wordt gerukt. Er blijft dan een positief geladen atoomrest achter: een ion (ionisatie). Een dergelijk ion zal zich nu ook onder invloed van de aangelegde spanning gaan bewegen en wel gemiddeld in de richting tegengesteld aan die der electronen. Op zijn beurt zal het dan met atomen, electronen en ionen in botsing komen. Om ionisatie of aanslag tot gevolg te kunnen hebben, moeten de botsende ionen weer een voldoende groote kinetische energie hebben. In technische ontladingslampen bereiken de ionen in het algemeen deze minimum energie niet. Het ion kan zich weer met een electron vereenigen tot een neutraal atoom. Men noemt dit recombinitie. Hierbij komt de energie weer in den vorm van straling of warmte (recombinatie aan den wand) vrij.

Het bij de ionisatie vrij gemaakte electron gedraagt zich geheel als een oorspronkelijk vrij electron en kan dus, afhankelijk van zijn snelheid, atomen aanslaan of ioniseeren.

De voor aanslag en ionisatie benodigde electronen snelheid zou men uit kunnen drukken in cm/sec. Het is echter gebruikelijk de kinetische energie van het electron aan te geven in electronvolt; men verstaat dan onder een electronvolt de energie, die een electron heeft verkregen door het vrij (d.w.z. zonder botsingen) doorloopen van een potentiaalverschil van 1 V. Een dergelijk electron heeft een lineaire snelheid van 595 km/sec en een energie van $1,60 \times 10^{-12}$ erg *).

Het is gewoonte de energieën, die bij de gasontladingsver-

* De invloed, die een electron van de zwaartekracht ondervindt is, hierbij vergeleken, verwaarloosbaar klein. (Als een electron 1 m vrij valt, krijgt het een energievermeerdering van 10^{-27} erg).

schijnselen van belang zijn, ook wanneer het ongeladen deeltjes betreft, in electronvolt uit te drukken. De energieën, noodig voor aanslag en ionisatie, worden dus ook in electronvolt aangegeven en men noemt, nader preciseerend, de energie, noodig om een atoom tot zijn eerstvolgend hoger energieniveau aan te slaan: de eerste aanslagspanning. Evenzoo wordt onder de ionisatiespanning verstaan: de minimum energie, die een electron moet hebben om bij botsing een atoom te ioniseeren. De volgende tabel geeft de waarden van eerste aanslagspanning (V_a) en ionisatiespanning (V_i) voor eenige elementen.

atoom	V_a	V_i
H	10,15 V	13,5 V
He	19,3	24,5
Ne	16,6	21,5
Na	2,10	5,1
Ar	11,6	15,7
Hg	4,7	10,4

Ook door anderen energietoever dan botsing kan een atoom aangeslagen worden, bijv. door absorptie van straling. De straling, die een atoom emitteert, kan door een gelijksoortig atoom worden geabsorbeerd onder voorwaarde, dat het absorbeerende atoom in denzelfden energietoestand verkeert, waarin het emitteerende atoom door deze emissie terecht komt. Een speciaal geval hiervan is de z.g. zelfabsorptie van de resonantielijnen^{*)}, die bijv. bij natriumlampen een belangrijke rol speelt.

In bepaalde gevallen kan de absorptie van de straling zelfs ionisatie ten gevolge hebben. Men spreekt dan van fotoionisatie.

Zoals we gezien hebben, kan de teruggang van een electron van een aangeslagen atoom naar een lager energieniveau gepaard gaan met emissie van straling. Niet altijd behoeft echter een aangeslagen atoom zijn energie-overschot in den vorm van straling af te geven. Indien het nl. botst met een ander deeltje (normaal

*) Men noemt de stralingsemissie, die het gevolg is van het terugkeeren van een atoom naar den oorspronkelijken toestand (grondniveau) resonantiestraling. De straling wordt dan in de golflengte van een resonantielijnen uitgezonden.

atoom of electron) vóór het zelf weer normaal geworden is, kan de aanslagenergie omgezet worden in kinetische energie van de botsende deeltjes. Of ook het normale atoom wordt bij de botsing aangeslagen of zelfs geïoniseerd.

Dergelijke botsingen, waarbij dus de inwendige energie van een deeltje omgezet wordt in inwendige energie van een ander deeltje of in kinetische energie, noemt men botsingen van de tweede soort, in tegenstelling met botsingen van de eerste soort, waarbij kinetische energie in inwendige energie wordt omgezet.

Indien de aanslagenergie van een atoom gebruikt wordt om een ander atoom aan te slaan, leidt dit dus schijnbaar tot langere levensduren van de aangeslagen atomen.

Overdracht van aanslagenergie van een atoom van het eene gas in ionisatieënergie van het andere komt ook voor bijv. bij een mengsel van neon en argon. Neon vormt nl. zogenaamde metastabiele aanslagtoestanden, d.w.z. de levensduur van den aangeslagen toestand, die gewoonlijk 10^{-7} à 10^{-8} sec bedraagt, is hier veel langer, bijv. 10^{-3} sec of nog langer. De kans dat zoo'n metastabiel atoom, voor het weer normaal wordt, met een ander atoom botst, is natuurlijk zeer groot. De aanslagenergie van het metastabiele Ne-atoom bedraagt 16,6 V en kan dus Ar gemakkelijk ioniseeren ($V_i = 15,7$ V).

Ook moleculen kunnen met electronen botsen. Daar deze echter, behalve voor veranderingen in de electronenconfiguratie, ook nog energie op kunnen nemen voor oscillaties van de kernen der atomen, waaruit het molecuul bestaat, ten opzichte van elkaar en deze bovendien nog met verschillende rotatie-energie kunnen roteeren, is een molecuulspectrum zeer ingewikkeld. In de hierna besproken gasontladingslampen zijn de gassen en dampen als atomen en niet als moleculen aanwezig, zoodat wij de bespreking der molecuulspectra achterwege kunnen laten.

§ 4. STRALINGSEMISSIE.

Wij willen nu nog iets verder ingaan op de stralingsemissie bij den overgang van een hooger en energietoestand naar een lageren.

Het feit, dat een zeer bepaalde minimum energie (eerste aanslagspanning) noodig is om een atoom aan te slaan, d.w.z. een atomelectron op een meer naar buiten gelegen baan te brengen, bewijst dat een tusschentoestand niet mogelijk is. Het electron

bevindt zich op de eene baan of op de andere, niet ergens er tusschen in. Dit wil dus zeggen, dat inwendige energie slechts in bepaalde porties aan een atoom toegevoerd kan worden.

Dit discontinue karakter van de energie-overdracht blijkt niet alleen bij atomen op te treden, maar ook bij straling. Het verschijnsel werd het eerst bij de warmtestraling ontdekt door *Planck* (1900), die voor de discontinue hoeveelheden stralingsenergie den naam *lichtquanten* invoerde. De grootte van de lichtquanten blijkt recht evenredig te zijn met de frequentie van de straling. De evenredigheidsfactor h is een natuurconstante met de waarde $h = 6,61 \times 10^{-27}$ erg sec.

De grootte van een lichtquant is dus:

$$E = h\nu \text{ erg,}$$

waarbij de frequentie ν van de straling in sec^{-1} moet worden ingevuld.

Deze sprongsgewijze energie-overdracht komt zeer duidelijk naar voren bij de bovengenoemde foto-ionisatie. De snelheid van de afgesplitste electronen, d.w.z. hun kinetische energie, is voor een bepaalde atoomsoort onafhankelijk van de intensiteit van de straling en hangt alleen af van de frequentie van de opvallende straling. Bovendien bestaat er een grensgolflengte waarboven (of een grensfrequentie waaronder) geen ionisatie meer optreedt.

Wij moeten dus rekening houden met het feit, dat bij iedere wisselwerking tusschen stof en straling steeds een bepaalde portie energie ($h\nu$) in energie van de materie of van de straling wordt omgezet (*Planck*, *Bohr*, *Einstein*).

Gaat dus een aangeslagen atoom van een energietoestand E_2 over naar een energieniveau E_1 , dan komt hierbij straling vrij, waarvan de frequentie bepaald wordt door de betrekking (van *Bohr*):

$$E_2 - E_1 = h\nu.$$

Tusschen golflengte (λ) en frequentie (ν) bestaat het verband:

$$\nu\lambda = c,$$

waarin c = de lichtsnelheid ($= 3 \times 10^{10}$ cm/sec).

Dus:

$$(E_2 - E_1) \lambda = hc.$$

Nu is:

$$\begin{aligned}h &= 6,61 \times 10^{-27} \text{ erg sec,} \\c &= 3 \times 10^{10} \text{ cm/sec,} \\e \text{ (lading electron)} &= 4,80 \times 10^{-10} \text{ ESE,}\end{aligned}$$

$$1 \text{ V} = \frac{1}{300} \text{ ESE.}$$

Het product van geëmitteerde golflengte (in Ångström; 1 Å = 10^{-8} cm) en aanslagspanning (in V) is dus:

$$\lambda V = h c,$$

$$\lambda V = \frac{6,61 \times 10^{-27} \times 3 \times 10^{10}}{4,80 \times 10^{-10} \times \frac{1}{300} \times 10^{-8}} = 12\,400.$$

Uit deze betrekking kunnen we dus bijv. direct uitrekenen in welke golflengte een natriumontlading straling zal emitteren ten gevolge van den overgang van het eerste energieniveau naar den normalen toestand (grondniveau). Uit de tabel op blz. 19 lezen we af: $V_{\alpha} = 2,10$ V. De golflengte der resonantiestraling bedraagt dus:

$$\lambda = \frac{12\,400}{2,10} = 5900 \text{ Å,}$$

in goede overeenstemming met de werkelijke waarde van de natrium-resonantielijnen (5890 en 5896 Å).

Zoo is het dus te verklaren, dat gasontladingslampen principieel lijnstralers zijn, d.w.z. dat zij straling uitzenden van discrete golflengten, in tegenstelling met continu-stralers (bijv. gloeilampen). Iedere overgang van een energieniveau naar een ander (lager) niveau correspondeert met een bepaalde golflengte; deze kan in het zichtbare gebied liggen, maar ook in het ultraviolette, resp. infrarode spectrum, waarvan de golflengten kleiner, resp. grooter zijn dan die van het zichtbare gebied.

Wij komen bij de bespreking van verschillende lampensoorten nog uitvoeriger op deze punten terug.

§ 5. DE GASONTLADING.

Overzien we nu wat er gebeurt, indien we aan de reeds vroeger genoemde gasontladingsbuis (fig. 2) een gelijkspanning aanleggen. Volgens § 3 hebben we te maken met de volgende processen:

1. Er worden ionen gevormd, die zich naar de kathode begeven en meehelpen aan het ladingtransport. Tegelijkertijd worden bij de ionisatie electronen vrij gemaakt, die zich naar de anode begeven.
2. Er worden atomen aangeslagen en de buis gaat, doordat de aangeslagen atomen naar een lager niveau terugkeeren, licht uitstralen.
3. Door elastische botsingen (en recombinitie) wordt het gas warmer.

Voor het tot stand komen van de bovengenoemde processen is een minimum waarde van de aangelegde spanning: de ontstekspanning noodzakelijk (zie § 6). Onder invloed van de aangelegde spanning bewegen de electronen en de ionen zich door de buis, echter niet met dezelfde snelheid.

Ten gevolge van hun kleinere massa bewegen de electronen zich veel (bijv. 100 maal) sneller naar de anode dan de ionen naar de kathode (de massa van een electron is $0,9 \times 10^{-27}g$, die van een atoom (ion) is ca. 3×10^3 à 5×10^5 maal zoo groot).

Indien de kathode geen of niet voldoende electronen nalevert, komt er dus een tekort aan electronen aan de kathodezijde of, wat hetzelfde is, een overschot van positieve ionen, zoodat een z.g. positieve ruimtelading ontstaat. Hierdoor komt er een grooter spanningsverval aan de kathode, waardoor de electronen hier grootere snelheden krijgen en het ioniseeren gemakkelijker gaat. Er ontstaan dus steeds meer ionen, die, zoodra zij de kathode treffen (ionenbombardement) hieruit electronen losslaan. De kathode kan ten gevolge hiervan warm worden. Door de vorming van ionen groeit de positieve ruimtelading aan tot zij groot genoeg geworden is om in voldoende mate voor de nalevering van electronen uit de kathode te kunnen zorgen. De ontlading is nu onafhankelijk geworden van de primair aanwezige vrije electronen (zelfstandige ontlading). Het spanningsverval aan de kathode zal dus grooter zijn naarmate de electrode moeilijker electronen afstaat (moeilijker emitteert). Om deze reden is dus bijv. de kathodeval kleiner bij verhitte dan bij koude electroden.

Op analoge wijze ontstaat bij de anode een negatieve ruimtelading, die den anodeval ten gevolge heeft. Deze is echter kleiner; de ionen worden nl. niet uit de anode vrij gemaakt, maar in het gas zelf gevormd. Ook de anode wordt verhit door het electronenbombardement.

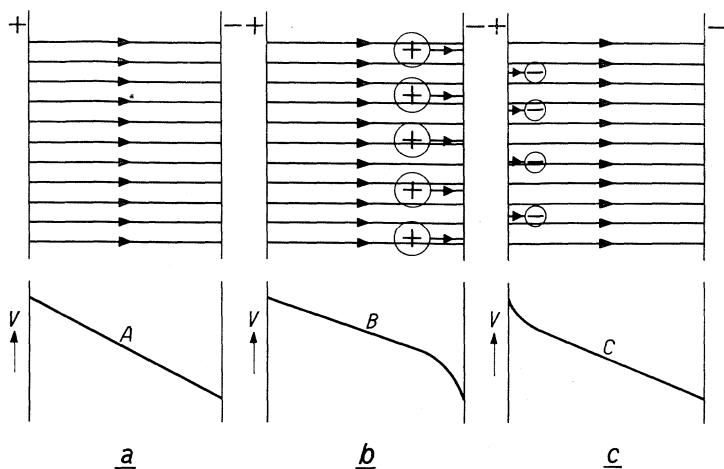


FIG. 3

Verklaring van het verloop van de brandspanning.
 De horizontale lijnen stellen krachtlijnen voor. De lijnen A, B en C geven het verloop van den potentiaal aan: a) in een homogeen veld, b) met een positieve ruimtelading in de buurt van de kathode, c) met een negatieve ruimtelading in de buurt van de anode.

Is nu de buis in dezen toestand van zelfstandige ontlading, dan staat tusschen de electroden een zekere spanning, welke wij *brandspanning* noemen. Deze is echter niet, zooals bijv. de spanning aan een gloeilamp, per lengte-eenheid gelijk. Indien in het veld tusschen de anode en de kathode geen ongelijkmatige verdeling van elektrische ladingen aanwezig was, zou de krachtlijndichtheid, d.w.z. de veldsterkte per lengte-eenheid, over de geheele buis constant zijn. Dit geval is in fig. 3a geteekend. De potentiaal wordt door lijn A voorgesteld; de helling van deze lijn geeft de veldsterkte aan.

Komt er nu bij de kathode een positieve ruimtelading (fig. 3b), dan zal het aantal krachtlijnen in het gebied tusschen de positieve ruimtelading en de kathode toenemen: de veldsterkte neemt toe (lijn B).

Op overeenkomstige wijze neemt de krachtlijndichtheid toe in het gebied tusschen de negatieve ruimtelading en de anode, zoodat ook hier de veldsterkte grooter wordt (fig. 3c).

Ten gevolge van den kathode- en anodeval zal dus de brandspanning een verloop krijgen als in fig. 2 is aangegeven.

De kathodeval en de anodeval gaan beide met lichtuitstraling gepaard. Het licht van den kathodeval heeft een technische

toepassing gevonden in de z.g. glimlampen, welke o.a. in spanningzoekers, als signaal- en slaaplampen worden gebruikt. Het licht van den anodeval wordt technisch niet benut.

Het tusschenliggende gebied wordt gevuld met de z.g. positieve zuil, en het licht van de moderne gasontladingslampen wordt voornamelijk hierin geproduceerd.

§ 6. ONTSTEEKSPANNING.

Bij de bespreking van de verschillende processen in de voorafgaande paragrafen zijn wij er van uitgegaan, dat de aangelegde spanning voldoende hoog was om de beschreven verschijnselen, met als eindresultaat het „ontsteken” van de ontladingsbuis, te bewerken. Dat hiervoor een zekere minimum spanning, welke wij ontsteekspanning*) noemen, noodig is, is zonder meer duidelijk als wij bedenken, dat de spanning in de buis groot genoeg moet zijn om de electronen een voldoende snelheid te geven ten einde de neutrale atomen te kunnen ioniseeren; anders komt geen „ontsteking” tot stand.

Hieruit is gemakkelijk in te zien, dat de ontsteekspanning afhankelijk is van den electrodenafstand en van den druk van het gas. Bij vergroting van den electrodenafstand wordt nl. de veldsterkte, d.w.z. de kracht die de electronen versnelt, kleiner, waardoor het ioniseeren bemoeilijkt en daarmede de ontsteekspanning verhoogd wordt. Een hoge gasdruk bemoeilijkt eveneens het ontsteken, daar in dit geval de electronen geen kans krijgen de benodigde hoge snelheden te bereiken. Voordien worden ze reeds door de botsingen met de dicht opeengepakte atomen geremd: de vrije weglengte is klein.

Wij zien dus, dat verhooging van den gasdruk op geheel overeenkomstige wijze als vergroting van den electrodenafstand de ontsteekspanning beïnvloedt (bij de besproken lampen verhoogt). Voor ontladingen in een bepaald gas tusschen twee groote vlakke plaalectroden is deze ontsteekspanning dan ook slechts afhankelijk van het product van druk en electrodenafstand (wet van Paschen).

Bij gasontladingslampen is de ontsteekspanning bovendien afhankelijk van verschillende factoren, waarvan wij noemen:

*) Ter onderscheiding van de later (hoofdstuk III) te bespreken (periodieke) herontsteekspanning, wordt deze spanning ook wel eerste ontsteekspanning genoemd. Waar verder over ontsteekspanning gesproken zal worden, is deze eerste ontsteekspanning bedoeld.

- a. de soort van het gebruikte gas,
- b. den diameter van de buis,
- c. den vorm en de gesteldheid der electroden.

Wij willen deze punten in het kort bespreken.

a. De soort van het gebruikte gas.

Het ligt voor de hand, dat de ontsteekspanning bij verschillende gassen onder overigens gelijke omstandigheden verschillend zal zijn.

Onder de verschillende gassoorten hebben de edelgassen, onder overigens gelijke omstandigheden, de kleinste ontsteekspanning. Dit klinkt eenigszins vreemd, daar de edelgassen juist hoge ionisatiespanningen hebben. Wij dienen hierbij echter te bedenken, dat de eerste aanslagspanning van edelgassen eveneens hoog ligt en dicht bij de ionisatiespanning. Een electron, dat onder invloed van de aangelegde spanning de buis doorloopt zal dus bij kleinere snelheden slechts weinig energie kunnen afstaan bij voorkomende (elastische) botsingen en op zijn weg naar de anode energie verzamelen, tot deze groot genoeg is om aanslag te bewerken. Verscheidene electronen zullen echter niet precies op het moment, dat ze de voor aanslag vereischte snelheid verkregen hebben, met een atoom botsen^{*)}, maar onder invloed van de aangelegde spanning een nog grootere snelheid bereiken. Daar nu de electronenenergie, noodig voor ionisatie, bij edelgassen slechts weinig grooter is dan voor aanslag, zal een grooter percentage electronenbotsingen ionisatie ten gevolge hebben dan bij andere gassen, bij welke het electron meestal zijn energie verliest door het veroorzaken van aanslag en dan niet meer in staat is ionisatie teweeg te brengen.

Bovendien is het feit, dat edelgassen (evenals metaaldampen) niet uit moleculen, maar uit atomen bestaan, van grooten invloed op de grootte der benoodigde ontsteekspanning. Bij een molecuulgas kunnen electronen met kleine snelheid nl. reeds een gedeelte van hun kinetische energie afstaan om oscillaties en rotaties der atomen van het molecuul aan te slaan (zie § 3), zoodat de kans om een voor ionisatie voldoende hoge snelheid te bereiken klein is. Bij edelgassen wordt echter bij elastische botsing slechts een klein gedeelte van de kinetische energie afgestaan en dit, gecombi-

*) Bovendien voert niet iedere botsing, waarbij de snelheid van het electron groot genoeg is, tot aanslag.

neerd met het kleine verschil tusschen aanslag- en ionisatiespanning, maakt dus, dat de ontsteekspanning bij de edelgassen laag is.

Alle gasontladingslampen, waarvan de ontlading niet door een edelgas wordt gedragen (bijv. natriumlampen), hebben dan ook ter vergemakkelijking der ontsteking een grondgasvulling, bestaande uit een of meer edelgassen van geschikten (lagen) druk.

b. De diameter van de buis.

Bij een gegeven gas neemt de ontsteekspanning bij constanten druk met kleiner wordenden buisdiameter toe, omdat electronen en ionen met afnemenden buisdiameter meer kans hebben aan den wand geneutraliseerd te worden (recombinatie) alvorens ionisatie te veroorzaken.

c. Vorm en gesteldheid der electroden.

Zooals uit vele verschijnselen bekend is (St. Elmusvuur e.d.), vloeit de electriciteit (de electronen) veel gemakkelijker van puntvormige voorwerpen of voorwerpen met scherpe kanten af dan van flauw gebogen bolle lichamen. Een dergelijk verschijnsel doet zich voor bij de electroden. Het is dus duidelijk, dat de vorm der electroden belangrijken invloed op de ontsteekspanning kan hebben.

De gesteldheid van de electroden is echter in nog veel sterkere mate van belang. Niet ieder materiaal emitteert even gemakkelijk electronen; het is daarom uiterst belangrijk voor de kathode een materiaal te kiezen, dat een kleine uittreepotentiaal^{*)} (Richardson) bezit. Daarom heeft men de door Wehnelt aangegeven methode aangegrepen en verbeterd, nl. het bedekken van de kathode met een laag aardalkali-oxyden (BaO, SrO, CaO), waarvan de uittreepotentiaal zeer laag is. De meeste electroden, die in de tegenwoordige gasontladingslampen worden gebruikt, berusten op dit principe en bestaan uit wolfram (hoogsmeltend metaal) met een laag z.g. emitter overtrokken.

Een geheel andere methode is het zeer hoge opvoeren van de temperatuur der electroden. De thermische emissie levert dan reeds voldoende electronen, maar dit stuit op het

*) Evenals de energie der verschillende deeltjes in een gasontlading in electronvolt wordt uitgedrukt, kan men den arbeid, die noodig is om een electron uit een metaal te trekken in electronvolt aangeven. Evenals men nu van een x voltdeeltje spreekt, is het gewoonte dezen uittree-arbeid in volt aan te geven, zoodat de arbeid door een potentiaal wordt uitgedrukt.

bezwaar, dat het electrodenmateriaal in dat geval snel verdampt en aanleiding geeft tot afzwarting van de lamp, resp. tot een korten levensduur der electroden. Indien deze methode echter gecombineerd wordt met die van het bedekken der electroden met een emitterlaag, behoeft de temperatuur niet zoo hoog te worden opgevoerd, zoodat men in dit geval niet voor sterke verdamping behoeft te vreezen.

Zooals we zagen, is het dus mogelijk de ontsteekspanning door geschikte keuze van diameter en lengte van de ontladingsbuis, aard en druk van het vulgas en aard en gesteldheid der electroden, min of meer te beïnvloeden. In het algemeen zal men de ontsteekspanning natuurlijk laag willen houden, o.a. wegens het feit, dat anders de beschikbare netspanning niet voldoende is om het ontsteken te bewerken en men in dit geval zijn toevlucht moet nemen tot tijdelijke of blijvende spanningsverhooging.

Indien echter al deze middelen onvoldoende blijken om met de ontsteekspanning onder de gewenschte grens te komen, dan kan men nog verschillende hulpmiddelen toepassen, waarvan wij er slechts enkele noemen.

Men kan tusschen de beide hoofdelectroden een hulpelectrode aanbrenge en deze met een van de hoofdelectroden, onder tusschenschakeling van een grooten weerstand, verbinden (inwendige hulpelectrode, zie fig. 4). De afstand tusschen de

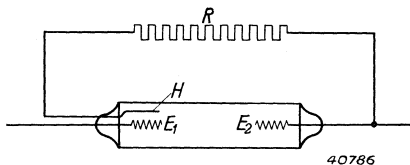


FIG. 4

Inwendige hulpelectrode H, die onder tusschenschakeling van een grooten weerstand R met de hoofdelectrode E_2 verbonden is.

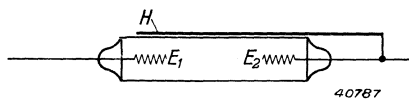


FIG. 5

Uitwendige hulpelectrode H verbonden met een der hoofdelectroden (E_2).

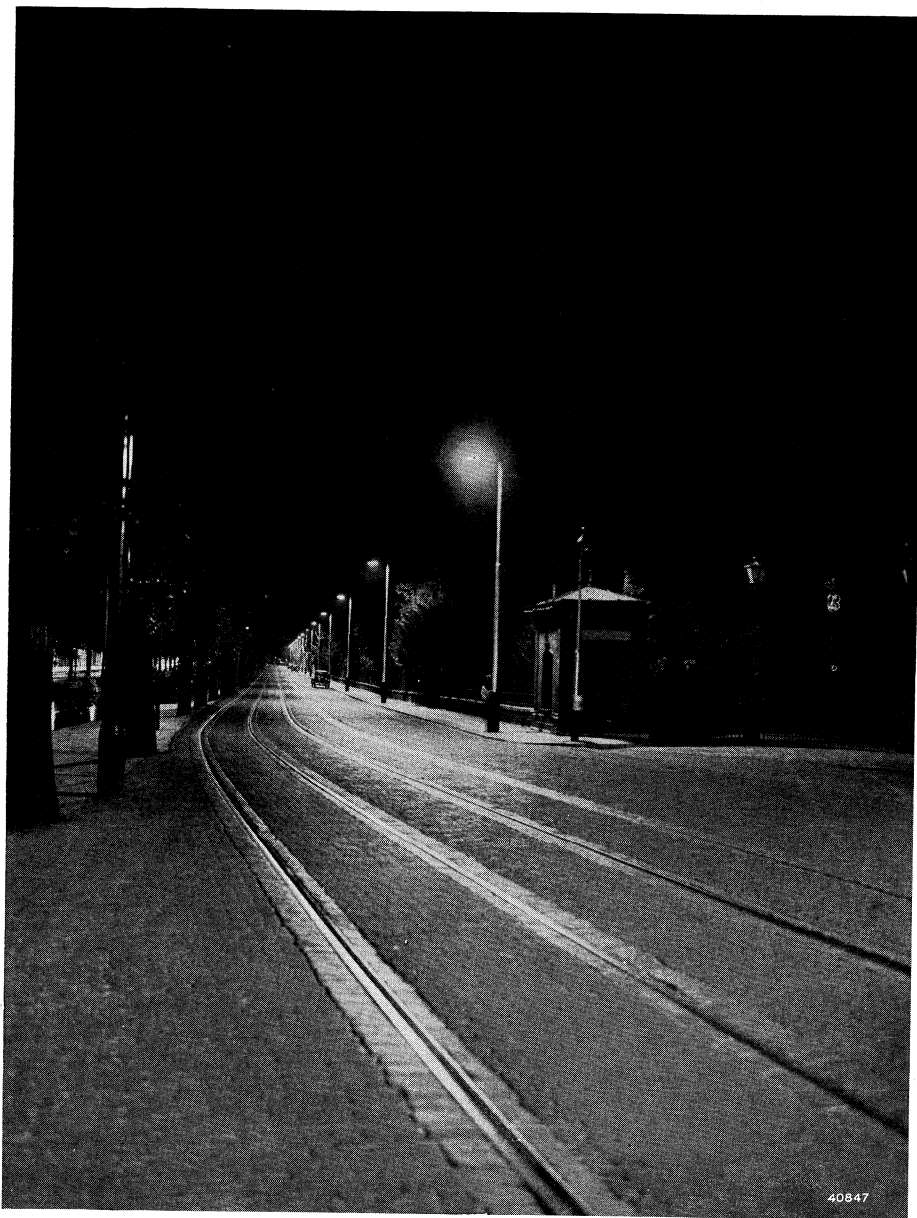
hulpelectrode en de hoofdelectrode, waarmee deze niet verbonden is, moet zoo klein gekozen worden, dat de aangelegde spanning voldoende is om het ontsteken van deze hulpontlading te verzekeren. In deze hulpontlading ontstaan electronen en ionen, die onder invloed van de spanning van de hoofdelectroden, zich hiernaar toe zullen begeven en op deze wijze het ontsteken van de hoofdontlading inleiden. De groote weerstand dient om den

stroom van de hulpontlading tot een zeer kleine waarde te beperken, daar deze hulpontlading voor het eigenlijke doel: lichtuitstraling, geen beteekenis heeft.

In bepaalde gevallen gebruikt men in plaats van de genoemde inwendige hulpelectrode een uitwendige hulpelectrode (fig. 5), die weer met een van de hoofdelectroden is verbonden. Een dergelijke hulpelectrode werkt, als gevolg van den tusschenliggenden glaswand, als condensator. Een tusschengechakelde weerstand kan hier in het algemeen achterwege blijven.

Men kan de genoemde werkingen nog versterken door aan de hulpelectrode een hogere spanning toe te voeren.

Om den invloed van veldvervormende wandladingen, die de ontsteekspanning soms aanzienlijk kunnen verhoogen, op te heffen, maakt men soms ook gebruik van uitwendige electroden, die over de geheele buislengte gelegd zijn en al dan niet met een der hoofdelectroden in verbinding kunnen staan (neon lichtreclamebuizen).



De Koningskade in Den Haag,
verlicht met 14 kwiklampen HP 300 en gloeilampen van 200 W.
Hoogte 8½ M., afstand 35 M.

HOOFDSTUK II

VOORSCHAKELAPPARATEN

§ 7. STABILISEERING DER ONTLADING.

Zoals uit de voorgaande beschouwingen is af te leiden, is een zelfstandige ontlading in het algemeen niet zelfbeperkend. Zoo dra er nl. door het ionenbombardement electronen uit de kathode worden vrijgemaakt, gaan deze meedoen aan het ladingtransport en produceeren op hun weg weer ionen, die op hun beurt weer electronen uit de kathode vrij maken, enz. Zonder verdere maatregelen zal de stroom dus oneindig toenemen en de lamp gaat stuk. Het is noodig de ontlading te stabiliseren, m.a.w. den stroom te beperken. Hieruit blijkt, dat een gasontladingslamp zich geheel anders gedraagt dan bijv. de gloeidraad van een gloeilamp, die een z.g. positieve karakteristiek heeft, d.w.z. de spanningsval neemt toe, indien de stroom toeneemt. Bij een gasontladingslamp neemt de brandspanning af met toenemende stroomsterkte: de ontlading bezit een negatieve karakteristiek.

§ 8. STABILISEERING DER ONTLADING BIJ GELIJKSTROOM.

We moeten dus den stroom beperken en het ligt bij gelijkstroom voor de hand dit te doen door middel van een weerstand. In fig. 6 is deze stabiliseering bij gelijkspanning door middel van een weerstand aangegeven. Hierin stelt de curve door A en B de ontlaadingskarakteristiek voor, d.w.z. het verband tusschen iedere waarde van den lampstroom (I_{la}) en de bijbehorende lampspanning (V_{la}). Zoo behooren bijv. bij het punt B de stroom OC en de spanning BC. We zien, dat bij toenemenden

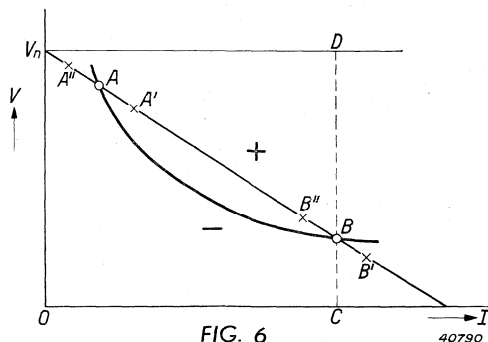


FIG. 6

40790

Stabilisatie van een gelijkstroomontlading door een ohmschen weerstand.

stroom de spanning afneemt en omgekeerd.

In dezelfde figuur is de weerstandskarakteristiek aangegeven. Wij veronderstellen, dat de temperatuurcoëfficiënt van den gebruikten stabiliseeringsweerstand nul is, d.w.z. dat de stroom door en de spanning aan den weerstand een rechtlijnig verband bezitten ($V_R = I_{l\alpha} \times R$, waarin R constant). Om de weerstandskarakteristiek in dezelfde figuur te kunnen aangeven als de ontladingskarakteristiek, is de weerstandslijn „omgekeerd“ geteekend, zoodanig dat de afstand van de rechte lijn door AB tot de lijn V_n -D steeds de spanning aan den weerstand aangeeft. Voor de weerstandslijn is dus het punt V_n het nulpunt. De weerstandslijn en de ontladingskarakteristiek bezitten twee snijpunten, d.w.z. twee mogelijke bedrijfstoestanden: A en B. Voor punt B is de stroom aangegeven door OC, de lampspanning door BC, de spanning aan den weerstand door BD, de netspanning door CD ($= V_n$).

Hoewel slechts de punten op de ontladingskarakteristiek stationnaire toestanden aangeven, kunnen wij ons voorstellen, dat door een evenwichtsverstoring de ontlading zich tijdelijk buiten deze lijn bevindt. Men kan nu aantoonen, dat de evenwichtsverstoringen boven de karakteristiek zich herstellen door een toename van den stroom (het positieve gebied), terwijl toestanden, aangegeven door punten beneden deze lijn zich onder afname van den stroom naar de karakteristiek verplaatsen (het negatieve gebied).

In de aangegeven schakeling moet een dergelijke tijdelijke storingstoestand steeds op de weerstandslijn blijven liggen, daar stroom en spanning van den weerstand steeds aan de wet van Ohm zullen moeten blijven voldoen.

Veronderstellen we, dat de ontlading zich tijdelijk van het stationnaire punt B verwijderd naar B' , dan bevinden we ons in het negatieve gebied, m.a.w. de storing wordt opgeheven door afname van den stroom. Dit heeft tot gevolg, dat B' zich (langs de weerstandslijn) naar B begeeft. Op analoge wijze herstelt zich een storingstoestand, aangegeven door B'' in het positieve gebied, door stroomtoename, zoodat ook hier de stationnaire toestand B zich herstelt.

Geheel anders gedraagt zich de lamp in het snijpunt A. Een storingstoestand, aangegeven door A' ligt in het positieve gebied en heeft dus een stroomtoename tot gevolg, hetgeen beteekent, dat A' niet naar A terugkeert, maar zich van A verwijderd, langs de weerstandslijn, tot hij in B tot rust komt. Evenmin keert

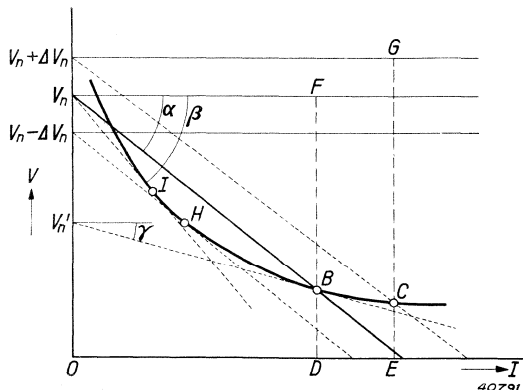


FIG. 7

Invloed van netspanningsvariaties en veranderingen in de grootte van den weerstand bij stabilisatie van een gelijkstroomontlading door een ohmschen weerstand.

een storingstoestand, aangegeven door A'', naar A terug. De stroom neemt af, de lamp dooft. Punt B blijkt dus een stabiel punt, A een labiel evenwichtspunt voor te stellen.

We kunnen ons nu afvragen wat er gebeurt in dien we hetzij den weerstand, hetzij de netspanning gaan variëren. Deze gevallen zijn in fig. 7 aangegeven.

De curve door H B C stelt weer de ontladingskarakteristiek voor, de rechte

door B de weerstandslijn, V_n de aangelegde netspanning. Verhoogden we nu de netspanning tot $V_n + \Delta V_n$, terwijl we de waarde van den weerstand constant laten, dan zal de weerstandskarakteristiek zich evenwijdig verplaatsen. De hoek, welke deze lijn met de lijn V_n -F maakt, blijft nl. constant, daar $R = \frac{V_R}{I} = \text{tg } \beta$ constant blijft. Het stabiele snijpunt B verplaatst zich naar C, hetgeen overeenkomt met een toename van den lampstroom van OD tot OE, een afname van de lampspanning van BD tot CE en een toename van de weerstandspanning van BF tot CG.

Wordt de netspanning verlaagd, dan vinden analoge veranderingen plaats. Zooals echter uit de figuur blijkt, is de netspanning $V_n - \Delta V_n$, waarbij de weerstandslijn juist raakt aan de ontladingskarakteristiek (raakpunt H), de minimum toelaatbare spanning. Daalt de netspanning beneden deze waarde, dan is er geen snijpunt van de beide karakteristieken meer, de lamp dooft.

Wordt bij gelijkblijvende netspanning de weerstandswaarde veranderd, dan verandert hoek α . Bij kleiner wordenden weerstand wordt de hoek tusschen de weerstandslijn en de lijn V_n -F kleiner en het stabiele snijpunt met de ontladingskarakteristiek verplaatst zich naar rechts.

Op overeenkomstige wijze verplaatst het snijpunt zich naar links bij toename van den weerstand. Ook hier is weer een grensgeval aan te geven, dat bereikt wordt indien de weerstand vergroot wordt tot $\text{tg } \beta$, als β de hoek is, die de raaklijn uit V_n aan de

ontladingskarakteristiek (raakpunt I) met de lijn V_n -F maakt. Wordt de weerstand nog grooter gemaakt, dan dooft de lamp.

Uit de figuur zien we ook, dat het mogelijk is bij een gegeven lampstroom (bijv. OD) den minimum weerstand aan te geven. Dit is grafisch uitgevoerd door de raaklijn in D aan de kromme te teekenen. In het raakpunt D vallen de beide snijpunten samen. De minimum weerstand is nu gelijk tg γ . Zou men den hoek γ nog kleiner kiezen, dan ontstaat in B één snijpunt, dat een labielen toestand van ca. 50 % rekenen, hetgeen beteekent, dat ook 50 % van paalde netspanning V_n , die bij den gegeven weerstand tevens de minimum waarde van de netspanning voorstelt. Daar in de practijk niet met een constante netspanning kan worden gerekend, heeft de berekening van dezen minimum weerstand slechts theoretische waarde. Voor practisch gebruik moet men de netspanning hooger kiezen en den weerstand dus grooter maken, om te zorgen dat de lamp door de onvermijdelijke netspanningsdalingen niet dooft.

Practisch moet men met een spanningsverlies aan den weerstand van ca. 50 % rekenen, hetgeen beteekent, dat ook 50 % van het door lamp en weerstand samen opgenomen vermogen aan den weerstand wordt toegevoerd en dus in het algemeen als zuiver verlies moet worden beschouwd. Dit is dan ook een van de voornaamste redenen waarom gasontladingslampen in het algemeen niet voor gelijkstroombedrijf in aanmerking komen, daar ze, hoewel de lampen op zichzelf economischer kunnen zijn dan die, welke speciaal voor wisselstroom gebouwd zijn, hun voordeelen geheel verliezen door het slechte totale rendement.

§ 9. STABILISEERING DER ONTLADING BIJ WISSELSTROOM.

Bovenstaande beschouwingen gelden in hun algemeenheid eveneens voor het branden van gasontladingslampen op wisselstroom. Bij wisselstroom kan men eveneens een weerstand als voorschakelapparaat gebruiken, maar het nuttig effect van de lichtbron zal ook hier door de groote verliezen in den weerstand belangrijk dalen.

Bij bedrijf op wisselstroom komt hier nog een moelijkheid bij, welke gelegen is in het feit, dat de voedende wisselspanning twee maal per periode door nul gaat, ten gevolge waarvan de gasontladingslamp ook twee maal per periode dooft en dus twee maal per periode herontstoken moet worden. De voedende spanning moet nu hoog genoeg zijn om steeds dit herontsteken te garandee-

ren, daar de lamp anders niet stabiel zal branden. Bij voorschakeling van een ohmschen weerstand verloopt er steeds eenige tijd tusschen het dooven en het herontsteken van de lamp, zoodat een sterk flikkeren van het licht van de lampen in deze schakeling het gevolg is. Wij komen hierop in hoofdstuk III nog uitvoeriger terug.

Voor wisselstroombedrijf kan men echter gebruik maken van een smoorspoel, een condensator of een combinatie van deze. Hierbij is het mogelijk de verliezen klein te houden en toch voldoende spanning „weg te werken” (het verschil tusschen netspanning en brandspanning) en den stroom tot op de gewenschte waarde te beperken.

§ 10. SMOORSPOELEN.

Een voorschakelapparaat, dat aan bovengenoemde eischen ideaal voldoet, zou gevormd worden door een zuivere zelfinductie, waarvan de werking aan de hand van fig. 8 nagegaan zal worden. In deze figuur is een draadspoel — waarvan wij in eerste instantie den ohmschen weerstand verwaarloozen — aangegeven, die door een wisselstroom doorloopen wordt. Terwijl door de spoel een wisselstroom vloeit, worden, als gevolg van de hierdoor ontstane veldveranderingen, voortdurend tegenspanningen opgewekt, die steeds gelijk, maar tegengesteld zijn aan de aangelegde spanningen.

Bij een wisselstroom, die een sinusverloop heeft, treedt de grootste veldverandering op wanneer de stroom door nul gaat. De sinuslijn is daar het steilst, en omdat de grootte van de zelfinductiespanning evenredig is met de snelheid, waarmee het veld verandert, is dus op het oogenblik dat de stroom door nul gaat de tegenspanning (EMK van zelfinductie) maximaal. We zien dus (fig. 8) een faseverschuiving tusschen stroom en EMK van zelfinductie optreden, die 90° of een kwart periode bedraagt, en wel zoodanig, dat de zelfinductiespanning achter den stroom aankomt; de stroom ijlt dus bij de zelfinduc-

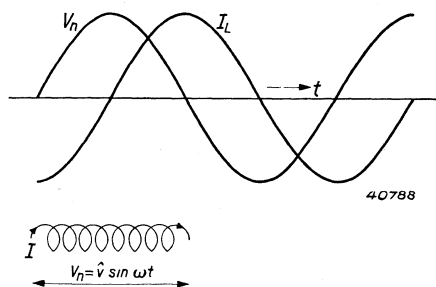


FIG. 8

Faseverschuiving bij een draadspoel, welke door een sinusvormigen wisselstroom doorloopen wordt. De stroom ijlt 90° voor bij de opgewekte inductiespanning, maar 90° na bij de opwekkende spanning.

tiespanning voor. Nu is echter de opwekkende spanning tegen-
 gesteld aan de E M K van zelfinductie en is dus 180° hiermede in
 fase verschoven. De stroom komt dus 90° achter de aangelegde
 spanning aan of ijlt n a. Door den aanwezigen ohmschen weer-
 stand is de faseverschuiving niet precies 90° .

Een dergelijke spoel wordt wegens het feit, dat zij den wis-
 selstroom, die haar doorloopt, beperkt (smoort), s m o o r s p o e l
 genoemd.

In de spoel wordt nu ijzer gebracht, waardoor de inductie
 grooter wordt. De factor, waarmee men de veldsterkte (zonder
 ijzer) moet vermenigvuldigen om de inductie (met ijzer) te krij-
 gen, noemt men de p e r m e a b i l i t e i t van het ijzer. Deze permea-
 biliteit bepaalt dus voor een groot gedeelte de kwaliteit van het
 voor de spoelen gebruikte ijzer.

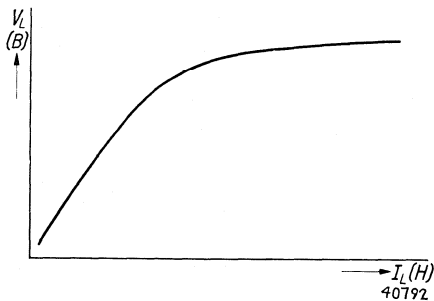


FIG. 9

Schematisch verloop van een
 magnetiseeringskromme.

De permeabiliteit is echter
 niet constant, maar afhankelijk
 van de veldsterkte. Is de veld-
 sterkte H klein, dan worden bij
 toenemende H steeds meer ele-
 mentaire magneten gericht: de
 inductie B wordt grooter. Dit
 gaat door tot op het moment, dat
 ze alle in de richting van de
 krachtlijnen zijn gerangschikt.
 Van dit oogenblik af neemt de
 inductie langzaam (lineair) met
 de veldsterkte toe: het ijzer is

verzadigd.

Zetten wij de inductie B als functie van de veldsterkte H in
 een grafiek uit, dan ontstaat de kromme van fig. 9. Naarmate we
 meer in het gebied van de verzadiging komen, wordt de helling
 van de kromme kleiner.

Nu is de veldsterkte in de smoorspoel evenredig met den
 doorgaanden wisselstroom, de tegenspanning met de inductie, zoo-
 dat we de $B-H$ kromme, de z.g. m a g n e t i s e e r i n g s k r o m m e,
 ook kunnen opvatten als een stroom-spanningskromme (fig. 9).
 Het verloop van deze kromme is uiterst belangrijk, omdat dit ver-
 schillende eigenschappen van de lampen, die door een derge-
 lijke zelfinductie worden gestabiliseerd, beïnvloedt. Wij kunnen dit
 verloop wijzigen door de keuze van het aantal windingen van de
 spoel en door de hoeveelheid, resp. kwaliteit, van het ijzer.

Indien wij door de gasontladingslamp, die in serie met de

smoorspoel brandt, een bepaalden stroom willen sturen, moet de smoorspoel een bepaalden weerstand hebben, die samengesteld is uit den wisselstroomweerstand van de zelfinductie en den ohmschen weerstand, welke laatste door den spoeldraad wordt gevormd. Deze totale weerstand, impedantie genaamd, moet nu regelbaar zijn, als de smoorspoel voor verschillende netspanningen geschikt moet zijn. Dit kan op verschillende manieren bereikt worden.

- a. Het aantal spoelwindingen kan gevarieerd worden, door van aftakkingen gebruik te maken. Hierdoor wordt dan automatisch de zelfinductie veranderd.

We kunnen op deze wijze bijv. een smoorspoel ontwerpen voor 210, 220, 230 V netspanning. Aangezien de hoeveelheid ijzer dezelfde blijft, zal de inductie bij gebruik van de smoorspoel voor 210 V eenigszins anders zijn dan bij gebruik voor 230 V. Bij het ontwerpen moet hiermee rekening worden gehouden. Een voorbeeld van een uitvoeringsvorm volgens dit principe en het schema hiervan worden in fig.10 gegeven.

- b. De luchtspleet kan gevarieerd worden. Een luchtspleet wordt toegepast om aan de magnetische krachtlijnen, die door het ijzer loopen, een grooten weerstand in den weg te leggen.

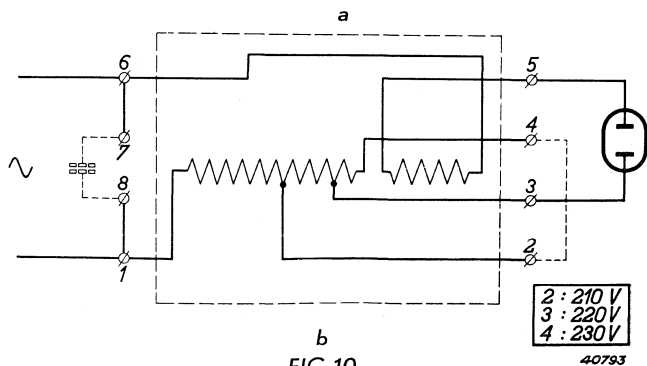


FIG. 10
Smoorspoel met aftakkingen voor 210, 220, 230 V
a) afbeelding, b) schema.

Zouden we geen luchtspleet aanbrengeu, dan treedt reeds bij een kleinen stroom, door het groote aantal krachtlijnen, verzadiging op en wordt de stroom sterk vervormd. Ook door variatie van de luchtspleet kan dus nu de impedantie van de spoel worden gewijzigd. Voor verschillende netspanningen wordt in dit geval de luchtspleet smaller of wijder gemaakt (kleinere luchtspleet, grootere impedantie, kleinere stroom). Een uitvoeringsvorm van dit type wordt in fig. 11 weergegeven.



FIG. 11

Smoorsoel met verstelbare luchtspleet voor aanpassing aan verschillende netspanningen.

Voor het Europeesche vasteland is echter de nomi-

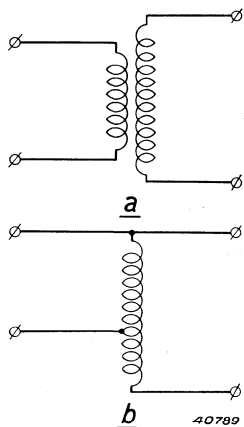


FIG.12

Schakeling van een lektransformator met gescheiden wikkelingen (a) en van een spaarlektransformator (b)

nale spanning van het overgrootte deel der electriche netten op 220 V vastgesteld, zoodat voor de meeste gevallen de eisch van regelbare zelfinductie niet gesteld behoeft te worden. Voor deze spanning wordt dan ook een vaste, onaftakbare smoorspoel geleverd, waardoor deze natuurlijk eenvoudiger geconstrueerd kan worden.

§ 11. TRANSFORMATOREN.

Is de (eerste) ontsteekspanning (§ 6) van de lamp zoo hoog, dat met de beschikbare netspanning geen of geen voldoende zekere ontsteking verkregen wordt, dan moet de netspanning opgetransformeerd worden. De stroombegrenzing kan dan weer door een smoorspoel worden bereikt. Dit is echter vrij gecompliceerd en duur, omdat nu voor iedere lamp twee apparaten noodig zijn. Het is nu

echter mogelijk den transformator „smoorspoel eigenschappen“ te geven, zoodat één apparaat, een z.g. lektransformator, het resultaat is.

De transformator kan echter ook nog op twee manieren worden uitgevoerd, nl. als gewone „echte“ transformator (fig. 12a) of als autotransformator of spaartransformator, waarbij de secundaire en de primaire wikkeling in serie liggen (fig. 12b). Deze laatste vorm is goedkoop en wordt daarom, waar mogelijk, toegepast. Een combinatie van het „lek“-principe en de „spaar“-schakeling voert dan ten slotte tot den spaarlektransformator, waarvan de werking als volgt is:

Door aansluiting van het primaire gedeelte van de wikkeling aan het net, wordt in het secundaire deel (de totale wikkeling) een spanning geïnduceerd, die de open spanning van den transformator genoemd wordt en voldoende hoog moet zijn gekozen om de ontsteking te bewerken. Wordt de lamp aangesloten, dan vloeit in het secundaire deel van de wikkeling een stroom, waardoor een magnetisch veld ontstaat, dat het veld van de primaire wikkeling tegenwerkt. De krachtlijnen van het primaire veld zoeken daarom een gemakkelijkeren weg, die hun geboden wordt in den vorm van een magnetischen shunt met een luchtspleet. Een deel van de primaire krachtlijnen „lekt“ hier dus doorheen. De grootte van de luchtspleet in den shunt bepaalt mede

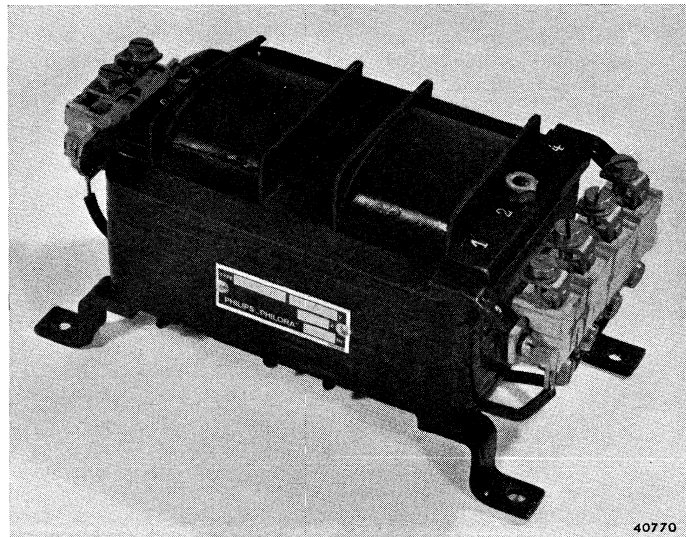


FIG. 13

Spaarlektransformator met aftakkingen, waardoor hij voor verschillende netspanningen is te gebruiken.

de impedantie. Een afbeelding van een spaarlektransformator wordt in fig. 13 gegeven.

De spaarlektransformator is dus een goedkope en bevredigende oplossing voor die gevallen, waarin de netspanning te laag is. Zijn zeer hoge openspanningen noodig (bijv. voor neon reclamelampen), dan is het gebruik van een spaarlektransformator bezwaarlijk, omdat de secundaire wikkeling niet van de primaire afgeschermd kan worden. In dergelijke gevallen gebruikt men lektransformatoren, waarbij dus de primaire en de secundaire wikkeling gescheiden zijn.

§ 12. CONDENSATOREN.

Ten slotte noemen wij nog als een veel voorkomend deel van de voorschakelapparatuur den condensator. De werking hiervan (die in vele opzichten juist tegengesteld is aan die van een smoorspoel) mag als bekend worden verondersteld. Op zichzelf ligt het voor de hand de vraag te stellen, of serieschakeling van een gasontladingslamp en een condensator niet een nog betere oplossing voor het stabiliseeringsprobleem is dan het gebruik van een smoorspoel. Een voordeel van een condensator zou in dit geval zijn, dat het noodzakelijkerwijze optredende wattverlies hier nog belangrijk kleiner gehouden kan worden dan bij een smoorspoel. De reden waarom condensatoren desondanks niet als stabiliseeringsweerstand gebruikt kunnen worden, ligt echter bij de gasontladingslamp zelf. De condensator ontladst zich stootsgewijze over de lamp, hetgeen zich in een zeer onregelmatigen stroomvorm openbaart (zie fig. 14). De elektroden van de lamp worden hierdoor in korten tijd verwoest, zoodat een seriecondensator zonder meer niet te gebruiken is als voorschakelapparaat van een gasontladingslamp.

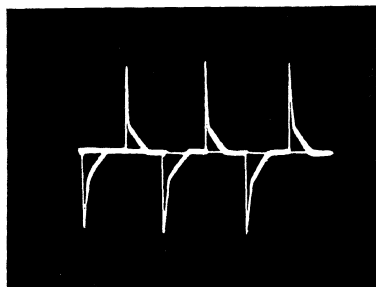


FIG. 14

Oscillogram van den stroom van een superhoogedruk kwiklamp (HP 300) bij voorschakeling van een condensator.

De grootste toepassing bij gasontladingslampen vindt de condensator echter als compensatiecondensator. De toepassing van een zelfinductie als voorschakelapparaat heeft nl. het groote bezwaar dat, zooals wij in § 4 zagen, stroom en spanning in fase verschillen. Dit geeft aan den lampstroom een grooten z.g. wattloozen component, d.w.z. een groot ge-

deelte van den stroom draagt niet bij tot het verbruikte vermogen.

Dit is eenvoudig in te zien bij een direct op het net aangesloten zelfinductie zonder ohmschen weerstand. Deze verbruikt nl. in het geheel geen vermogen en laat toch een zekeren stroom door. Deze schijnbare paradox is te verklaren uit de faseverschuiving van stroom en spanning. Het vermogen is nl. gelijk aan de som van de producten van de oogenblikswaarden van stroom en spanning. Bij een zelfinductie zijn deze producten in de eerste kwartperiode steeds negatief, in de tweede kwartperiode vinden we dezelfde producten, doch steeds positief, terwijl men in de derde en vierde kwartperiode weer dezelfde producten, resp. negatief en positief, vindt. Het gemiddelde vermogen is dus nul. Door het feit, dat bij den practischen uitvoeringsvorm van de zelfinductie (smoorspoel) zoowel in het ijzer (Foucaultsche wervelstroomen) als in het koper (ohmsche weerstand) verliezen optreden, is niet de geheele stroom, maar toch verreweg het grootste deel daarvan wattloos. De faseverschuiving is dan iets kleiner dan 90° .

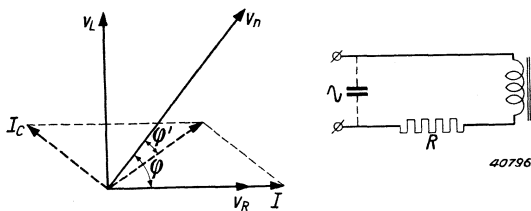


FIG. 15

Serieschakeling van zelfinductie en ohmschen weerstand. De spanning aan de zelfinductie (V_L) is 90° in fase verschoven met de spanning aan den weerstand (V_R). De netspanning (V_n) maakt met den stroom (I) een hoek φ die door middel van een condensator parallel op het net tot bijv. φ' verkleind kan worden.

Door het aansluiten van een gasontladinglamp (welke in eerste benadering als een ohmsche weerstand is te beschouwen) in serie met de smoorspoel wordt de faseverschuiving nog belangrijk kleiner, maar desondanks blijft een groot deel van den stroom, die door de smoorspoel vloeit, wattloos

In fig. 15 geven wij het vectordiagram voor een zelfinductie met weerstand in serie. De voedende spanning (V_n) maakt een hoek φ met de spanning aan den weerstand (V_R). Wij zien dat:

$$\cos \varphi = \frac{V_R}{V_n}.$$

Het vermogen van de zelfinductie (waarvan de ohmsche weerstand naar den belastingweerstand verplaatst is gedacht) is nul (zie boven), zoodat het totale vermogen gelijk is aan dat van den weerstand, en wel $VRI = V_n I \cos \varphi$. Men noemt nu het pro-

duct $V_n I$ het schijnbare vermogen, zoodat $\cos \varphi$, welke als arbeidsfactor α wordt aangeduid, gelijk is aan het werkelijke vermogen gedeeld door het schijnbare vermogen.

Een lage arbeidsfactor beteekent dus een groote wattlooze stroomcomponent. Nu wordt aan het electriciteitsbedrijf in het algemeen het gebruikte vermogen (kWh) en niet de stroom betaald, zoodat uit dat oogpunt de groote stroom den verbruiker onverschillig zou kunnen laten. Maar de groote stroom beteekent een groote belasting van de stroomleidingen, zoowel voor het electriciteitsbedrijf als voor den verbruiker. Zodoende is een groote stroom toch ongewenscht en is het dikwijls noodig (voorgescreven!) de faseverschuiving grootendeels op te heffen, d.w.z. α dichter bij 1 te brengen.

In dit opzicht zou het gebruik van seriecondensatoren gunstiger zijn. Bij een condensator treedt weliswaar een even groote faseverschuiving op als bij een smoorspoel, maar deze is, door het feit dat ze tegengesteld is (bij een condensator ijlt de stroom voor), veel minder hinderlijk. De meeste netten zijn nl. inductief belast (door elektrische machines), zoodat het gebruik van smoorspoelen den inductieven component van de belasting nog vergroot; condensatoren verkleinen dezen echter.

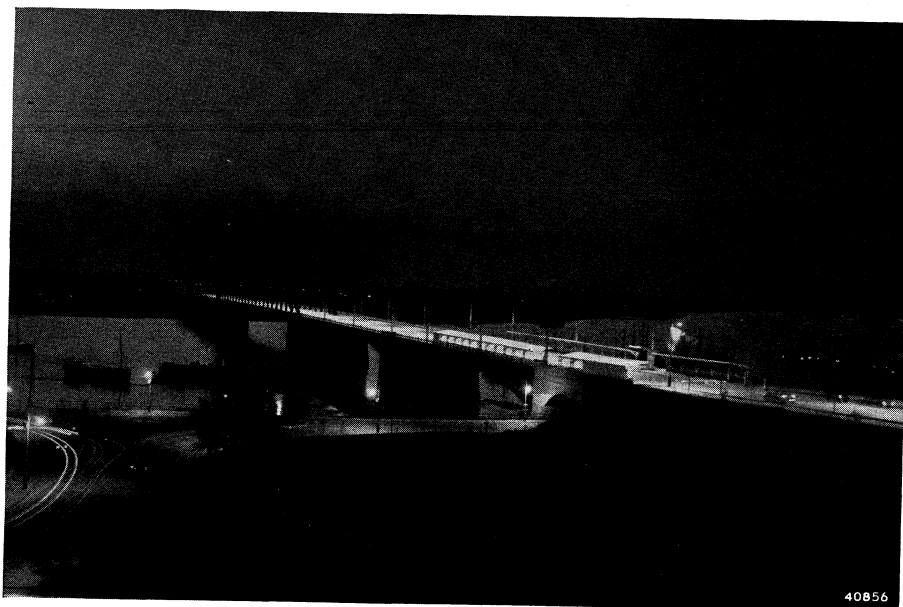
Bij gebruik van een smoorspoel (of lektransformator) kan de arbeidsfactor α nu worden verbeterd door gebruik te maken van een condensator parallel op de netklemmen. Een capaciteit veroorzaakt immers ook een faseverschuiving van 90° (afgezien van den ohmschen weerstand), maar juist omgekeerd. Door een geschikte keuze van den condensator kan dus de netstroom ~~(niet het~~ ^{energie} verbruikte vermogen) worden verkleind (zie fig. 15).

Wij wijzen er op, dat de netstroom vóór den condensator hierdoor verkleind wordt, maar dat in de leidingen van condensator tot lamp dezelfde (ongecompenseerde) stroomsterkte blijft bestaan. Om deze reden is het gewenscht den condensator in de nabijheid van de lamp (maar parallel op het net, niet op de lampklemmen, daar dit den snellen dood van de lamp ten gevolge kan hebben) te plaatsen.

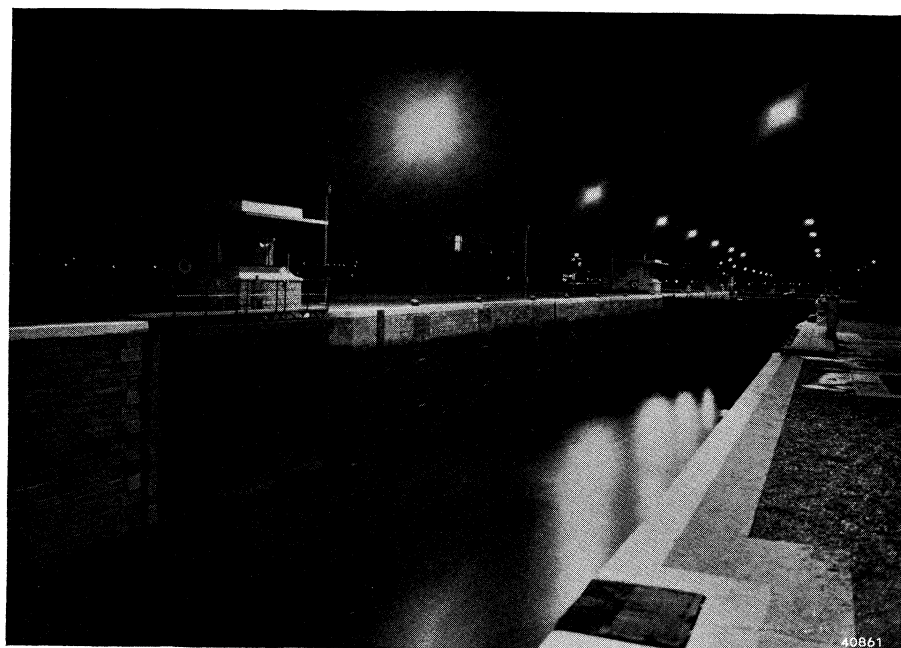
Bij gasontladingslampen is het niet mogelijk den arbeidsfactor tot $\alpha = 1$ te compenseeren door een netcondensator, omdat de brandspanning van de lampen een sterk van den sinusvorm afwijkende gedaante heeft. Deze vervorming laat zich niet compenseeren, zoodat, ook bij compensatie van den geheelen inductieven stroomcomponent, toch een arbeidsfactor kleiner dan 1 overblijft. In het algemeen kan $\alpha = 0,9$ worden bereikt.

Bij netten van 110—130 V moet men, in verband met de ontsteekspanning der lampen, steeds een spaarlektransformator gebruiken. Dit beteekent, dat de uit het net opgenomen stroomsterkten belangrijk (ca. 2 ×) grooter zijn dan bij gebruik van een smoorspoel op een 220 V net. De condensator, die noodig is om dezen grooten stroom te compenseeren, moet in dit geval een veel (ca. 4 ×) grootere capaciteit hebben, zoodat compensatie bij dergelijke netten veelal op economische bezwaren stuit. Om aan deze bezwaren tegemoet te komen, worden de benoodigde spaarlektransformatoren dikwijls van een verlengde primaire wikkeling voorzien, die de spanning tot 220 V optransformeert, waardoor compensatie met denzelfden condensator, als gebruikelijk is voor de 220 V netten, kan geschieden.

Ten slotte vestigen we er nog de aandacht op, dat de wisselstroomweerstand van zelfinducties en capaciteiten afhankelijk is van de frequentie van de netspanning, zoodat voor verschillende frequenties andere apparatuur gebruikt dient te worden. Daar een frequentie van 50 per/sec op het Europeesche vasteland verreweg het meest voorkomt, wordt in het vervolg deze frequentie stilzwijgend verondersteld.



De Waalbrug te Nijmegen
verlicht met „Philora“ natrium lampen.



De „Monsen“ sluis in het Albert kanaal in België,
verlicht met „Philora“ natrium SO 650 lampen.

HOOFDSTUK III

HET VERBAND TUSSEN GASONTLADINGSLAMPEN EN HUN APPARATUUR

Hoewel wij in deel II nog verschillende malen zullen wijzen op het innige verband tusschen gasontladingslampen en hun apparatuur, willen we in dit hoofdstuk enkele algemeene punten bespreken, waarbij het verband tusschen de lampen en hun voorschakelapparatuur naar voren komt. Wij beperken ons tot het branden van de lampen op wisselstroom.

§ 13. DE BRANDSPANNING.

Onder brandspanning verstaan wij de waarde van de spanning, die aan de ontlading ligt. Nemen wij het verloop van deze spanning met een oscillograaf op aan een lamp, die met een ohmschen weerstand in serie brandt, dan blijkt dit in eerste benadering te bestaan uit een constante spanning (V_B), voorafgegaan door een kortstondige hogere spanning (v_{rign}). Dit verloop is zonder meer begrijpelijk, als we ons realiseeren wat er tijdens het wisselen van de aangelegde spanning gedurende één periode, in de lamp gebeurt (zie fig. 16).

Beginnen wij onze beschouwing op het moment dat de voedende spanning juist door nul gaat. Er is dan geen spanning op de lamp aanwezig en deze zal gedoofd zijn. De voedende spanning neemt nu echter toe tot zij een waarde bereikt, die voldoende is om de lamp te herontsteken. Wij spreken hier van herontsteken, omdat wij aannemen, dat de lamp reeds in normaal bedrijf brandt, en wij noemen de momenteele waarde van de spanning, die noodig is om dit periodieke herontsteken (re-ignition) te bewerken: de

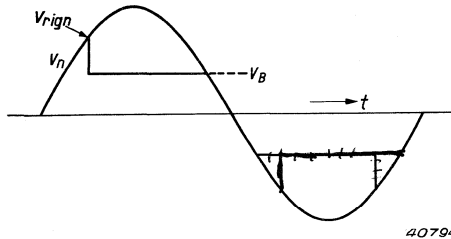


FIG. 16

Schematisch verloop van de brandspanning gedurende een periode bij stabilisatie door een ohmschen weerstand

ning neemt nu echter toe tot zij een waarde bereikt, die voldoende is om de lamp te herontsteken. Wij spreken hier van herontsteken, omdat wij aannemen, dat de lamp reeds in normaal bedrijf brandt, en wij noemen de momenteele waarde van de spanning, die noodig is om dit periodieke herontsteken (re-ignition) te bewerken: de

herontstekspanning (v_{rign}). Direct na deze herontsteking is een kleinere spanning voldoende om de ontlading in stand te houden en de spanning daalt snel tot de waarde V_F , waarop zij voorloopig constant blijft. Ondertusschen neemt de voedende spanning nog steeds toe en het verschil tusschen de momenteele waarden van voedende spanning en lampspanning zal door het voorschakelapparaat moeten worden opgenomen, waardoor de stroom stijgt. Na doorlooping van een maximum daalt de voedende spanning dan echter tot de waarde V_B . Neemt zij nu nog meer af, dan is zij niet meer in staat de ontlading in stand te houden en de lamp dooft. Gedurende den tijd, die verlopen moet voordat de voedende spanning weer de waarde v_{rign} heeft bereikt, blijft de lamp gedoofd; deze tijd wordt daarom donkerperiode genoemd.

Gedurende deze donkerperiode vloeit nu ook geen stroom door de lamp en de in de vorige periode gevormde ionen verdwijnen gedeeltelijk uit de ontlading. Dit beteekent, dat de herontsteking nu moeilijker zal plaats hebben dan in het geval dat geen ionen verdwenen zouden zijn. Dit heeft tot gevolg, dat de herontsteking op een later tijdstip geschiedt, zoodat de donkerperiode hierdoor langer wordt. Zoo beïnvloeden herontstekspanning en donkerperiode elkaar wederzijds. Het gevolg is dat, daar de lamp gedurende de donkerperiode geen licht uitstraalt, het licht stootsgewijze wordt uitgezonden, een effect, dat, vooral bij snel bewegende voorwerpen (stroboscopisch effect), als onaangenaam kan worden ondervonden. Wij zullen in de volgende paragraaf nagaan, hoe deze donkerperiode vrijwel tot nul gereduceerd kan worden door gebruik te maken van een zelfinductie als voorschakelapparaat.

§ 14. WISSELSTROOMSCHAKELING MET ZELFINDUCTIE.

Reeds in hoofdstuk II kwamen wij tot de conclusie, dat een ohmsche weerstand als voorschakelapparaat voor gasontladingslampen uit economische overwegingen niet in aanmerking kwam. Wij wezen er toen reeds op, dat een ander nadeel van deze schakeling lag in het sterke flikkeren van het licht. In de vorige paragraaf zagen wij dat dit toe te schrijven is aan het feit, dat er, na het periodieke dooven van de lamp, niet terstond voldoende spanning aanwezig is om de lamp te doen herontsteken.

Ook bij gebruik van seriecondensatoren treedt een donkerperiode op, terwijl bovendien door de stootsgewijze ontlading van

den condensator de elektroden van de lamp snel verwoest worden (§ 12). Bij voorschakeling van een zelfinductie (smoorspoel of lektransformator) bereiken we echter in dit opzicht veel gunstiger resultaten, zooals wij aan de hand van fig. 17 kunnen nagaan.

Op een bepaald oogenblik heeft de netspanning de waarde AC en is de spanning aan de lamp = AB en de spanning aan de zelfinductie = AD, waarbij natuurlijk geldt $AC = AD + AB$.

Op het moment E dooft de lamp doordat de stroom door nul gaat. De netspanning is echter ten gevolge van de inductiviteit van de smoorspoel niet in fase met den stroom (de spanning ijlt voor). Er is dus reeds een belangrijke tegenspanning aan de klemmen aanwezig op het moment dat de lamp dooft.

Zou de stroom eenigen, zij het ook nog zoo korten tijd, gelijk nul blijven, dan is $\frac{di}{dt} = 0$ en is de spanning aan de smoorspoel ($= -L \frac{di}{dt}$) eveneens nul.

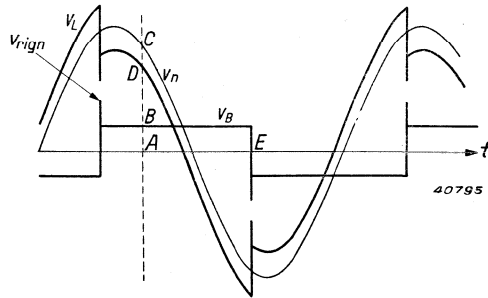


FIG. 17

Verloop van de brandspanning en van de spanning aan de zelfinductie gedurende een periode (schematisch) bij stabilisatie door een zelfinductie.

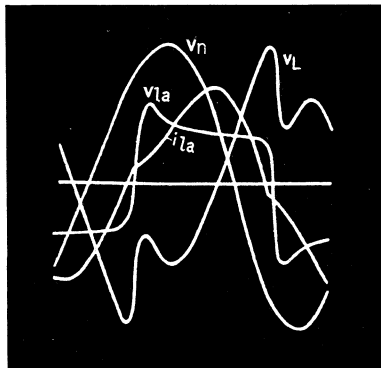


FIG. 18 40798

Oscillogrammen van netspanning (V_n), spanning aan de smoorspoel (V_1); brandspanning (V_{la}) en lampstroom (I_{la}) aan een kwiklamp HP 300.

De netspanning staat dus volledig aan de lampklemmen en neemt van de, ten gevolge van de faseverschuiving toch reeds hoge waarde, snel tot de voor het herontsteken noodige waarde (v_{rign}) toe, zoodat de lamp vrijwel onmiddellijk herontsteekt.

In het geval, dat de netspanning op het moment van dooven van de lamp grooter is dan v_{rign} , herontsteekt de lamp onmiddellijk (fig. 17), terwijl de donkerperiode, indien de waarde van de netspanning onvoldoende is, toch zeer klein blijft.

In fig. 18 is het verloop van netspanning, smoorspoelspanning, lampspanning en lampstroom gegeven volgens een oscillogram, waaruit de goede overeenstemming met het schematisch verloop van fig. 17 blijkt.

Dat ook de vorm van den lampstroom en de lampspanning door het gekozen voorschakelapparaat beïnvloed worden, zal zonder meer duidelijk zijn.

Bij onze volgende beschouwingen zullen wij ons beperken tot stabiliseering door een zelfinductie, daar dit het meest voorkomende geval is. Wij wijzen er echter op, dat ook met succes combinaties van zelfinducties en capaciteiten kunnen worden toegepast. Bespreking van deze mogelijkheden (LC schakelingen) zou ons echter te ver voeren.

§ 15. KEUZE VAN DE BRANDSPANNING.

Indien wij (zooals dit zeer dikwijls het geval is) vrij zijn in de keuze van de brandspanning, kunnen wij ons afvragen welke overwegingen uiteindelijk de keuze bepalen. Wij noemen in dit verband slechts de algemeene richtlijnen, maar merken op, dat bijkomstige omstandigheden de keuze kunnen beïnvloeden.

Wij zullen zien, dat het in het algemeen gewenscht is de brandspanning hoog te kiezen wegens:

de daardoor verkregen relatief kleine electrodenverliezen, den daardoor verkregen zoo hoog mogelijken arbeidsfactor, de kleinere kosten van de benoodigde smoorspoel (resp. spaarlektransformator),

maar dat wij in de hoogte beperkt worden door:

de bedrijfszekerheid van de lampen,
de voor de practijk noodige veiligheidsmarge tegen plotselinge daling van de netspanning.

Wij zullen ieder van deze punten aan een nadere beschouwing onderwerpen.

Brandspanning en electrodenverliezen.

Zooals wij zagen (§ 5), verloopt de brandspanning onregelmatig over de lengte van de gasontladingsbuis ten gevolge van den kathode- en anodeval. De in deze beide gebieden opgenomen energie kan voor de lichtopwekking als practisch verloren worden beschouwd, zoodat deze electrodenverliezen absoluut en relatief zoo klein mogelijk gehouden dienen te worden. In absoluten zin

kan men den kathodeval verkleinen door voor de kathode een materiaal te kiezen, waarvan de uitreepotentiaal klein is (§ 6). De kathodeval bedraagt echter bij de gebruikelijke oxydelectroden nog altijd ca. 10 à 15 V, zoodat deze bij lage brandspanning een relatief groot energieverlies met zich brengt. Men zal de brandspanning dus gaarne hoog (b.v. minstens 100 V) kiezen, om het electrodenverlies tot een aannemelijk percentage te beperken.

Brandspanning en arbeidsfactor.

Onder den arbeidsfactor α verstaan wij het quotient van werkelijk en schijnbaar opgenomen vermogen (§ 12):

$$\alpha = \frac{W_{\text{tot}}}{V_n I_n},$$

waarbij de index n op het voedende net betrekking heeft.

Het totale vermogen kan gesplitst worden in een door de lamp en in een door het voorschakelapparaat opgenomen gedeelte. Dus:

$$\alpha_{\text{tot}} = \frac{W_{l\alpha} + W_L}{V_n I_n}.$$

Bij de lamp zelf zijn, zooals we zagen, de stroom, maar vooral de spanning, sterk vervormd. Als gevolg hiervan is de arbeidsfactor van de lamp $\alpha_{l\alpha} < 1$, hoewel stroom en spanning wel gelijktijdig door nul gaan.

Voeren we den arbeidsfactor van de lamp in bovenstaand verband in, dan vinden we:

$$\alpha_{\text{tot}} = \frac{\alpha_{l\alpha} I_{l\alpha} V_{l\alpha} + W_L}{V_n I_n}.$$

In het algemeen is nu $\alpha_{l\alpha}$ ongeveer gelijk 0,9, terwijl het verlies in het voorschakelapparaat van de orde van 10% van het door de lamp opgenomen vermogen bedraagt. Vullen we deze gegevens in bovenstaande formule in en bedenken we, dat $I_n = I_{l\alpha}$, dan geldt bij benadering:

$$\alpha_{\text{tot}} = \frac{0,9 I_{l\alpha} V_{l\alpha} + 0,1 I_{l\alpha} V_{l\alpha}}{V_n I_n} = \frac{V_{l\alpha}}{V_n},$$

of in woorden: de totale arbeidsfactor bij smoorspoelbedrijf is gelijk aan het quotient van brandspanning en netspanning.

Voor een spaarlektransformator geldt bij benadering een analoge betrekking; in dit geval (met verwaarloozing van den nullaststroom*):

$$I_n = \frac{V_o}{V_n} I_{la},$$

waarin V_o de openspanning van den transformator voorstelt. Vullen we dit in, dan vinden we:

$$a_{tot} = \frac{V_{la}}{V_o},$$

of in woorden: de totale arbeidsfactor bij een spaarlektransformator is gelijk aan het quotient van brandspanning en openspanning.

We zien dus, dat voor een goeden arbeidsfactor, een zoo hoog mogelijke brandspanning noodig is. Op het nut van een goeden arbeidsfactor is reeds in § 12 gewezen en hoewel blijken zal, dat om andere redenen de arbeidsfactor door het verhoogen van de brandspanning niet opgevoerd kan worden tot een in alle gevallen acceptabele waarde, is het duidelijk dat ook dan nog een zoo hoog mogelijke brandspanning gewenscht is, daar in dit geval de eventueel noodige compensatiecondensator klein gehouden kan worden.

Brandspanning en de kosten van het voorschakelapparaat.

Bij gebruik van een zuivere zelfinductie staan de brandspanning en de zelfinductiespanning in het vectordiagram loodrecht op elkaar en is hun vectorsom op ieder oogenblik gelijk aan de netspanning (zie ook fig. 15). Hieruit volgt:

$$V_n^2 = V_{la}^2 + V_L^2.$$

Bij gegeven netspanning wordt dus de spanning aan de smoorspoel grooter naarmate de brandspanning kleiner gekozen wordt. Bij kleinere brandspanning moet dus de smoorspoel een grootere spanning opnemen, hetgeen beteekent, dat het apparaat grooter wordt. Bovendien moet echter de lampstroom (= stroom door de smoorspoel) nu grooter gekozen worden om het gewenschte lampvermogen te bereiken. Om dezen grooteren stroom te kun-

*) Onder nullaststroom verstaat men den stroom, die door de primaire wikkeling van den transformator vloeit, indien deze secundair onbelast is.

nen verwerken, moet de smoorspoel nu nog groter worden gemaakt, zoodat de grootte van het apparaat zeer sterk toeneemt als de brandspanning verlaagd wordt, hetgeen in een belangrijke prijsstijging tot uiting komt.

Ook uit dit oogpunt is het dus gewenscht de brandspanning zoo hoog mogelijk op te voeren.

Brandspanning in verband met de bedrijfszekerheid van de lamp.

Wij kunnen de brandspanning echter niet willekeurig verhoo- gen ten opzichte van de netspanning (§ 9). Immers, ook bij een donkerperiode, die zeer dicht bij nul ligt, zal de herontsteekspanning hooger liggen dan de waarde welke de lampspanning verder aanneemt. De tegenspanning, die aanwezig is bij het dooven van de lamp (stroomdoorgang door nul), moet voldoende zijn of worden om de herontsteking te kunnen bewerken. Bij hooge waarden van de brandspanning zal niet direct voldoende tegenspanning aanwezig zijn en moet deze spanning eerst aangroeien. In den tijd die dit kost, stijgt echter, zooals wij gezien hebben, ook de herontsteekspanning, zoodat het als het ware een wedloop wordt, of de netspanning de herontsteekspanning nog inhaalt. Bij een brandspanning, die zeer hoog is ten opzichte van de netspanning, zal dit niet meer het geval zijn en de lamp dooft.

Brandspanning en plotselinge netspanningsdaling.

Daalt de netspanning plotseling sterk, bijv. ten gevolge van het inschakelen van een groot verbruik, dan heeft de brandspanning geen gelegenheid zich aan de plotseling gewijzigde omstandigheden aan te passen. Het kan dan voorkomen, dat de beschikbare spanning niet voldoende is om het herontsteken te bewerken, zoodat de lamp dooft.

Het is dus noodzakelijk, de betrouwbaarheid van het herontsteken hoog, d.w.z. de brandspanning betrekkelijk laag te kiezen. De speling kan in de practijk als voldoende worden beschouwd als de betrouwbaarheid van het herontsteken voldoende is, om de lampen bij plotselinge spanningsdalingen van ca. 50 V (bij 220 V net) te laten doorbranden. Zijn de dalingen zeer kortstondig (bijv. één periode), dan kan de spanning nog belangrijk meer dalen, zonder dat de lampen dooven, omdat de herontsteekspanning in dezen zeer korten tijd nog niet zoover is gestegen, dat deze boven de topwaarde van de nominale netspanning uitkomt.

§ 16. APPARATUUREISCHEN IN VERBAND MET LAMPEIGENSCHAPPEN.

In de inleiding wezen wij er reeds op, dat verschillende lamp-eigenschappen bepaald, resp. beïnvloed worden door de gebruikte voorschakelapparatuur. Dit is niet alleen het geval bij gebruik van principieel verschillende apparaten, zooals weerstand, condensator en smoorspoel, maar geldt ook indien wij ons tot één soort apparaat, i.c. de smoorspoel, beperken.

Zoo zijn o.a. afhankelijk van de smoorspoeleigenschappen:
het door de lamp opgenomen vermogen,
de inschakelstroom,
de gevoeligheid voor variaties in de netspanning en
het praktische lichtrendement.

Wij willen aan ieder van deze punten een korte beschouwing wijden en daarna de hieruit volgende eischen voor de apparatuur algemeen samenvatten.

Het door de lamp opgenomen vermogen.

Het door de lamp opgenomen vermogen wordt in hoofdzaak bepaald door de brandspanning en den lampstroom (en den arbeidsfactor van de lamp). De smoorspoel moet er nu voor zorgen, dat bij de spanning, die tijdens normaal bedrijf aan de smoorspoel ligt, de juiste stroom wordt „doorgelaten”. Deze smoorspoelspanning (V_L) hangt, bij zuivere zelfinductie, met de brandspanning (V_{la}) samen volgens het verband

$$V_L^2 = V_n^2 - V_{la}^2.$$

In werkelijkheid is een smoorspoel echter geen zuivere zelfinductie, maar een gedeelte van haar wisselstroomweerstand wordt door ohmschen weerstand gevormd. Dit beteekent, dat aan bovenstaande betrekking nooit geheel voldaan wordt en wel des te minder naarmate het percentage ohmsche weerstand grooter is. In dit geval nadert men nl. steeds meer tot het geval van uitsluitend ohmschen weerstand:

$$V_L = V_n - V_{la}.$$

In de practijk is V_L dus kleiner dan uit de betrekking voor een zuivere zelfinductie zou volgen en afhankelijk van den ohmschen weerstand van de smoorspoel.

Dit beteekent dat wij niet mogen eischen, dat door verschillend geconstrueerde smoorspoelen de gewenschte stroom bij een-

zelfde spanning (V_L) moet worden doorgelaten, tenzij wij op de een of andere manier de zekerheid hebben, dat de wisselstroomweerstand van de smoorspoelen binnen een niet al te veel uiteenlopende percentage uit ohmschen weerstand bestaat.

De inschakelstroom.

Direct na het inschakelen van een gasontladingslamp heerscht in de lamp nog geen temperatuurevenwicht. Speciaal bij die lampen, waarvan de ontlading wordt gedragen door een metaaldamp (natrium- en kwiklampen) duurt het eenigen tijd voor het evenwicht is bereikt. Gedurende dezen tijd (de opwarmperiode) verandert de brandspanning. Zoals we later zullen nagaan, begint de brandspanning bijv. bij hoogedruk kwiklampen op een zeer lage waarde, zoodat de lamp direct na het inschakelen practisch een kortsluiting vormt. In dat geval is dus V_L ongeveer $= V_n$ en zal de smoorspoel den kortsluitstroom I_k doorlaten (fig. 19). Hoe grooter deze kortsluitstroom is, des te meer energie wordt aan de lamp toegevoerd, dus des te eerder is het temperatuurevenwicht bereikt. Voor verkorting van de aanloopperiode is dus een groote kortsluitstroom gewenscht.

Hier staat echter het na-deel tegenover, dat de electroden en de toevoerdraden gedurende eenigen tijd door den hoogen kortsluitstroom worden doorlopen. Dit heeft op den levensduur der electroden (verdamping, enz.) een slechten invloed, terwijl de toevoerdraden zoo sterk verhit worden, dat zij het glas van de lamp op de insmeltplaatsen kunnen doen springen. Uit dit oogpunt is dus een hooge kortsluitstroom van de smoorspoel ongewenscht. Anderzijds mag de kortsluitstroom dikwijls ook weer niet al te laag gekozen worden, daar ook dit een schadelijken invloed kan hebben op den levensduur der electroden.

Ter verzoening van de beide bovengenoemde eischen moet een compromis worden gezocht, dat tevens rekening houdt met het volgende punt:

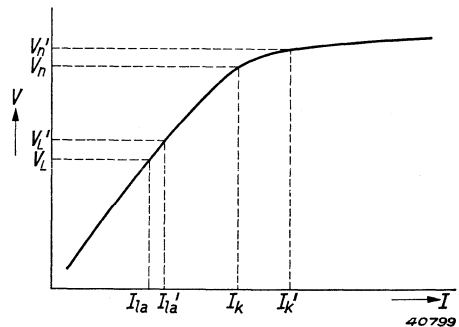


FIG. 19

Invloed van de smoorspoelverzadiging op den aanloopstroom en de gevoeligheid voor netspanningsvariaties bij een hoogedruk kwiklamp.

De gevoeligheid voor variaties in de netspanning.

Indien de netspanning gedurende eenigen tijd van de nominale waarde afwijkt, zal de lamp zich aan dezen gewijzigden toestand aanpassen, al of niet onder verandering van de brandspanning. Nemen wij aan, dat de brandspanning in eerste benadering constant blijft, dan varieert V_L procentueel sterker dan V_n . In fig. 19 is deze toestand aangegeven voor een netspanningsverhoging van V_n tot V_n' . De smoorspoelspanning is hierbij toege-
nomen tot V_L' , terwijl de kortsluitstroom de waarde I_k' heeft gekregen.

Zooals wij zien, hangt het geheel van de helling van de magnetiseeringskromme in het gebied $V_L—V_L'$ af, hoe de lampstroom zal variëren, terwijl de helling in het gebied $V_n—V_n'$ de verhoging van den aanloopstroom bepaalt.

De variatie in den lampstroom willen wij graag zoo klein mogelijk houden, daar deze het opgenomen vermogen, en dit weer den uitgestraalden lichtstroom, beïnvloedt.

De variatie in den kortsluitstroom mag eveneens niet te groot zijn, daar wij hiervoor, in verband met den duur van de aanloopperiode eenerzijds en de overbelasting van electroden en insmeltplaatsen anderzijds, reeds eischen hebben vastgelegd (zie het vorige punt).

Wij moeten dus voor een niet te groote gevoeligheid voor netspanningsvariaties een maximum helling van de magnetiseeringskromme voorschrijven, terwijl anderzijds de helling niet te klein mag zijn, daar in dat geval de aanloopperiode te lang zou worden, wat niet alleen voor den verbruiker onaangenaam zou zijn, maar tevens in vele gevallen te veel van de electroden zou vergen.

Het praktische lichtrendement.

Onder de bijzondere voordeelen, die de gasontladingslampen voor bepaalde toepassingsgebieden hebben, kan ook de groote specifieke lichtstroom worden genoemd. Wij zagen reeds dat een van de redenen, waarom de smoorspoel een zoo groote toepassing als voorschakelapparaat gevonden heeft, in de kleine eigenverliezen gelegen is, waardoor het praktische (bruto) lichtrendement niet te veel lager dan dat van de lamp alleen wordt. Het ligt dan ook voor de hand, dat wij van een smoorspoel eischen, dat haar verliezen een bepaalde, in vergelijking met het lampvermogen kleine waarde niet overschrijden. In het eerste punt van deze paragraaf bleek, dat wij als eisch moesten stellen, dat de ohmsche weerstanden van smoorspoelen van verschillende con-

structie onderling ongeveer gelijk moeten zijn, als we willen eischen, dat de gewenschte stroom doorgelaten wordt bij een aangelegde spanning, die voor de diverse smoorspoelen dezelfde is. Wij zien, dat we dezen eisch niet afzonderlijk behoeven te formuleeren, als wij voorschrijven dat de totale verliezen klein moeten zijn, daar in dit geval het gedeelte van de smoorspoelimpedantie dat uit ohmschen weerstand bestaat, vanzelf niet zeer verschillend kan zijn voor de diverse smoorspoelen.

Samenvatting der eischen.

Wij staan dus voor de taak op zoo eenvoudig mogelijke wijze de eischen te formuleeren, welke aan een smoorspoel gesteld moeten worden, om het goede functionneeren van de gasontladingslamp te waarborgen. In principe komt dit hierop neer, dat wij:

1. één punt van de magnetiseeringskromme vastleggen, d.w.z. de instelling voorschrijven.

Wij kunnen dit doen door te eischen, dat de stroom door de smoorspoel een bepaalde waarde I_a moet hebben, wanneer wij:

- a. aan de smoorspoel een van te voren vastgestelde spanning (V_L) leggen of
- b. aan de smoorspoel en een met deze in serie geschakelde speciaal uitgezochte lamp (van gemiddelde brandspanning) de netspanning, waarvoor de smoorspoel dienst moet doen, aanleggen, of
- c. in het onder b genoemde geval de lamp voor deze meting door een weerstand vervangen (vervangingsweerstand).

Van deze drie mogelijkheden komt de tweede (gebruik van een lamp) het minst in aanmerking, omdat de lampen vanzelfsprekend aan fabricagetoleranties onderhevig zijn en bovendien niet steeds die constantheid bezitten, die we voor een dergelijke meting moeten eischen. De beide andere methoden zijn goed toepasbaar en worden dan ook veelal door elkaar gebruikt.

2. de helling van de magnetiseeringskromme vastleggen voor de gebieden $V_L - V_L'$ en $V_L - V_n'$ (zie fig. 19). Wij zien echter uit de figuur duidelijk, dat het niet meer mogelijk is een willekeurige magnetiseeringskromme te trekken als V_L , V_n en V_L' gegeven zijn. Het is dus overbodig de helling $V_L - V_L'$ afzonderlijk vast te leggen en men beperkt er zich toe te eischen,

dat $\frac{I_k}{I_{1a}}$ tusschen bepaalde grenzen moet liggen en dat $\frac{I_k'}{I_{1a}}$ een bepaalde waarde niet mag overschrijden. Voor I_k' wordt dan gewoonlijk de kortsluitstroom bij 110 % netspanning gekozen. Misschien ten overvloede kan nog worden opgemerkt, dat deze eischen natuurlijk geheel anders liggen voor lampen, waarbij de brandspanning direct na het inschakelen laag is (hoogedruk kwiklampen) dan voor die, waarbij deze dan juist hoog is (natriumlampen).

c. de maximale eigenverliezen voorschrijven.

Voor een spaarlektransformator gelden in principe dezelfde eischen, terwijl hier bovendien de waarde van de openspanning voorgeschreven moet worden.

§ 17. Gemeenschappelijke voorschakelapparatuur.

Ten slotte willen we dit deel besluiten met de bespreking van de vraag of het mogelijk is apparaten voor meer dan een lamp gemeenschappelijk te gebruiken.

a. Twee of meer lampen parallel op één apparaat.

Om in te zien dat dit onmogelijk is, willen we eerst nagaan op welke wijze de stabilisatie van één lamp op een smoorspoel geschiedt. Op overeenkomstige wijze als dit in § 8 uitvoerig nagegaan is voor stabilisatie met een weerstand, kunnen we de stabilisatie met een smoorspoel beschrijven. In fig. 20 is dit geval weergegeven. Wij moeten nu echter op de verticale as de kwadraten der spanningen uitzetten, daar in dit geval de som der kwadraten van brandspanning en smoorspoelspanning gelijk is aan het kwadraat van de netspanning. Doen wij dit, dan zien wij dat het eenige

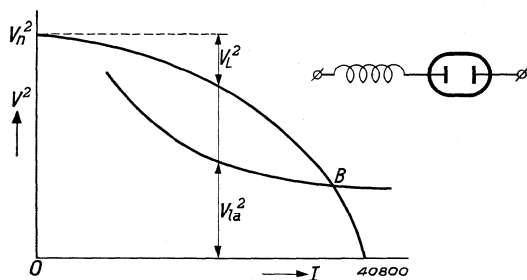


FIG. 20

Stabilisatie van een wisselstroomontlading door een smoorspoel.

verschil met fig. 6 is, dat de smoorspoelkarakteristiek gekromd is, terwijl die van den weerstand een rechtlijnig verloop heeft. B is weer het stabiele snijpunt, waarnaar de lamp na eventueele evenwichtsverstoringen terugkeert.

Beschouwen wij nu ditzelfde geval voor twee lampen, welke parallel op

één smoorspoel branden. Dit is in fig. 21 voorgesteld, waarin de beide lampkarakteristieken a en b (die in het algemeen niet precies gelijk zullen zijn) en de somkarakteristiek (c) zijn geteekend. Wij nemen aan, dat een evenwichtstoestand is bereikt, waarbij ieder der lampen inderdaad die stroomsterkte (I_a en I_b) opneemt, die volgens haar eigen karakteristiek bij de spanning V_1^2 hoort.

Indien deze toestand ooit realiseerbaar zou zijn, zou de geringste invloed de definitieve ver storing van het evenwicht ten gevolge hebben. Dat deze toestand inderdaad niet stabiel kan zijn, blijkt onmiddellijk, als we aannemen, dat door de een of andere oorzaak de stroom van lamp a iets zou toenemen. Dit kan alleen

ten koste van den stroom van de andere lamp, d.w.z. de bedrijfspunten B_1 en B_2 verplaatsen zich in tegengestelde richting. Voor de lamp, waarvan de stroomsterkte is toegenomen, gaat dit door tot het bedrijfspunt op de karakteristiek van de smoorspoel ligt en daar een stabiele toestand bereikt. Het bedrijfspunt van de andere lamp verplaatst zich steeds verder in tegengestelde richting, tot deze lamp uitgaat.

De lamp die blijft branden wordt nu echter sterk overbelast, daar zij door een te groote smoorspoel wordt gevoed; zij gaat dan ook spoedig stuk. Daarna zal de andere lamp ontsteken en spoedig hetzelfde lot ondergaan.

Zelfs indien dus een evenwichtstoestand bereikt zou kunnen worden, blijkt stabiel bedrijf van twee lampen parallel op één smoorspoel onmogelijk. In werkelijkheid echter is zelfs kortstondig deze evenwichtstoestand niet te bereiken, ook al niet op grond van de volgende overweging.

De (eerste) ontsteekspanning van een gasontladinglamp is aanzienlijk hooger dan haar brandspanning. Van twee lampen zijn slechts bij uitzondering de ontsteekspanningen gelijk, zoodat een van de beide lampen het eerst zal ontsteken. De spanning aan de lampklemmen daalt hierdoor plotseling, en wel tot een waarde, die onder de ontsteekspanning van de andere lamp zal liggen en

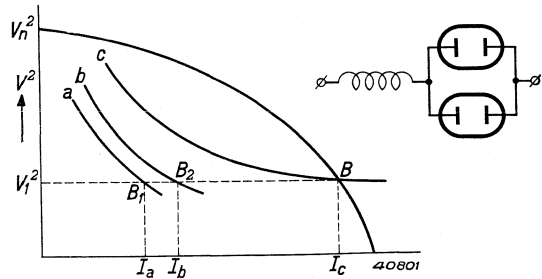


FIG. 21

Twee wisselstroomontladingen parallel achter een gemeenschappelijke smoorspoel.

tijdens het opwarmen in het algemeen ook onder deze waarde zal blijven. De tweede lamp komt dus niet eens tot ontsteking, zoodat reeds in het algemeen uit dien hoofde parallelschakeling van lampen achter één smoorspoel onmogelijk blijkt.

Van deze laatste eigenschap, dat nl. slechts een van de beide lampen tot ontsteking komt, heeft men zelfs wel eens gebruik gemaakt voor een z.g. veiligheidsschakeling op punten waar ernstige storingen zouden kunnen optreden door het stukgaan van een lamp, en schakelt dan achter een normale smoorspoel (voor één lamp) twee lampen parallel. Om bovengenoemde reden gaat dan slechts één van de lampen aan. Gaat deze lamp op den duur stuk, dan heeft men toch automatisch weer licht doordat de andere (reserve) lamp nu in werking komt.

b. Twee of meer lampen in serie op één apparaat.

Dit geval is zeer goed te verwezenlijken en wordt betrekkelijk dikwijls toegepast. Men kan bij deze serieschakeling nog twee gevallen onderscheiden.

In de eerste plaats is het in principe zonder meer mogelijk verschillende lampen in serie met elkaar en met een smoorspoel te branden. De smoorspoel zorgt dan voor de stabilisatie en neemt het verschil tusschen netspanning en totale brandspanning op. Meestal moet men dan echter zijn toevlucht nemen tot het verhoogen van de netspanning, omdat de totale ontsteekspanning te hoog wordt. In het algemeen kan men zeggen, dat bij de bekende gasontladingslamptypen, serieschakeling van reeds twee lampen het gebruik van een transformator noodzakelijk maakt. Wil men dus verscheidene lampen in serie branden, dan vervalt men al spoedig in hoogspanning, zoodat dit voor algemeen gebruik niet in aanmerking komt. Bovendien is uit veiligheidsoverwegingen het gebruik van spaarlektransformatoren bij dergelijke hoge spanningen niet meer toegestaan (§ 11), zoodat men „echte“ lektransformatoren moet gebruiken, hetgeen dikwijls tot vrij kostbare installaties voert. In bepaalde gevallen overwegen echter de voordeelen van dit systeem, zoodat het bijv. bij neon reclamebuizen algemeen wordt toegepast.

Om aan deze hoogspanning te ontkomen, kan men nu ook een geheel anderen weg inslaan. Iedere lamp behoudt haar eigen voorschakelapparaat (transformator), maar de primaire wikkelingen van al deze transformatoren liggen in serie en worden door een stroom doorlopen, die door een gemeenschappelijken regeltransformator constant gehouden wordt. Dit systeem vindt in de

meeste Europeesche landen weinig toepassing, maar biedt in enkele gevallen voordeelen, in het bijzonder als de installatie gebruikt wordt voor lampen, die over een zeer grooten afstand verdeeld zijn.

c. Groepscompensatie.

Hoewel condensatoren, behalve bij LC-schakelingen, niet in den strikten zin van het woord als voorschakelapparaat kunnen worden beschouwd, kunnen ze in die gevallen, waarin compensatie van den arbeidsfactor wordt toegepast, toch als een onderdeel van de voorschakelapparatuur worden beschouwd.

We vragen ons af of er bezwaar tegen bestaat twee of meer lampen, die ieder met hun eigen smoorspoel of spaarlektransformator gestabiliseerd zijn, door middel van een gemeenschappelijke condensator te compenseeren. Inderdaad is hiertegen niets in te brengen, hetgeen zonder meer duidelijk zal zijn als we bedenken, dat het al of niet aansluiten van een compensatiecondensator op het eigenlijke lampcircuit niet den minsten invloed heeft. In vele gevallen zal het economisch zelfs aan te bevelen zijn deze groepscompensatie toe te passen, daar, vooral bij kleinere condensatoren, de prijs veel langzamer toeneemt dan de capaciteit.

Alleen moet rekening worden gehouden met het feit, dat de stroom in de leidingen tusschen condensator en lamp niet gecompenseerd wordt, zoodat deze leidingen in het algemeen zoo kort mogelijk gehouden dienen te worden.



Het Raadhuis in Vught,
verlicht door „Philora“ natrium lampen.

DEEL II

§ 18. INLEIDING.

In het voorgaande werden de grondslagen van de gasontladingslampen en apparaten besproken, waarbij reeds hier en daar op den practischen uitvoeringsvorm werd ingegaan.

In dit deel zullen we ons hoofdzakelijk bezig houden met de practische uitvoeringsvormen van de verschillende lampen en apparaten, waarbij we bij het vragen naar het waarom herhaaldelijk in meer theoretische beschouwingen zullen moeten vervallen. Een volkomen scherpe scheiding tusschen het eerste en het tweede deel is dus niet te trekken en ook niet nagestreefd. In deel I is slechts datgene besproken, wat den gang van de beschrijving van den uitvoeringsvorm en de eigenschappen van de in de handel zijnde lamptypen in deel II storend zou onderbreken.

We beginnen met de bespreking van de natriumlampen. Veel van wat hierbij gezegd zal worden is ook van toepassing op lagedruk lampen met andere gas- of dampvulling. Daar echter de natriumlampen door de kleur van hun licht in de practijk een afzonderlijke plaats innemen, zullen de andere lagedruk lampen afzonderlijk worden behandeld.

In Juli 1932 werd de eerste wegverlichting met natriumlampen (een gelijkstroomtype van de N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken) in gebruik genomen (op den weg Beek-Geleen) en men kan zeggen, dat van dat oogenblik af de ontwikkeling van de gasontladingslampen in een actief stadium gekomen is.

Al spoedig volgde de kwiklamp en sindsdien hebben de laboratoria en fabrieken der groote lampenfabrieken (N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken in Nederland, Osram G.m.b.H. in Duitschland, General Electric Company Ltd., British Thomson Houston en Siemens Electric Lamps Ltd. in Engeland, General Electric Company en Westinghouse Lamp Company in de Vereenigde Staten van Amerika) de lichttechniek telkens met nieuwe aanwinsten op dit gebied verrijkt. Nog steeds is deze ontwikkeling in vollen gang en men kan veilig voorspellen, dat de eerstvolgende jaren een gestadigen groei van de gasontladingslampen te zien zullen geven. Bij de benaming van de lamptypen in continentaal

Europa eenerzijds en de Engelsch sprekende landen anderzijds, komt een verschil in opvatting tot uiting, dat vermelding verdient. De in continentaal Europa vervaardigde lampen zijn ontwikkeld volgens een l i c h t s t r o o m r e e k s, d.w.z. de verschillende typen worden gemaakt met een lichtstroom volgens een internationaal overeengekomen reeks, die zoodanig gekozen is, dat, uitgaande van een grondtype, ieder volgend type een bepaald percentage meer licht geeft dan het voorafgaande. Dit wil niet zeggen, dat ook werkelijk ieder type, dat in deze reeks past, gefabriceerd wordt, maar wel, dat typen, die niet in de reeks liggen, niet gemaakt worden. De typebenaming is dus op het Europeesche continent gebaseerd op den lichtstroom, die in de k a l u m e n (Dlm) wordt aangegeven *). Daarnaast wordt dan het opgenomen vermogen opgegeven.

In de Britsche landen en in de Vereenigde Staten van Amerika houdt men zich echter aan de w a t t r e e k s. Hier is op overeenkomstige wijze een reeks van wattages vastgelegd, buiten welke geen lampen gemaakt worden. Hier is dus de typebenaming op het door de lamp opgenomen vermogen gebaseerd**). Daarnaast wordt dan de uitgestraalde lichtstroom opgegeven.

Deze opvattingen leiden tot verschillende lamptypen. In dit boek worden alleen de door Philips gevoerde continentale typen besproken, welke algemeene bekendheid verworven hebben onder den naam „P h i l o r a“ l a m p e n.

*) Zie voor lichttechnische grootheden het aanhangsel.

***) Voor gasonfladingslampen is dit niet logisch, daar het t o t a l vermogen (met inbegrip van de voorschakelapparatuur-verliezen) toch niet meer in de reeks komt te liggen.

HOOFDSTUK I

NATRIUMLAMPEN

§ 19. OVERZICHT.

In principe bestaat een natriumlamp uit een buis, gevuld met een edelgas van lagen druk (voor het ontsteken) en een hoeveelheid (vast) natrium, terwijl aan de uiteinden van de buis twee electroden ingesmolten zijn. Voor de gedachtebepaling geven wij in onderstaande tabel een overzicht van de voornaamste door Philips in den handel gebrachte natriumlampen met hun karakteristieke grootheden. Hierbij zijn de verouderde typen weggelaten.

Lampgegevens	Eenheid	Lamptype			
		SO 250	SO 400	SO 650	SO 1000
Lichtstroom	Dlm	250	400	650	1000
Opgenomen vermogen lamp alleen	W	45	60	85	140
lamp met voorschakel- apparaat (220 V)		65	80	105	165
Lichtrendement (bruto, 220 V)	Dlm/W	3,85	5,0	6,2	6,1
Lampstroom	A	0,6	0,6	0,6	0,9
Brandspanning	V	80	110	165	165
Netstroom zonder con- densator bij 220 V	A	1,4	1,4	1,4	2,2
bij 125 V		2,6	2,6	2,6	4,3
Maximum ontsteekspan- ning	V	340	340	400	400

Hieruit blijkt o.a., dat de lampen een te hoge ontsteekspanning hebben om zonder verdere maatregelen op een 220 V net te kunnen ontsteken. De lampen worden daarom via een spaarlektransformator aan het net aangesloten. In fig. 22 is het schakelschema voor dit geval aangegeven. Fig. 23 toont een foto van de natriumlamp SO 650.

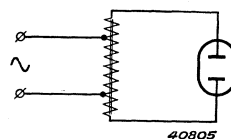


FIG. 22

Schakeling van een SO 650 lamp.

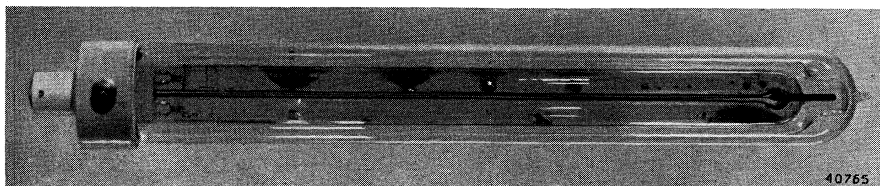


FIG. 23

Foto van een natriumlamp SO 650.

§ 20. HET VACUUMGLAS.

Daar de dampdruk van het natrium bij normale omgevings-temperatuur onvoldoende is om ontsteking mogelijk te maken, is de lamp van een edelgasvulling voorzien (zie § 6).

Is de lamp eenmaal ontstoken, dan zal deze zoodanig verwarmd moeten worden, dat de druk van den natriumdamp voldoende wordt om de lichtuitstraling van het natrium te doen overheerschen over die van het edelgas, dat bij natriumlampen uit neon en een kleine argonbijmenging bestaat. Voor het goede functioneeren van de lamp is een natriumdampdruk van ca. 4×10^{-3} mm noodig, overeenkomend met een temperatuur van ca. 280° C. Deze temperatuur moet nauwkeurig aangehouden worden, daar anders de dampdruk en daarmee de lichtuitstraling sterk varieert*). Het is dus noodig de warmteverliezen door convectie en geleiding zoo-veel mogelijk te beperken en deze zoo-veel mogelijk onafhankelijk te maken van de omgevingscondities. Dit wordt in de practijk het eenvoudigst bereikt door gebruik te maken van een vacuüm-glas.

Het blijkt, dat een enkele glaswand, die het vacuüm om de ontladingsbuis omsluit, geen voldoende warmte-isolatie geeft, zoodat een tusschenwand als stralingsscherm noodig is. Het vacuüm-

*) Bij ca. 280° C heeft een temperatuurdaling van 1° C een verlaging van den dampdruk van ca. 4 % ten gevolge. In eerste benadering geldt dezelfde achteruitgang ook voor de lichtuitstraling.

glas is daarom dubbelwandig en bovendien afneembaar uitgevoerd, zoodat de lamp zelf door lucht omgeven is en lamp en luchtmantel samen door het dubbelwandige vacuümglas omsloten worden. De binnenwand van het vacuümglas dient dan als stralingscherm. In fig. 24 is een schema van de ontladingsbuis van een natriumlamp gegeven, terwijl fig. 25 de lamp compleet met vacuümglas laat zien.

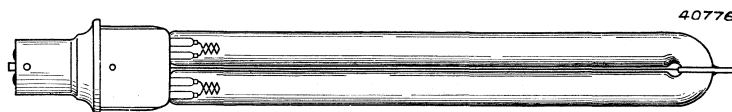


FIG. 24

Ontladingsbuis van een natriumlamp.

Deze constructie biedt twee voordeelen. In de eerste plaats kan de lamp zelf zeer eenvoudig geconstrueerd worden en kan het vacuümglas voor verscheidene lampen na elkaar dienst doen. Hierdoor is een commercieel voordeel bereikt. Dit brengt in de tweede plaats een technisch voordeel mede. De luchtmantel om de lamp zorgt nl. voor de gelijkmatige temperatuurverdeling over de geheele lamp, waardoor koude plaatsen zooveel mogelijk worden vermeden.

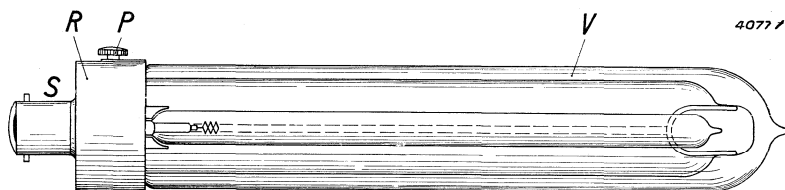


FIG. 25

Complete natriumlamp. De ontladingsbuis is in het vacuümglas geschoven. Het dubbelwandige vacuümglas heeft een porseleinen ring R, waarin de lamp met haar huls S met de veerende stift P wordt bevestigd. Het einde van den ontsteekband, die als uitwendige hulpelectrode dienst doet, eindigt in een vork, die in een vernauwing van het vacuümglas past en daardoor de lamp steunt.

Door deze maatregelen wordt dus de voor den natriumdampdruk benoodigde temperatuur gewaarborgd, ook in het geval dat de buitenomstandigheden (koude en/of wind) ongunstig zijn. Geheel onafhankelijk van de buitentemperatuur is de natriumlamp niet, maar de invloed op den lichtstroom is verwaarloosbaar geworden, mede door de keuze van de belasting (zie § 17).

§ 21. HET GLAS VAN DE ONTLADINGSBUIS.

Bij een temperatuur, zooals deze in de lampen heerscht, is natriumdamp chemisch zeer actief en tast de normale glassoorten snel aan. Dit is een gevolg van de groote affiniteit van natriumdamp tot zuurstof, waardoor alle zuurstofbevattende stoffen kans loopen gereduceerd te worden. Het is dus zeer waarschijnlijk, dat het normaal gebruikelijke glasvormende oxyde SiO_2 gereduceerd wordt tot metallisch Si, met als gevolg bruin- of zwartkleuring. Wordt echter B_2O_3 als glasvormend oxyde gebruikt, dan gelukt het een glas te maken, dat tegen de inwerking van natriumdamp bestand is.

Een dergelijk boraatglas heeft echter, naast andere onaangename eigenschappen, het ernstige bezwaar, dat het gemakkelijk in water oplost en dus practisch onbruikbaar is (verweeren). Om nu toch van de goede natriumbestendigheid gebruik te kunnen maken, heeft men het boraatglas als een dunne laag in een normale (kalkglas-) buis aangebracht (Überfangverfahren). Op deze wijze ontstaat het z.g. kalk-boraatglas, dat zich als „gewoon“ glas gedraagt, maar bovendien natriumbestendig is.

§ 22. DE ONTSTEEKSPANNING.

Van de verschillende middelen, die ons ten dienste staan om de ontsteekspanning te verlagen (§ 6), is een inwendige hulpelectrode bij natriumlampen niet eenvoudig toepasbaar. Op de koudere plaats, die ten gevolge van den hiervoor noodigen metaaldoorvoer ontstaat, kan nl. geleidelijk een groot gedeelte van het in de lamp aanwezige natrium condenseeren, waardoor ten slotte de natriumdampdruk te laag wordt. Het gevolg is, dat het natriumlicht sterk terugloopt en de straling van het edelgas toeneemt. Doordat neon als edelgas gebruikt wordt, gaat de lamp „roodbranden“. Daar de specifieke lichtstroom van een roodbrandende lamp belangrijk lager is dan die van een normaal brandende lamp, dient dit roodbranden te worden vermeden.

Bovendien echter kan het metallische natrium, dat op deze plaats condenseert, aanleiding geven tot kortsluiting tusschen de hulpelectrode en de hoofdelectrode. Ten slotte kan het natrium in een dergelijk geval als elektrode dienst gaan doen, waardoor op ongewenschte plaatsen warmteontwikkeling ontstaat, die tot vroegtijdigen sprong van het glas kan voeren.

Een uitwendige hulpelectrode wordt bij de natriumlampen wel toegepast, maar deze heeft geen voldoende invloed

om de ontsteekspanning onder 220 V te brengen. Daarom wordt een spaarlektransformator bij deze lampen gebruikt (§ 11).

Een bijzonder voordeel van deze schakeling is, dat drie van de vier typen lampen: SO 250, SO 400 en SO 650, op eenzelfde transformator kunnen worden gebrand, hetgeen belangrijk is indien men het verlichtingsniveau van een natriumlampeninstallatie om de een of andere reden in den loop van den tijd wenscht te wijzigen. Gewoonlijk is een dergelijke soepelheid bij gasontladingslampen niet aanwezig en moet men bij het overgaan naar een ander lamp-type tevens het voorschakelapparaat vervangen. Dat dit hier niet noodig is, laat zich

het beste verklaren aan de hand van fig. 26. Hierin is de z.g. belastingskarakteristiek van den spaarlektransformator voor SO 250, SO 400 en SO 650 aangegeven, d.w.z. het verband tusschen spanning en stroom van een (ohmschen) weerstand, die als belasting de natriumlamp vervangt. Hieruit blijkt, dat de stroom in het gedeelte A-B weinig (570—625 mA) varieert bij vrij groote spanningsverandering (50—150 V). In dit gebied is de stroom dus practisch constant, of wel het wattage neemt evenredig toe met de spanning aan den weerstand, die hier dezelfde beteekenis heeft als de brandspanning van de natriumlamp.

In het algemeen geldt dit voor die gevallen, waarin de brandspanning klein is ten opzichte van de netspanning (of openspanning). Denken we ons den spaarlektransformator vervangen door een zelfinductie, die in serie met de lamp is aangesloten op een net, waarvan de spanning gelijk is aan de openspanning van den transformator, dan geldt (bij verwaarloozing van den ohmschen weerstand van de zelfinductie):

$$V_n^2 = V_L^2 + V_{la}^2,$$

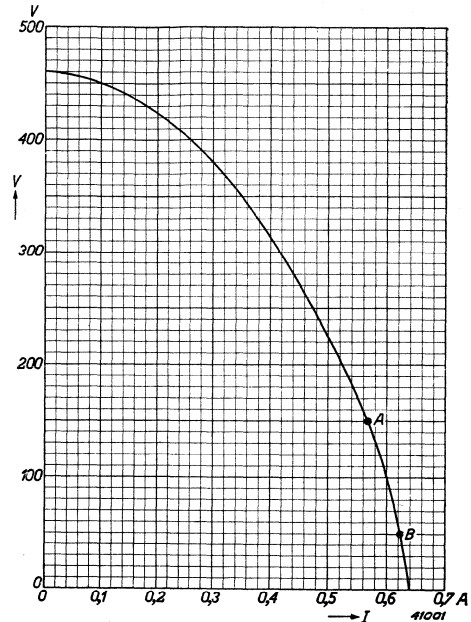


FIG. 26

Het verband tusschen spanning en stroom aan een variablen weerstand, die bij constante netspanning een spaarlektransformator voor een natriumlamp SO 650 belast.

waarin

- V_n = netspanning,
 V_L = spanning aan de
 zelfinductie,
 $V_{l\alpha}$ = brandspanning.

Is V_n nu groot ten opzichte van $V_{l\alpha}$, dan hebben variaties in $V_{l\alpha}$ een kleinen invloed op V_L en dus op den stroom door de zelfinductie.

In eerste benadering is dus de stroom bij de lampen SO 250, SO 400 en SO 650 gelijk en het opgenomen vermogen evenredig met de brandspanning. De brandspanning is praktisch evenredig met de lengte, zoodat we eenvoudig door de lengte der lampen te kiezen het opgenomen vermogen in de hand hebben.

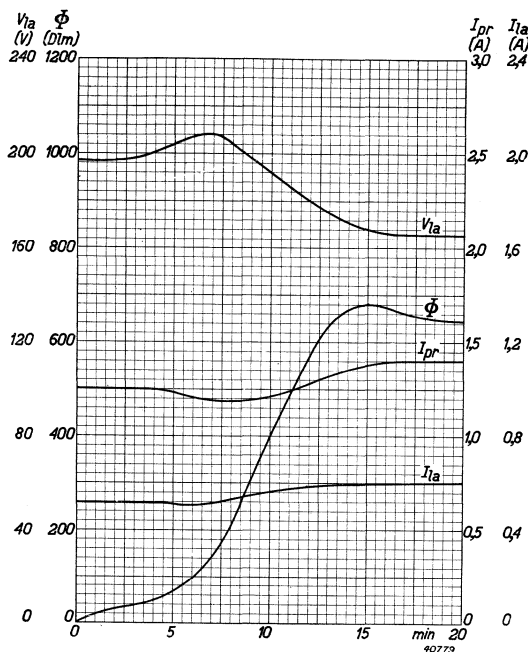


FIG. 27

Het gedrag gedurende de opwarmperiode van enkele karakteristieke grootheden van een natriumlamp SO 650, die met een spaarlektransformator op een 220 V net aangesloten is. Aangegeven is het gedrag van den lichtstroom (Φ), de brandspanning ($V_{l\alpha}$), den netstroom (I_{pr}) en den lampstroom ($I_{l\alpha}$).

§ 23. DE OPWARMPERIODE.

Als de natriumlamp ontstoken is, duurt het nog eenigen tijd voor een evenwichtstoestand is ingetreden. Wij willen deze opwarmperiode iets nader beschouwen, daar hieruit belangrijke eigenschappen van de lampen zijn af te leiden. In fig. 27 is het verloop van brandspanning, lampstroom, lichtstroom en primair stroom voor een SO 650 lamp op 220 V met een spaarlektransformator gedurende het opwarmen aangegeven. We willen in het kort het gedrag van de drie eerstgenoemde grootheden nagaan.

De brandspanning.

De natriumlampen hebben als edelgasvulling hoofdzakelijk neon. Daar de dampdruk van het natrium bij het ontsteken buitengewoon laag is, heeft de ontlading direct na het ontsteken prac-

tisch uitsluitend in neon plaats, hetgeen goed waar te nemen is aan de roode lichtkleur (dezelfde kleur als die van de bekende roode reclamebuizen (zie hoofdstuk V). Aan het verloop van de brandspanning gedurende de opwarmperiode is dit eveneens te zien. De beginwaarde van de brandspanning is nl. hooger dan de eindwaarde, daar de ionisatiespanning van de neonatomen hooger is dan die van de natriumatomen, zoodat de voor de compensatie van de negatieve ruimtelading noodige ionen moeilijker gevormd worden bij de neonontlading. Naarmate de natriumionen aan het ladingstransport gaan meedoen, daalt de brandspanning.

De stroom.

Het verloop van den stroom gedurende het opwarmen is juist omgekeerd aan dat van de brandspanning: de eindwaarde is hooger dan de beginwaarde. Dit is duidelijk als we bedenken dat, bij constante netspanning, de smoorspoelspanning stijgt bij dalende brandspanning, waardoor de smoorspoel meer stroom „doorlaat“ (voor de eenvoudigheid denken we de SO 650 lamp via een smoorspoel aan een hooge netspanning aangesloten).

De lichtstroom.

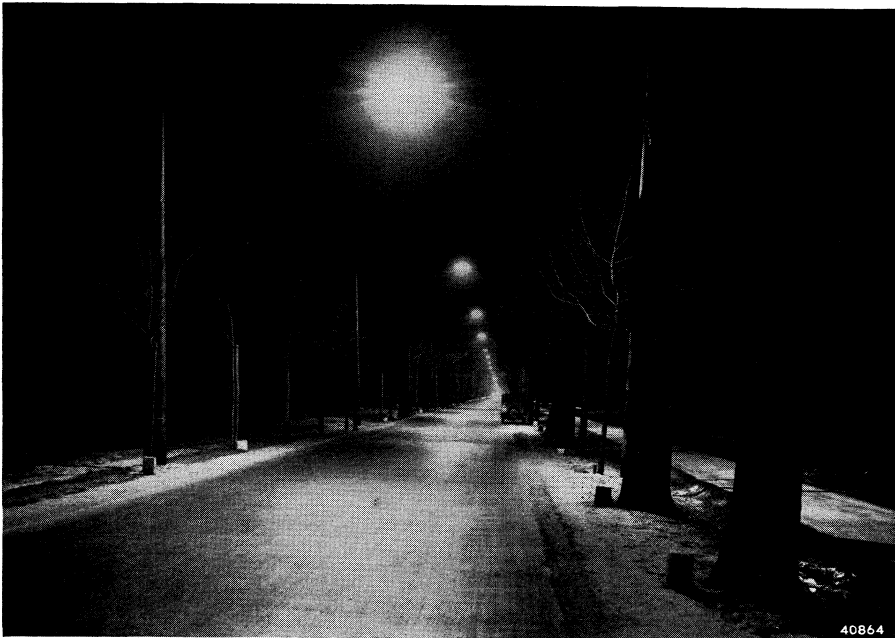
Wij zien uit fig. 27, dat de lamp met een zeer kleinen lichtstroom begint (ca. 6 % van de eindwaarde), die dan eerst langzaam, daarna snel stijgt. De snelle toename begint ongeveer op het punt, waarop de brandspanning daalt. Hier gaat dus de neon ontlading in die van het natrium over. Dit gebeurt bij ca. 200° C wandtemperatuur.

Uit de opwarmkromme blijkt, dat het ca. 15 min duurt voor de SO 650 lamp haar volle licht geeft, maar tevens, dat reeds eerder een tamelijk groote lichtstroom wordt uitgestraald. In onderstaande tabel is de tijd, die na het inschakelen verloopt, tot de lichtstroom 80 % van zijn uiteindelijke waarde bereikt, voor de verschillende lamptypen aangegeven.

Type	SO 250	SO 400	SO 650	SO 1000
Aanlooptijd (tot 80 % Φ)	5	6	10	10 min



De weg tusschen Amsterdam en Haarlem,
verlicht door „Philora“ natriumlampen SO 650.



De weg tusschen Berlijn en Grünau,
verlicht door „Philora“ natrium lampen.

§ 24. INVLOED VAN NETSPANNINGSVARIATIES.

Zoals reeds meerdere malen werd betoogd, heeft het voorschakelapparaat een grooten invloed op de eigenschappen van de lamp. Zonder dat dit uitdrukkelijk vermeld werd, zal het duidelijk zijn, dat ook het zoo juist besproken gedrag der lampen gedurende de opwarmperiode in hooge mate bepaald wordt door het voorschakelapparaat. Zouden we een sterk verzadigde smoorspoel (hier wordt weer eenvoudigheidshalve de lamp via een smoorspoel aan een hooge netspanning aangesloten gedacht) genomen hebben, dan zou bijv. de veranderlijke brandspanning een veel grooter effect gehad hebben op het stroomverloop.

In nog sterkere mate komt deze innige samenhang van lamp en apparaat tot uiting bij het gedrag bij wisselende netspanning.

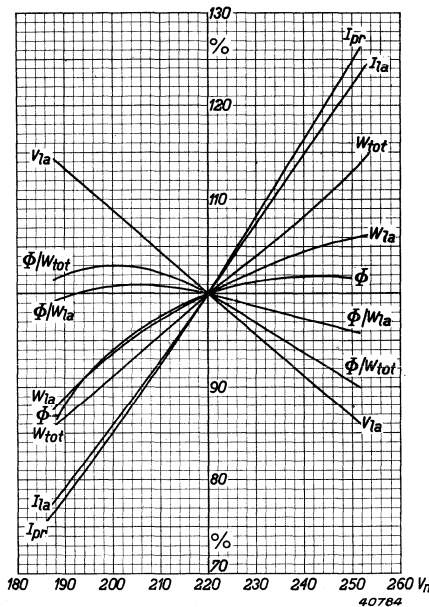


FIG. 28

Invloed van variaties in de netspanning op den netstroom (I_{pr}), den lampstroom (I_{la}), de brandspanning (V_{la}), het door de lamp opgenomen vermogen (W_{la}), het bruto vermogen (W_{tot}), den lichtstroom (Φ), het netto en bruto lichtrendement (Φ/W_{la} en Φ/W_{tot}), van een natriumlamp SO 650 met een spaarlektransformator op een 220 V net.

Bij toenemende netspanning zal, indien de brandspanning constant blijft, de spanning aan de smoorspoel toenemen, waardoor een grootere lampstroom gaat vloeien. Door de negatieve lampkarakteristiek daalt nu echter de brandspanning. Daar echter de stroomtoename groter is dan de brandspanningsafname, zal het opgenomen vermogen toenemen (zie § 48), maar veel minder dan bijv. bij een gloeilamp, waarbij zowel stroom als spanning toenemen bij stijgende netspanning.

De lichtstroom van de natriumlamp is dus minder spanningsgevoelig dan die van de gloeilamp. Dit geldt voor een magnetiseeringskromme van het voorschakelapparaat, die in de buurt van het werkpunt vrijwel rechtlijnig verloopt, zoals dit in de practijk het geval is. Op zichzelf is het echter zeer goed mogelijk de natriumlamp spanningsgevoeliger te maken. Het

is dus onjuist te zeggen, dat een natriumlamp weinig spanningsgevoelig is, als men niet tevens aangeeft, dat dit alleen waar is bij juiste karakteristiek van de voorschakelapparatuur.

In fig. 28 is de procentueele verandering met de netspanning van enkele karakteristieke grootheden van een SO 650 lamp met normaal voorschakelapparaat gegeven, terwijl in fig. 29 de invloed van spanningsvariaties op de lichtstromen van een natriumlamp, resp. van een gloeilamp, wordt vergeleken.

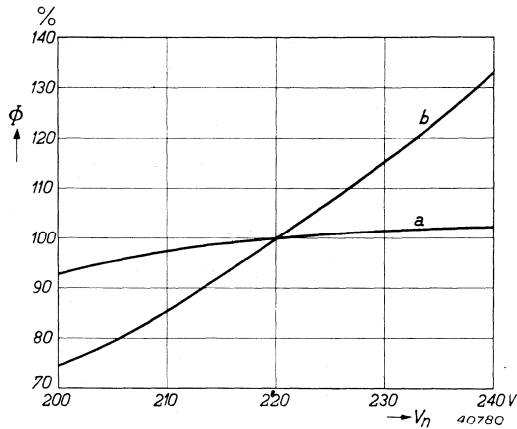


FIG. 29

Procentueele verandering van den lichtstroom van een natriumlamp (a) in vergelijking met die van een gloeilamp (b) bij wisselende netspanning.

Uit fig. 28 zien we o.a., dat de natriumlamp niet alleen niet bij den maximaal bereikbaren lichtstroom, maar ook niet bij den hoogsten specifieke lichtstroom werkt. Dit lijkt op het eerste gezicht merkwaardig. Wij zullen in § 27 nader op deze keuze van het werkpunt ingaan en volstaan voorloopig met er op te wijzen, dat (afgezien van een voorloopige kleine stijging bij onderbelasting) de specifieke lichtstroom zoowel bij stijging als bij daling van de netspanning afneemt.

Wij vestigen nog de aandacht op het feit, dat de lijnen voor het lampvermogen en het totaalvermogen niet samenvallen, hetgeen zijn eenvoudige verklaring vindt in het feit, dat de verliezen in het apparaat in belangrijk sterkere mate toe- (af-) nemen bij groot(er) (kleiner) wordenden stroom dan het door de lamp opgenomen vermogen.

§ 25. PRINCIPIEEL VERSCHIL TUSSCHEN NATRIUM- EN KWIK-LAMPEN.

Om de eigenschappen van de natriumlampen goed te begripen, is het nuttig het mechanisme van de lichtopwekking in een natrium- en een kwiklamp te vergelijken.

Hiertoe is het noodig iets nader in te gaan op de energie-schemata's van natrium en kwik. In fig. 30 zijn enkele belangrijke energieniveaus aangegeven, waarop het atoom door aan-

slag kan komen. Tevens zijn de golflengten van het licht, dat bij de verschillende overgangen van het electron wordt uitgestraald, in de figuur vermeld.

De overgang van een electron van een energieniveau naar het grondniveau heeft de uitstraling van een z.g. r e s o n a n t i e l i j n ten gevolge. Beschouwen we nu de energieschema's voor natrium en kwik, dan zien we, dat het zichtbare licht bij natrium voornamelijk wordt uitgestraald door de resonantielijn(en), terwijl de resonantielijnen voor kwik in het ultraviolet liggen en dus onzichtbaar zijn. Hier geven juist de overgangen tusschen hogere energieniveau's zichtbaar licht. Hierin ligt nu het principieele verschil tusschen natrium- en kwiklampen en de constructie van de lampen wordt door deze grondgedachte beheerscht. Bij de natrium-

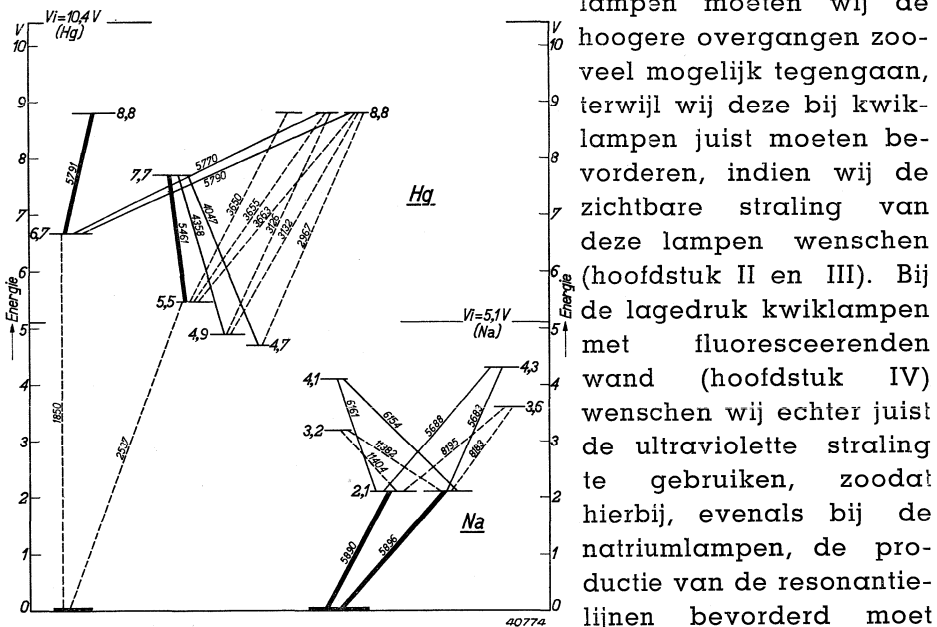


FIG. 30

Energieschema's van natrium en kwik. De dikte der lijnen geeft de zichtbaarheid van de overgangen aan. Onzichtbare (ultraviolette of infrarode) overgangen zijn gestippeld geteekend V_i is de ionisatiespanning. Bij natrium wordt het zichtbare licht hoofdzakelijk door de resonantielijnen (5890/96 Å) geleverd; de hogere overgangen zijn in het algemeen infrarood. Bij kwik wordt het zichtbare licht door hogere overgangen geleverd (hoofdzakelijk 5461 en 5791 Å); de resonantielijnen (1850 en 2537 Å) zijn ultraviolet.

lampen moeten wij de hogere overgangen zoo veel mogelijk tegengaan, terwijl wij deze bij kwiklampen juist moeten bevorderen, indien wij de zichtbare straling van deze lampen wenschen (hoofdstuk II en III). Bij de lagedruk kwiklampen met fluoresceerenden wand (hoofdstuk IV) wenschen wij echter juist de ultraviolette straling te gebruiken, zoodat hierbij, evenals bij de natriumlampen, de productie van de resonantielijnen bevorderd moet worden.

Wij willen eerst nagaan door welke factoren de productie van de hogere overgangen wordt bevorderd. Hieruit kunnen dan de richtlijnen voor de keuze der afmetingen van de lampen worden afgeleid. Hierbij

komen de volgende punten naar voren:

1. De resonantielijnen hebben een bijzondere beteekenis, omdat zij door het gas zelf sterk geabsorbeerd worden (zelfabsorptie)*). Bij hooger en druk, dus bij meer atomen per volume-eenheid, stijgt deze zelfabsorptie, met het gevolg, dat de intensiteit van de resonantielijnen verzwakt wordt. Het gevaar voor zeer hoogen druk bij natriumlampen is niet groot, daar de dampspanning van natrium pas bij zeer hooge temperaturen groot wordt, waarbij de glaswand (die immers van een beschermende laagsmeltende laag van boratglas voorzien is) het niet uithoudt. Ook binnen het kader der mogelijkheden is hooge druk echter de vijand van een hoog rendement bij natriumlampen.
2. Ook kan het gebeuren, dat een atoom, vóór zijn terugval in den grondtoestand, door botsing met een electron op een hooger niveau wordt aangeslagen (successieve aanslag), of zijn energie aan een electron overdraagt en daarbij zelf zonder straling in den grondtoestand terugvalt (stoot van de tweede soort). Ook door deze secundaire processen kan de intensiteit van de resonantiestraling verzwakt worden. Daar nu deze processen met stijgende stroomdichtheid toenemen, moet

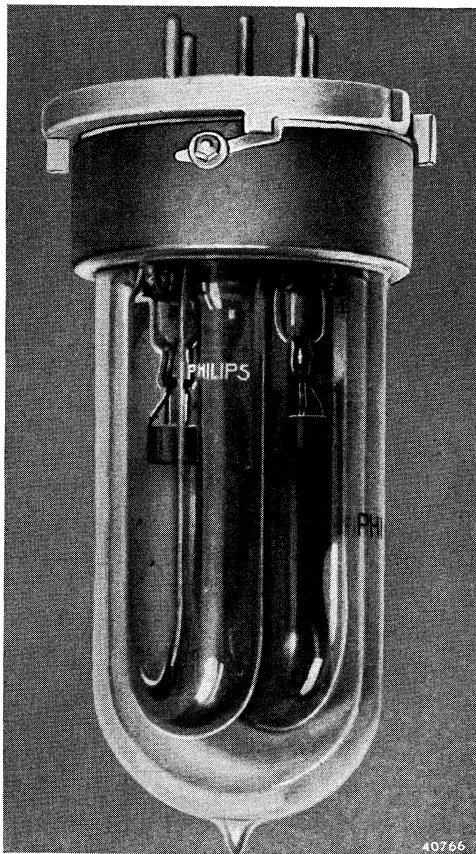


FIG. 31

Foto van een vervallen type natriumlamp. De ontladingsbuis is in dubbelen U-vorm gebogen.

*) Vergelijk de Fraunhofersche lijnen in het zonnenspectrum.

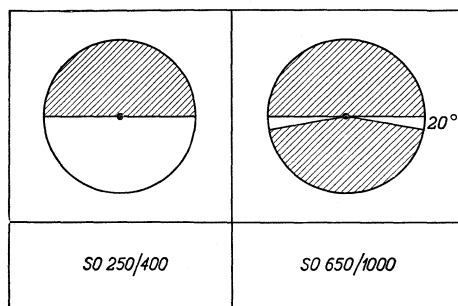
voor een goed rendement ook de stroomdichtheid van een natriumlamp klein worden gehouden.

§ 26. AFMETINGEN VAN NATRIUMLAMPEN. BRANDSTAND.

Uit het voorgaande volgt dus, dat een natriumlamp bij betrekkelijk lagen druk en geringe stroomdichtheid moet worden bedreven. Dit beteekent een lage specifieke belasting (weinig watt per volume-eenheid). Om nu toch een behoorlijk vermogen te kunnen toevoeren, hetgeen noodig is om een niet te zwakke lichtbron te verkrijgen, zal de lamp dus groot moeten zijn en dit zou al spoedig tot onhandelbare afmetingen voeren. Hierom worden de lampen U-vormig gebogen, hetgeen bovendien als een voordeel met zich brengt, dat beide contacten in een (speciale) Swan huls kunnen worden ondergebracht. Bij een verouderd type was de ontladingsbuis zelfs dubbel U-vormig gebogen (zie fig. 31).

Om de stroomdichtheid laag te houden, zouden we den buisdiameter groot moeten kiezen, maar door de zelfabsorptie zijn hieraan grenzen gesteld. De in de as van de ontlading uitgestraalde energie wordt in de meer naar buiten gelegen lagen geabsorbeerd. Het is duidelijk, dat de kans op aanslag van hogere niveau's en op botsingen van de tweede soort hierdoor toeneemt, zoodat slechts een gedeelte van deze energie in den vorm van straling vrij komt. Een belangrijke vergrooting van den diameter is dus niet toelaatbaar. De keuze van den diameter is dan ook een compromis, waarbij de schadelijke invloed van zelfabsorptie eenerzijds en te groote stroomdichtheid anderzijds zoo weinig mogelijk naar voren komen. Voor de uitwendige afmetingen der SO lampen verwijzen wij naar blz. 249—252.

Indien de natriumlampen gedurende het branden aan trillingen of schokken zijn blootgesteld, bestaat de kans, dat het bij de temperatuur van de ontlading vloeibare natrium zich plaatselijk



40803

FIG. 32

Voor SO lampen toegelaten brandstanden. Brandstanden, welke overeenkomen met de witte sectoren, zijn toegelaten. De huls van de lamp is steeds in het middelpunt van de aangegeven cirkels gedacht.

gaat ophoopen. Dit is vooral het geval bij de langere typen, in het bijzonder indien zij verticaal gebrand worden. Worden ze schokkend of trillend in verticalen stand gebrand, dan bestaat er groote kans, dat al het natrium in de bocht zakt, indien de lamp met de huls boven wordt gebrand, terwijl het natrium zich achter de kathode zal kunnen ophoopen, als de lamp met de huls beneden wordt gebrand. Beide verschijnselen leiden tot een kleineren nuttigen levensduur (zie hiervoor ook § 38).

Om deze redenen zijn niet alle brandstanden toelaatbaar. In fig. 32 is aangegeven welke brandstanden voor de verschillende typen geoorloofd zijn.

§ 27. KEUZE VAN HET WERKPUNT.

Beide genoemde factoren: verhooging van den druk en verhooging van de stroomdichtheid, zijn nu ook aanwezig bij overbelasting van een natriumlamp, zoodat het duidelijk is, dat de specifieke lichtstroom bij overbelasting moet afnemen (zie ook § 25).

Voeren we de belasting van een lamp van een zeer kleine waarde op, dan zal de lichtstroom een maximum vertoonen, zoodals in fig. 33 te zien is. Dat het werkpunt iets vóór het maximum gekozen wordt, laat zich gemakkelijk verklaren aan de hand van deze figuur. De raaklijn uit O aan de kromme getrokken, geeft het punt A waar de lamp haar maximale rendement heeft, zoodat het in eerste instantie voor de hand ligt A als werkpunt te kiezen.

In het maximum van de kromme heeft echter een variatie van het vermogen de kleinste uitwerking op den lichtstroom, m.a.w. de net-

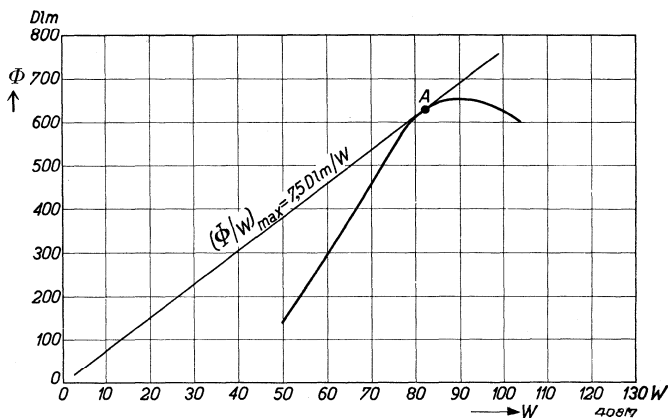


FIG. 33

Lichtstroom (Φ) van een natriumlamp als functie van het opgenomen vermogen (W). In het raakpunt A van de raaklijn uit O aan de kromme getrokken, heeft de specifieke lichtstroom (Φ/W) zijn maximum waarde.

spanningsvariaties hebben hier den geringsten invloed op den lichtstroom, terwijl ook veranderingen in de buitentemperatuur van weinig beteekenis voor den lichtstroom zijn. Uit dit oogpunt zou het dus gewenscht zijn het werkpunt in het maximum van de kromme te leggen.

In het algemeen echter zal de brandspanning van de natriumlampen tijdens den levensduur iets toenemen ten gevolge van het ongelijkmatiger worden van de natriumverdeeling, waardoor de gemiddelde natriumdampdruk zal dalen (zie ook § 24). Ten gevolge hiervan neemt het vermogen iets toe (zie § 48). Zouden we nu het werkpunt van de lamp in het maximum van de kromme leggen, dan neemt dus het wattage tijdens den levensduur toe, maar de lichtstroom af. De lichtstroom wordt door andere oorzaken toch al kleiner tijdens den levensduur (§ 38), zoodat het ongewenscht is dit effect nog te versterken. Kiezen we nu echter het werkpunt iets vóór het maximum, dan hebben we het voordeel, dat bij stijgende brandspanning, dus toenemend vermogen, de lichtstroom stijgt, hetgeen den lichtterugval ten gevolge van ouderdomsverschijnselen gedeeltelijk compenseert. De bovengenoemde voordeelen, verbonden aan het werken in het maximum van de kromme, komen in het begin van den levensduur grootendeels, en later geheel tot hun recht.

§ 28. HET ZICHTBARE SPECTRUM.

Door een natriumlamp wordt, naast het van aanslag der natriumatomen afkomstige spectrum, een neonspectrum uitgezonden ten gevolge van het feit, dat de ontlading steeds gedeeltelijk in neon plaats vindt. Bij ouder wordende lampen zal het natrium zich plaatselijk gaan ophoopen, waardoor gedeelten van de lamp zelfs rood kunnen gaan branden (zie ook § 38), omdat de neonontlading in die gedeelten van de lamp, waar het natrium verdwenen is, sterker naar voren komt. Het is daarom zeer moeilijk te zeggen, welke de juiste samenstelling van het spectrum van het door een natriumlamp uitgestraalde licht is.

Het eigenlijke natriumlicht, zooals het door de lamp wordt uitgestraald, bestaat uit een aantal dubbele lijnen, waarvan men de golflengten in onderstaande tabel vindt. Deze tabel geeft verder de relatieve energie van deze doublets aan, waarbij de waarde voor het sterkste doublet 100 gesteld is.

Men ziet hieruit, dat de gele natriumlijnen buitengewoon sterk in het licht overheerschen. Van de in het zichtbare gebied uitgestraalde energie wordt ca. 87 % in de golflengte der D lijnen

(5896—5890 Å) uitgestraald. De bijdrage van deze lijnen tot den lichtstroom berekenen we, met behulp van de relatieve ooggevoeligheidskromme (zie § 33), op ca. 90 %, zoodat we met groote benadering de natriumlamp een monochromatische lichtbron mogen noemen.

Golflengte (Å)	Relatieve energie
6164—54	4,1
5896—90	100
5688—83	6,33
5154—49	1,6
4983—79	2,76
4752—48	0,5
4669—65	1,15
4546—43	0,2
4500—4494	0,7
4394—91	0,2

De straling van het neon is op de eigenlijke natriumstraling gesuperponeerd. Zij bestaat in hoofdzaak uit een groep lijnen, waarvan de golflengten tusschen ca. 5850 en 7000 Å liggen. De hoeveelheid licht, welke door deze hoofdzakelijk roode lijnen wordt vertegenwoordigd, neemt iets toe met het vermogen der lamp. In het algemeen kan men zeggen, dat de bijdrage van het neonlicht tot den totalen lichtstroom van een natriumlamp ongeveer 3—5 % bedraagt.

Nadat wij in het voorgaande een beeld hebben trachten te geven van de principes, die aan de constructie van natriumlampen ten grondslag liggen en hieruit een aantal voor de practijk belangrijke punten hebben afgeleid, willen wij in de volgende paragrafen enkele in het oog vallende eigenschappen nader bespreken en hieruit de voor- en nadeelen en daarmee het toepassingsgebied der natriumlampen afleiden.

§ 29. NATRIUMLAMPEN ZIJN MONOCHROMATISCHE LICHTBRONNEN.

Om redenen, die in het voorafgaande uitvoeriger werden uiteengezet, zenden natriumlampen practisch alleen monochromatisch licht uit van de golflengten 5890/96 Å. Dit beteekent, dat

met natriumlicht beschenen voorwerpen ook alleen deze golf-
lengten kunnen reflecteeren, afgezien van een golflengtetransfor-
matie door z.g. fluoresceerende stoffen (zie hoofdstuk IV). Ieder
voorwerp onder natriumlicht zal dus òf geel òf zwart zijn (natuur-
lijk met tusschentinten (bruin) en met uitzondering van de boven-
genoemde fluoresceerende stoffen, voor zoover deze door de
natriumlijnen worden aangeslagen (rhodamine).

Het kleuren zien onder natriumlicht is dus in het algemeen
uitgesloten en het ligt voor de hand te vragen, of dit feit niet de
practische onmogelijkheid om natriumlicht te gebruiken ten
gevolge heeft.

In de eerste plaats zijn er echter toepassingsgebieden aan
te wijzen, waar de kleur van het licht als zoodanig benut
wordt. Door hun geringe helderheid en opvallende kleur leenen
de natriumlampen zich b.v. uitstekend voor vliegveldbebakening.
Zij worden daartoe dikwijls als omrandingslichten gebruikt, waar-
bij als speciaal voordeel te noemen is, dat de kleur van het licht
onder alle omstandigheden (wisselende atmosferische omstan-
digheden) geel blijft. Verder worden natriumlampen ook reeds
voor startbaanbebakening gebruikt. Zij worden daartoe in water-
dichte armaturen, die weinig boven den grond uitsteken, b.v. op
afstanden van 25 m langs den geheelen rand van de landings-
baan, gemonteerd (fig. 34).

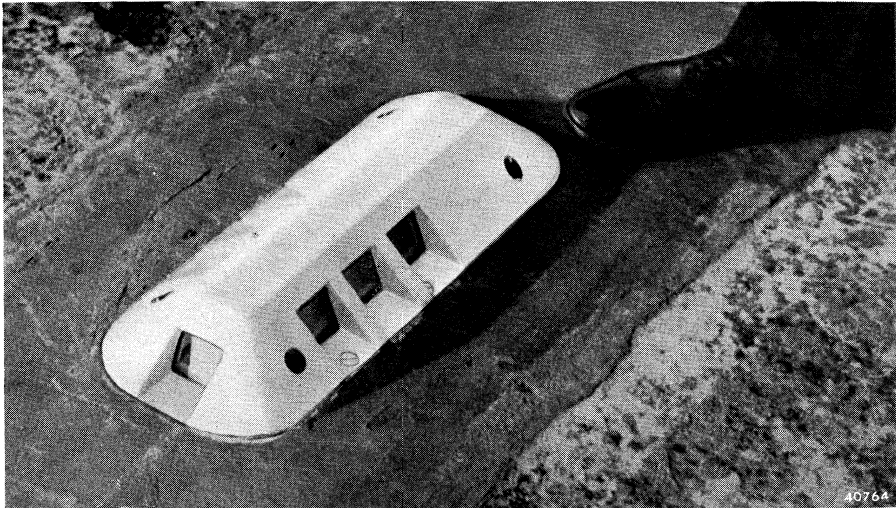
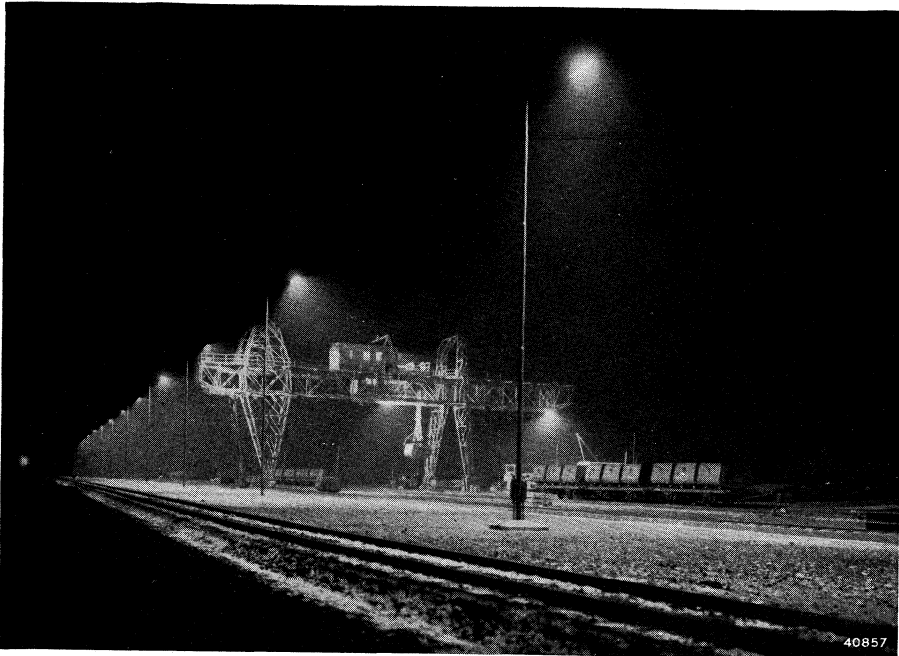
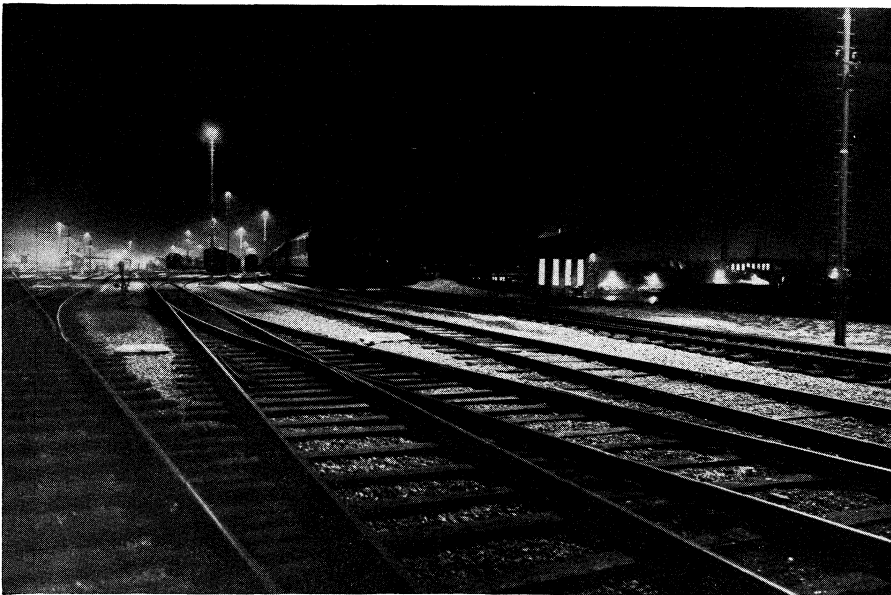


FIG. 34

Landingsbaanlicht, voorzien van een SO lamp. De vorm is zoodanig gekozen,
dat het vliegtuig er bij het landen geen hinder van ondervindt.



Een kolenhaven te Zolder in België,
verlicht door „Philora“ natrium lampen SO 1000.



Het rangeerterrein te Amsterdam,
verlicht door „Philora“ natrium lampen.

Maar ook daar, waar natriumlampen gebruikt worden om voorwerpen te verlichten, behoeft het monochromatische licht nog geen nadeel te zijn. Men kan zich de vraag stellen: zijn er toepassingen aan te wijzen, waarbij het kleuren zien niet noodig is? Het antwoord luidt bevestigend, als wij ons het feit realiseeren, dat het menschelijk oog slechts boven een bepaald helderheidsniveau kleuren herkent, beneden deze grens echter slechts helderheidscontrasten waarneemt en zich toch bij die lage helderheden kan oriënteren. Dit verschijnsel van het verdwijnen van het vermogen kleuren te zien is ieder bekend, wanneer 's avonds kort na zons-
ondergang de kleuren vervagen. Roode bloemen lijken zwart te worden, blauwe bloemen tekenen zich helder af, zonder dat men de eigenlijke kleur nog herkent. Men schrijft dit verschijnsel toe aan het feit, dat het netvlies van ons oog twee verschillende soorten waarnemingselementen bevat: de kegeltjes, die kleur-gevoelig zijn en de staafjes, die slechts gevoelig zijn voor helderheidsverschillen. Het hangt nu van den adaptatietoestand van het oog af of het kegeltjes-zien of het staafjes-zien overweegt, en deze adaptatietoestand zelf is weer afhankelijk van de helderheid van het waargenomen voorwerp. Wanneer ons oog z.g. donker geadapted is, zien wij geen kleuren, ongeacht de spectrale samenstelling van het opvallende licht. Beneden een zekere helderheidsgrens is de indruk van een voorwerp, dat met continu licht (gloeilamp) bestraald wordt, dezelfde als wanneer een monochromatische lichtbron gebruikt wordt, ook indien het betreffende voorwerp gekleurd is. In dat geval is dus de monochromatische straling in geen enkel opzicht een nadeel, terwijl het gebruik ervan wel belangrijke voordeelen met zich brengt.

Maar zelfs, als de helderheid van het waargenomen voorwerp zoodanig is, dat de kegeltjes nog naast de staafjes meedoen aan het waarnemingsproces, kan het gebruik van monochromatisch licht bij de toepassingen, waar het kleuren zien oninteressant is, groote voordeelen bieden. Nemen wij, om dit toe te lichten, de wegverlichting, een van de voornaamste toepassingsgebieden voor het natriumlicht, als voorbeeld, dan kunnen wij het probleem van het waarnemen van voorwerpen op een weg als volgt splitsen: in de eerste plaats moet men het voorwerp kunnen waarnemen (contrastvorming) en verder moet men het gemakkelijk (gezichtscherpte) en snel (waarnemingsnelheid) kunnen herkennen.

Contrastvorming.

Het valt iederen weggebruiker dadelijk op hoeveel duidelijk-

ker de voorwerpen op een met natriumlampen verlichten wæg tegen het lichtere wegdek afsteken dan op een weg met gloeilampenverlichting. Een voor de hand liggende gedachte is, dat dit toegeschreven moet worden aan een verschil in reflectiecoëfficiënt van vele voorwerpen voor natrium- en voor gloeilampenlicht. Daar metingen echter hebben aangetoond, dat de reflectiecoëfficiënten voor de beide lichtsoorten vrijwel dezelfde zijn, moet de verklaring in een andere richting worden gezocht.

Om hierover iets meer te weten te komen, nemen wij de volgende proef, welke op sprekende wijze de gunstige eigenschappen van het natriumlicht voor wegverlichting demonstreert. Wij nemen een ronde schijf van wit papier en verlichten de linker helft met wit licht en de rechter helft met natriumlicht. Wij stellen de verlichting zoo in, dat beide helften denzelfden helderheidsindruk geven. Kiezen wij deze helderheid niet te hoog (bijv. 0,3 k/m²) en bedekken wij nu de onderste helft van de schijf met een zwarten doek (waardoor de reflectiecoëfficiënt, en daardoor de helderheid van de onderste schijfhelft sterk verkleind worden), dan lijkt de linkerkant van de onderste helft (wit licht) helderder dan de rechterkant (natriumlicht), terwijl de beide bovenste kwadranten er nog even helder uitzien als eerst (zie fig. 35). Het is zeer merk-

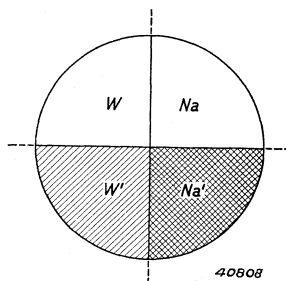


FIG. 35

Demonstratie van het verschil in contrastwerking bij natriumlicht en wit licht.

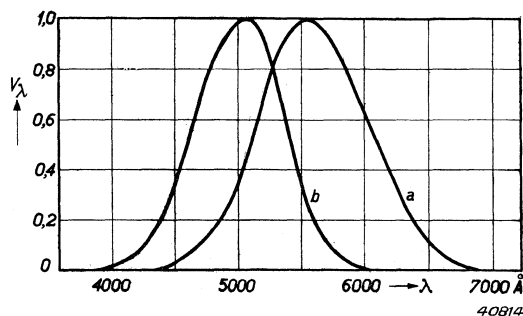


FIG. 36

Ooggevoeligheidskrommen. **a.** De normale internationale kromme, geldig voor het helder geadapteerde oog (kegeltjes-zien) bij helderheden boven 3 k/m². **b.** De kromme, welke bij zeer kleine helderheden voor het donker geadapteerde oog geldt (staafjes-zien).

waardig, dat, hoewel de reflectiecoëfficiënt van den zwarten doek voor de beide lichtsoorten even groot is, het contrast voor natriumlicht op de rechter helft van de schijf, tusschen boven en onder, veel grooter is dan op de linkerhelft voor gloeilampenlicht.

Willen we dit verschijnsel nader onderzoeken, dan moeten wij vooraf een verschil ma-

ken tusschen de begrippen: helderheid en subjectieve helderheid.

De subjectieve helderheden van twee vlakken worden als even groot gedefinieerd, als de beide vlakken „er even helder uitzien“.

De helderheid B is echter volgens de definitie gegeven door:

$$B = C \int s_{\lambda} V_{\lambda} d\lambda,$$

waarin C een constante, s_{λ} de straling in een golflengtegebied van λ tot $\lambda + d\lambda$ en V_{λ} de spectrale ooggevoeligheid voor de golflengte λ , volgens de internationaal vastgelegde kromme, (zie ook § 33), beteekenen.

De ooggevoeligheid is echter niet onafhankelijk van de verlichtingssterkte van het beschouwde voorwerp (fig. 36). De internationaal vastgelegde kromme geldt dan ook slechts voor het helder geadapteerde oog.

Is het oog donker geadapteerd, dan geldt kromme b uit fig. 36. Wij zien, dat zoowel het maximum als de geheele kromme naar de kortgolvlige zijde van het spectrum verschoven zijn. Het maximum ligt hier ongeveer bij $\lambda = 5100 \text{ \AA}$, terwijl het bij de kromme a voor het helder geadapteerde oog bij $\lambda = 5500 \text{ \AA}$ ligt. De verschuiving van de spectrale gevoeligheid bij kleine helderheden is als Purkyně-effect bekend. Afgezien van deze beide extreme krommen, zijn hiertusschen ook alle krommen van overeenkomstigen vorm mogelijk, als de helderheid een zoodanige waarde heeft, dat zoowel staafjes als kegeltjes bij het zien een rol spelen.

Dit beteekent dus, dat in het Purkyně-gebied de definities van helderheid en subjectieve helderheid niet meer tot hetzelfde resultaat voeren. Bij voldoende hoge helderheid (boven 3 k/m^2) hebben de beide begrippen dezelfde beteekenis; als twee vlakken „er even helder uitzien“, dus dezelfde subjectieve helderheid hebben, zal ook de helderheid gelijk zijn. Beneden de grens van 3 k/m^2 behoeft dit echter niet meer het geval te zijn, zooals uit de proef volgens fig. 35 blijkt. Op de onderste helft van de schijf is de helderheid wel dezelfde (de reflectiecoëfficiënt van den zwarten doek is even groot voor wit licht als voor natriumlicht), maar de subjectieve helderheid is verschillend.

Om de subjectieve helderheid in een getal vast te leggen, kan men b.v. de volgende afspraak maken: „De subjectieve helderheid van een vlak, dat licht van een willekeurige kleur uit-

straalt, wordt door hetzelfde getal aangegeven als de helderheid van een vlak, dat monochromatisch licht van $\lambda = 5350 \text{ \AA}$ uitzendt en er even helder uitziet als het te onderzoeken vlak" (Bouma, König). Volgens deze definitie zijn dus de subjectieve helderheid en de helderheid even groot voor de monochromatische straling van $\lambda = 5350 \text{ \AA}$.

Bepaalt men nu met behulp van de bovengenoemde afspraak de bij iedere helderheid behorende subjectieve helderheden voor de verschillende spectraallijnen, dan ontstaat het in fig. 37 gegeven diagram. In verticale richting zijn de helderheden in k/m^2 , in horizontale richting de golflengten in \AA uitgezet. De krommen geven lijnen van constante subjectieve helderheid aan (H is constant). Men ziet hieruit bijv., dat men voor het verkrijgen van een subjectieve helderheid van $3 \times 10^{-4} \text{ k/m}^2$, bij een golflengte van $\lambda = 6500 \text{ \AA}$ (rood) een ongeveer 140 maal zoo groote helderheid nodig heeft als bij $\lambda = 4500 \text{ \AA}$ (blauw). Volgt men de verticale lijn voor natriumlicht (aangegeven met Na) bij $5890/96 \text{ \AA}$ van boven naar beneden, dan daalt de subjectieve helderheid veel sneller dan de helderheid. In fig. 37 geeft de met W aangeduide lijn het verloop van H met B voor gloeilampenlicht (zwart lichaam van 2700° K) aan.

Met behulp van fig. 37 laat zich nu ook het resultaat van de proef volgens fig. 35 begrijpen. We nemen aan, dat de subjectieve helderheid van de beide bovenste kwadranten W (wit) en Na (natrium) $0,3 \text{ k/m}^2$ bedraagt; dan is de helderheid van het door gloeilampenlicht beschenen kwadrant $B_w = 0,390 \text{ k/m}^2$ en die van het

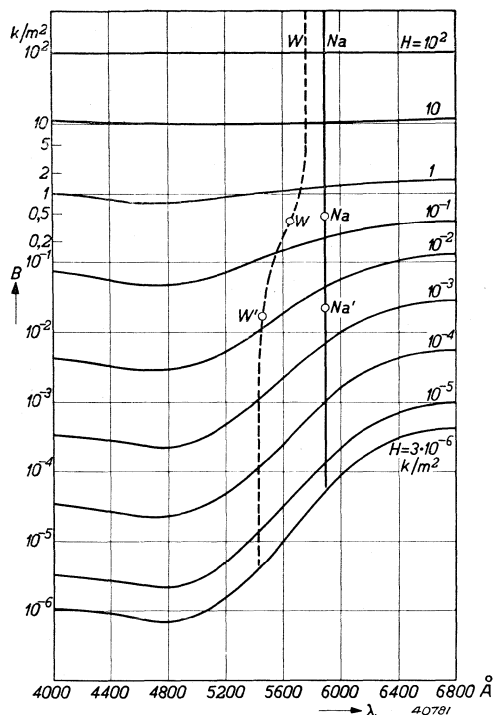


FIG. 37

Het verband tusschen de helderheid B en de subjectieve helderheid H voor monochromatisch licht, b.v. natriumlicht ($\text{Na-Na}'$) en gloeilampenlicht ($W-W'$). De kromme $H = 3 \times 10^{-6} \text{ k/m}^2$ komt ongeveer met de absolute drempelwaarde overeen.

met natriumlicht bestraalde vlak $B_{Na} = 0,474 \text{ k/m}^2$ *). De bijbehorende punten W en Na liggen op de lijn van constante subjectieve helderheid $H = 0,3 \text{ k/m}^2$, maar op iets verschillende hoogte. Is nu de reflectiecoëfficiënt van den zwarten doek b.v. twintig maal kleiner dan die van het witte vlak, dan worden de helderheden van de beide onderste kwadranten $B'_w = 0,0195 \text{ k/m}^2$, resp. $B'_{Na} = 0,0237 \text{ k/m}^2$. De subjectieve helderheden bedragen echter $H'_w = 0,0138 \text{ k/m}^2$, resp. $H'_{Na} = 0,0036 \text{ k/m}^2$, dus voor natrium zooveel minder, dat het met natriumlicht verlichte kwadrant er nu veel donkerder uitziet dan het met gloeilampenlicht verlichte gedeelte, waardoor het contrast tusschen boven- en onderhelft bij het natriumlicht veel sterker wordt dan bij het gloeilampenlicht.

Op een weg ziet men voorwerpen, zoowel overdag als ook bij kunstmatige verlichting, in verreweg de meeste gevallen donker tegen het lichtere wegdek. Bij de verlichtingssterkten, die bij wegverlichting toegepast worden, komt men nu juist op een niveau, waarbij de contrasten tusschen licht en donker bij natriumlicht veel sterker geprononceerd zijn dan bij gloeilampenlicht.

Samenvattend kunnen we dus vaststellen, dat de verschuiving van het maximum van de spectrale ooggevoeligheid (Purkyně-effect) de contrastwerking bij natriumlicht bevordert. Dit Purkyně-effect maakt het echter tevens noodzakelijk er voor te zorgen dat juist bij een met natriumlampen verlichten weg, de helderheid niet (bijv. als gevolg van een te geringen lichtstroom bij oude lampen) te veel afneemt, daar hierdoor de subjectieve helderheid van het wegdek sterk kan dalen, ten gevolge waarvan de kwaliteit van de wegverlichting belangrijk achteruit gaat.

Gezichtsscherpte.

Om den gunstigen invloed van natriumlicht op de gezichtscherpte te kunnen begrijpen, hebben wij te bedenken, dat de pupil bij de verlichtingssterkten van het Purkyně-gebied wijd geopend is (middellijn ca. 7—8 mm). De lens van ons oog heeft een brandpuntsafstand van ca. 20 mm, zoodat in de terminologie van den fotograaf het oog een lens met $F = 2,5\text{—}3$ is, in den vorm van een chromatisch niet gecorrigeerd objectief. Het is wel zonder meer duidelijk, dat met een dergelijke openingsverhouding geen ideaal beeld ontstaat. Hoe groot de onscherpte van het beeld is, blijkt wel, als we ons realiseeren, dat er een verschil van ruim 0,4 mm tusschen de brandpuntsafstanden voor rood en blauw licht, waarbij het blauwe beeld achter, het roode vóór het netvlies valt.

*) Dit zijn waarden, die in de practijk bij wegverlichting voorkomen.

Dat wij overdag zoo weinig van deze onscherpte bemerken, moet aan twee oorzaken worden toegeschreven. In de eerste plaats is ons oog dan „gediafragmeerd“ (d.w.z. de pupildiameter is belangrijk kleiner, bijv. 3—4 mm). In de tweede plaats is de gevoeligheid van ons oog voor het middenbereik van het spectrum zooveel grooter dan voor rood en blauw, dat wij den ontstaanden strooicirkel nauwelijks bemerken. Dit blijkt eenvoudig, als we een filter, dat uitsluitend rood en blauw doorlaat, voor ons oog plaatsen. Dan wordt de chromatische aberratie direct duidelijk en ziet men gekleurde randen om ieder voorwerp. Bij monochromatisch licht is er natuurlijk geen sprake van chromatische aberratie en dit is mede een oorzaak van de goede gezichtsscherpte bij natriumlicht.

Ten slotte noemen wij de waarnemingsnelheid, welke bij natriumlampen grooter is dan bij gloeilampen, zoowel bij rustende als bij bewegende voorwerpen *).

§ 30. NATRIUMLAMPEN HEBBEN EEN LAGE HELDERHEID.

De lage helderheid is bij natriumlampen fundamenteel gegeven door het feit, dat de belasting laag gehouden moet worden, zoowel per eenheid van lengte als per eenheid van doorsnede (§ 26). De helderheid bedraagt ca. 7—10 sb (voor een gasgevulde gloeilamp van de orde van 400 sb; zie voor verdere helderheden de tabel op blz. 185).

Het feit, dat bij de natriumlamp de lichtuitstraling niet geconcentreerd is in een bepaalde dunne lijn of in een punt, geeft voor het gebruik groote voordeelen. Wij komen hierop in § 34 nog uitvoeriger terug.

§ 31. HET VOORSCHAKELAPPARAAT.

Een nadeel van iedere tot nu toe toegepaste gasontladingslamp is gelegen in het feit, dat een voorschakelapparaat noodig is. Wel is dit nadeel bij de natriumlampen SO 250, SO 400 en SO 650 in zooverre tot een minimum teruggebracht, dat deze drie lampen op eenzelfde spaarlektransformator kunnen branden, maar hier staat tegenover, dat de natriumlampen een in verhouding tot de openspanning van den transformator lage brandspanning hebben, hetgeen een groot voorschakelapparaat beteekent. De grootte hiervan wordt nl. bepaald door het schijnbare vermogen (§ 12), uitgedrukt in VA (voltampère), waarvoor het apparaat bemeten is. Bij gegeven netspanning, neemt de spanning

*) Zie b.v. P. J. Bouma, Philips Techn. Tijdschrift, 1936, blz. 215.

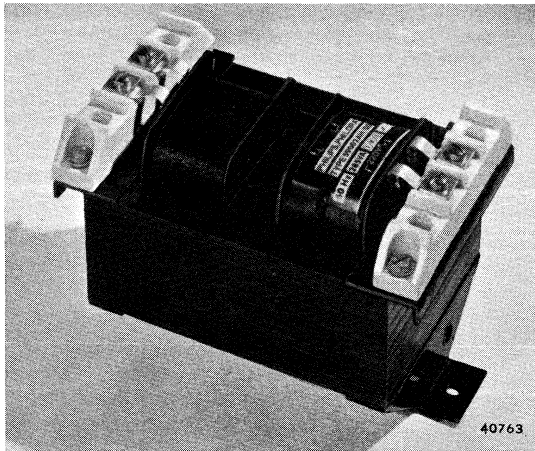


FIG. 38

Afbeelding van een spaarlektransformator voor de natriumlampen SO 250, SO 400 en SO 650 voor 210—230 V netspanning. De openspanning bedraagt ca. 470 V.

aan het apparaat toe met lager wordende brandspanning, hetgeen dus een toename van de VA, derhalve van de grootte betekent (zie ook § 15). De afmetingen en enkele belangrijke elektrische waarden van de voor SO lampen gebruikelijke voorschakelapparaten zijn op blz. 249—252 weergegeven. Een foto van een spaarlektransformator voor 210—230 V voor SO 250, SO 400 en SO 650 vindt men in fig. 38.

§ 32. DE OPWARMTIJD.

Hoewel de opwarmtijd op zichzelf een nadeel is, komt dit in de praktijk nauwelijks als zoodanig tot uiting. Natriumlampen worden nergens gebruikt waar een herhaald in- en uitschakelen gedurende den avond en den nacht wordt toegepast. Daarom heeft het in het algemeen ook geen zin maatregelen te treffen, waardoor de opwarmtijd wordt verkort, hoewel dit op zichzelf wel mogelijk zou zijn (bijv. door tijdelijke overbelasting van de natriumlamp). De hierdoor ontstaande complicaties wegen meestal niet op tegen de bereikte voordeelen, zoodat in de praktijk genomen wordt met den door de verzadiging van het apparaat gegeven aanloopstroom, die den opwarmtijd bepaalt.

§ 33. DE GROOTE SPECIFIEKE LICHTSTROOM.

Ook deze eigenschap hangt ten nauwste samen met de spectrale samenstelling van het natriumlicht.

Wij weten, dat ons oog voor de als zichtbaar gewaardeerde straling lang niet dezelfde gevoeligheid bezit voor alle golflengten. De ooggevoeligheid als functie van de golflengte voor het helder geadapteerde oog vormt een kromme met een maximum bij 5550 Å (fig. 39), d.i. in het geelgroene deel van het spec-

trum. Bij 4700 Å en 6500 Å bedraagt de gevoeligheid nog slechts 10 %, bij 4300 Å en 7200 Å nog slechts 1 % van de waarde bij 5550 Å.

Voor de straling in het maximum van de ooggevoeligheid bedraagt het „mechanisch licht-aequivalent“ ca. 67

Dlm/W, d.w.z. indien 1 W als monochromatisch licht van de golflengte 5550 Å uitgestraald zou worden, zou deze energie 67 Dlm leveren. Voor andere golflengten moet dit theoretisch rendement met de relatieve ooggevoeligheid worden vermenigvuldigd.

Voor een gloeilamp bedraagt het praktische rendement ca. 1—3 % van dat van de straling bij 5550 Å. Daar de spectrale verdeling van het licht van een gloeilamp met die van het licht van een zwart lichaam overeenkomt, kan men de spectrale verdeling en daaruit het rendement vooruit berekenen, zelfs bij een temperatuur die boven het smeltpunt van den gloeidraad ligt. Zoo zou het theoretische rendement van een gloeidraad bij ca. 6000° K zijn maximum, dat slechts 13 % bedraagt, bereiken, om bij hogere temperatuur weer af te nemen.

In dit opzicht is de situatie bij een gasontladingslamp veel gunstiger. Als een gas licht uitzendt, wordt deze straling niet, zoals bij een vast lichaam, in alle mogelijke golflengten uitgezonden. Er ontstaat een voor ieder gas karakteristiek lijnenspectrum. Hier is het dus mogelijk, dat een zeer groot deel van de straling in het zichtbare deel van het spectrum wordt uitgezonden.

Om een lichtbron met maximaal rendement te maken, zou men de geheele energie in een enkele lijn (5550 Å) moeten doen uitstralen. De specifieke lichtstroom van een dergelijke lamp zou dan, zoals gezegd, ca. 67 Dlm/W bedragen. Natrium nu straalt niet bij 5550 Å, maar bij 5890 Å. De ooggevoeligheid is hierbij 77 % van die bij 5550 Å. Het maximaal te verwachten lichtrendement zou dus ca. 51,5 Dlm/W bedragen, en hoewel deze waarde nooit geheel bereikt is, wist b.v. D r u y v e s t e i n *) bij een laboratorium-

*) Phys. Zeitschrift (33) 822, 1932.

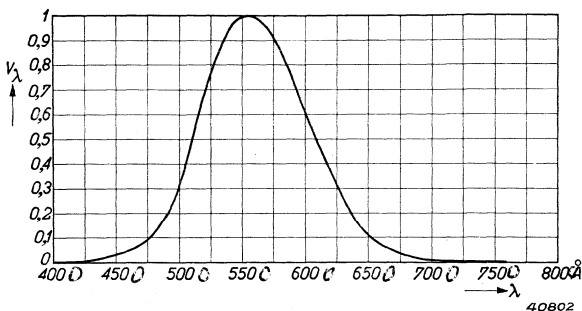


FIG. 39

De internationaal vastgelegde ooggevoeligheidskromme. De maximale gevoeligheid bij 5550 Å is willekeurig als 1 aangenomen.

proef ca. 80 % van dit theoretische rendement te halen. Hierbij dient in het oog te worden gehouden, dat de energie, welke noodig is om het natrium in de buis op de juiste dampspanning te brengen, bij deze proef door een oven geleverd werd. In de praktijk wordt het lichtrendement belangrijk verlaagd door het feit, dat deze energie door de lamp wordt opgenomen, tezamen met die, welke gebruikt wordt voor de lichtuitstraling.

Ondanks deze verlaging blijft de specifieke lichtstroom veel hoger dan bij vrijwel alle andere lampen en, afhankelijk van de grootte van de lamp, wordt 4—7 Dlm/W in de praktijk bereikt, d.i. ca. 3—4 maal de waarde hiervan voor gloeilampen van gelijken lichtstroom.

§ 34. TOEPASSINGEN.

Uit de hierboven beschreven eigenschappen zijn de diverse toepassingsgebieden als vanzelf af te leiden, waarbij voornamelijk gebruikt wordt gemaakt van den hoogen specifieke lichtstroom, de groote gezichtsscherpte, de groote contrastrijkheid en de lage helderheid.

Het belangrijkste toepassingsgebied vinden wij in de wegverlichting. De meeste autorijders kennen het goudgele natriumlicht, waaronder de verkeersveiligheid practisch even groot is als bij daglicht.

De reeds in § 29 besproken eigenschappen zijn zoo belangrijk voor de toepassing bij wegverlichting, dat natriumlampen vrijwel onbestreden de beste technische lichtbronnen zijn voor verlichting van wegen, waar het kleuronderscheid oninteressant is.

Het groote lichtende oppervlak en de daarmee gepaard gaande lage helderheid geven een geringe verblindingskans bij directe waarneming van de lamp. Dit voordeel komt het meest tot zijn recht, als de lamp op betrekkelijk geringe hoogte (bijv. bij werkplaatsverlichting, — zie verder) wordt gebruikt. Men heeft echter ook bij de voor wegverlichting gebruikelijke ophanghoogte (8 tot 10 m), voordeel van deze lage helderheid en dit groote lichtende oppervlak. Ter verduidelijking hiervan

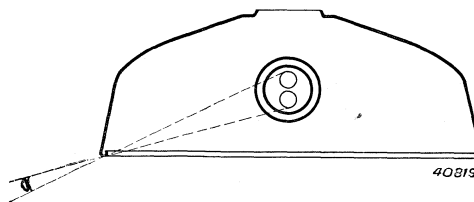


FIG. 40

Schematische dwarsdoorsnede door een SO-RA armatuur. De hoek a bepaalt de snelheid van den overgang van donker naar licht voor het aankomende verkeer.

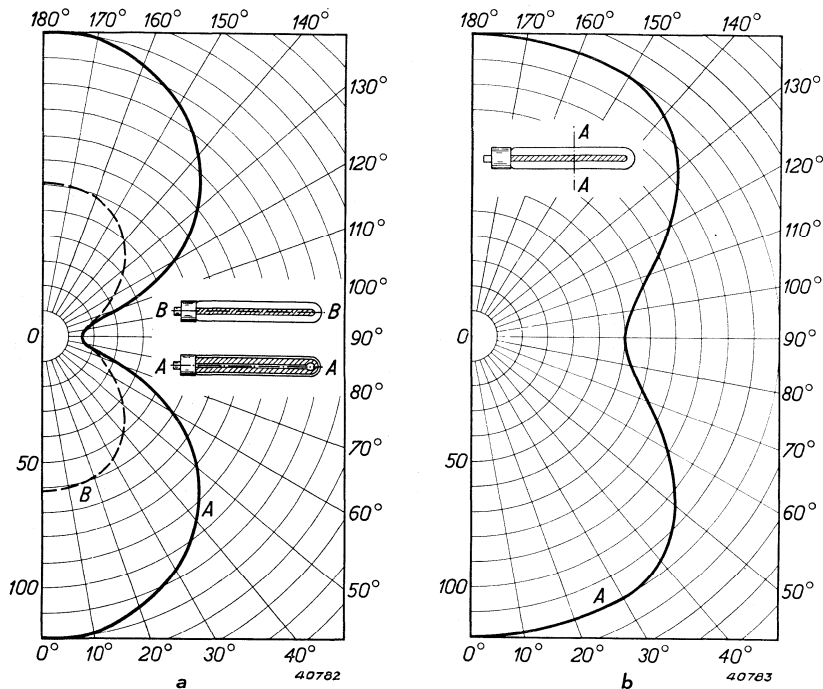


FIG. 41

Lichtsterkteverdelingskromme voor SO 250, SO 400, SO 650 en SO 1000 voor 100 Dlm. De maximale lichtsterkte bedraagt 300 k voor SO 250, 480 k voor SO 400, 780 k voor SO 650 en 1200 k voor SO 1000. In a zijn aangegeven: A, een vlak door de as van de lamp, loodrecht op het vlak door de U-vormige buis; B, een vlak door de as van de lamp, samenvallend met het vlak van de U-vormige buis. In b is de lichtverdeling in een vlak loodrecht op de as van de lamp gegeven.

verwijzen wij naar fig. 40, waarin een schematische dwarsdoorsnede van het meest gebruikelijke armatuur voor natriumlampen (SO-RA) is weergegeven. De grootste afmeting van de lamp staat loodrecht op de verkeersrichting, zoo-

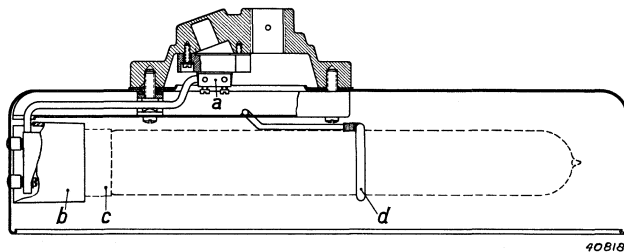


FIG. 42

Langsdoorsnede door een SO-RA armatuur. De mogelijkheid om het armatuur 20° uit den verticalen stand op te hangen is aanwezig. De lamp wordt wegens haar lengte in het midden door een beugel d gesteund. Het binnendringen van water en sneeuw wordt door de sneeuwkap b, waarin de porseleinen rand c van het vacuumglas past, verminderd.

dat de grootste lichtsterkte (zie het lichtsterkteverdelingsdiagram van de lamp in fig. 41) in de lengterichting van den weg gedirigeerd wordt. Dit beteekent, dat de lamp zoo nuttig mogelijk gebruikt wordt. Uit fig. 40 blijkt nu hoek α , over welchen de overgang van donker naar licht door het aankomende verkeer wordt waargenomen nog zeer groot te zijn, ondanks het feit, dat de hoogte-afmeting van het lichtgevende oppervlak klein is ten opzichte van de grootste (lengte-)afmeting van de lamp. Een groote hoek heeft voor het verkeer minder plotselinge overgangen van donker naar licht ten gevolge. Men ziet hieruit dus, dat het, dank zij de groote afmetingen van het lichtgevende oppervlak, mogelijk is de natriumlamp in den meest gunstigen stand ten opzichte van het te verlichten wegoppervlak te plaatsen en toch daarbij een geleidelijken overgang van het licht te verkrijgen.

Omdat de lamp zich door haar natuurlijken vorm reeds zoo goed leent voor wegverlichting, heeft men op het Europeesche vasteland weinig pogingen ondernomen de lichtuitstraling in bepaalde richtingen, door middel van spiegels, te versterken en heeft men zich beperkt tot een eenvoudig geëmailleerd ijzeren armatuur, zooals het SO-RA armatuur, waarvan in fig. 42 de langsdoorsnede is gegeven.

De montagedraden worden op een aansluitsteen (a) in de gietijzeren kap aangesloten. De lamphou-

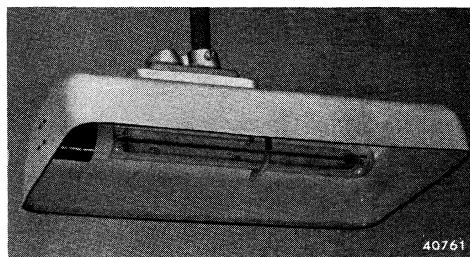


FIG. 43

Foto van een SO-RA armatuur.

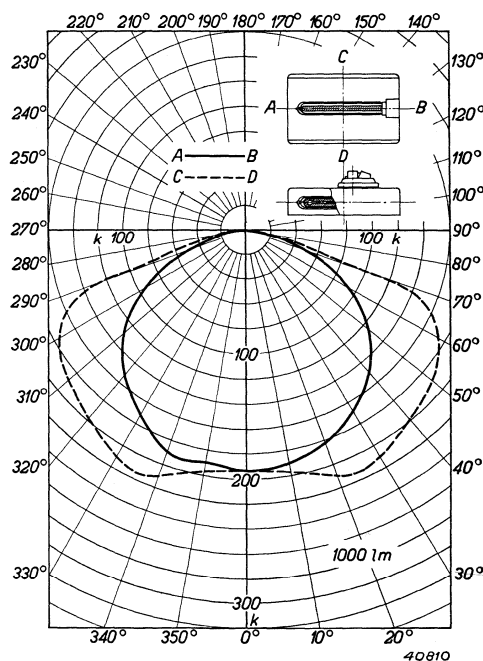
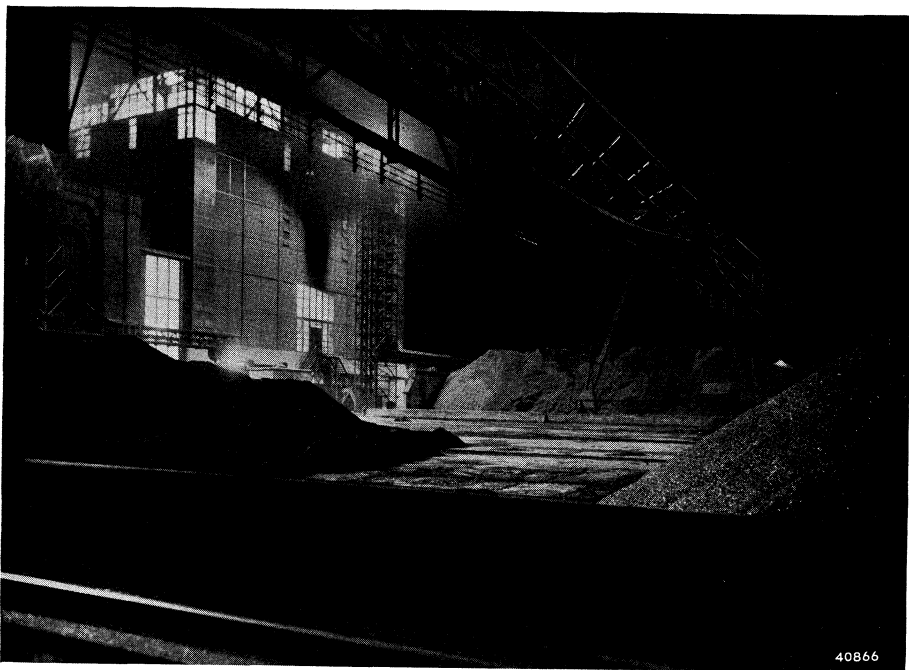


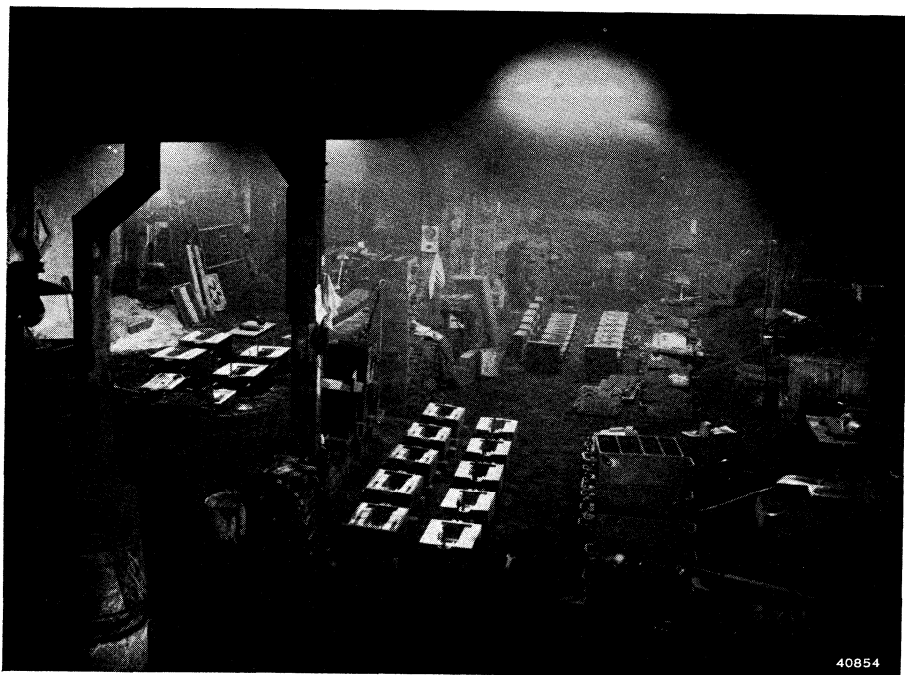
FIG. 44

Lichtsterkteverdeling van het in fig. 43 afgebeelde SO-RA armatuur.



40866

Een kolenopslagplaats van de P.N.E.M. te Geertruidenberg,
verlicht door „Philora“ natriumlampen.



40854

Een gieterij te Borlänge in Zweden,
verlicht door „Philora“ natriumlampen.

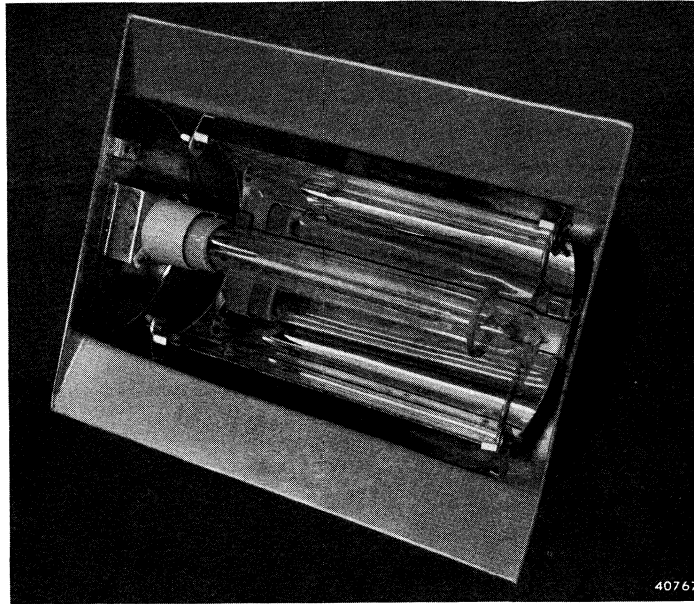


FIG. 45

Foto van een spiegelarmatuur voor SO 400 en SO 650. Het bestaat uit een met aluminiumlak overtrokken plaatijzeren kap met twee cilindrisch gebogen glasspiegels.

der is voorzien van een verhoogden rand (b), waarin de porseleinen ring (c) van het vacuumglas wordt opgenomen. Hierdoor wordt een goede afsluiting, ook bij sneeuw, verkregen. Fig. 43 geeft een foto, fig. 44 de lichtsterkteverdeling van dit armatuur.

Fig. 45 toont een spiegelarmatuur, bij gebruik waarvan het licht sterker gericht wordt naar de punten van het wegdek, die op grotere afstanden van de lichtbron zijn verwijderd. Een dergelijk armatuur geeft bij droog weer wel een grotere helderheid op het wegdek, maar bij een nat wegdek wordt de helderheidsverdeling ongunstiger, zoodat door vele continentaal-Europesche deskundigen op het gebied van wegverlichting (in tegenstelling met de opvatting in het Britsche Imperium), bij het gebruik van natriumlampen de voorkeur wordt gegeven aan eenvoudige gemaillieerd ijzeren armaturen van het type SO-RA.

Behalve voor wegverlichting en soortgelijke toepassingen, worden natriumlampen vooral dáár gebruikt, waar het aankomt op het zien van details. Wij noemen bijv. het gebruik in de textielindustrie, voor het controleeren van weeffouten; in gieterijen, voor het zien van oppervlaktefouten. Bovendien is door het groote oppervlak van de lichtbron de verlichting op het werk-

vlak „zachter“, d.w.z. de schaduwen zijn minder scherp, hetgeen bij de te verrichten werkzaamheden als aangenaam wordt onder-
vonden.

Samenvattend kunnen we zeggen, dat natriumlampen dáár gebruikt zullen worden, waar de kleur geen bezwaar is en waar men van de gunstige eigenschappen wil profiteren. Wij noemen behalve wegverlichting, de verlichting van spoorwegemplacements, rangeerterreinen, fabrieksterreinen, kaden, sluisen en kanalen, scheepswerven, vliegvelden, montagewerkplaatsen, gieterijen, machinefabrieken, glasfabrieken, enz.

In de fotografie neemt de natriumlamp een aparte plaats in, daar fotografische opnamen, vervaardigd bij natriumverlichting, hoe paradoxaal dit ook moge klinken, de helderheidsverhoudingen van gekleurde voorwerpen zeer goed weergeven *). De weergave door natriumlicht kan bijna volmaakt worden door dit te mengen met een geschikte hoeveelheid gloeilampenlicht of kwiklicht (zie voor een uitgebreide behandeling van dit onderwerp het boek van Dr. J. A. M. van Lie m p t: Het Kunstlicht in de Fotografie).

Een vermeldenswaardige toepassing van de natriumlamp is ook het gebruik voor de verlichting van de donkere kamer, bij het werken met kunstlichtcontactpapier voor het maken van afdrukken en vergrotingen. Daar het normale gaslichtpapier voor geel ongevoelig is, kan men de donkere kamer royaal verlichten, zonder dat dit sluiering van den afdruk ten gevolge heeft. De meer gevoelige bromidepapieren vragen grootere voorzichtigheid, zoodat men hierbij natriumlicht niet zonder meer kan gebruiken.

Van het feit, dat een natriumlamp een monochromatische lichtbron is, wordt op merkwaardige wijze gebruik gemaakt bij de verduistering volgens de filtermethode. Het principe hiervan is als volgt: de ramen van de te verduisteren ruimte worden bestreken met een verf van zoodanige kleur (groen), dat de door de natriumlamp uitgezonden straling hierdoor wordt geabsorbeerd. Overdag wordt echter het daglicht, behalve een deel van het spectrum, waarin de gele natriumlijn ligt, vrij doorgelaten. Hiermede wordt dus bereikt, dat overdag de verduisterde ruimte (groen) verlicht is, terwijl 's avonds en 's nachts bij verlichting

*) Door fotografen wordt de natriumlamp, met het oog op de speciale toepassing, vaak met beide beenen in een horizontaal vlak in het SO-RA armatuur gemonteerd. Hierdoor wordt de lichtsterkteverdeling minder breed en stijgt de lichtsterkte verticaal onder het armatuur.

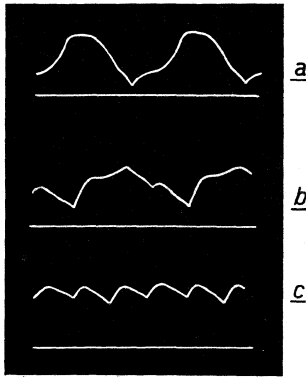


FIG. 46

Oscillogram van het licht van een natriumlamp SO 650 op één fase aangesloten (a). In b is het oscillogram van het gemengde licht van twee lampen op twee fasen, in c dat van het gemengde licht van drie lampen op drie fasen van een drie-fasen-net gegeven. De fase-verschuiving en de vermindering van de lichtfluctuaties zijn duidelijk te zien.

boscopisch effect). Hoewel deze eigenschap in de praktijk in het algemeen zelden als hinderlijk wordt ondervonden, kan men, indien dit nodig mocht blijken, dezen hinder voorkomen of althans zeer sterk onderdrukken door verschillende lampen van een installatie op verschillende netfasen aan te sluiten. Bij gelijkmatige verdeling over een drie-fasen-net bereikt men op deze wijze, dat de toppen, resp. dalen, van het uitgestraalde licht 60° met elkaar in fase verschillen, zoodat een voldoende afvlakkende werking wordt verkregen. In fig. 46 wordt een oscillogram gegeven van het licht van een op één fase brandende natriumlamp, naast het oscillogram van het gemengde licht van twee, resp. drie op twee, resp. drie fasen

met natriumlampen, zonder dat verdere maatregelen genomen behoeven te worden, geen licht naar buiten kan stralen.

Bijzonder mooie effecten zijn te bereiken met het beschrijven van gebouwen (floodlight) met natriumlicht. Van deze toepassing geeft de foto op blz. 60 een goeden indruk.

§ 35. STROBOSCOPISCH EFFECT.

Evenals andere gasontladingslampen, dooft bij de natriumlamp het ontladingslicht twee maal per periode (dus normaal honderd maal per sec) geheel. Deze eigenschap (waarvan bij stroboscopen een nuttig gebruik wordt gemaakt — zie hoofdstuk VI) kan onder omstandigheden hinderlijk zijn bij normale toepassingen voor algemeene verlichting. Het kan bijv. voorkomen, dat een snel ronddraaiend machine-onderdeel hierdoor schijnbaar stil staat (stro-

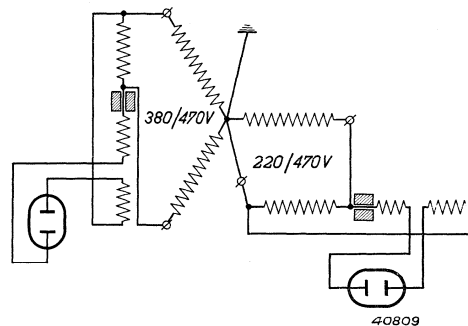


FIG. 47

Schema van twee natriumlampen SO 650, in Scott-schakeling aan een drie-fasen-net aangesloten.

van een drie-fasen-net aangesloten natriumlampen.

Bij gebruik van twee lampen voor de verlichting van hetzelfde gezichtsveld (bijv. twee lampen in één armatuur), kan men de lichtfluctuaties ook sterk verminderen door de lampen in Scottschakeling aan te sluiten. Een afbeelding van het principe van deze schakeling vindt men in fig. 47.

Op zichzelf zijn er verschillende methoden aan te geven, waardoor ook op één fase brandende lampen met elkaar in fase verschillende lichtstromen uitzenden. Wij noemen bijv. de in Amerika (voor lagedruk fluorescentielampen) zeer verbreide z.g. Tu-lamp schakeling, die in wezen bestaat uit twee voorschakelapparaten voor twee lampen, waarvan het eene een normale zelfinductie (smoorspoel) is, terwijl het andere uit een in serie met een capaciteit (condensator) geschakelde zelfinductie bestaat. De waarden van L en C zijn zoodanig gekozen, dat een voorrijlende arbeidsfactor resulteert, die even groot is als de narijlende arbeidsfactor, die het gevolg is van de zelfinductie van het eerste apparaat (zie schema fig. 48). Ten gevolge hiervan wordt de totale arbeidsfactor practisch gelijk 1. Hierdoor worden de lichtstromen van de beide lampen ten opzichte van elkaar in fase verschoven, zoodat de overblijvende lichtrimpel belangrijk kleiner is dan die van één lamp.

Ten slotte zou het stroboscopisch effect geheel opgeheven kunnen worden door de lamp op gelijkstroom te branden. Afgezien van het zelden voorkomen van gelijkstroomnetten, heeft deze oplossing echter, ook van theoretisch standpunt bezien, slechts weinig betekenis, daar in de eerste plaats het branden op gelijkstroom een belangrijken teruggang van het lichtrendement betekent. De stroombeperking moet nl. door middel van een weerstand geschieden, hetgeen, zoodals wij bespraken, een zeer oneconomische manier is in vergelijking met het gebruik van een zelfinductie met kleine verliezen. In de tweede plaats moet de waarde van de netspanning hoger gekozen worden dan die van de normale wisselstroom netspanning resp. openspanning, omdat de voor het ontsteken beschikbare maximale waarde van

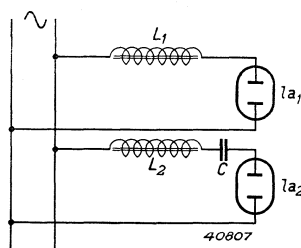


FIG. 48

Schema van een schakeling ter verkleining van de lichtfluctuaties bij twee gasontladinglampen op één fase. De waarden van L_1 en C zijn zoodanig gekozen, dat de lichtfluctuaties van lamp lc_1 juist tegengesteld aan die van lamp la_2 verlopen.

de spanning bij sinusvormigen wisselstroom 1,4 maal zoo groot is als bij gelijkstroom van gelijke effectieve waarde. In de derde plaats is een nadeel van branden op gelijkstroom, dat de elektroden ongelijk belast worden, zoodat de lamp in het algemeen een kleineren nuttigen levensduur zal hebben dan op wisselstroom, tenzij men een speciale gelijkstroomuitvoering maakt. In de vierde plaats treedt bij gelijkstroom een natriumtransport op, omdat de positieve natriumionen naar de kathode overgebracht worden, waardoor een verarming aan natrium in het gebied van de anode ontstaat. Hierdoor kan de lamp spoedig rood gaan branden, ten gevolge waarvan de nuttige levensduur zeer wordt beperkt (zie ook § 38).

§ 36. DE ARBEIDSFACITOR.

Zooals in § 15 is aangetoond, kan men den arbeidsfactor α practisch gelijk stellen aan het quotiënt van brandspanning en netspanning, resp. openspanning. Natriumlampen hebben dus een lagen arbeidsfactor. Indien men, met het oog op doorsnedebeparing van leidingen of om andere redenen, dezen arbeidsfactor wil verbeteren, kan dit op eenvoudige wijze geschieden door een condensator parallel op het net te schakelen. Hierdoor ontstaat nl. een capacitevye stroom, die den inductieven stroom kan compenseeren. Dat de arbeidsfactor niet geheel tot 1 is op te voeren, vindt zijn oorzaak in het feit, dat, hoewel stroom en spanning van de lamp zelf op hetzelfde oogenblik door nul gaan, deze grootheden niet sinusvormig blijven, zoodat een oncompenseerbaar gedeelte van den stroom overblijft (§ 15). In fig. 49 is een oscillogram van den stroom en de spanning van een natriumlamp gegeven. Uit de compensatiekrommen, welke het verband aangeven tusschen den arbeidsfactor en de grootte van den parallel op het net geschakelden condensator (blz. 262), blijkt, dat de compensatie tot dicht bij $\alpha = 1$ kan worden opgevoerd. Door Philips wordt een serie condensatoren in den handel gebracht, die een alleszins voldoende verbetering van den arbeidsfactor voor ieder lamptype mogelijk maken. De gebruikelijke condensatoren zijn op blz. 261 aangegeven.

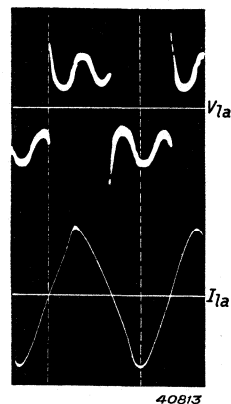


FIG. 49

Oscillogrammen van de brandspanning ($V_{1\alpha}$ en van den lampstroom $I_{1\alpha}$ van een natriumlamp SO 650. De brandspanning is sterk vervormd, terwijl ook de vorm van den stroom tamelijk veel van een sinusfunctie afwijkt.

§ 37. RADIOSTORING.

Bij gasontladingslampen kan radiostoring op drie manieren tot uiting komen. In de eerste plaats kan de lamp zelf stralen. In de tweede plaats kunnen de toevoerleidingen als zendantenne werken en in de derde plaats kan de storing via de toevoerdraden door geleiding over grootere afstanden verplaatst worden.

De geleiding wordt praktisch geheel voorkomen door den uitvoeringsvorm van het voorschakelapparaat. Bij den spaarlektransformator is tusschen net en lamp een gedeelte van de wikkeling geschakeld, welke een zoo hoogen weerstand voor de hoogfrequente trillingen vormt, dat deze niet op het net kunnen komen (zie het schema in fig. 22).

Het stralen van lamp en leidingen blijft bij natriumlampen, bij de gebruikelijke afstanden tusschen deze en een radio-ontvangtoestel, in verreweg de meeste gevallen beneden de hindergrens. Indien in een enkel geval toch storingshinder zou worden ondervonden, kan men zich eenvoudig helpen door een zeer kleinen condensator (bijv. 0,01 μ F) parallel aan de lamp te schakelen. Uitdrukkelijk moet worden gewaarschuwd tegen het parallel schakelen van belangrijk grootere condensatoren, daar dit den levensduur van de lamp zeer ongunstig zou beïnvloeden.

§ 38. DE LEVENSDUUR.

De oorzaak, die in normale gevallen een einde maakt aan het leven der gloeilampen, nl. de verdamping van den wolframdraad, komt bij natriumlampen zelden voor. De gebruikte electroden verdampen wel, terwijl ook het emittermateriaal niet eendeloos werkzaam blijft, zoodat de lampen op den duur niet meer tot ontsteken te brengen zijn, maar de reserve is in dit opzicht zoo groot, dat de levensduur meestal door andere oorzaken wordt beperkt. Deze oorzaken kunnen wij samenvatten onder den naam ouderdomsverschijnselen, die hetzij de lamp mechanisch doen sneuvelen, dan wel den lichterugval zoo groot maken, dat de lamp als lichtbron te oneconomisch wordt. Wij noemen hier slechts enkele verschijnselen:

a. Natriumverplaatsing.

Zooals reeds gezegd, zullen op den duur, door het telkens herhaalde proces van verdampen en condenseeren, plaatselijke ophooping van natrium ontstaan, hoewel dit zeer tegenwerkt wordt door het gebruik van een vacuumglas. Bij een onregelmatige natriumverdeling gaat de lamp, eerst plaatselijk

en later over een grooter gedeelte van de buis, rood branden (neon-ontlading), waardoor de lichterugval zoo groot wordt, dat de lamp door een nieuw exemplaar dient te worden vervangen.

b. Natrium achter de electroden.

Door de bovengenoemde oorzaken kan het natrium zich achter de electroden ophoopen, en dit kan aanleiding geven tot sprong van de insmeltplaats (zie ook § 22).

c. Verkleuring van de ontladingsbuis.

De „onaantastbare“ binnenlaag van de ontladingsbuis (booraatglas) zal langzamerhand toch eenigszins worden aangetast, hetgeen bruinkleuring van het glas ten gevolge heeft. Op den duur wordt de specifieke lichtstroom van de lamp daardoor zoo laag, dat het voordeliger is een nieuwe lamp aan te schaffen. (Vergelijk ook de gevolgen van een te sterk gedaalden lichtstroom op de contrastvorming, — § 29).

Ondanks deze en andere moeilijkheden, is het door zorgvuldige fabricage gelukt den levensduur van de natriumlampen op gemiddeld 3000 uur te brengen.

§ 39. SERIESCHAKELING VAN NATRIUMLAMPEN.

Hoewel in de meeste landen van Europa parallelschakeling wordt toegepast, leenen natriumlampen zich ook zeer goed voor serieschakeling.

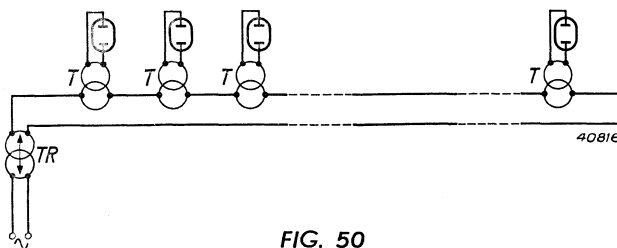


FIG. 50

Serieschakeling van SO lampen. Een gemeenschappelijke regeltransformator TR neemt het verschil tusschen de ontsteekspanning en de brandspanning der lampen op en houdt den stroom constant in den kring der primaire wikkelingen van de transformatoren T, door welke iedere lamp afzonderlijk wordt gevoed.

In fig. 50 wordt het prinsipeschema van een natriuminstallatie in serieschakeling gegeven. Iedere lamp wordt door een eigen transformator gevoed. De primaire wikkelingen van alle transformatoren liggen in serie, terwijl de lampen aan de

klemmen van de secundaire wikkeling zijn aangesloten. In plaats van individueele smoorspoelen of spaarlektransformatoren, ge-

bruikt men hier een gemeenschappelijken regeltransformator die den stroom in den kring der primaire wikkelingen constant houdt. Serieschakeling kan, in het bijzonder bij verlichtingsinstallaties, waarbij de lampen over zeer groote afstanden verdeeld zijn, voordeelen bieden.

§ 40. DE POLARIMETERLAMP.

In de polarimetrie werd reeds lang gebruik gemaakt van de natrium D lijn, welke op primitieve wijze geproduceerd werd door het verhitten van een natriumzout in een vlam.

Een moderne methode is het gebruik van de polarimeterlamp, die de D lijn op handige en economische wijze produceert. De afmetingen van deze lamp zijn in overeenstemming met de gekozen toepassingsgebieden.

Fig. 51 toont een foto van de lamp en het bijbehorende apparaat.

Ook bij de refractometrie, bij interferentieproeven en dergelijke, kan de polarimeterlamp belangrijke diensten bewijzen.

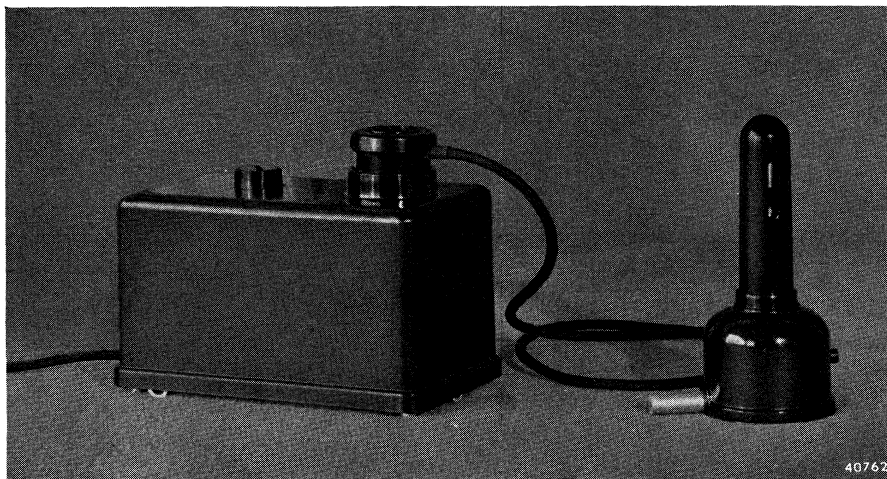


FIG. 51

Foto van een polarimeterlamp in houder, met bijbehorend aansluitkastje.

De voornaamste gegevens zijn in onderstaande tabel verenigd.

Type nr	Netspanning	Stroom	Brandspanning	Bruto vermogen	Afmetingen				
					Aansluitkast	Lamphouder		Lamp	
						diameter	hoogte	diameter	hoogte
4406	220 V	80 mA	50 V	5 W	173 x 98 x 113 mm	64 mm	140 mm	15 mm	93 mm



De Amstellaan te Amsterdam
verlicht door „Philora“ HO 1000 lampen,
hoogte 9 m, afstand 30 m.

HOOFDSTUK II

HOOGEDRUK EN SUPERHOOGEDRUK KWIKLAMPEN MET NATUURLIJKE KOELING

§ 41. INDEELING DER KWIKLAMPEN IN HOOFDGROEPEN.

Zoals in § 25 werd uiteengezet, neemt de straling in het zichtbare spectrum bij kwiklampen toe, wanneer de overgangen tusschen de hogere energieniveau's worden bevorderd. Wij zagen, dat de kans op aanslag tot hogere niveau's o.a. grooter wordt door toename van den druk, en het ligt dus voor de hand de constructie der kwiklampen zoodanig te kiezen, dat een hooge kwikdampdruk tijdens het bedrijf aanwezig is.

Van het begin der ontwikkeling af werd de druk dan ook hoog gekozen en reeds K ü c h e n R e t c h i n s k y gebruikten in 1906 een kwikdampdruk van ca. 1 at. Tot 1936 werd deze druk in de in den handel gebrachte lampen gehandhaafd en het bleek inderdaad mogelijk bij dezen druk, bij niet te kleine lampvermogens, een goed lichtrendement te verkrijgen. Bij kleinere lamp-typen is de specifieke lichtstroom echter vrij veel lager, zoodat lampen met een kleineren lichtstroom dan ca. 1000 Dlm weinig toepassing vonden. De grootere typen (met lichtstroom van 1000 en 2000 Dlm) handhaafden zich echter en vinden onder den naam H O l a m p e n nog een uitgebreide toepassing.

Door de invoering van den superhoo gen d r u k werd echter een geheel nieuw toepassingsgebied voor de kwiklampen ontsloten. In 1936 bracht P h i l i p s de eerste volgens dit principe geconstrueerde lamp in den handel; haar lichtstroom bedroeg 300 Dlm, haar vermogen 75 W, en de kwikdruk in bedrijf ca. 20 at.

Deze superhoogedruk kwiklampen, die een kleinen stroom en een grooten gradiënt*) hebben (in tegenstelling met de H O l a m p e n, die grootere stroomen en kleineren gradiënt bezitten), hebben nl. ook bij kleinere lampvermogens een goeden specifiek lichtstroom.

Behalve door het verhoogen van den druk, kan de gradiënt vergroot worden door verkleining van den diameter van de ont-ladingsbuis. Ook hiervan is bij de constructie van de superhooge-

*) Onder den gradiënt verstaat men de spanning (in V) per cm booglenkte in de positieve zuil.

druk kwiklampen gebruik gemaakt, zoodat een kleine diameter als kenmerkend voor deze lampen kan worden beschouwd.

De kleine diameter heeft echter een hooge wandtemperatuur ten gevolge, zoodat in de eerste plaats een zeer temperatuurbestendig materiaal voor de ontladingsbuis moet worden gekozen. Als zoodanig wordt bij alle superhoogedruk lampen dan ook kwartsglas gebruikt. In de tweede plaats past men koeling door geleiding toe. Naar den aard van de koeling onderscheidt men superhoogedruk kwiklampen met natuurlijke koeling (HP lampen) en superhoogedruk kwiklampen met geforceerde koeling (SP lampen). Bij de HP lampen wordt de koeling van de ontladingsbuis verbeterd door den omhullenden buitenballon met stikstof te vullen, terwijl dit bij de SP lampen in een zeer uitgesproken vorm door koelwater wordt bereikt.

Als een tweede voordeel van den superhoogen druk is de hierdoor bereikte hooge helderheid van de ontlading te noemen. Ten gevolge hiervan leenen lampen volgens dit principe zich buitengewoon goed voor projectiedoeleinden en voor gebruik in andere optische systemen.

Als derde voordeel noemen wij de veranderingen in het kwikspectrum, die ten gevolge van den superhoogen druk optreden, waardoor het licht van deze lampen „witter“ is dan dat van de hoogedruk kwiklampen.

Wij zullen deze punten bij de behandeling der diverse lamptypen aan een nadere beschouwing onderwerpen.

Op grond van practische overwegingen, wordt de bespreking der HO en HP lampen in dit hoofdstuk zooveel mogelijk gecombineerd, terwijl aan de behandeling der SP lampen een afzonderlijk hoofdstuk (III) is gewijd.

Ten slotte wordt een derde groep van kwiklampen, de TL lampen, in hoofdstuk IV besproken. Bij deze lampen wordt de dampdruk juist bijzonder laag gekozen (ca. 0,01 mm Hg). De emissie van zichtbare straling is bij dezen druk zeer gering, zoodat deze lampen eerst bij toepassing van fluorescentiestoffen be teekenis als lichtbron krijgen.

§ 42. OVERZICHT.

Voor de gedachtebepaling geven wij in onderstaande tabel een overzicht van de door Philips in den handel gebrachte HO en HP lampen. De verouderde typen zijn niet vermeld. Bovendien zijn HP lampen met specialen uitvoeringsvorm (fluoresceerende buitenballon voor kleurverbetering) niet in de

tabel opgenomen. Deze komen later in § 55 ter sprake. Evenmin zijn de ML lampen (dit zijn in principe HP lampen, welke met een gloeidraad, in plaats van met een smoorspoel in serie branden) vermeld. Aan deze lampen is eveneens een afzonderlijke paragraaf in dit hoofdstuk gewijd (§ 53).

Lampgegevens	Eenheid	Lamptype			
		HO 1000	HO 2000	HP 300	HP 500
Lichtstroom	Dlm	1000	2000	300	500
Opgenomen vermogen	W				
Lamp alleen		265	450	75	120
Lamp met voorschakelapparaat (220 V)		280	475	83	130
Lichtrendement (bruto, 220 V)	Dlm/W	3,55	4,20	3,60	3,85
Lampstroom	A	2,2	3,7	0,8	1,2
Brandspanning	V	120	130	115	115
Maximum ontsteekspanning	V	180	180	180	180

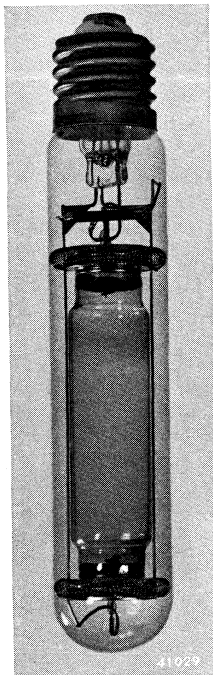


FIG. 52

Hoogedruk kwiklamp, type HO 1000.

De HO lampen behoren tot de eerste kwiklampen, welke in Europa fabriekmatig werden vervaardigd. Van de verschillende typen, welke in den handel zijn gebracht, hebben zich tot op heden twee een blijvende plaats kunnen veroveren, nl. de HO 1000 en HO 2000.

Na de HO lampen deden de HP lampen hun intrede op de markt en deze hebben de HO lampen, voor zoover zij in typen van kleiner vermogen werden ge-

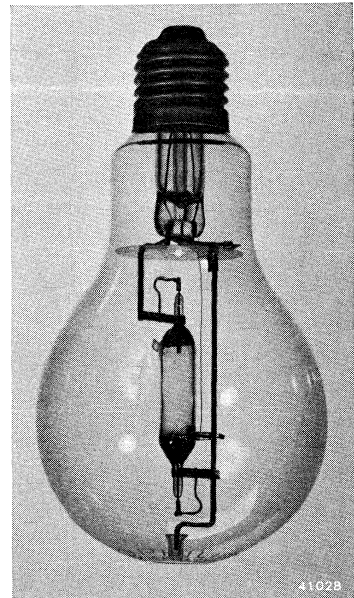


FIG. 53

Superhoogedruk kwiklamp, type HP 300. De lamp wordt gewoonlijk met een inwendig gematteerden buitenballon gebruikt.

maakt, geheel verdrongen, zoodat tegenwoordig de kleinere typen uitsluitend volgens het HP principe worden vervaardigd.

In fig. 52 is een foto van een HO lamp, in fig. 53 een afbeelding van een HP lamp gegeven.

§ 43. HET GLAS VAN DE ONTLADINGSBUIS.

HO lampen.

Met het oog op den gewenschten hoogen druk en de hooge temperatuur is het glas, zoodals dat bijv. bij gloeilampen gebruikt wordt, niet geschikt om als wandmateriaal van de ontladingsbuis der HO lampen te dienen. Een dergelijk glas heeft een zoo laag verweekingspunt, dat het bij een kwikdruk van ca. 1 at en de tijdens het branden van de lamp optredende hooge wandtemperatuur (ca. 600° C) vervormd zou worden. Het was dus noodzakelijk glassoorten te gebruiken, die wegens het hooge verweekingspunt (700 à 750° C) hardglazen worden genoemd.

Maar bovendien is niet iedere glassoort, onder de omstandigheden van de hoogedruk kwikontlading, bestand tegen de inwerking van kwikdamp. De aantasting vindt wel niet zoo gemakkelijk plaats als door natriumdamp, maar toch wordt het normale glas langzamerhand onder invloed van den kwikdamp zwart of bruin gekleurd. Het hardglas, dat voor de vervaardiging van de ontladingsbuis der HO lampen wordt gebruikt, moet dus bovendien kwikbestendig zijn. Men heeft daarom speciale hardglazen ontwikkeld, die aan de gestelde eischen voldoen.

HP lampen.

Zoodals reeds in de vorige paragraaf werd opgemerkt, brengt de toepassing van den superhoogen druk de noodzakelijkheid met zich, over een wandmateriaal met een nog hooger verweekingspunt dan de bovengenoemde hardglazen te beschikken. Kwartsglas voldoet aan dezen eisch.

Behalve het voordeel van een hoog verweekingspunt, heeft kwartsglas echter nog een andere belangrijke eigenschap, die er toe medewerkte, dat men dit materiaal ging gebruiken. Wij bedoelen het groote doorlatingsvermogen voor ultraviolette stralen. Van deze eigenschap wordt op verschillende manieren gebruik gemaakt. Wij komen hierop later nog terug.

Een moeilijkheid, die zich bij de verwerking van het kwarts

voordoet, is de doorvoer van de stroomtoevoerdraden, omdat deze onder sterk wisselende omstandigheden van temperatuur en druk, gedurende een lange periode gasdicht moet blijven. Een directe insmelting van een metalen toevoerdraad in het kwarts is ten gevolge van het groote verschil in uitzettingscoëfficiënt niet mogelijk. Bij stroomdoorgang door de lamp worden de toevoerdraden verwarmd en zetten veel meer uit dan het kwarts; na het uitschakelen van de lamp krimpt het metaal weer veel sterker dan het kwarts. Hierdoor springt het kwarts of blijft de doorvoer niet gasdicht.

Een oplossing voor de moeilijkheid werd gevonden in het gebruik van tusschenglazen of overgangsglazen, die het verschil in uitzettingscoëfficiënt tusschen het metaal en het kwarts overbruggen.

Een andere mogelijkheid is gelegen in het gebruik van een zeer dun plaatje metaal (folie) als directe doorvoer door het kwartsglas, waardoor de uitzetting en de inkrimping slechts over zeer geringe afstanden plaats vinden.

§ 44. DE BUITENBALLON.

HO lampen.

Om de kwikdamp op de vereischte temperatuur te houden is een hoeveelheid energie noodig, die beperkt kan worden door gebruik te maken van een vacuümglas (zie § 20). Bij de HO lampen is de buitenballon dan ook luchtledig, hetgeen bovendien als voordeel met zich brengt, dat de lampen betrekkelijk weinig invloed van de buitentemperatuur ondervinden.

De goede warmte-isolatie heeft echter ook tot gevolg, dat de temperatuur van de ontladingsbuis na het uitschakelen van de lamp slechts langzaam daalt, waardoor de kwikdamp langen tijd een hoogen druk blijft behouden. Wij zagen echter, dat hooge druk een hooge ontsteekspanning met zich brengt (§ 6). Dit beteekent in de practijk, dat de ontsteekspanning gedurende geruimen tijd na het uitschakelen boven 220 V blijft, zoodat HO lampen niet onmiddellijk na het uitschakelen weer tot ontsteking zijn te brengen. Dit nadeel van den vacuümmantel wordt echter in de practijk zelden of nooit als storend ondervonden, daar HO lampen in het algemeen niet worden gebruikt op plaatsen, waar men zeer spoedig na het uitschakelen weer licht wenscht te hebben.

De buitenballon wordt natuurlijk veel minder warm dan de

binnenballon. Hij wordt in hoofdzaak alleen door straling verhit en dan nog voornamelijk door de langgolvlige (infrarode) straling, die door den wand van den binnenballon wordt uitgezonden. Het directe kwiklicht wordt weinig geabsorbeerd en draagt slechts weinig tot de verwarming bij.

Een hardglazen buitenballon zou dus op zichzelf niet noodzakelijk zijn, maar men past deze toch dikwijls toe, omdat HO lampen veel in open armaturen voor straat- en terreinverlichting worden gebruikt, waar ze aan allerlei atmosferische invloeden, zooals regen en sneeuw, zijn blootgesteld en hardglas hierbij (door zijn kleineren uitzettingscoëfficiënt) minder kans loopt te springen. In fig. 54 is de temperatuur van den buitenballon van de beide vrij brandende HO typen op enkele punten aangegeven, voor verticalen en horizontalen brandstand.

De cilindrische buitenballon wordt in helder glas uitgevoerd en van een Goliath huls voorzien. Voor de uitwendige afmetingen zie men blz. 253 en 254.

HP lampen.

De buitenballon van de HP lampen wordt met stikstof van ca. 50 cm druk gevuld. Door de temperatuurverhoging wordt deze druk tijdens het bedrijf van de lamp ongeveer 1 at.

Deze gasvulling brengt in de eerste plaats als voordeel mee, dat de tijd, die na het uitschakelen verlopen moet, alvorens de lamp weer op de beschikbare spanning ontsteekt, veel korter is dan bij de HO lampen. Een tweede voordeel van het feit, dat de ontladingsbuis nu door het gas zijn warmte af kan geven, is, zooals wij zagen, gelegen in de hierdoor mogelijke vergrooting van het toegevoerde vermogen.

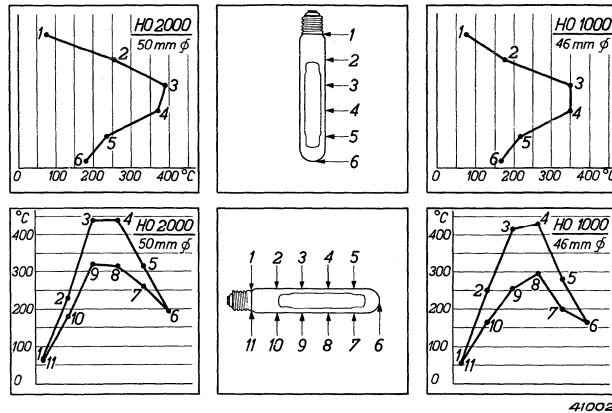


FIG. 54

Temperatuurverdeling van den buitenballon van de hoogedruk kwiklampen HO 1000 en HO 2000 in verticalen en horizontalen brandstand, bij een omgevings-temperatuur van 20° C.

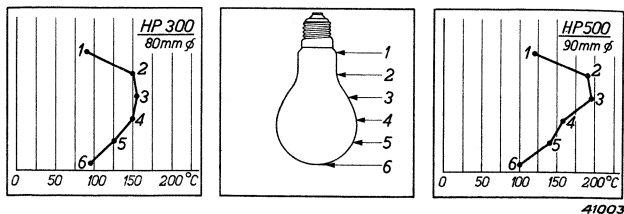


FIG. 55

Temperatuurverdeling van den buitenballon van de superhoogedruk kwiklampen HP 300 en HP 500. De temperaturen hebben betrekking op verticaal brandende lampen, bij een omgevingstemperatuur van 20°C .

gloeilampenballon en wordt voor algemeene verlichtingsdoeleinden, met het oog op de zeer hoge helderheid van de ontlading (§ 57), inwendig gematteerd geleverd. Deze matteering heeft bij HO lampen minder beteekenis, daar deze lampen slechts zelden toegepast worden op plaatsen, waar de helderheid, die bovendien belangrijk kleiner is dan die van HP lampen, een bezwaar zou vormen. (Bovendien stuit het inwendig matteeren van hardglas op technische bezwaren.)

De HP lampen worden met Edison of Swan huls geleverd. Voor de uitwendige afmetingen van de HP lampen zie men blz. 255 en 256.

§ 45. DE ONTSTEEKSPANNING.

Hoewel de electrodenafstand van de HO lampen kleiner en de diameter van de ontladingsbuis grooter is dan die van natriumlampen, en de ontsteekspanning dus kleiner kan zijn (§ 6), blijft, indien geen maatregelen worden genomen, de ontsteekspanning toch boven de waarde, die een bedrijfszeker ontsteken bij spanningen van ongeveer 220 V waarborgt. Bij HP lampen is de electrodenafstand weliswaar nog veel kleiner, maar door den kleineren diameter treedt de verlaging van de ontsteekspanning, die hiervan het gevolg zou zijn, in werkelijkheid niet op. Ook bij de HP lampen zou daarom het ontsteken op 220 V netten niet verzekerd zijn, als geen hulpmiddelen werden toegepast. Door een andere keuze van het vulgas is in dit opzicht geen voldoende verbetering te verkrijgen, daar een voor het ontsteken gunstig vulgas reeds werd gekozen. Dit bestaat, zowel bij de HO als bij de HP lampen, uit argon van lagen druk.

Voor beide lampgroepen is het daarnaast echter nog noo-

In fig. 55 is de temperatuur van den buitenballon van de beide vrij brandende HP typen op enkele punten aangegeven.

De buitenballon is in vorm geheel gelijk aan den bekenden

dig een hulpmiddel te gebruiken, als men de lampen in serie met een smoorspoel op een 220 V net wil kunnen branden. Men past hiervoor een inwendige hulpelectrode toe. In fig. 56 is de schematische opbouw van een HO en in fig. 57 die van een HP lamp gegeven. Bij het inschakelen staat de volle netspanning tusschen

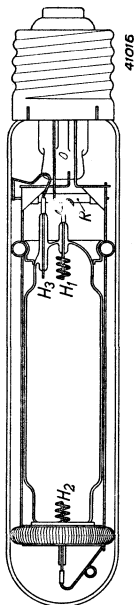


FIG. 56
Schematische opbouw van de hoogedruk kwiklampen.

de hoofdelectrode H_1 en de hulpelectrode H_3 . De afstand tusschen beide is zoo klein, dat hiertusschen een ontlading ontstaat. Deze levert dan voldoende electronen en ionen om de baan tusschen H_1 en H_2 zoodanig geleidend te maken, dat de lamp ontsteekt. Om nu te voorkomen, dat een groote stroom tusschen H_1 en H_3 zou blijven vloeien, wordt een hulpweerstand R toegepast, die dezen stroom tot een zeer kleine waarde reduceert. Zonder dezen weerstand zou de stroom zoo groot zijn, dat de lamp ontijdig stuk zou kunnen gaan, afgezien nog van het feit, dat bij kleine waarde van den hulpweerstand een groot vermogen nutteloos wordt verbruikt.

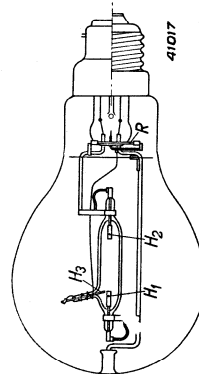


FIG. 57
Schematische opbouw van de superhoogedruk kwiklampen.

Door de inwendige hulpelectrode is het doel bereikt en ontsteken zoowel de HO als de HP lampen beneden 180 V, zoodat, zelfs bij abnormaal lage netspanningen, een groote veiligheidsmarge is verkregen.

§ 46. DE OPWARMPERIODE.

Evenals bij natriumlampen, duurt het ook bij de HO en HP lampen eenigen tijd, vóór de lichtstroom zijn definitieve waarde heeft bereikt. Deze opwarmtijd is korter dan bij natriumlampen en ligt in de orde van 5 min.

Wij gaan aan de hand van fig. 58 het verloop van de brandspanning, den lampstroom en den lichtstroom gedurende de opwarmperiode na. In deze figuur is het gedrag van deze grootheden voor een HP 300 lamp gedurende het opwarmen aangegeven. Voor de andere HO en HP typen is het verloop van deze krommen analoog.

De brandspanning.

In tegenstelling met wat wij bij natriumlampen zagen, is de dampdruk in kwiklampen bij normale omgevingstemperatuur niet verwaarloosbaar, zoodat de ontlading v_{1a} wel onmiddellijk na het ontsteken (waarvoor het vulgas dient) in den kwikdamp plaats vindt. De kwikdampdruk is dan echter nog wel laag, waardoor de brandspanning met een zeer kleine waarde (ca. 10 à 20 V) begint. Door de verwarming ten gevolge van de ontlading neemt de kwikdruk toe en de lampspanning zal stijgen tot een temperatuurevenwicht is bereikt. Is echter de hoeveelheid kwik zoodanig beperkt, dat reeds voor het bereiken van het temperatuurevenwicht al het kwik verdampt is, dan zal op dat moment de stijging van de brandspanning eindigen. Bij de hoogedruk en superhoogedruk kwiklampen wordt nu inderdaad de kwikhoeveelheid om redenen, waar wij later (§ 47) op terugkomen, zoodanig g e d o s e e r d, dat deze lampen in normalen bedrijfstoestand met onverzadigden (oververhitten) kwikdamp branden.

De kwikdampdruk kan niet hoger zijn dan de dampdruk, behorende bij de laagste in de ontladingsbuis voorkomende temperatuur, en aangezien het ons om een hoogen druk te doen is, moeten wij koude plaatsen zooveel mogelijk vermijden. De koudste plaats nu wordt gevormd door de ruimte achter de electroden. Het streven zal er dus op gericht moeten zijn deze „doode“ ruimte zoo warm mogelijk te houden door de electroden zoo dicht mogelijk bij de insmeltplaats te brengen. Hieraan zijn echter grenzen gesteld door de ten gevolge van dezen maatregel toenemende kans op springen van de insmeltplaats. Daarom wordt deze maatregel dikwijls aangevuld door het aanbrengen van een spiege-

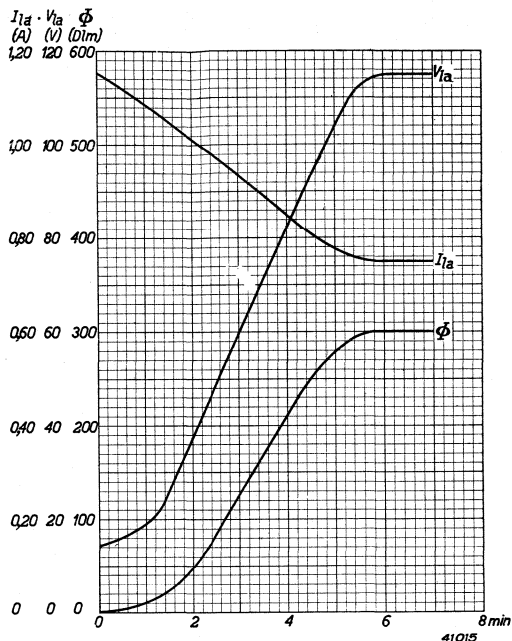
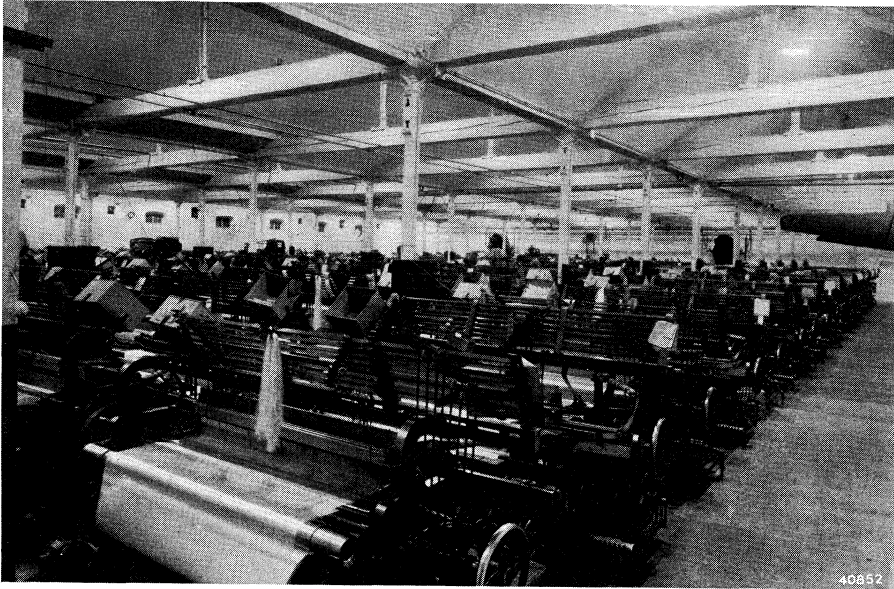
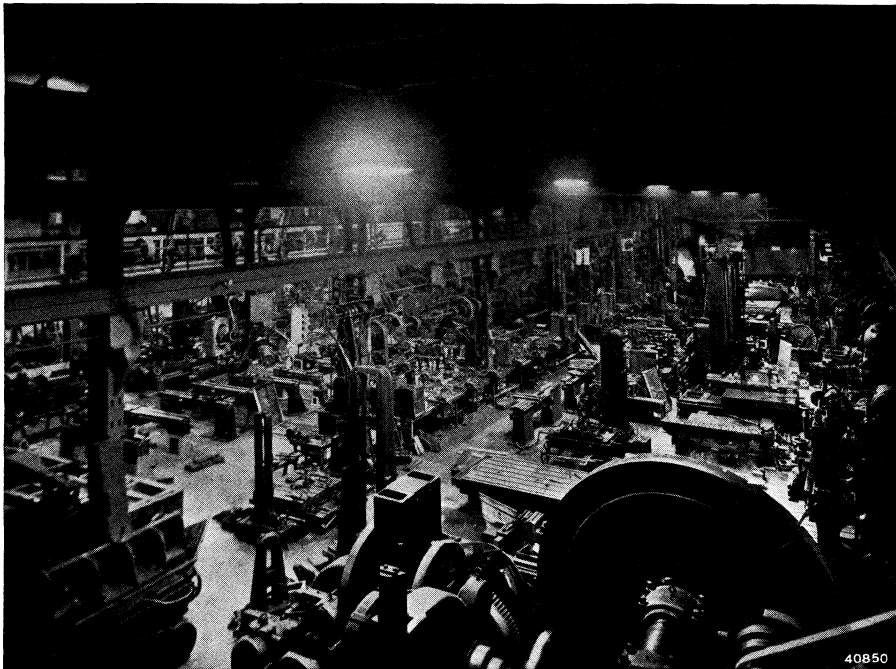


FIG. 58

Het gedrag van de brandspanning (V_{1a}), den lampstroom (I_{1a}) en den lichtstroom (Φ) van een superhoogedruk kwiklamp HP 300 gedurende de opwarmperiode.



De weverijen der firma Neumann & Söhne te Reichenberg,
door menglicht verlicht.



Een mechanische werkplaats te Kristiansand in Noorwegen,
verlicht door Philora natriumlampen.

lende platinalaag op de buitenzijde van dat deel van de ontlaadingsbuis, dat de ruimte achter de electroden omsluit. Hierdoor worden de stralingsverliezen aan de uiteinden der ontlaadingsbuis beperkt, zoodat dit platineeren bovendien bijdraagt tot verkorting van de aanloopperiode.

Wij vestigen er de aandacht op, dat het gedrag van de brandspanning gedurende de opwarmperiode juist tegengesteld is bij kwik- en natriumlampen. Bij natriumlampen vonden we den regel, dat de brandspanning afneemt gedurende het opwarmen; hier neemt deze juist toe. De toename bij de kwiklampen is echter veel grooter dan de afname bij de natriumlampen. Bij de natriumlampen zou de brandspanning echter ook stijgen als de natriumdampdruk tot hooge waarden zou worden opgevoerd.

De lampstroom.

Hierover kunnen we zeer kort zijn. Wij wezen er reeds vroeger op (§ 16), dat de stroom bij de hooge- en superhoogedruk kwiklampen onmiddellijk na het ontsteken practisch gelijk is aan den kortsluitstroom van de voorgeschakelde smoorspoel (of spaarlektransformator). Naarmate de brandspanning stijgt, zal de spanning aan de smoorspoel dalen en ten gevolge hiervan neemt de stroom gedurende de opwarmperiode geleidelijk af, volgens het in fig. 58 aangegeven verloop.

De lichtstroom.

Het eigenlijke kwiklicht ontstaat reeds vrijwel onmiddellijk na het ontsteken en neemt volgens de gegeven kromme (fig. 58) toe. De spectrale samenstelling van het licht wijzigt zich gedurende het opwarmen sterk. Bij den lagen druk, waarin de ontlading begint, wordt er relatief weinig licht uitgezonden, dat als gevolg van de hoogere overgangen ontstaat. Bij toenemenden druk wordt het aandeel, dat hierdoor geleverd wordt, steeds grooter, tot het spectrum bij den evenwichtsdruck eindelijk zijn definitieve samenstelling heeft gekregen.

Bovendien zien wij, dat het licht van de ontlading, dat eerst de geheele buis vulde, zich tijdens het opwarmen langzamerhand samentrekt in een zuil, waarvan de diameter veel kleiner is dan die van de ontlaadingsbuis. Dit hangt samen met het groote temperatuurverschil tusschen ontlading en wand. De wandtemperatuur van de ontlaadingsbuis der HO en HP lampen is nl. ca. 600, resp. 800° C, terwijl de gastemperatuur in de as van de ontlading eenige duizenden graden bedraagt. Deze contractie veroorzaakt

vergrooting van de stroomdichtheid. In de as van de ontlading heet de temperatuur haar maximum en de dampdichtheid haar minimum (de druk is in de geheele buis natuurlijk dezelfde).

§ 47. INVLOED VAN NETSPANNINGSVARIATIES.

In fig. 59 is de procentueele verandering van enkele karakteristieke grootheden van een op een normale smoorspoel brandende HP 300 lamp, ten gevolge van variaties in de netspanning gegeven. Het gedrag van dit lamptype is representatief, zoowel voor de hoogedruk als voor de superhoogedruk kwiklampen, zoodat het hier, evenmin als in de vorige paragrafen, noodig is de HO en HP lampen afzonderlijk te bespreken.

Daar de ontlading bij deze lampen in onverzadigden kwikdamp plaats heeft, zal een stroomtoe- of afname in eerste benadering geen invloed hebben op de brandspanning. Meer kwik kan niet verdampen en, indien wij de stroomafname niet te ver voortzetten, zal er ook geen kwik condenseren.

De optredende variatie in de brandspanning wordt dus alleen bepaald door de voor constante damphoeveelheid geldende ontlaadingskarakteristiek, en deze verloopt in de buurt van het werkpunt bij constante gemiddelde dampdichtheid vrij vlak, zoodat de verandering in de brandspanning ten gevolge van de stroomverandering slechts zoo gering is, dat we V_{la} practisch onafhankelijk van de netspanning kunnen voorstellen. Zetten we echter de netspanningsverlaging zóó ver voort, dat kwik gaat condenseeren, dan zal de brandspanning dalen. In het geval dat we geen doseering van het kwik zouden toepassen, zou netspanningsverhoging een veel groteren invloed op de brandspanning

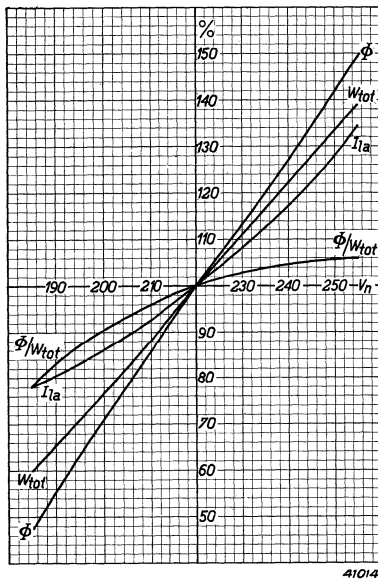


FIG. 59

Invloed van netspanningsvariaties op den lichtstroom (Φ), den lampstroom (I_{la}), het bruto vermogen (W_{tot}) en het bruto lichtrendement (Φ/W_{tot}) van een superhoogedruk kwiklamp HP 300, welke via een normaal voorschakelapparaat op een 220 V net is aangesloten.

hebben (V_{1a} zou toenemen), terwijl bij netspanningsverlaging terstond kwik zou condenseeren, waardoor de brandspanning zou dalen.

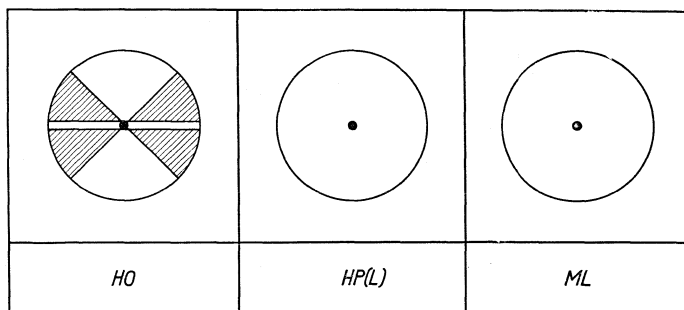
Ook onder invloed van de buitentemperatuur zal (vooral bij HP lampen, waar convectie een rol speelt door de gasvulling van den buitenballon) de brandspanning sterk kunnen varieeren, indien kwik in overmaat wordt toegepast.

Zoowel bij variatie van de brandspanning als bij veranderingen in de omgevingstemperatuur hebben we dus de waarde van de brandspanning niet meer in de hand. In § 15 zagen wij echter het groote belang, dat aan een juiste keuze van de brandspanning gehecht moet worden. Om dus nu de waarde hiervan grootendeels onafhankelijk te maken van veranderingen in de netspanning en de omgevingstemperatuur, worden de HO en HP lampen dan ook uitsluitend met een gedoseerde kwikhoeveelheid gefabriceerd.

§ 48. DE BRANDSTAND.

HO Lampen.

De normale brandstand der HO lampen is verticaal. Aan gezien de temperatuur van de gecontraheerde ontlading veel hooger is dan die van de rest van het gas, zullen sterke convectiestroomen in de ontladingsbuis optreden. Brandt men de lampen horizontaal, dan zal ten gevolge hiervan de ontladingsbaan zich naar boven krommen. Het kan dan voorkomen dat de ontlad-



410:3

FIG. 60

Toelaatbare brandstanden voor de HO, HP(L) en ML lampen. De witte sectoren geven de toegelaten brandstanden aan, waarbij de huls van de lampen steeds in het middelpunt van de cirkels gedacht is.

dingsbaan den glaswand zoo dicht nadert dat deze hierdoor dermate verhit wordt, dat vervorming (opblazen) onder invloed van den druk optreedt. Men heeft dit kunnen vermijden door den druk iets kleiner te kiezen voor de lampen, die speciaal voor horizontaal gebruik bedoeld zijn. Door den lagen druk kromt de boog zich nl. minder sterk.

Kunstmatige oplossingen zijn hierdoor onnoodig geworden. Als voorbeeld van een dergelijke oplossing, welke bijv. in Engeland nog wel wordt toegepast, noemen wij het aanbrengen van een magnetisch veld, dat den boog dwingt in de as van de ontlaadingsbuis te blijven.

HP Lampen.

Bij de HP lampen is de buisdiameter zoo klein, dat een eenigszins belangrijke uitwijking van de ontlading uit de as bij horizontalen brandstand niet kan optreden. Daar hier bovendien het zeer temperatuurbestendige kwartsglas gebruikt wordt, zijn speciale maatregelen niet noodig, en hoewel ook hier de verticale brandstand als de normale moet worden beschouwd, kan iedere andere brandstand worden toegelaten.

In fig. 60 zijn de toelaatbare brandstanden voor de diverse typen, die in dit hoofdstuk behandeld worden, aangegeven.

§ 49. HET ZICHTBARE SPECTRUM DER HO EN HP LAMPEN.

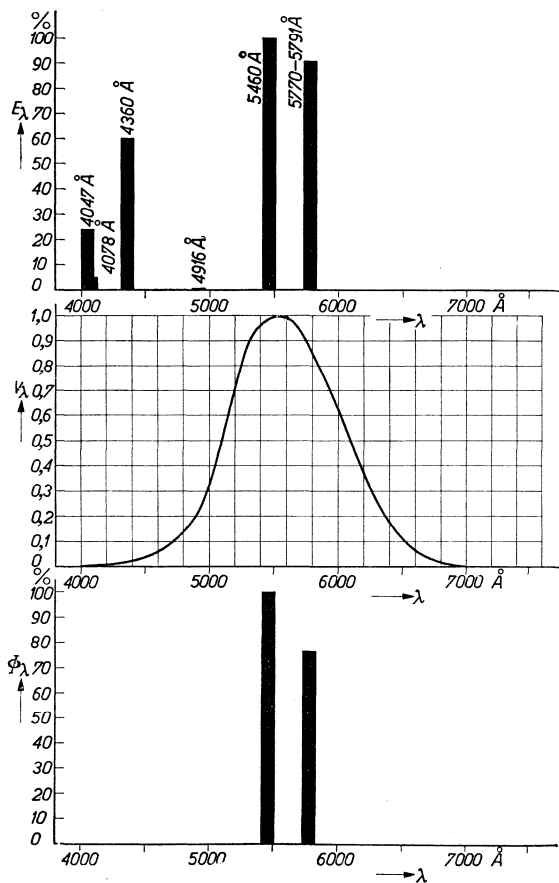
In de fig. 61 en 62 is de relatieve spectrale energie- en lichtstroomverdeling van de zichtbare straling der HO en HP lampen weergegeven.

Wij zien, dat het spectrum van de HP lampen een betrekkelijk zwak continuum bevat. Wij zullen dit in belangrijk sterkere mate bij de SP lampen (hoofdstuk III) aantreffen en zullen daar nader op de verklaring en de beteekenis van dit verschijnsel ingaan.

Zoowel voor de HO als voor de HP lampen geldt echter, dat de energie in het zichtbare deel van het spectrum hoofdzakelijk wordt uitgestraald in het geel (5770—5791 Å), het groen (5461 Å) en het blauw (4358 Å). Door de groote gevoeligheid van het oog voor straling in de golflengten van de gele en groene lijnen (vergelijk ook § 33) is ook de bijdrage van de gele en de groene straling tot den lichtstroom groot. Hoewel ook de blauwe kwiklijn (4358 Å) groote intensiteit heeft, draagt deze, door de

kleine ooggevoeligheid ($< 2 \%$), weinig tot den lichtstroom bij. In onderstaande tabel is de relatieve spectrale verdeling van de in het zichtbare gebied uitgestraalde energie en van den lichtstroom voor beide lamptypen aangegeven.

Golflengte (Å)	HO lampen		HP lampen	
	Energie	Lichtstroom	Energie	Lichtstroom
4047 (violet) . . .	8,6 %	— %	11,1 %	0,1 %
4078 (violet) . . .	1,8	—	1,7	—
4358 (blauw) . . .	21,4	0,6	19,9	0,7
4916 (groen-blauw)	0,3	0,1	0,2	0,1
5461 (groen) . . .	35,6	56,3	28,5	52,9
5770—91 (geel) . .	32,3	43,0	21,0	35,4
continuum . . .	verwaarloosd		17,6	10,8



De straling der gele en groene kwiklijnen samen is dus bij de hoogedruk kwiklampen bijna geheel voor den lichtstroom aansprakelijk. Dat het licht van de HO lampen desondanks een blauwachtigen indruk maakt, moet worden toegeschreven aan de sterke verandering, die een kleur bij toevoe-

FIG. 61

Relatieve spectrale energie- en lichtstroomverdeling van een hoogedruk kwiklamp HO 1000 in het zichtbare gebied. Bij de energieverdeling (E_{λ}) is, evenals bij de lichtstroomverdeling (Φ_{λ}), de waarde van de sterkste lijn willekeurig gelijk 100 gesteld. De lichtstromen zijn met behulp van de ooggevoeligheidskromme (V_{λ}) uit de energiebijdragen berekend.

ging van zeer geringe hoeveelheden blauw licht ondergaat, ten deele ook aan het bijna volkomen ontbreken van straling in het rood.

Bij de HP lampen levert het continuüm een niet onbelangrijke bijdrage tot den lichtstroom, ten gevolge waarvan de lichtkleur „witter“ is dan die van de HO lampen, hoewel ook de kleur van de HP lampen voor vele toepassingsgebieden nog niet acceptabel is.

§ 50. KLEURVERBETERING.

Hoewel wij eerst later (hoofdstuk IV) een algemeener beschouwing aan kleur en kleurweergave zullen wijden, is het toch nu reeds duidelijk, dat zoowel de kleur van het directe licht van de besproken kwiklampen, als vooral ook de weergave van de kleur van voorwerpen, die onder het licht van deze lampen waargenomen worden, bij de bovengenoemde spectrale verdeling niet ideaal zullen zijn. Er zijn verschillende toepassingsgebieden voor de kwiklampen, waarbij dit geen bezwaren oplevert en zelfs als een voordeel moet worden beschouwd (§ 56), maar anderzijds zijn er ook vele gebieden, waar men met de verkregen kleuren geen genoegen kan nemen.

Om aan de vraag naar een meer aanvaardbare kleur en kleurweergave tegemoet te komen, heeft men langs verschil-

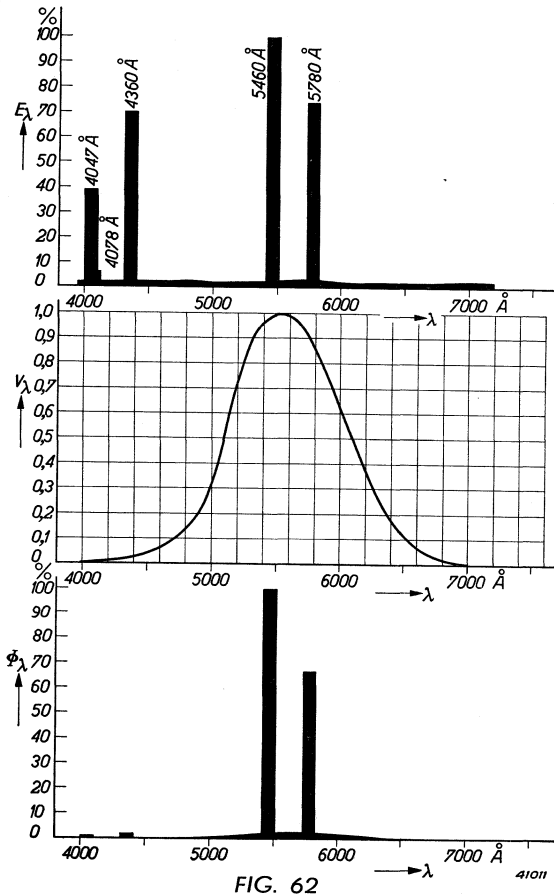


FIG. 62

Relatieve spectrale energie- en lichtstroomverdeling van een superhooggedruk kwiklamp HP 300 in het zichtbare gebied. Bij de energieverdeling (E_λ) is, evenals bij de lichtstroomverdeling (Φ_λ), de waarde van de sterkste lijn willekeurig gelijk 100 gesteld. De lichtstromen zijn met behulp van de ooggevoeligheidskromme (V_λ) uit de energiebijdragen berekend.

lende wegen naar verbetering gezocht. Wij kunnen drieërlei oplossingen onderscheiden:

- a. wijziging van het kwikspectrum door toevoeging van andere ontladingsdragers,
- b. bijmenging van gloeilampenlicht,
- c. omzetting van de energie van het onzichtbare gedeelte van het spectrum in zichtbaar licht van de hierin ontbrekende golflengten.

Wij willen ieder van deze punten aan een nadere beschouwing onderwerpen.

§ 51. WIJZIGING VAN HET KWIKSPECTRUM DOOR TOEVOEGING VAN ANDERE ONTLADINGSDRAGERS.

Men heeft in de ontladingsbuis naast kwik een metaal gebracht, waarvan de atomen na aanslag straling in het rood (en in het blauw-groen) uitzenden. Hiervoor kwam in de eerste plaats cadmium in aanmerking.

Hoewel het spectrum hierdoor een belangrijke aanvulling verkrijgt, heeft deze methode zich bij de kwiklampen toch nooit een belangrijke plaats weten te veroveren, daar de specifieke lichtstroom hierdoor belangrijk daalt.

§ 52. BIJMENGING VAN GLOEILAMPENLICHT (MENGLICHT).

Een zeer eenvoudige methode om de kleur en kleurweergave van het licht der kwiklampen te verbeteren ligt in het bijmengen van gloeilampenlicht. Tegenover de verlaging van het totale lichtrendement, die hiervan het gevolg is, staan zooveel voordeelen, dat deze methode zeer verbreid is. In sommige landen worden de hooggedruk en superhooggedruk kwiklampen zelfs in hoofdzaak in menglicht gebruikt.

Als voordeelen van deze methode kunnen wij noemen:

Goede en variabele kleurverbetering.

Door het feit, dat de gloeilamp een continu spectrum emitteert, dat speciaal in het langgolfige gebied sterk is, kan het kwikspectrum door menging met het gloeilampenspectrum zoodanig opgevuld worden, dat over het geheele zichtbare gebied

een behoorlijke kleurweergave gewaarborgd is. Door de keuze van de gloeilamp heeft men de kleurverbetering zeer soepel in de hand, zoodat men naar behoefte de mengverhouding kan wijzigen. Bij toepassing van een mengverhouding 1 : 1 in de lichtstroom, verkrijgt men op deze wijze een zeer aangename kleur, die het natuurlijke daglicht in uiterlijk nabij komt. De op deze wijze verkregen kleur is beter dan die van de beide lichtbronnen afzonderlijk. Zoo heeft men b.v. bij gebruik van dit menglicht tegelijk met daglicht, vrijwel geen last van „valsch licht" (gekleurde schaduwen ten gevolge van simultaancontrast), een verschijnsel, dat ieder bekend is, die, als de avond valt of bij donker weer, in kamer of kantoor de gloeilampenverlichting ontsteekt.

Voor de beoordeeling van kleuren komt het dikwijls voor, dat men onder gloeilampenlicht een conclusie trekt, die bij daglicht foutief blijkt te zijn. Ook voor dergelijke gevallen beteekent het menglicht een verbetering. Het is natuurlijk noodzakelijk (bijv. door gebruik van speciale menglichtarmaturen, § 58) voor een goede menging van de beide lichtsoorten te zorgen.

Verbetering van den arbeidsfactor.

Daar de gloeilamp een arbeidsfactor $a = 1$ heeft, zal het menglicht, als totaal beschouwd, een hooger arbeidsfactor hebben dan de kwiklamp alleen. Het hangt van de mengverhouding af, hoe groot de totale arbeidsfactor zal worden. Bij gebruik van een HP 300 met een gloeilamp van 300 Dlm zal de arbeidsfactor (voor 220 V) bijv. stijgen van ca. 0,5 tot ca. 0,9. Bij gebruik van menglicht zal dus in vele gevallen een compensatiecondensator overbodig blijken te zijn.

Terstond licht na het inschakelen.

Ontsteekt men een HO of HP lamp, dan begint de lichtstroom met een lage waarde. Bij menglicht geeft de gloeilamp direct na het inschakelen den vollen lichtstroom.

Nog sterker voelen wij dit feit als voordeel, als we bedenken, dat de kwiklamp na het uitschakelen eerst eenigen tijd af moet koelen alvorens weer ontstoken te kunnen worden. Ook in dit geval zorgt de gloeilamp ervoor, dat bij inschakelen toch terstond licht wordt uitgestraald.

Vermindering van het stroboscopisch effect.

Evenals alle gasontladingslampen, dooven ook de HO en

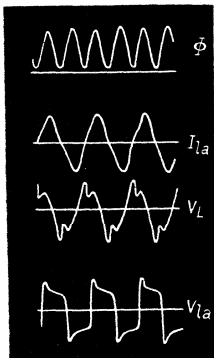


FIG. 63

Oscillogrammen van het licht (ϕ), den lampstroom (I_{la}), de spanning aan de smoorspoel (V_L) en de brandspanning (V_{la}) van een superhoogedruk kwiklamp HP 300.

HP lampen twee maal gedurende iedere periode. Hoewel geen donkerperiode optreedt (zie fig. 63), vertoont het licht ten gevolge hiervan toch sterke intensiteitsschommelingen, die in bepaalde gevallen hinderlijk kunnen zijn.

Door de groote warmtecapaciteit van den gloeidraad vertoont het licht, dat van een gloeilamp afkomstig is, deze schommelingen in veel mindere mate. Bij de menging van de beide lichtsoorten zal de resulterende lichtrimpel dus ook kleiner zijn dan die van de kwiklamp alleen. In fig. 64 geven wij een oscillogram van het licht van een HP 300 naast dat van het gemengde licht van een HP 300 en een gloeilamp van 300 Dlm.

§ 53. DE MENGLICHTLAMP (TYPE ML).

Verscheidene van de in de vorige paragraaf besproken voordeelen verkrijgt men eveneens als men de gloeilamp als stabilisatieweerstand voor de kwiklamp gebruikt, terwijl in dit geval tevens als zeer belangrijk voordeel bereikt wordt, dat geen smoorspoel meer nodig is.

De menglichtlampen (type ML) berusten op dit principe. Zij bestaan uit een superhoogedruk kwikontladingsbuisje van kwarts, dat in serie met een gloeispiraal in een gemeenschappelijke buitenballon is gemonteerd. Zij worden in twee typen vervaardigd, met lichtstroomen van resp. 300 en 500 Dlm. In fig. 65 is een afbeelding van een ML lamp gegeven. In onderstaande tabel zijn enkele gegevens van beide typen vermeld.

Lampgegevens	Eenheid	ML 300			ML 500		
		Ontladingsbuis	Gloeispiraal	Lamp	Ontladingsbuis	Gloeispiraal	Lamp
Lichtstroom	Dlm	150	150	300	250	250	500
Vermogen .	W	45	115	160	70	180	250
Stroom . .	A	0,73	0,73	0,73	1,14	1,14	1,14
Spanning .	V	78	158	225	78	158	225
Arbeidsfactor	—	0,79	1,0	0,98	0,79	1,0	0,98

Hieruit blijkt, dat de mengverhouding, die bij het (gescheiden) menglicht de meest gewilde kleur opleverde, werd aangehouden.

In het onderstaande willen wij, alvorens de verdere eigenschappen van de menglichtlampen te bespreken, de keuze van de spanning aan het ontladingsbuisje aan een beschouwing onderwerpen.

De keuze van de brandspanning van het ontladingsbuisje.

De keuze van de brandspanning van het ontladingsbuisje wordt

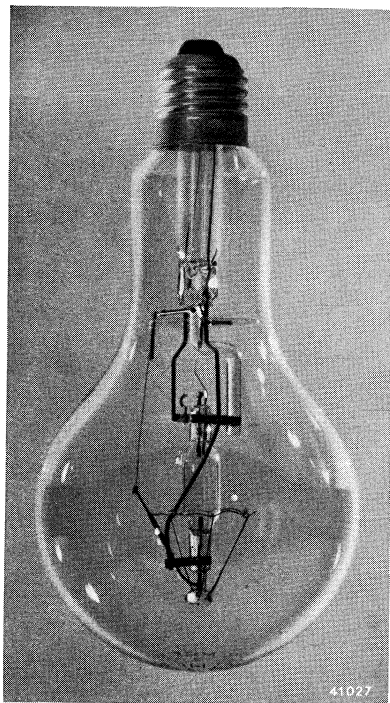


FIG. 65

Foto van een menglichtlamp ML 300. Om den opbouw te kunnen toonen, is de inwendig gematteerde buitenballon vervangen door een helderen ballon.

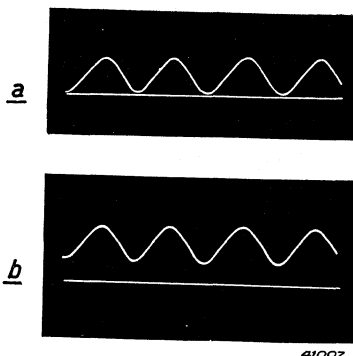


FIG. 64

Oscillogrammen: a) van het licht van een HP 300 lamp en b) van het gemengde licht van een HP 300 lamp en een 300 Dlm gloeilamp. De vermindering van den lichtrimpel is duidelijk te zien.

door verschillende factoren bepaald. Het is zeer eenvoudig in te zien, dat een hoge brandspanning gunstig is voor het lichtrendement van de ML lamp. In de eerste plaats zijn de electrodenverliezen bij een hoge brandspanning klein, hetgeen betekent, dat een groot gedeelte van het door het ontladingsbuisje opgenomen vermogen voor de lichtopwekking ter beschikking staat (zie ook § 15). In de tweede plaats wordt bij hoge brandspanning een groot gedeelte van het totale vermogen van de ML lamp door het ontladingsbuisje opgenomen. Dit brengt een hoog lichtrendement van de ML lamp met zich, daar de specifieke lichtstroom van de kwikbuis belangrijk hooger is dan die van de gloeispiraal.

Wij kunnen de brandspanning echter niet te hoog opvoeren

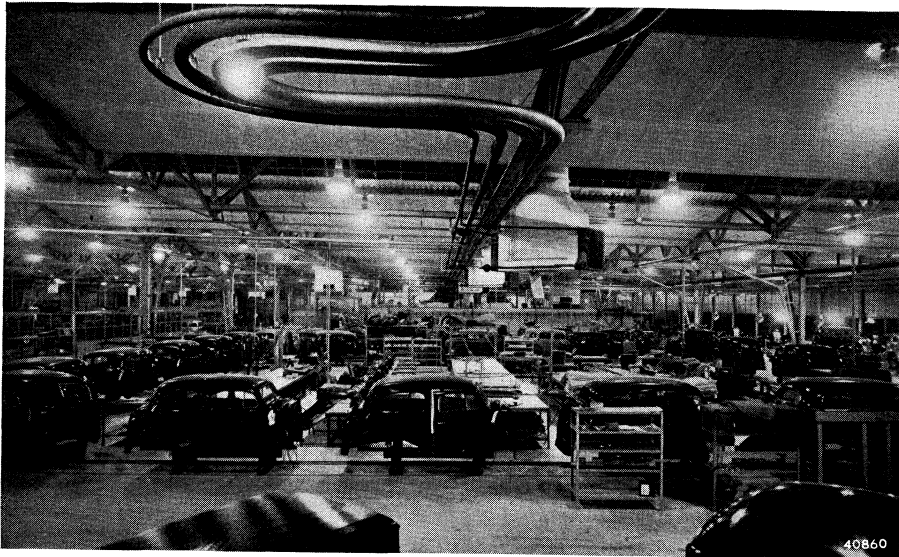
met het oog op de bedrijfszekerheid van de lamp en de noodzakelijke veiligheidsmarge voor in de praktijk voorkomende plotselinge dalingen van de netspanning (zie ook § 15). De maximum waarde, die voldoende speling laat op deze beide punten, is bij de ML lamp belangrijk kleiner dan voor de HP lampen, die voor het bedrijf met een smoorspoel zijn ontworpen. Zoals wij zagen (§ 13), treedt immers, bij gebruik van een ohmschen weerstand als voorschakelement, een vrij groote donkerperiode op, ten gevolge waarvan ook de herontsteekspanning hoog is; dit beteekent, dat wij de brandspanning hier lager moeten kiezen dan bij lampen voor smoorspoelbedrijf.

Ook ter wille van den gloeidraad is het niet aan te raden de brandspanning hoog in verhouding tot de netspanning te kiezen. De brandspanning van de buis, waarin de hoeveelheid kwik gedoseerd is, kan nl. binnen wijde stroomgrenzen als practisch constant worden beschouwd, zoodat variaties in de netspanning uitsluitend door de gloeispiraal moeten worden opgenomen. Hoe grooter nu de brandspanning is, des te kleiner is de spanning aan de gloeispiraal en des te grooter is de invloed van netspanningsvariaties op de gloeispiraal. Bovendien moet de gloeidraad bij het ontsteken vrijwel de geheele netspanning opnemen. Hoe kleiner nu de spanning is, waarvoor de gloeidraad werd berekend, des te meer zal deze bij het inschakelen worden overbelast. Om beide redenen mag de spanning, welke tijdens het normale bedrijf aan den gloeidraad staat, niet te klein zijn, d.w.z. de brandspanning aan het ontladingsbuisje niet te hoog, daar de levensduur van den gloeidraad in zeer sterke mate van de spanning afhankelijk is.

Wij zien dus, dat een compromis noodig is tusschen de eischen, die volgens het bovenstaande aan de waarde van de brandspanning van het kwikbuisje gesteld moeten worden. De situatie wordt echter nog gecompliceerder, indien wij rekening willen houden met een bepaalde mengverhouding van de lichtstroomen van kwikbuis en gloeispiraal. Wij zagen, dat voor algemeene toepassingen een mengverhouding 1 : 1 het meest gewenscht is. Het is dus de vraag, hoe wij de spanningen over het kwikbuisje en de gloeispiraal moeten verdeelen, om deze verhouding te bereiken en of wij, rekening houdend met de reeds gebleken eischen, welke aan de waarde van de brandspanning gesteld moeten worden, deze mengverhouding kunnen realiseren. Het blijkt nu inderdaad niet zonder meer mogelijk aan alle eischen tegelijk te voldoen. Kiezen wij de brandspanning laag



Een meubelfabriek te Nybro in Zweden,
verlicht door 16 menglichtarmaturen, die met kwiklampen HO 1000 en 300 W
gloeilampen zijn uitgerust.



De fabrieken der General Motors te Biel in Zwitserland,
verlicht door 232 kwiklampen HO 1000 en gloeilampen van 300 watt.

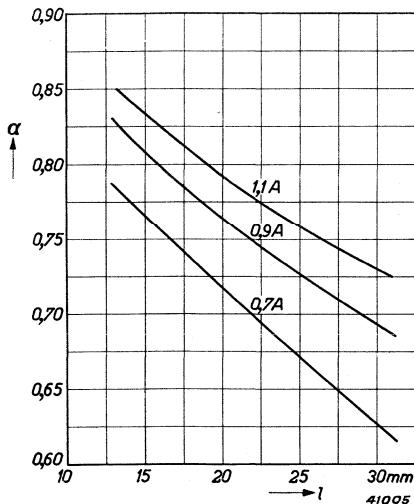


FIG. 66

Experimenteel verband tusschen den arbeidsfactor (α) en den electrodenafstand (l) bij ontladingsbuisjes van eenzelfde brandspanning, zooals deze in de menglichtlampen worden gebruikt. De diameter is hierbij constant gehouden.

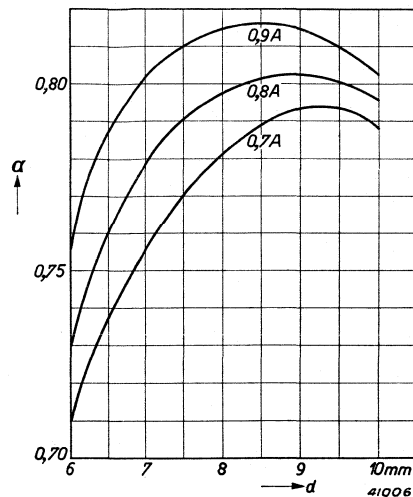


FIG. 67

Experimenteel verband tusschen den arbeidsfactor (α) en den diameter (d) van ontladingsbuisjes van een menglichtlamp. Electrodenafstand en brandspanning waren steeds gelijk.

genoeg om voldoende bedrijfszekerheid te hebben, dan kan nl. het vermogen onvoldoende blijken om den voor een mengverhouding 1 : 1 gewenschten lichtstroom te leveren. Wij kunnen in dat geval echter toch nog het vermogen van het kwikbuisje vergrooten, zonder de brandspanning of den stroom te variëren. Dit vermogen wordt nl., behalve door de waarden van stroom en spanning, mede bepaald door den arbeidsfactor α van de ontladingsbuis^{*)}. Vergrooing van den arbeidsfactor bij constante stroom en spanning brengt een vergrooing van het vermogen mede. Nu blijkt α beïnvloed te kunnen worden door den electrodenafstand en den diameter van de buis te variëren. In fig. 66 en 67 is het verband tusschen α en den electrodenafstand l , resp. den buisdiameter d , zooals dit experimenteel gevonden werd, grafisch

*) Zooals wij in § 15 zagen, is de arbeidsfactor gedefinieerd als de verhouding van het werkelijke tot het schijnbare vermogen. Bij een zelfinductie in serie met weerstand is de arbeidsfactor gelijk aan den cosinus van den fasehoek, die stroom en spanning vormen. Hoewel stroom en spanning nu bij het ontladingsbuisje van een ML lamp gelijktijdig door nul gaan, kan men hier toch eveneens van een soort faseverschuiving spreken, daar de stroom na afloop van de donkerperiode pas begint te vloeien, wanneer de spanning een zekere minimale waarde (de herontsteekspanning) heeft bereikt. Ten gevolge hiervan is ook hier $\alpha < 1$.

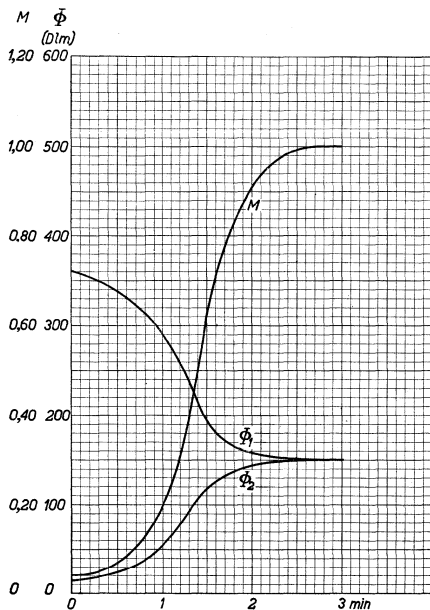


FIG. 68

Het gedrag van de lichtstroomen van de gloeispiraal (Φ_1), resp. van het ontladingsbuisje (Φ_2) van de menglichtlamp ML 300 gedurende de opwarmperiode. Tevens is de berekende mengverhouding ($M = \Phi_1/\Phi_2$) gedurende het opwarmen aangegeven.

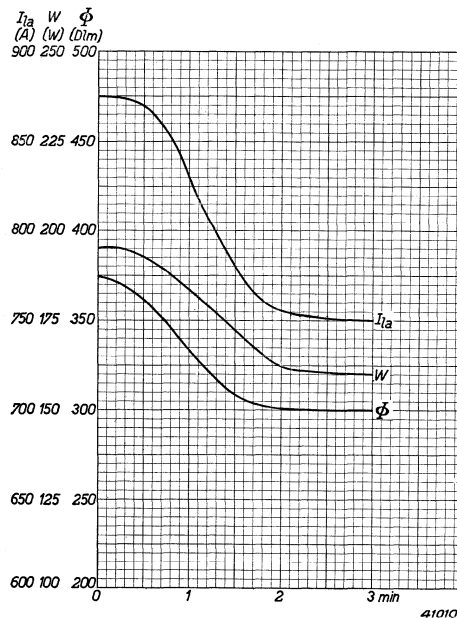


FIG. 69

Het verloop van den lampstroom (I_a), het vermogen (W) en den totalen lichtstroom (Φ) van de menglichtlamp ML 300 gedurende de opwarmperiode.

weergegeven. Wij zien hieruit, dat wij, door geschikte dimensionering van het kwikbuisje, den arbeidsfactor hiervan en daarmee het vermogen kunnen verhoogen. Op deze wijze gelukt het inderdaad toch nog aan de diverse eischen te voldoen en tevens de gewenschte mengverhouding te krijgen. De brandspanning is, zooals uit de tabel blijkt, op ca. 78 V vastgelegd, terwijl de arbeidsfactor van het kwikbuisje, bij de gekozen afmetingen ca. 0,79 bedraagt.

De opwarmperiode.

Zooals wij zagen, is bij het inschakelen de spanning aan het kwikbuisje zeer laag, zoodat de aangelegde spanning bijna geheel door de gloeispiraal moet worden opgenomen. Dit heeft ten gevolge, dat deze sterk wordt overbelast en dat de lichtstroom van de menglichtlamp vrijwel geheel door de gloeispiraal wordt geleverd. Naarmate het kwik in het ontladingsbuisje verdampt,

wordt de spanning op de gloeispiraal lager en wordt de lichtstroom van het kwikbuisje groter, zoodat de mengverhouding tijdens het opwarmen varieert op een wijze als in fig. 68 is aangegeven. Fig. 69 laat zien hoe de stroom, het vermogen en de lichtstroom van de ML 300 lamp gedurende de opwarmperiode veranderen.

De sterke overbelasting van de gloeispiraal bij iedere inschakeling beïnvloedt den levensduur sterk, zoodat deze afhankelijk is van den brandduur tusschen twee schakelingen. Bij het ontwerpen is gerekend op het bereiken van een levensduur van gemiddeld 2000 uur met 700 schakelingen. Deze overbelasting brengt echter als voordeel mede, dat de lamp onmiddellijk na inschakelen reeds een grooten lichtstroom geeft. Deze is zelfs nog groter dan die, welke gedurende het normale bedrijf wordt geleverd. Wij vestigen er echter de aandacht op, dat het kwikontladingsbuisje na het uitschakelen gedurende korten tijd een zoodanig hoogen dampdruk behoudt, dat de ontsteekspanning hooger ligt dan de netspanning, zoodat men bij ML lampen, even-

als bij HO en HP lampen, eenige minuten na het uitschakelen moet wachten alvorens de lamp opnieuw ontstoken kan worden.

Invloed van netspanningsvariatiës.

Zooals uit de tabel blijkt, zijn de menglichtlampen vervaardigd voor een spanning van 225 V. Dit is gedaan met het oog op het feit, dat de spanningen, welke in de practijk bij den verbruiker aanwezig zijn, zich groepeeren om een waarde, die enkele procenten hooger is dan de nominale waarde en, bij netten van nominaal 220 V, ongeveer 225 V bedraagt. Door het feit, dat met dit gegeven rekening gehouden is bij het ontwerpen der ML lampen, is het mogelijk deze te gebruiken op netten waarvan de werkelijke spanning tusschen 220 en 230 V ligt. Bij spanningen hooger dan 230 V wordt de levensduur

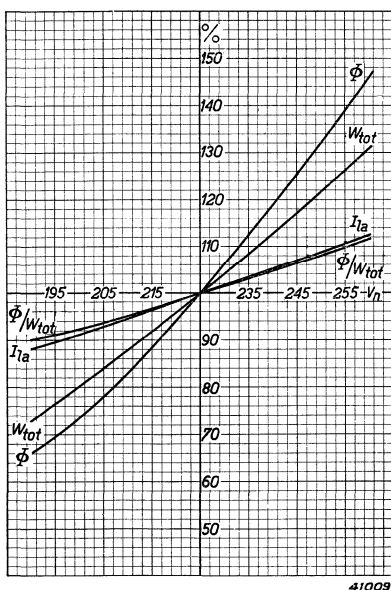


FIG. 70

Invloed van netspanningsvariatiës op den lichtstroom (Φ), het vermogen (W_{tot}), den lampstroom (I_{la}) en het lichtrendement (Φ/W_{tot}) van een menglichtlamp ML 300.

klein, terwijl bij spanningen lager dan 220 V de specifieke lichtstroom belangrijk kleiner wordt en de mengverhouding sterk van 1 : 1 gaat afwijken, daar het licht van de gloeispiraal bij dalende netspanning sneller afneemt dan dat van het kwikontladingsbuisje.

Treedt (bijv. door het inschakelen van een zeer groot verbruik) in het net, waarop ML lampen zijn aangesloten, een kortstondige groote spanningsdaling op, dan is het mogelijk dat de lampen uitgaan. De marge voor deze spanningsdaling is echter zeer ruim en bedraagt ca. 50 V.

Wordt de lamp op een van 225 V afwijkende spanning gebrand, dan variëren de karakteristieke grootheden zooals aangegeven in fig. 70.

Stroboscopisch effect.

Het licht van het ontladingsbuisje blijft, gedurende een korten tijd (donkerperiode), bij elken doorgang van den stroom door nul, gedoofd.

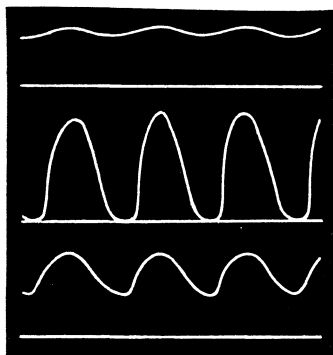


FIG. 72

Oscillogram van het licht van: a) een gloeispiraal, b) een hiermede in serie brandend kwikontladingsbuisje en c) de combinatie, zooals deze in de menglichtlamp gerealiseerd werd.

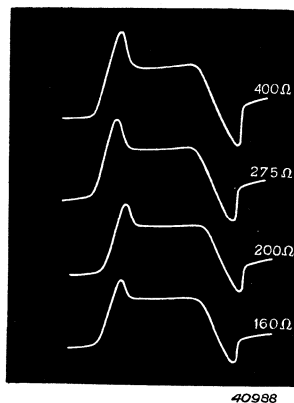


FIG. 71

Oscillogrammen van de spanning aan een kwikdampontladingsbuisje, dat met een ohmschen weerstand in serie brandt. De invloed van de grootte van den voorgeschakelden weerstand op de herontsteekspanning is duidelijk te zien. De aangelegde netspanning is constant gehouden.

De grootte van deze donkerperiode wordt onder meer bepaald door de waarde van den voorgeschakelden weerstand. De donkerperiode neemt nl. toe met den weerstand, evenals de herontsteekspanning, zooals in fig. 71 is te zien.

Deze donkerperiode zou de lichtintensiteit sterk doen fluctueeren, maar dit wordt in belangrijke mate gecompenseerd door de gloeispiraal, die een zoodanige warmtecapaciteit bezit, dat haar lichtsterkte slechts weinig varieert. Het uittredende menglicht vertoont een lichtrimpel, waarvan in de practijk geen hinder ondervonden wordt. Uit de in fig. 72 gegeven oscillogrammen van het licht van het ont-

ladingsbuisje, de gloeispiraal en de menglichtlamp blijkt de verkleining van de lichtfluctuaties duidelijk.

Gelijkstroombedrijf.

Men zou geneigd zijn te verwachten, dat de menglichtlamp zonder meer ook geschikt is voor branden op gelijkspanning. Dit is echter niet het geval, daar de maximale spanning, die bij een gelijkstroomnet optreedt, gelijk is aan de effectieve waarde daarvan, terwijl de maximale spanning van een wisselstroomnet 1,4 maal de effectieve waarde bedraagt. Voor het onder alle omstandigheden bedrijfszeker ontsteken van de ML lampen is nu een effectieve wisselspanning van ca. 200 V noodzakelijk hetgeen overeenkomt met een topwaarde van ca. 280 V. Hieruit volgt, dat het ontsteken op gelijkspanning van 220—230 V niet gewaarborgd is, terwijl aansluiting op een hiervoor voldoende hoge spanning, den levensduur tot een fractie van dien, welke bij 225 V bereikt wordt, zou terugbrengen.

In fig. 73 is de temperatuurverdeling van de vrij brandende ML lampen gegeven.

Voor de uitwendige afmetingen der ML lampen verwijzen wij naar blz. 259.

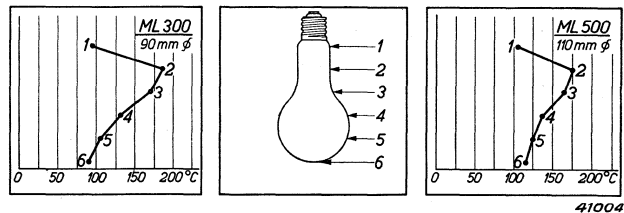


FIG. 73

Temperatuurverdeling van den buitenballon der verticaal brandende menglichtlampen ML 300 en ML 500 bij een omgevingstemperatuur van 20° C.

§ 54. HET ONZICHTBARE SPECTRUM DER HOOG- EN SUPERHOOGEDRUK KWIKLAMPEN.

Alvorens de derde methode voor kleurverbetering, die berust op het gebruiken van de ultraviolette straling, te beschouwen, willen wij eerst het onzichtbare spectrum der HO en HP lampen nader bekijken.

In fig. 74 en 75 is de relatieve spectrale energieverdeling van de ultraviolette straling der ontladingsbuizen van de HO en HP lampen weergegeven. Deze spectra zijn niet direct vergelijkbaar, daar het doorlatingsvermogen in het ultraviolet voor hardglas (HO) veel kleiner is dan voor kwarts (HP). Wel blijkt, dat verreweg het grootste deel van de in het ultraviolet uitgestraalde energie in de lijn 3655 Å wordt geëmitteerd, hoewel de UV straling

door absorptie in het glas, bij de HO lampen, in verhouding tot het zichtbare licht, veel zwakker is dan bij de HP lampen. Van

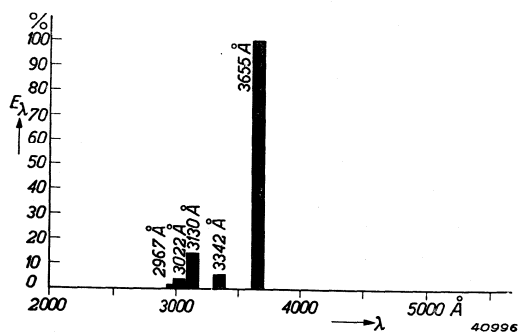


FIG. 74

Relatieve spectrale energieverdeling in het ultraviolet van een hoogedruk kwiklamp HO 1000 zonder buitenballon. De verdeling wordt beïnvloed door het doorlatingsvermogen van den binnenballon. De intensiteit van de sterkste lijn 3655 Å is gelijk 100 gesteld.

deze 3655 Å straling wordt voornamelijk gebruik gemaakt bij het luminescentie-onderzoek (zie hiervoor § 68), terwijl zij, zooals wij in de volgende paragrafen zullen zien, ook voor de kleurverbetering van HP lampen gebruikt wordt.

In onderstaande tabel is de relatieve energie, voor de in het ultraviolet liggende golflengten, voor HO en HP lampen zonder buitenballon, gegeven.

Golflengte Å	Energiebijdrage	
	HO lampen	HP lampen
3655	100	100
3342	5,4	6,7
3130	14,3	50,4
3022	4,3	19,5
2967	1,6	9,8
2894	—	5,6
2804	—	6,1
2753	—	1,9
2699	—	1,3
2652	—	12,5
2576	—	6,5
2483	—	4,7
Continuum (met inbegrip van 2537 Å)	—	259

Wij vestigen er de aandacht op, dat, door het gebruik van een buitenballon, zoowel bij de HO als bij de HP lampen slechts zeer weinig ultraviolette straling uit de normale handelslampen naar buiten treedt.

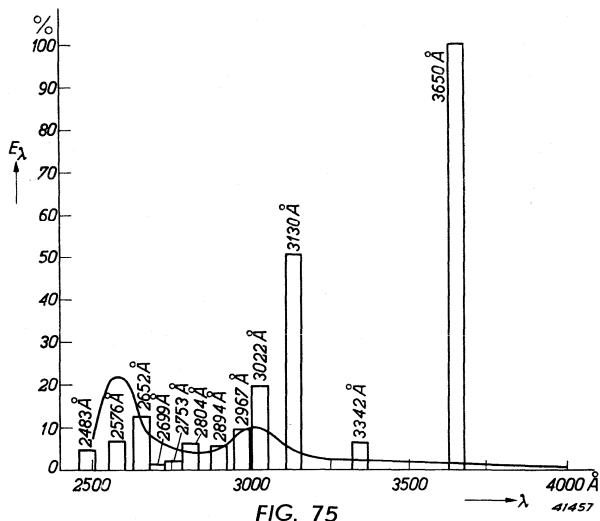


FIG. 75

Relatieve spectrale energieverdeling in het ultraviolet van een superhoogedruk kwiklamp HP 300 zonder buitenballon. De intensiteit van de sterkste kwiklijn 3655 Å is willekeurig gelijk 100 gesteld. De zelfabsorptie van de resonantielijn 2637 Å komt niet geheel tot uiting, daar de breedte der gemeten gebieden 20-40 Å bedroeg. Om dezelfde reden moet de verdeling van het continuum als eenigszins schematisch worden beschouwd.

§ 55. KLEURVERBETERING DOOR OMZETTING VAN DE ULTRAVIOLETTE STRALING IN LICHT (HPL LAMPEN).

Door het gebruik van fluorescentiestoffen (waarop wij in hoofdstuk IV nader zullen ingaan), is het mogelijk straling van een bepaalde golflengte in straling van een gebied van langere golflengten om te zetten. Zoo kunnen wij bijv. door gebruik te maken van bepaalde sulfiden (zooals ZnS en CdS met bepaalde bijmengingen) de 3655 Å straling in rood van een vrij uitgestrekt golflengtegebied omzetten.

Deze derde methode om de kleur te verbeteren wordt nu toegepast in de HPL lampen. Dit zijn normale HP lampen, waarvan de buitenballon aan de binnenzijde met een laag fluorescentiestof bedekt is. Daar fluoresceerende stoffen in het algemeen vrij temperatuurgevoelig zijn, wordt de buitenballon van de HPL lampen groter gekozen dan voor de HP lampen, ten einde het fluorescentiepoeder niet aan te hoge temperaturen bloot te stellen.

Op deze wijze wordt een kleur verkregen, die belangrijk

beter is dan die van HP lampen en die voor enkele toepassingsgebieden als voldoende kan worden beschouwd. In fig. 76 is de spectrale energie- en lichtstroomverdeling van de HPL lampen gegeven.

In onderstaande tabel is een spectrale verdeling gegeven van het licht van de HP en HPL lampen, gebaseerd op een onderverdeling van het zichtbare spectrum in acht spectraalgebieden. Op de betekenis van deze vakjesverdeling komen wij in hoofdstuk IV nog terug.

Ter vergelijking van de kleur, die met gescheiden menglicht, bij een mengverhouding 1 : 1 (of bij de ML lampen) optreedt, is de spectrale lichtverdeling voor dit geval tevens vermeld. Bovendien is de verdeling van het licht der HO lampen opgenomen.

Wij zien hieruit, dat door het gebruik van fluoresceentstoffen weliswaar een toename van het rood ten opzichte van het licht der HP lampen heeft plaats gevonden, maar dat deze nog ver achterblijft bij de verbetering, die met menglicht wordt bereikt. Hier staat echter tegenover, dat het lichtrendement van de HPL lampen belangrijk hoger is dan dat van het menglicht of van de menglichtlamp.

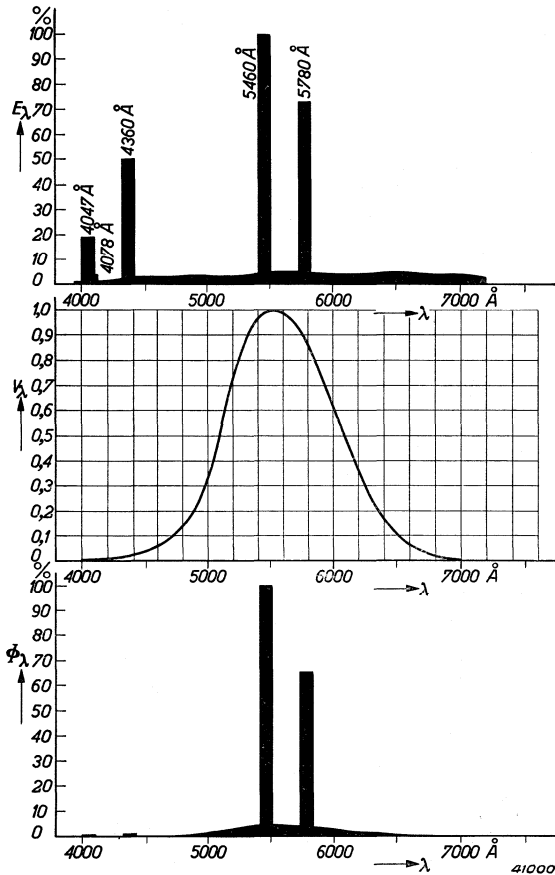


FIG. 76

Spectrale energie- en lichtstroomverdeling van een superhooggedruk kwiklamp met fluorescerenden ballon (HPL 300). Bij de energieverdeling (E_{λ}) is, evenals bij de lichtstroomverdeling (Φ_{λ}), de waarde van de sterkste lijn gelijk 100 gesteld. De lichtstromen zijn met behulp van de ooggevoeligheidskromme (V_i) uit de energiebijdragen berekend.

Relatieve lichtstromen (in procenten van den totalen lichtstroom), die in acht spectrale gebieden door eenige lichtbronnen worden uitgestraald.								
Golflengte (Å)	4000 - 4200	4400 - 4600	5100 - 5600	6100 - 6600	7200			
	Violet	Blauw	Blauw-groen	Groen	Geel/Oranje	Rood		
HP lampen	0,02	0,69	0,09	1,03	57,00	39,90	1,17	0,10
HPL lampen	0,01	0,46	0,09	1,53	56,00	39,60	2,15	0,17
HO lampen	0,01	0,56	0,05	0,72	53,30	44,60	0,71	0,05
Menglicht HP + gloeilamp (1:1)	0,015	0,37	0,16	3,16	44,85	41,05	9,44	0,95

Hoewel dus bij de HPL lampen de bij de HP lampen nuttelooze ultraviolette straling benut wordt, neemt de lichtstroom hierdoor praktisch niet toe. In de eerste plaats wordt nl. de ge-

transformeerde straling voornamelijk in het rood uitgezonden, waar de ooggevoeligheid zoo klein is, dat de bijdrage tot den lichtstroom niet belangrijk is, maar in de tweede plaats absorbeert de fluoresceerende laag zoo veel van het zichtbare kwiklicht, dat de toch reeds kleine winst praktisch weer teniet wordt gedaan. De HPL lampen hebben dus dezelfde lichtstromen als de HP lampen van gelijk vermogen, terwijl uiteraard alle karakteristieke elektrische grootheden eveneens dezelfde zijn. De tabel op blz. 105 geldt dus in haar geheel voor de HPL 300 en HPL 500 lampen.

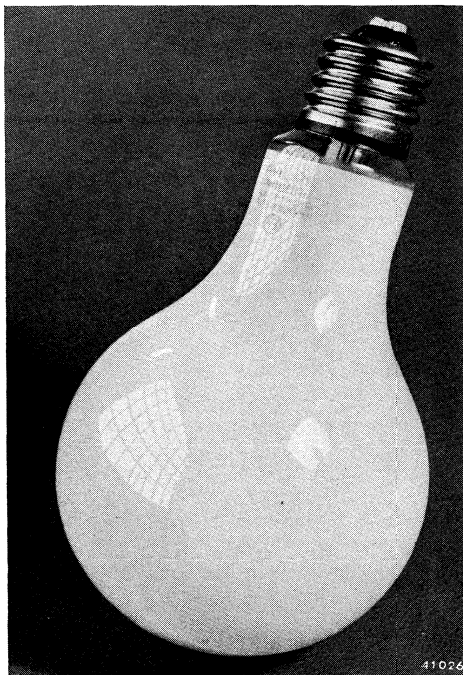
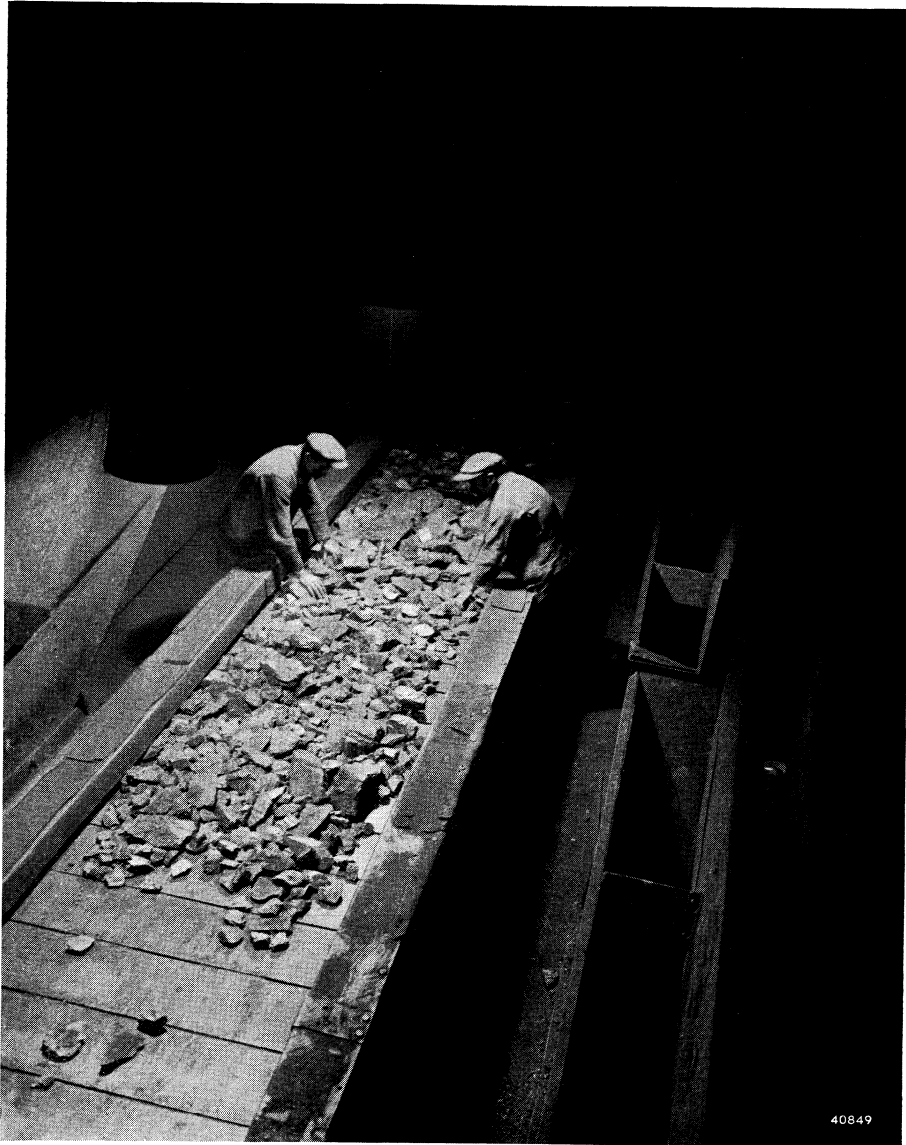


FIG. 77

Foto van de superhoogedruk kwiklamp met fluoresceerenden ballon HPL 500.

en 258. In fig. 77 is een foto van een HPL lamp gegeven.

Voor de uitwendige afmetingen van deze lampen verwijzen wij naar blz. 257



Een kolensorteerband in de Domaniale Mijn te Kerkrade,
verlicht door HP 300 en HP 500 lampen.

Ook bij HO lampen is het mogelijk de 3655 Å straling in licht van lange golflengte om te zetten, maar door de betrekkelijk groote absorptie, die de hardglazen binnenballon van deze lampen voor de 3655 Å straling heeft, is het effect niet erg groot. In continentaal Europa heeft de HO lamp met fluoresceerenden buitenballon dan ook geen toepassing gevonden.

§ 56. GEZICHTSSCHERPTE, CONTRASTVORMING EN WAARNEMINGSSNELHEID BIJ KWIKLICHT.

Gezichtsscherpte.

Bij kleine helderheden van het verlichte voorwerp blijkt de gezichtsscherpte bij kwiklicht nog grooter te zijn dan bij natriumlicht, terwijl de gezichtsscherpte bij natriumlicht op haar beurt weer grooter is dan die bij gloeilampenlicht.

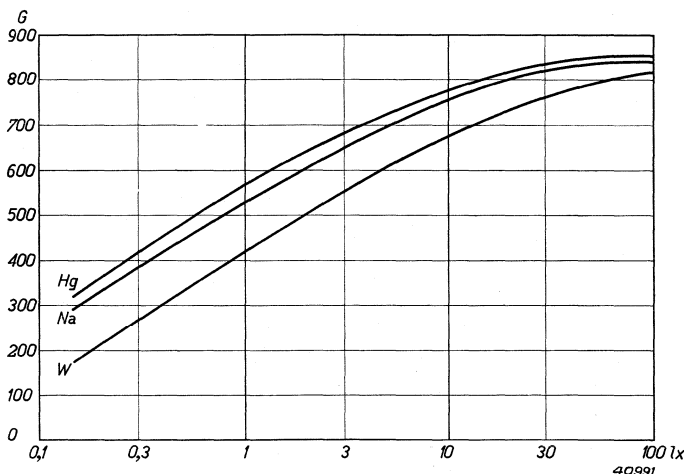


FIG. 78

Vergelijking van de gezichtsscherpte G bij verschillende lichtsoorten als functie van de verlichtingssterkte. De gezichtsscherpte is het grootst onder kwiklicht (Hg), daarna volgt natriumlicht (Na), terwijl G onder gloeilampenlicht het kleinst blijkt te zijn.

In fig. 78 is de gezichtsscherpte bij de genoemde drie lichtsoorten, als functie van de verlichtingssterkte, grafisch uitgezet. Om een indruk te krijgen van de grootte van het verschil tusschen de verschillende lichtsoorten, kan men de verhouding van de ver-

lichtingssterkte van gloeilampenlicht tot die van kwik- en natriumlicht, noodig om dezelfde gezichtsscherpte te krijgen, aangeven. In het in fig. 77 aangegeven gebied bedraagt deze factor voor kwiklicht ca. 3,5 en voor natriumlicht ca. 2,5; dit wil dus zeggen, dat men de helderheid onder gloeilampenlicht met dezen factor moet verhoogen om dezelfde gezichtsscherpte als onder kwik-resp. natriumlicht te verkrijgen.

Zoals wij zagen (§ 29), wordt de groote gezichtsscherpte bij natriumlicht o.a. veroorzaakt door het ontbreken van chromatische aberratie van het oog, die bij monochromatisch licht niet kan optreden. Het is echter duidelijk, dat de gezichtsscherpte bij monochromatisch licht niet voor alle golflengten dezelfde behoeft te zijn. De gezichtsscherpte bij de golflengten van de groene en de gele kwiklijnen blijkt nu zeer hoog te zijn, en daar deze lijnen betrekkelijk dicht bij elkaar liggen, zullen ze elkaar practisch niet storen (de chromatische aberratie is niet noemenswaard), terwijl ook het licht van de blauwe kwiklijn door de geringe lichtintensiteit zeer weinig invloed heeft.

Contrastvorming en waarnemingsnelheid.

De contrastvorming blijkt bij kwiklicht vrijwel gelijk te zijn aan die bij gloeilampenlicht, terwijl de waarnemingsnelheid bij rustende voorwerpen grooter, bij bewegende voorwerpen kleiner is dan bij gloeilampenlicht.

§ 57. DE HELDERHEID.

Daar bij de hoogedruk kwiklampen en in nog meer uitgesproken vorm bij de superhoogedruk kwiklampen, de ontlading principieel in een ontladingsbuis van kleine afmetingen moet plaats vinden en deze ontlading bovendien nog in de as gecontraheerd is, zullen deze lampen een hooge helderheid hebben. Om deze reden worden ze dan ook, met uitzondering van de HO lampen, voor normaal gebruik niet met een ballon van helder glas geleverd. Voor bepaalde toepassingsgebieden is echter de hooge helderheid juist zoo'n groot voordeel, dat men dit niet gaarne zou willen missen.

Door het inwendig matteeren van den buitenballon, resp. het aanbrengen van een fluoresceerende laag op de binnenzijde hiervan, wordt het licht verstrooid, zoodat de helderheid belangrijk kleiner wordt, zooals uit onderstaande tabel blijkt.

Type	Maximale helderheid (Stilb)	
	van de ontladingsbuis	van de lamp
HO 1000	170	—
HO 2000	180	—
HP 300	}	35
HPL 300		6
HP 500	}	40
HPL 500		7
ML 300	—	25
ML 500	—	30

In fig. 79, 80, 81, 82 en 83 is de helderheidsverdeling voor de diverse lamptypen gegeven.

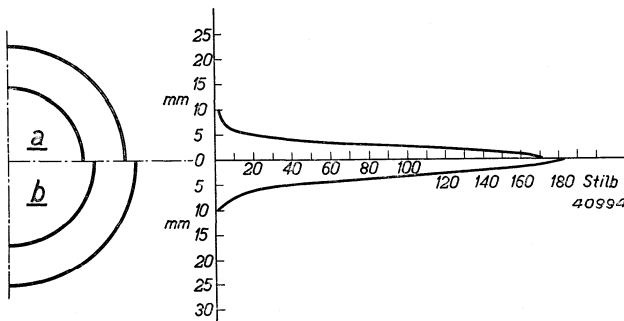


Fig. 79

Helderheidsverdeling over een dwarsdoorsnede van de hoogedruk kwiklampen HO 1000 (a) en HO 2000 (b).

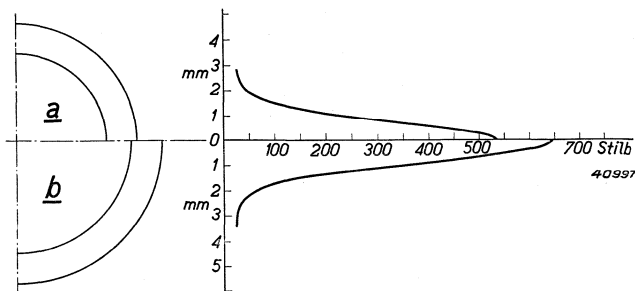


FIG. 80

Helderheidsverdeling over een dwarsdoorsnede van de ontladingsbuis der superhoogedruk kwiklampen HP 300 (a) en HP 500 (b).

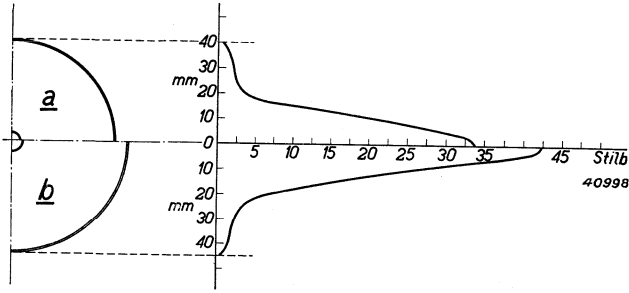


FIG. 81

Helderheidsverdeling van den inwendig gematteerden ballon van de superhoogedruk kwiklampen HP 300 (a) en HP 500 (b) in een vlak loodrecht op de as van de lamp.

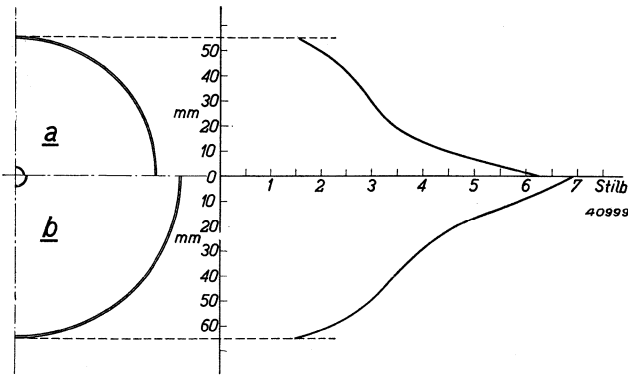


FIG. 82

Helderheidsverdeling van de superhoogedruk kwiklampen met fluoresceerenden ballon HPL 300 (a) en HPL 500 (b) in een vlak loodrecht op de as van de lamp.

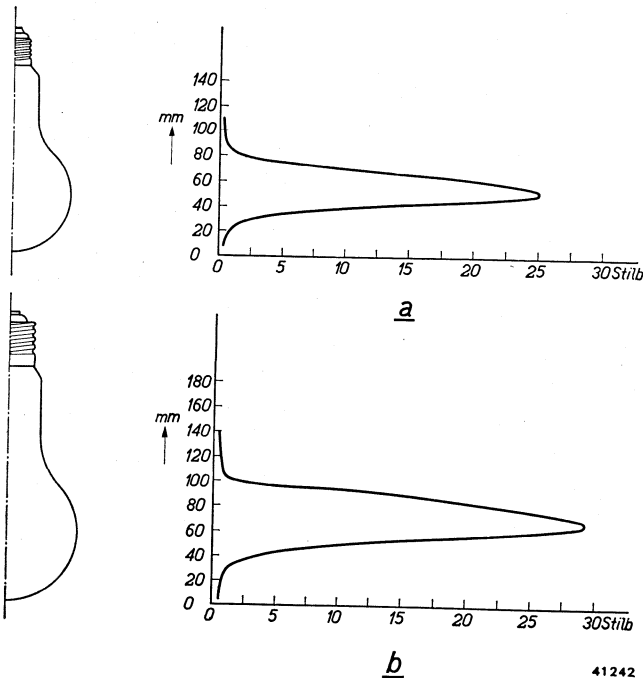


FIG. 83

Helderheidsverdeling van den inwendig gematteerden ballon van de menglichtlampen ML 300 (a) en ML 500 (b) in een vlak door de as van de lamp.

§ 58. ARMATUREN, LICHTSTERKTEVERDEELING.

In het algemeen kan men zeggen, dat de besproken kwiklampen in normale gloeilampenarmaturen gebruikt kunnen worden, voor zoover ze daarin passen. In de praktijk is het echter dikwijls, met het oog op een gemakkelijke montage, gewenscht de benodigde voorschakelapparatuur in het armatuur in te bouwen. In fig. 84 geven wij een tweetal voorbeelden van armaturen, waarvoor hiermede bij de constructie rekening is gehouden.

Speciaal de HP en ML lampen hebben een zoodanige lichtsterkteverdeling, dat deze in zulke armaturen dikwijls nog beter is dan die van gloeilampen. In fig. 85 is de lichtsterkteverdeling van een HP 300 lamp in vergelijking met die van een 300 Dlm gloeilamp weergegeven in de in fig. 84 afgebeelde armaturen.

Voor de HO en HPL lampen en voor gescheiden menglicht zijn de bestaande gloeilampenarmaturen meestal eveneens goed te gebruiken, hoewel de lichtsterkteverdeling in dit geval minder gunstig is dan bij de HP en ML lampen.

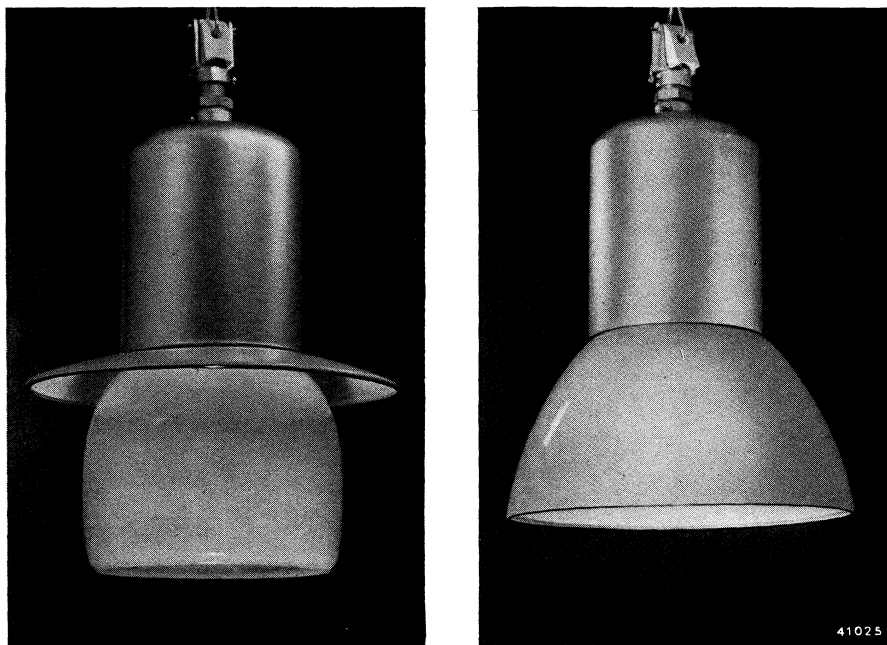


FIG. 84

Twee voorbeelden van voor kwiklampen gebruikelijke armaturen: a) type Q B S b) type Q H S. In het bovengedeelte van het armatuur is het voorschakelapparaat ondergebracht.

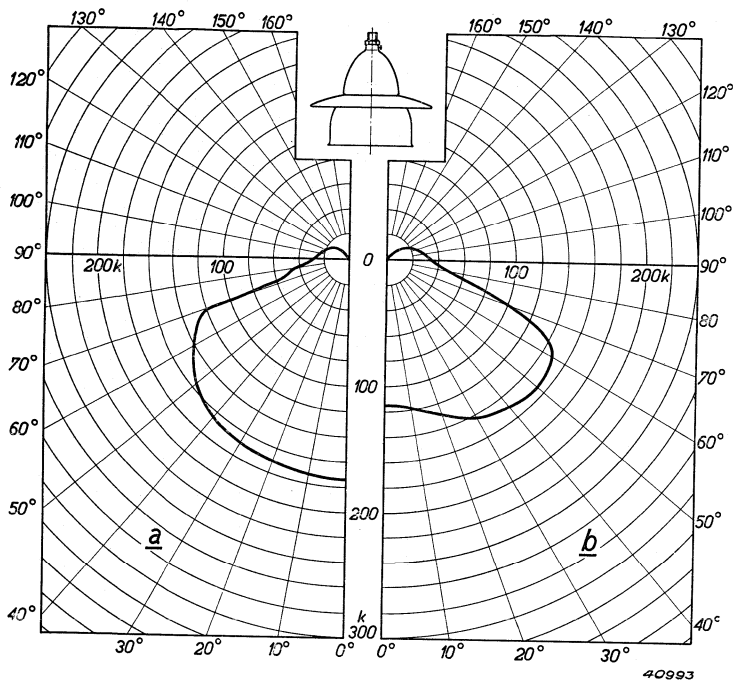


FIG. 85a

Lichtsterktever-
deeling: a) van
een gloeilamp
en b) van een
HP lamp in een
Q B armatuur.

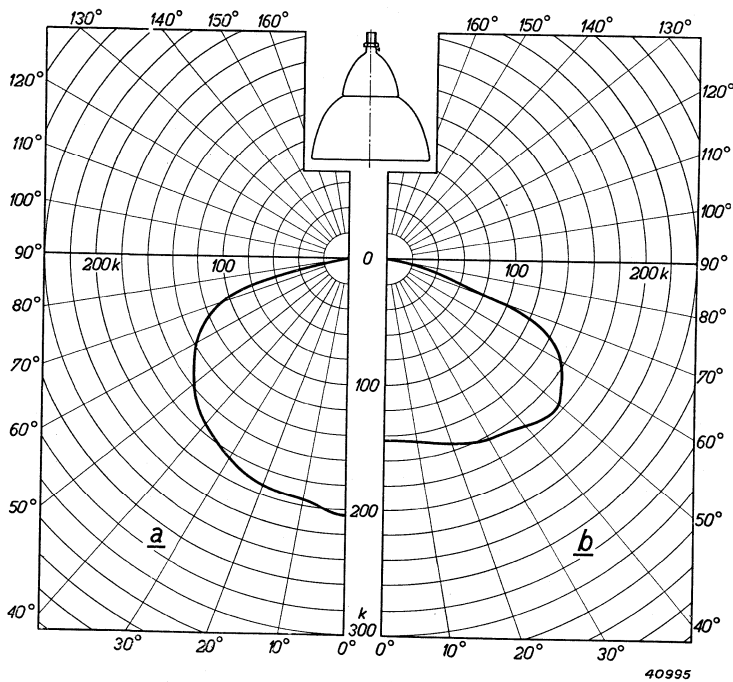


FIG. 85b

Lichtsterktever-
deeling: a) van
een gloeilamp
en b) van een
HP lamp in een
Q H armatuur.

Bij HP of ML lampen met elderen ballon is het lichtende oppervlak klein en heeft een groote elderheid, zoodat men het licht oor middel van spiegels vrij willekeurig kan richten, hetgeen speciaal voor wegverlichting van belang kan zijn. Onderzoekingen van Bergmans *) hebben er

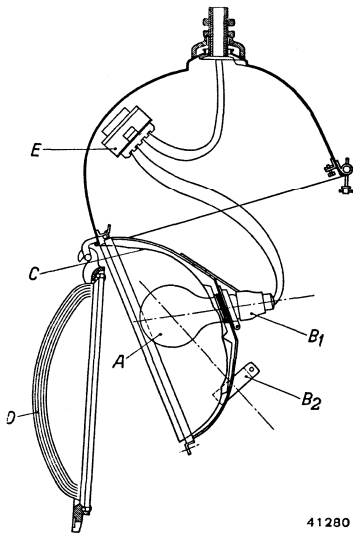


FIG. 86b

Spiegelarmatuur ZE 30 in geopenden toestand. De kwiklamp A is in den lamphouder B₁ in den juisten stand ten opzichte van den spiegel C gemonteerd. Het armatuur wordt met de afsluiter D gesloten. Het voorschakelapparaat E voor de kwiklamp is in het armatuur ondergebracht. Wordt een gloeilamp in het armatuur gebruikt, dan wordt deze met het oog op de lichtverdeling in horizontalen stand in den lamphouder B₂ gemonteerd.

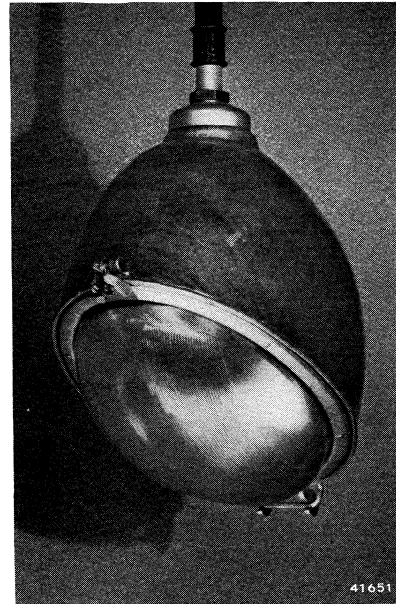


FIG. 86a

Foto van het spiegelarmatuur ZE 30.

den nadruk op gelegd, dat de lichtsterkteverdeling van een spiegelarmatuur zoodanig moet zijn, dat niet de gelijkmatigheid van de lichtsterkte-, maar die van de helderheidsverdeling van het wegdek bevorderd wordt, indien men de voordeelen van spiegelarmaturen voor wegverlichting ten volle tot hun recht wil doen komen. De gelijkmatigheid van de helderheidsverdeling moet dan bovendien nog gewaarborgd zijn zoowel bij droge als bij vochtige en natte wegdekken van verschillende constructie. Nu lijkt het een onbegonnen werk om, bij het ontwerpen van de lichtverdeling van een armatuur,

*) J. Bergmans: „Lichtreflectie van wegdekken“, diss. Delft 1938.

rekening te houden met alle reflectie-eigenschappen van de diverse wegdekken, zoowel in drogen als in vochtigen toestand. Nadere studie toonde echter, dat de overeenkomst in de reflectie-eigenschappen van de verschillende soorten wegdekken onderling voor den drogen toestand voldoende is om van de gemiddelde reflectie-eigenschappen van alle wegdekken een diagram te maken, dat als basis kan dienen voor de constructie van armaturen. Een overeenkomstig diagram kan voor den vochtigen toestand worden vervaardigd. Bij de constructie van een armatuur moet men zich dan op deze beide diagrammen baseeren, om te bereiken, dat de helderheidsverdeeling van het wegdek zoowel in drogen als in vochtigen toestand zoo gelijkmatig mogelijk is.

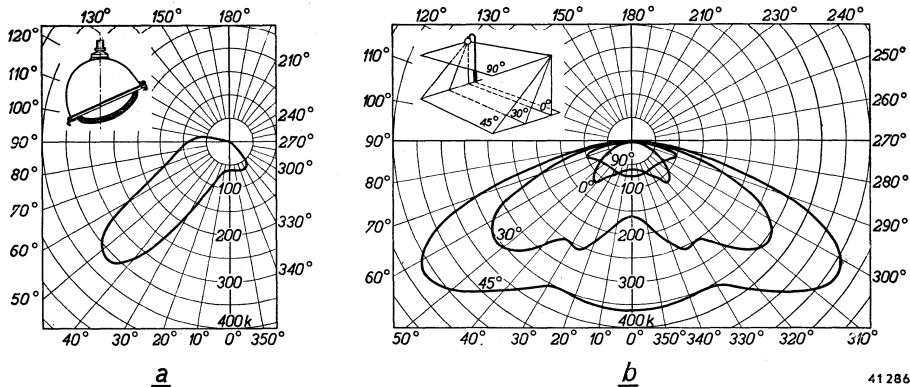


FIG. 87

Lichtsterkteverdeeling van het spiegelarmatuur ZE 30.

- a) Verdeeling in het verticale vlak loodrecht op de richting van den weg.
- b) Verdeeling in de vier in den inzet aangegeven vlakken.

Het armatuur Z E 30, waarvan wij in fig. 86 een afbeelding geven, is nu op grond van deze diagrammen ontworpen. De lichtsterkteverdeeling van een HP 500 lamp in dit armatuur, die in fig. 87 in enkele vlakken is weergegeven, is zoodanig, dat bij droog weer de weggkant, welke tegenover het armatuur ligt, helderder is dan de eigen kant, terwijl dit bij een nat wegdek juist omgekeerd is; de zichtbaarheid (het kleinst waarneembare contrast) gaat, bij den overgang van een droog naar een vochtig wegdek, slechts weinig achteruit.

§ 59. HET VOORSCHAKELAPPARAAT, AANLOOPSTROOM, COMPENSATIE.

De HO, HP en HPL lampen kunnen, als gevolg van hun lage ontsteekspanning, via een smoorspoel op netspanningen van 200—250 V worden aangesloten, terwijl de ML lampen geen enkel voorschakelapparaat nodig hebben.

De smoorspoelen worden gewoonlijk geleverd voor een netspanning van 220 V, waarmee een gebied van bij den verbruiker optredende spanningen van 210—230 V wordt gedekt.

Bij netspanningen van 110—130 V moeten spaarlektransformatoren worden gebruikt. Deze worden geleverd met twee aftakkingen en wel één voor 115 V en één voor 125 V.

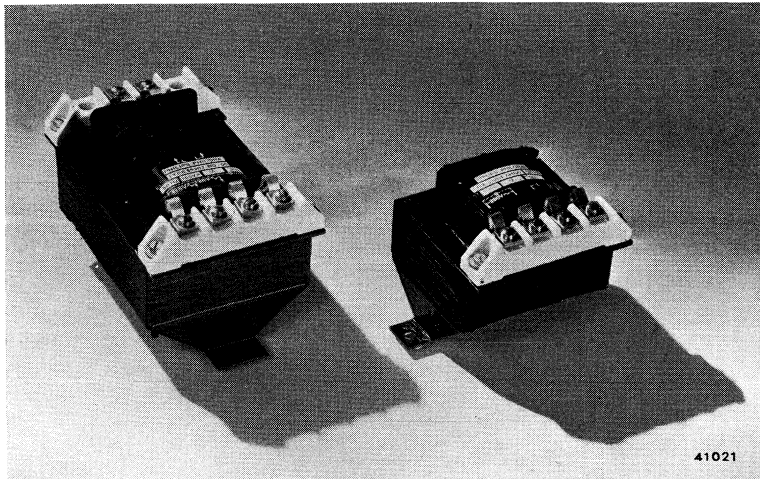


FIG. 88

Foto van de smoorspoel (rechts) en van den spaarlektransformator (links) voor de superhoogedruk kwiklamp HP 300.

Een foto van een smoorspoel en een spaarlektransformator voor de HP 300 lamp is in fig. 88 gegeven. Voor de afmetingen van de smoorspoelen en spaarlektransformatoren zie men blz. 253—258.

De smoorspoelen en spaarlektransformatoren der HO en HP lampen hebben een zoodanige inductie, dat hun kortsluitstroom in het algemeen ca. 60 % hoger ligt dan de stroom, die tijdens het normale bedrijf aan het net wordt ontnomen. De inschakelstroom van de lampen zijn ongeveer gelijk aan deze kortsluitstroom (zie § 16). Ze zijn in onderstaande tabel gegeven.



40863

„Place Cornavin“ te Genève.
De verlichting bestaat uit 3 kroonluchters van 10 M hoogte. Elke kroonluchter heeft 2 armaturen met gloeilampen van 1500 Watt en 2 armaturen met 2 Philora kwiklampen HO 2000.



40851

Bloementoonstelling te 's Gravenzande,
verlicht door HP 300 en gloeilampen van 300 Dlm.

Type	Inschakelstroom (A)	
	220 V	125 V
HO 1000	3,8	6,7
HO 2000	6,1	10,8
HP(L) 300	1,15	2,25
HP(L) 500	1,8	3,15
	225 V	
ML 300	0,87	
ML 500	1,34	

In deze tabel is tevens de inschakelstroom voor de ML lampen opgenomen. De grootte hiervan wordt bepaald door de overbelasting van de gloeispiraal ten gevolge van de geringe brandspanning van het ontladingsbuisje terstond na het inschakelen.

In die gevallen, dat men den arbeidsfactor om bepaalde redenen wenscht te verhoogen, kan een condensator parallel op het net worden geschakeld. Uit de op blz. 263 gegeven compensatiekrommen blijkt het verband tusschen den gebruikten condensator en den verkregen arbeidsfactor. Op blz. 261 vindt men aangegeven welke condensatoren voor de diverse lamptypen gebruikelijk zijn.

§ 60. DE OPWARMTIJD.

Bij de hoogedruk en superhoogedruk kwiklampen is de opwarmtijd belangrijk kleiner dan bij natriumlampen en wordt dan ook zelden als een ernstig nadeel ondervonden. Voor straat- en fabrieksverlichting, waarvoor deze lampen in de eerste plaats in aanmerking komen, schakelt men de lampen slechts zelden meer dan één maal gedurende een avond (en nacht) in, en dit geschiedt meestal als het nog niet volkomen donker is. Voor verlichting van kantoren, fabrieken en dergelijke wordt dikwijls gescheiden menglicht toegepast, waarbij men terstond na het inschakelen over den lichtstroom van de gloeilamp beschikt, of men gebruikt ML lampen, die gedurende den opwarmtijd zelfs een grooteren lichtstroom geven dan in bedrijf.

In onderstaande tabel vermelden wij de opwarmtijden van de verschillende typen.

Type	Opwarmtijd (tot 80 % Φ) in min
HO 1000	5
HO 2000	4
HP(L) 300	4
HP(L) 500	4 ^{1/2}
ML 300	2
ML 500	2

§ 61. TOEPASSINGEN.

Uit de beschrijving der lampeneigenschappen in de vorige paragrafen zal het duidelijk zijn, dat vooral de volgende eigenschappen de kenmerkende toepassingen bepalen: het hooge lichtrendement, de spectrale samenstelling van het kwiklicht, die een groote gezichtsscherpte ten gevolge heeft, en in sommige gevallen de hooge helderheid.

Ook bij deze lampen is straatverlichting, evenals bij natriumlampen, een van de groote toepassingsgebieden. De groote gezichtsscherpte komt hierbij als een belangrijk voordeel uit, hoewel de contrastvorming en de waarnemingssnelheid onder kwiklicht niet zoo goed zijn als onder natriumlicht. Hier staat tegenover, dat het kwiklicht een iets betere kleurweergave garandeert, althans indien het verlichtingsniveau zoodanig is, dat ook het kegeltjes-zien een rol gaat spelen. Dit is de reden, waarom kwiklampen, bijv. in straten, die den overgang van de groote verkeerswegen tot de stad vormen, dikwijls geprefereerd worden.

Bij gebruik van HPL lampen, en in nog sterkere mate bij toepassing van gescheiden menglicht of ML lampen, worden de nadeelen van de gebrekkige kleurweergave gedeeltelijk of geheel ondervangen. In verband met de grootere gezichtsscherpte, moet echter soms de voorkeur worden gegeven aan het zuivere kwiklicht. Voor autosnelwegen en dergelijke, waar men volledig afstand kan doen van een goede kleurweergave, verdienen natriumlampen onbestreden de voorkeur.

Van de bijzondere spectrale lichtverdeeling der hooge- en superhoogedruk kwiklampen wordt eveneens gebruik gemaakt bij toepassingen, waarbij kleurcontrasten een rol spelen. Zoo worden deze lampen bijv. toegepast bij de verlichting van kolenleesbanden, waar het kwiklicht het onderscheid tusschen kolen en steenen versterkt, en in de krasseerafdeling van

constructiewerkplaatsen en plaatwerkerijen, waar de met een koperen stift op het ijzer afgeteekende lijnen met ongeken- de duidelijkheid te voorschijn treden. Ook oppervlaktegebreken in vertind blik, van vernikkelde of verchromde voorwerpen, op geëmailleerde producten, op kunstdrukpapier, worden door het kwiklicht duidelijker waarneembaar dan onder gloeilampenlicht. Het controleren onder kwiklicht van spiegelglas, voordat dit in warmen toestand in de koelovens wordt gebracht, berust zoowel op het groote kleurcontrast als op de groote gezichtsscherpte.

Ook in de fotografie worden deze lampen met voordeel toegepast. Bij gebruik van HP lampen in vergrootings-apparaten, kan de verlichtingstijd voor bromidepapier belangrijk (tot ca. 1/200) verkort worden ten opzichte van dien, welke noodig is met gloeilampen van denzelfden lichtstroom; of men kan normaal gaslichtpapier (chloorzilverpapier), dat anders dikwijls te langzaam is, nu met kleinen belichtingstijd gebruiken. Bij deze laatste werkwijze is als extra voordeel te noemen, dat dan voor de verlichting van de donkere kamer gebruik gemaakt kan worden van natriumlampen (zie hiervoor § 34).

Voor fotografische opnamen is kwiklicht alleen ongeschikt. Het wordt echter in combinatie met natriumlicht vrij veel voor dit doel gebruikt, terwijl ook de HPL en ML lampen op dit gebied een steeds uitgebreidere toepassing vinden*).

Speciaal het kwiklicht met kleurcorrectie (HPL lampen, menglicht en ML lampen) vindt een ruime toepassing in fabrieken, kantoren, warenhuizen, winkels, ziekenhuizen, kerken, scholen, schouwburgen en vele andere groote ruimten, waar voor de verlichting groote lampeenheden worden gebruikt. Het hangt in dit geval van den persoonlijken smaak en de eischen, die men aan de kleurweergave stelt af, mede in verband met de door het lichtrendement gegeven bedrijfskosten, welke van de mogelijkheden van kleurcorrectie zal worden toegepast.

§ 62. STROBOSCOPISCH EFFECT.

Ook bij de hooge- en superhoogedruk kwiklampen dooft het ontladingslicht 100 maal per seconde bijna geheel uit (bij een 50 perioden net). Dezelfde maatregelen om den lichtrimpel te verklei-

*) Voor een uitvoerige uiteenzetting van het gebruik van deze en andere gasontladingslampen in de fotografie verwijzen wij naar het in deze serie verschenen boek van Dr. J. A. M. v. Liempt: „Het Kunstlicht in de Fotografie“.

nen, die bij natriumlampen werden aangegeven (§ 35), kunnen ook hier worden toegepast. Bij de bespreking van het gescheiden menglicht (§ 52) en van de menglichtlamp (§ 53), werd er reeds op gewezen, dat de gloeispiraal door haar warmtetraagheid een vereffenende werking op het gemengde licht heeft.

Men kan zich nu nog afvragen of in dit opzicht een verbetering te verwachten is van het gebruik van fluorescentiestoffen (HPL lampen). Deze stoffen hebben nl. dikwijls een z.g. *n a l i c h t t i j d*, d.w.z. ook nadat de ultraviolette bestraling is opgehouden, blijven sommige fluorescentiestoffen nog eenigen tijd licht uitzenden. Deze nalichttijd kan bij bepaalde fluorescentiestoffen soms zeer lang zijn, in welk geval men van *f o s f o r e s c e n t i e* spreekt. Deze fosforescentie vindt bijv. een toepassing bij wekkers, waarvan de urcijfers en wijzers dikwijls met een fosforesceerende stof worden bestreken*). Dit nalichten zou dan gedurende den tijd, waarin de intensiteit van het ontladingslicht zeer gering is, dit „gat“ kunnen vullen, zoodat de resulterende lichtrimpel verkleind wordt. Daar de lichtstroombijdrage van het fluorescentielicht echter zeer klein is (§ 55), zijn de lichtfluctuaties van de HPL lampen vrijwel gelijk aan die der HP lampen, ondanks het feit, dat de gebruikte fluorescentiestoffen een niet onbelangrijken nalichttijd hebben.

Wij wijzen er nog op, dat het oog zoo langzaam reageert, dat men, bij niet te snel bewegende voorwerpen, in het geheel niets van het stroboscopisch effect bemerkt en pas bij zeer snel bewegende voorwerpen, onder bepaalde omstandigheden, hiervan hinder kan ondervinden.

§ 63. RADIOSTORING.

In het algemeen kan worden gezegd, dat radiostoring bij de hooge- en superhoogedruk kwiklampen practisch niet voorkomt. Om geleiding van eventueel optredende hoogfrequente trillingen naar het net te voorkomen, wordt de wikkeling der betreffende smoorspoelen gedeeld, terwijl ook bij de spaarlektransformatoren een deel van de wikkeling tusschen lamp en net de trillingen dempt (zie § 37). Voor het geval, dat uitzonderlijk hooge eischen aan de stoorvrijheid worden gesteld, kan men speciale

*) Niet te verwarren met de lichtemissie van fluoresceerende stoffen onder invloed van bijgemengde radioactieve stoffen. Dergelijke lichtende verven worden ook wel voor dit doel gebruikt, maar hier wordt de energie door atoomafbraak der radioactieve stoffen aan de fluorescentiestoffen geleverd.

maatregelen treffen, die van geval tot geval verschillend kunnen zijn.

§ 64. DE LEVENSDUUR.

Bij de besproken kwiklampen wordt de levensduur, evenals bij natriumlampen, in het algemeen beëindigd door een complex van oorzaken, die wij kunnen samenvatten onder den naam: ouderdomsverschijnselen. Wij noemen eenige van deze verschijnselen:

De wand van de ontladingsbuis wordt langzamerhand zwart door aantasting door de ontlading en/of verstuiving of verdamping der electroden, waardoor de lampen op den duur zoo oneconomisch worden, dat vervanging moet worden aanbevolen, ook al „leeft“ de lamp nog.

Aan het glas van de insmeltplaats van de stroomtoevoerdraaden worden, door het herhaaldelijk onder druk- en trekspanning staan na in- en uitschakelen, zeer zware eischen gesteld; dit kan op den duur tot sprong leiden.

Daar de electroden voor het goed functionneeren in kwikdamp van hoogen druk zijn geconstrueerd, zullen ze bij iedere inschakeling, zoolang de druk nog laag is, niet onder ideale omstandigheden werken. Dit, gepaard aan het feit, dat de aanloopstroommen belangrijk hooger zijn dan de normale bedrijfsstroommen, voert tot een belangrijken invloed van de schakelfrequentie op den levensduur der electroden.

Men heeft de kwaliteit der hooge- en superhoogedruk kwiklampen echter zoodanig weten op te voeren, dat, onder normale omstandigheden, met een gemiddelden levensduur van 2000 uur kan worden gerekend.

§ 65. DE HP 1000 W LAMP VOOR TERREINVERLICHTING.

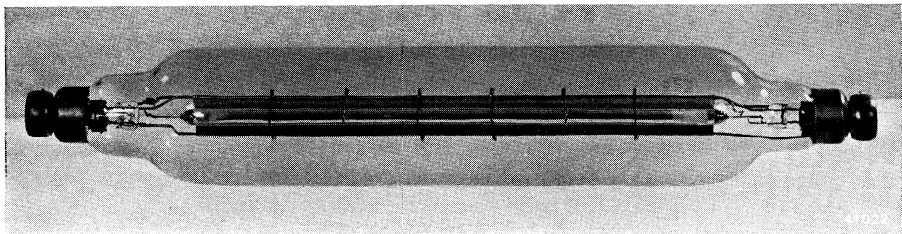
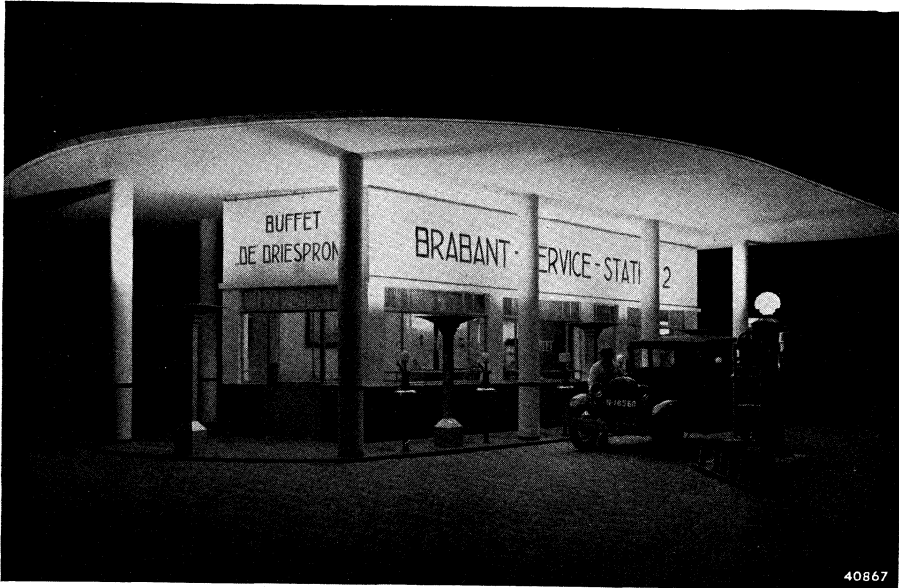


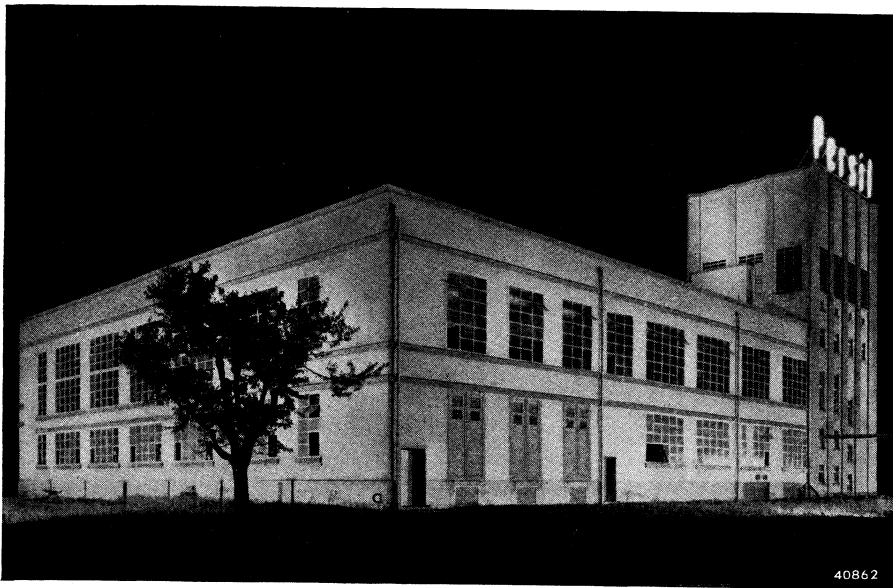
FIG. 89

De superhoogedruk kwiklamp HP 1000 W voor terreinverlichting



40867

Een tankstation te Breda,
verlicht door 4 HO 1000 lampen.



40862

De Persil fabrieken te Pratteln in Zwitserland,
verlicht door 11 HO 1000 lampen.

Naast de tot nu toe in dit hoofdstuk besproken lampen, die alle voor algemeene verlichtingsdoeleinden bestemd zijn, is volgens HP principe (superhooge druk, kwartsontladingsbuis, natuurlijke koeling) een speciale lamp voor de verlichting van uitgestrekte terreinen (vliegvelden) ontworpen, daar de tot nog toe genoemde typen voor een dergelijke toepassing een te kleinen lichtstroom bezitten.

In fig. 89 is een foto van de lamp gegeven, terwijl de opbouw en afmetingen in de in fig. 90 gegeven teekening zijn aangeduid.

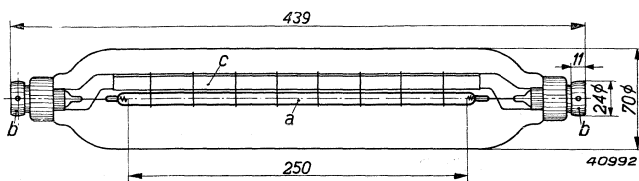


FIG. 90

Schematische opbouw en afmetingen van de superhoogedruk kwiklamp HP 1000 W voor terreinverlichting.

De eigenlijke lichtbron (a) is lijnvormig, hetgeen, wanneer de lamp in de brandlijn van een cilindrisch parabolischen spiegel wordt gebruikt, een platten, waaiervormigen lichtbundel ten gevolge heeft. Deze vorm van lichtbundel is voor de beoogde toepassing zeer geschikt.

Om een goede opstelling van de lamp ten opzichte van den spiegel te waarborgen, is de lamp aan beide uiteinden van een centreerhuls (b) voorzien.

Ten einde verblinding door schuin naar boven uittredende stralen te voorkomen, hetgeen bij gebruik van de lampen voor vliegveldverlichting noodig is, is een scherm (c) aangebracht, dat de ontladingsbuis in den overeenkomstigen sector afdekt. De juiste stand van het scherm wordt door een pennetje op de huls, dat in een sleuf van den lamphouder past, gewaarborgd.

De spectrale samenstelling van het licht dezer lampen is ongeveer gelijk aan die der besproken HP typen.

Als gevolg van de groote lengte van de ontladingsbaan en den hoogen druk, is de brandspanning hoog, zoodat een transformator noodig is, die als „echte“ lektransformator is uitgevoerd. De afmetingen van dezen transformator zijn in fig. 91 aangegeven.

De voornaamste gegevens van de lamp zijn in onderstaande tabel vereenigd.

Hoewel de aanlooptijd, die ca. 5 min bedraagt, voor verlichting van emplacements, rangeerterreinen en dergelijke geen bezwaar vormt, is dit wel het geval bij vliegveldverlichting, waar men dikwijls onverwachts licht wenscht te hebben. Bovendien

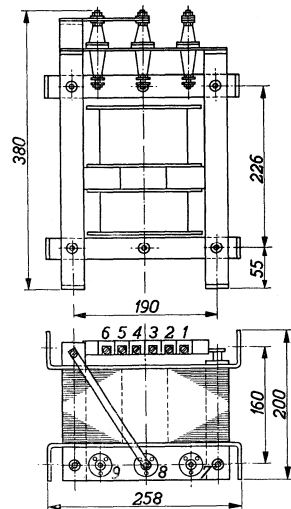
Lichtstroom	4000	Dlm
Maximale lichtsterkte	4000	k
Maximale helderheid	1400	sb
Opgenomen netto vermogen	1000	W
Verliezen in den transformator	100	W
Bruto lichtrendement (bij 220 V)	3,6	Dlm/W
Secundaire openspanning	3500	V
Secundaire openspanning tegen aarde	1750	V
Brandspanning	1850	V
Lampstroom	0,6	A
Primaire stroom (bij 220 V)	11	A
Arbeidsfactor	0,45	
Condensator voor verbetering van den arbeidsfactor	100	μ F
Verbeterde arbeidsfactor	0,8	
Primaire stroom (bij 220 V) na verbetering van den arbeidsfactor	6,5	A

vormt het feit, dat deze lamp, evenals de andere HP typen, niet dadelijk na het uitschakelen weer ontstoken kan worden, voor dit toepassingsgebied een nadeel, zoodat deze lamp voornamelijk slechts voor vliegvelden van secundaire betekenis in aanmerking komt, terwijl voor belangrijke vliegvelden eerder SP lampen (hoofdstuk III) worden gebruikt.

§ 66. DE HOS 2000 W LAMP VOOR LICHTDRUKDOELEINDEN.

Volgens het principe der HO lampen (druk ca. 1 at, hardglazen ontladingsbuis) werd een speciale lamp voor lichtdrukdoeleinden ontworpen. De belangrijkste gegevens van deze lamp zijn in onderstaande tabel vereenigd.

Bij het vervaardigen van lichtdrukreproducties van calques en dergelijke, gebruikt men in het algemeen bij de methode van den „contactdruk“, lichtdrukpapier, waarbij de fotochemische reactie door het inwerken van violette straling plaats vindt.



40985

FIG. 91

Afmetingen van den voor de HP 1000 W lamp gebruikelijken lektransformator.

Vermogen		
Lamp alleen	1900	W
Lamp met voorschakelapparaat 220 V	2000	W
" " " " 380 V	1980	W
Lampstroom	8,7	A
Brandspanning	240	V
Maximale ontsteekspanning . . .	300	V
	380 V met smoorspoel	220 V met spaarlek- transformator
Primaire stroom	8,7 A	17 A
Aanloopstroom	15,7 A	26 A
Arbeidsfactor zonder condensator .	0,53	0,58
Normale condensator	31 μ F	110 μ F
Verbeterde arbeidsfactor	0,8	0,8
Primaire stroom na verbetering van den arbeidsfactor	6,3 A	11,5 A

Als bron van deze violette straling komt, naast het daglicht, dat wegens zijn geringe en inconstante intensiteit in het gewenschte golflengtegebied, voor een modern lichtdrukbedrijf onbruikbaar is, de koolboog in aanmerking. Deze levert de benodigde straling in een dergelijke intensiteit, dat een afdruk slechts een korten belichtingstijd (30 seconden tot enkele minuten) eischt. De koolbooglampen bieden echter een aantal praktische bezwaren, die het zoeken naar een andere soort lichtbron voor dit toepassingsgebied rechtvaardigen. Wij noemen in dit verband: korte levensduur der koolstaven met als gevolg veel onderhoud, het ontstaan van rook en vuil, het soms spontaan veranderen, naar grootte en plaats, van de brandvlek, waarbij ook de lichtintensiteit met den tijd sterk kan varieeren.

Wil men nu dezen koolboog door een andere lichtbron vervangen, dan moet geëischt worden, dat deze laatste een groote intensiteit der violette straling levert, terwijl een betere gelijkmatigheid van den lichtdruk wordt gewenscht, dan met den koolboog gewaarborgd is. Wat dit laatste betreft, is een kwiklamp met haar langgestreken vorm bijzonder geschikt. Voor een lichtdrukmaschine met een transportband van 1 m breedte kan men met twee lichtdruklampen van $\frac{1}{2}$ m nuttige lengte (in elkaars verlengde) een behoorlijk gelijkmatige lichtverdeling krijgen. Wat het eerste

punt betreft, is het mogelijk gebleken bij gebruik van een kwik-lamp met dezelfde snelheid als met een booglamp van hetzelfde vermogen afdrucken te vervaardigen.

In onderstaande tabel is de energiestroomdichtheid (in $\text{erg/cm}^2/\text{sec}$ op 100 cm afstand van de as van de lamp) voor een aantal golflengten opgegeven. Tevens is in de tabel de actinische werking (in relatieve maat) van de straling in de verschillende golflengten ten opzichte van gemiddeld lichtdrukpapier vermeld. Deze laatste waarden zijn ontstaan door vermenigvuldiging van de in iedere golflengte uitgestraalde energie met de relatieve gevoeligheid van het papier en met de spectrale doorlating van de glasruit, die zich, voor de geleiding van het lichtdrukpapier en het origineel, tusschen lamp en lichtdrukpapier bevindt.

Golflengte (Å)	Erg/cm ² /sec op een afstand van 100 cm	Relatieve actinische bijdrage (4047 Å = 100)
5770—5791	7920	0
5451	6360	0
4358	4930	132
4047	2520	100
3655	3490	75
3342	70	0,2
3130	105	0
3012	20	0

Door den aard van het toepassingsgebied zijn omgevings-temperatuur en koeling practisch constant, zoodat bij deze lampen geen buitenballon, zooals bij de besproken HO typen, noodig is.

De uitwendige diameter van de lamp (= diameter ontlaadingsbuis) bedraagt 3 cm, terwijl de nuttige lengte (d.w.z. het gedeelte van de lamp, dat voor het verlichten van den afdruk wordt benut), ca. 55 cm bedraagt.

De lamp is aan weerszijden voorzien van een speciale huls, waarvan de contactpennen passen in een specialen lamphouder, waarin de lamp met het oog op de uitzetting, veerend wordt vastgehouden.

Zooals uit de gegevens van de tabel op blz. 153 blijkt, is de ontsteekspanning zoo hoog, dat men de lamp niet direct via een smoorspoel op een 220 V net kan aansluiten. Wel is dit mogelijk op een 380 V net, terwijl voor lagere netspanningen een spaarlektransformator kan worden gebruikt.

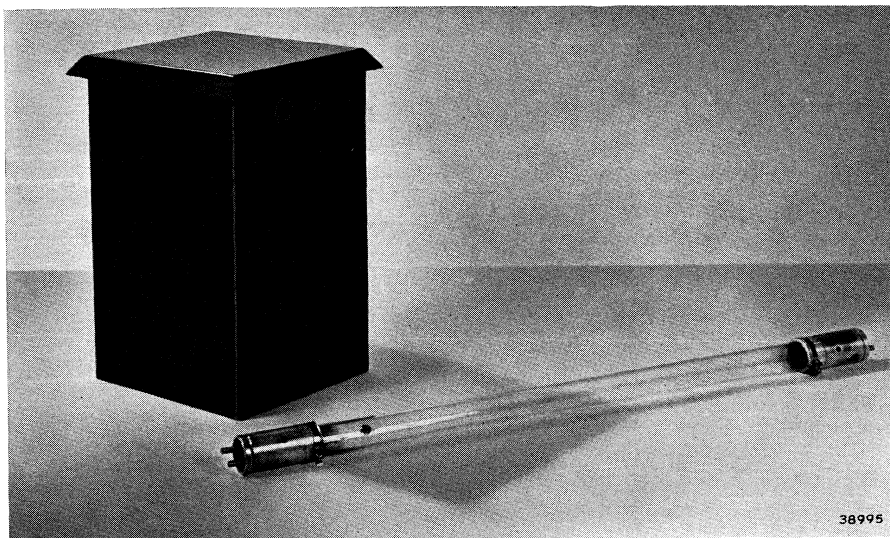


FIG. 92

De hoogedruk kwiklamp HOS 2000 W voor lichtdrukdoeleinden, met de smoorspoel voor aansluiting op een 380 V net.

De foto in fig. 92 toont de lamp HOS 2000 W met bijbehorende smoorspoel (voor 380 V).

§ 67. DE „BIOSOL“ LAMPEN.

Voor toepassing op die gebieden, waar de ultraviolette straling van belang is, zijn de „Biosol“ lampen ontwikkeld. Dit zijn in principe HO lampen, waarvan de wand der ontladingsbuis uit kwartsglas bestaat, waardoor de in de hoogedruk ontlading geproduceerde ultraviolette straling vrijwel ongehinderd naar buiten kan treden.

In onderstaande tabel zijn enkele gegevens van de beide in den handel zijnde typen „Biosol“ lampen vermeld.

	Eenheid	Type A	Type B
Vermogen	W		
Lamp alleen		250	450
Lamp met voorschakel- apparaat (220 V)		280	510
Lampstroom	A	2,7	4,7
Brandspanning	V	110	110
Aanlooptijd	min	3	3
Minimum omgevingstemperatuur	°C	10	10

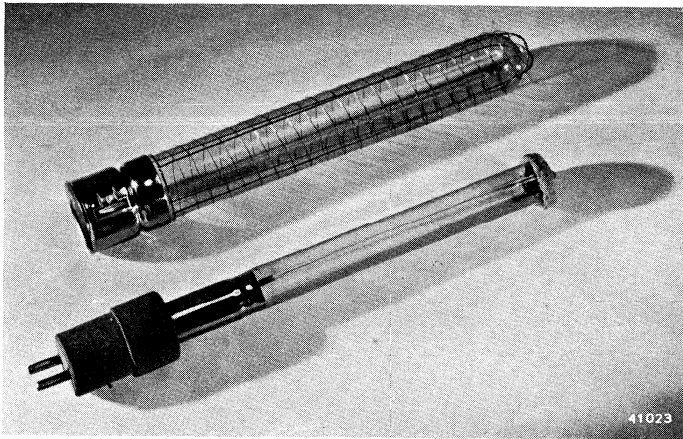


FIG. 93

De „Biosol“ lamp type A met bijbehorend filter voor het onderdrukken van de kortgolvlige ultraviolette straling.

Met het oog op het feit, dat de „Biosol“ lampen, in tegenstelling met de HO lampen, niet toegepast worden in de buitenlicht, wordt een vacuümglas, dat hier bovendien zeer kostbaar zou zijn, omdat het, evenals de wand van de ontladingsbuis, van kwartsglas gemaakt zou dienen te worden, niet gebruikt. Een foto van een lamp van dit type is in fig. 93 gegeven.

Een verder verschil in constructie met de HO lampen is gelegen in het ontbreken van een hulpelectrode. Bij aanbrenging hiervan zou, als gevolg van de afmetingen der lampen, het ontsteken op een 220 V net toch nog niet gewaarborgd zijn; men brengt de ontsteking tot stand door een kortstondige spanningsverhoging. Indien de lamp niet zonder meer ontsteekt, wordt een in het bijbehorende voorschakelapparaat opgenomen drukknop gebruikt, waardoor voor een oogenblik de secundaire wikkeling van een kleinen transformator met de netspanning in serie wordt geschakeld. In fig. 94 is het schakelschema van een „Biosol“ lamp met ontsteekmechanisme weergegeven.

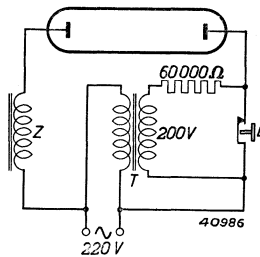


FIG. 94

Schakelschema van de „Biosol“ lamp met ontsteekmechanisme. De „Biosol“ lamp is via de smoorspoel Z aangesloten op het net. Indien de knop D wordt ingedrukt, komt de secundaire wikkeling van den kleinen hulptransformator T over den weerstand van 60 000 Ohm in serie met de netspanning te liggen, waardoor de lamp ontsteekt. De stroom blijft echter door den grooten weerstand tot een zeer kleine waarde beperkt (ca. 7 mA) tot D weer wordt losgelaten, waarna de lamp normaal gaat branden.

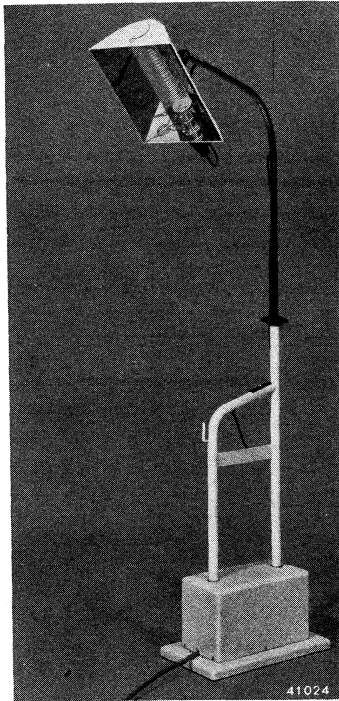


FIG. 95

„Biosol“ apparaat in statiefuitvoering. De „Biosol“ lamp met filter is in een verchromden reflector gemonteerd, waardoor een zeer gelijkmatige lichtsterkteverdeling over het bestralingsveld wordt verkregen. In het voetstuk is het voorschakelapparaat ondergebracht.

In het algemeen worden de „Biosol“ lampen in een specialen reflector met zes verchromde facetten gebruikt, waardoor een zeer gelijkmatige verdeling over het bestralingsveld wordt verkregen. Fig. 95 toont een compleet „Biosol“ apparaat in statiefuitvoering.

Het onzichtbare spectrum der „Biosol“ lampen.

De spectrale energieverdeling der „Biosol“ lampen is in het zichtbare gebied praktisch gelijk aan die van de HO lampen, maar wijkt, door het gebruik van een kwartzglazen ballon, voor het onzichtbare gebied sterk van die der

Golflengte in Å	Stralingsintensiteit in 1000 erg/cm ² sec op 50 cm afstand			
	zonder reflector	met reflector	zonder reflector	met reflector
	Type A		Type B	
3655	3,280	9,40	6,280	22,40
3342	0,290	7,60	0,510	18,20
3130	2,010	5,75	4,760	13,60
3022	0,864	2,43	2,100	5,90
2967	0,493	1,35	1,050	2,85
2894	0,180	0,46	0,425	1,10
2804	0,325	0,82	0,855	2,15
2753	0,115	0,27	0,270	0,67
2699	0,150	0,35	0,350	0,84
2652	0,687	1,60	1,640	3,85
2537	1,170	2,55	2,370	5,15
2483	0,370	0,78	0,880	1,85

HO lampen af. In vorenstaande tabel is de stralingsintensiteit in dat gebied voor de beide lamptypen zonder en met reflector gegeven (vergelijk de tabel op blz. 130) voor het overeenkomstige spectrum der HO lampen).

TOEPASSINGEN.

Medisch gebruik.

De „Biosol“ lampen zijn in de eerste plaats voor medische toepassing bestemd, waar zij zowel prophylactisch als therapeutisch dienst kunnen doen. Een nadere bespreking van de biologische werking der door de „Biosol“ lampen uitgezonden straling ligt buiten het bestek van dit boek. Wel willen wij er op wijzen, dat niet iedere stralingsbehandeling het geheele ultraviolette spectrum, zoals dit in de hoogedruk kwikontlading der „Biosol“ lampen geproduceerd wordt, vereischt. In bepaalde gevallen zal men een meer met dat van de zon overeenkomend spectrum prefereren. De mogelijkheid om dit te bereiken wordt gegeven door toepassing van een afneembaar speciaal filter, dat de korte ultraviolette golflengten, die in het zonnenspectrum ontbreken, sterk absorbeert. In onderstaande tabel is de stralingsintensiteit in een aantal golflengten zonder en met filter vergeleken.

Golflengte in Å	Stralingsintensiteit in 1000 erg/cm ² /sec op 50 cm afstand			
	Type A	Met reflector		Type B
	zonder filter	met filter	zonder filter	met filter
3655	9,40	8,45	22,40	20,20
3342	7,60	6,10	18,20	14,50
3130	5,75	3,80	13,60	9,00
3022	2,43	1,27	5,90	3,08
2967	1,35	0,59	2,85	1,25
2894	0,46	0,15	1,10	0,35
2804	0,82	0,15	2,15	0,41
2753	0,27	0,035	0,67	0,086
2699	0,35	0,028	0,84	0,067
2652	1,60	0,084	3,85	0,200
2537	2,55	0,032	5,15	0,064
2483	0,78	0,003	1,85	0,007

Wij vestigen er de aandacht op, dat de waardeering van de sterkte van ultraviolette straling geheel afhankelijk is van het

effect, dat men met deze straling tracht te bereiken. Zichtbare straling heeft meestal één zeer bepaald effect ten doel, nl. om voorwerpen zichtbaar te maken; de sterktewaardering kan daarom op de gevoeligheid van het (gemiddelde) oog betrokken worden (zie ook het aanhangsel). Zoo zou men inderdaad voor een zeer bepaald effect (bijv. de inwerking op een bepaalde soort fotografische plaat) van de ultraviolette straling de sterktewaardering op de gevoeligheid voor dat effect kunnen betrekken en hieraan een eenheid koppelen. Voor een ander effect zou dan echter een andere ultraviolet-eenheid gekozen moeten worden; dit, tezamen met het feit, dat het nog verre van zeker is, dat voor de verschillende biologische processen gevoeligheidskrommen bestaan, die in voldoende mate als voor de normale individuen geldend beschouwd mogen worden, maakt, dat het invoeren van één bepaalde eenheid, in analogie met de lumen, voor het uitdrukken van de sterkte van ultraviolette straling, geen zin heeft. Men geeft daarom de stralingssterkte voor elke spectraallijn in absolute eenheden op, zooals dit ook in de op blz. 157 en 158 gegeven tabellen is gedaan. Dit

heeft natuurlijk als bezwaar, dat de waardering van de sterkte van een ultraviolette stralingsbron ten opzichte van een bepaald effect niet zonder meer uit deze getallen is af te lezen.

Wij willen daarom, voor een bepaalde biologische werking nagaan, hoe men uit de spectrale energieverdeeling het biologische effect kan afleiden. Wij kiezen hiervoor de erytheemvorming. Onder erytheem verstaan we het roodverbranden van de huid, zooals dat waargenomen wordt enkele uren na bestraling met een voldoende groot

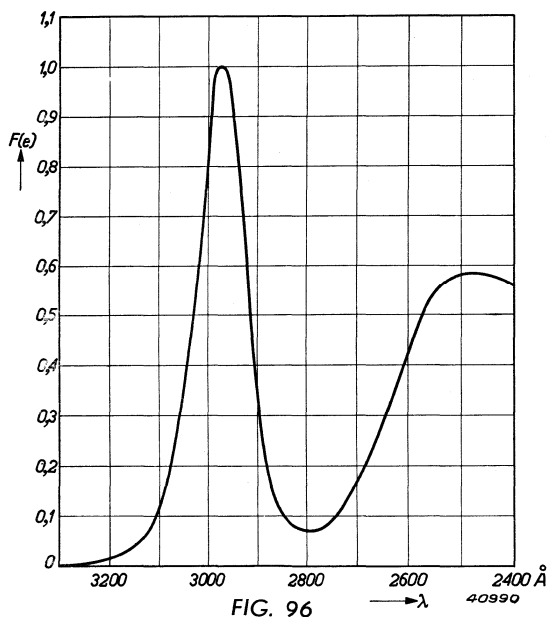


FIG. 96
Erytheemkromme volgens Coblenz en Stair. Als functie van de golflengte λ is de relatieve erytheemfactor $F(e)$, d.w.z. het omgekeerde van de dosis, benodigd voor het bereiken van een juist waarneembaar effect, uitgezet. Deze factor is voor de maximale waarde bij 2967 Å gelijk 1 gesteld.

te dosis ultraviolette straling. Wanneer de straling vrij sterk geweest is, gaat de roode verkleuring van de huid in het algemeen langzaam over in een bruine verkleuring (pigmentering). Is de bestraling niet zoo krachtig geweest, dan trekt het erytheem bijv. na ca. 20 à 40 uur weer weg, zonder zichtbare teekenen achter te laten.

Voor deze erytheemvorming nu is een relatieve gevoeligheidskromme opgesteld*), die als voldoende nauwkeurig en algemeen geldend beschouwd kan worden om als grondslag voor de berekening van de werkzaamheid van een stralenmengsel dienst te kunnen doen (fig. 96).

Met behulp van deze kromme kan voor ieder der door de

Golflengte in A	Relatieve erytheemfactor	„Biosol” B zonder filter			„Biosol” B met filter van UV doorlatend glas		
		Intensiteit (in duizend- tallen ergs per cm ² /sec) op 50 cm afstand	Erytheem eff. = intens. maal erytheemfactor	% van totaal erytheemeffect	Intensiteit (in duizend- tallen ergs per cm ² /sec) op 50 cm afstand	Erytheemeffect	% van totaal erytheemeffect
3130	0,03	13,6	408	3,1	9,0	270	7,6
3022	0,55	5,90	3240	24,6	3,08	1700	47,8
2967	1,00	2,85	2650	21,6	1,255	1255	35,2
(2925)	0,70	0,435	304	2,3	0,161	113	3,2
2894	0,25	1,10	275	2,1	0,352	88	2,5
2804	0,06	2,16	130	1,0	0,410	25	0,7
2753	0,07	0,67	47	0,4	0,086	6	0,2
2699	0,14	0,84	118	0,9	0,067	9	0,3
2652	0,25	3,84	960	7,3	0,201	50	1,4
(2576)	0,49	0,755	370	2,8	0,013	6	0,2
2537	0,55	5,16	2840	21,6	0,064	35	1,0
2483	0,57	1,85	1055	8,0	0,007	4	0,1
(2464)	0,57	0,27	154	1,2	—	—	—
(2400)	0,56	0,74	415	3,2	—	—	—
			13166	100,1		3561	100,2

*) Coblenz en Stair. Res. Paper nr 631. Bur. Stand., J. Research, 12, 13, 1934.

„Biosol“ lampen uitgezonden lijnen de bijdrage tot de erytheemwerking worden berekend. Door vermenigvuldiging van de stralingsintensiteit in iedere golflengte met den bijbehorenden „erytheemfactor“ (welke voor 2967 Å maximaal is en gelijk 1 gesteld wordt), verkrijgt men per golflengte de bijdrage tot het totale erytheemeffect en, door sommeering van de bijdragen in alle golflengten, het totale erytheemeffect. In vorenstaande tabel is deze berekening voor de „Biosol“ lamp type B in reflector zonder en met filter uitgevoerd.

Hieruit blijkt, dat het totale erytheemeffect voor de „Biosol“ B zonder filter gelijk gesteld mag worden aan dat van een straling van ruim 13 000 erg/cm²/sec met een golflengte van 2967 Å, terwijl het erytheemeffect van de lamp met filter overeenkomt met dat van 3560 erg/cm²/sec 2967 Å. Nu is voor het verkrijgen van een juist waarneembaar erytheem (op de binnenzijde van den onderarm) een stralingsdosis van ca. 200 000 erg/cm² van een golflengte van 2967 Å noodig. Voor de „Biosol“ B zou dus (op 50 cm afstand) met filter een bestraling gedurende $\frac{200\ 000}{3560} = \text{ca. } 53 \text{ sec}$

noodig zijn om erytheem te veroorzaken, terwijl experimenteel bij de meeste proefpersonen ca. 45 sec als grensdosis gevonden werd. Dit resultaat is dus in goede overeenstemming met de berekening, terwijl ook voor de „Biosol“ B zonder filter de overeenstemming tusschen experiment en berekening zeer goed bleek te zijn. In beide gevallen werd ca. 15 sec gevonden.

Uit dit voorbeeld moge blijken, hoe, bij voldoende kennis van de spectrale biologische werkzaamheidskromme, uit de gemeten spectrale verdeling van de straling der „Biosol“ lampen conclusies zijn te trekken omtrent de te bereiken resultaten en den bestralingstijd.

Luminescentieonderzoek.

Bij de toepassing van de „Biosol“ lampen voor medisch gebruik was het in het geheel niet noodzakelijk de zichtbare straling te onderdrukken. Dit is echter bij het luminescentieonderzoek, dat wij in de volgende paragraaf nader zullen bespreken, wel noodig, zoodat voor dit doel een „zwart“ filter wordt gebruikt, d.w.z. een filter van een speciale glassoort, waaraan bijv. nikkel-oxyde is toegevoegd, waardoor de zichtbare straling sterk wordt geabsorbeerd. Het maximum van het doorlatingsvermogen ligt bij ca. 3655 Å, waar de energetisch sterkste lijn van het onzichtbare spectrum van de hoogedruk kwiklampen gelegen is.

Het is mogelijk ook de lampen met een hoogerem kwikdamp-druk dan dien van de „Biosol” lampen, van een buitenballon van dit „zwarte” glas te voorzien, waardoor zij een overeenkomstig spectrum als de „Biosol” met „zwart” filter uitzenden. Hier-voor zijn HP lampen ontwikkeld, die onder den naam HPW lampen in den handel worden gebracht.

§ 68. DE HPW LAMPEN.

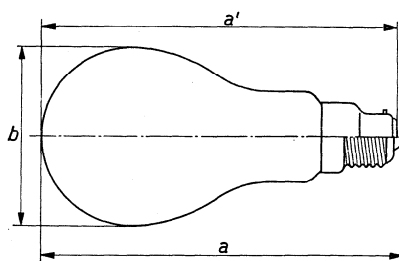
In opbouw zijn de HPW lampen geheel gelijk aan de normale HP lampen voor algemeene verlichtingsdoeleinden. In plaats van den normalen buitenballon is echter een „zwarte” ballon, die hoofdzakelijk de straling in $\lambda = 3655 \text{ \AA}$ doorlaat, aangebracht. Ze worden in twee typen gemaakt (75 W en 120 W), waarvan de elektrische grootheden geheel gelijk zijn aan die van de overeenkomstige HP typen. Ook de te gebruiken voorschakelapparaatuur is dezelfde als voor de HP lampen. Zij worden naar het door de lamp opgenomen vermogen als HPW 75 W en HPW 120 W aangeduid. De uitwendige afmetingen zijn in fig. 97 aangegeven.

Wij noemen de volgende toepassingen:

Luminescentieonderzoek.

Indien licht van een bepaalde spectrale samenstelling een voorwerp treft, zal de spectrale samenstelling van het gereflecteerde licht in het algemeen anders zijn dan die van de opvallende straling. Dit kan in vele gevallen worden toegeschreven aan selectieve absorptie, d.w.z. aan het feit, dat straling van verschillende golflengte bij de reflectie verschillend wordt verzwakt, zoodat de relatieve bijdrage van een bepaalde golflengte tot het gereflecteerde spectrum geheel anders kan zijn dan voor het opvallende spectrum.

In zeer vele gevallen beperkt de beïnvloeding van de straling door het beschenen voorwerp zich echter niet tot selectieve absorptie. Vele stoffen hebben nl. de eigenschap om voor een geschikte golflengte een deel van de geabsorbeerde energie weer in een gewijzigde (in het algemeen langere) golflengte uit



Type	Afmetingen in mm		
	a	a'	b
HPW 75 W	159	155	80
HPW 120 W	176	173	90

40989

FIG. 97

Hoofdafmetingen der HPW lampen.

te stralen. Deze golflengtetransformatie duidt men aan door *luminescentie**). Door deze luminescentie kunnen dus in het gereflecteerde spectrum golflengten optreden, die in het opvallende licht ontbreken.

Dat men in het dagelijksche leven zoo weinig van deze luminescentie bemerkt, komt niet doordat het verschijnsel als zoodanig zelden voorkomt. Zeer vele stoffen bezitten het vermogen onder straling van geschikte golflengte te kunnen luminesceeren, maar het normaal d.w.z. zonder golflengtetransformatie gereflecteerde, licht overheerscht meestal in zoo sterke mate, dat het luminescentieverschijnsel niet opvalt. Bij bestraling met gekleurd licht is de kans om het verschijnsel waar te nemen grooter dan bij „wit“ licht (afkomstig van de zon, gloeilampen, enz.), daar het eventueele optreden van straling in golflengten, die in het opvallende licht ontbreken, nu eerder in het oog zal loopen. Het duidelijkst ziet men echter de luminescentie, indien men voor de bestraling alleen ultraviolet licht gebruikt. De normale reflectie produceert dan geen andere dan de opvallende onzichtbare straling en stoort de luminescentiewaarneming dus niet.

De aard van de luminescentie, d.w.z. de samenstelling van de luminescentiestraling, is, evenals het al of niet optreden ervan bij bestralen met bepaalde golflengten, een specifieke eigenschap van de bestraalde stof en kan dus gebruikt worden voor het controleren en herkennen van die stof. Het luminescentieonderzoek blijkt nu in de practijk tot verrassende resultaten te kunnen leiden. De mogelijkheid van snelle waarneming, zonder de te onderzoeken stof te beïnvloeden of het te controleren proces te storen, waarbij bovendien slechts zeer kleine hoeveelheden te onderzoeken stof noodzakelijk zijn, maakt dat het luminescentieonderzoek steeds meer veld wint.

Als stralingsbron komen, behalve de HPW lampen, de „Biosol“ lampen met „zwart“ filter in aanmerking. De „Biosol“ lampen worden meestal in verchromde reflectoren gebruikt, die een goeden reflectiecoëfficiënt (ca. 87 %) voor de straling bij $\lambda = 3655 \text{ \AA}$ hebben. Indien de HPW lampen in een reflector worden gebruikt, dient er op gelet te worden, dat het verspiegelde oppervlak eveneens een behoorlijken reflectiecoëfficiënt voor 3655 \AA heeft. Behalve chroom komt als spiegelmetaal in de eerste

*) De luminescentie wordt nog dikwijls onderscheiden naar het verschil in tijd gedurende welken de emissie na de bestraling blijft doorgaan. Emittert de stof nog gedurende een duidelijk waarneembaren tijd, nadat de absorptie heeft opgehouden, dan spreekt men van fosforescentie, anders van fluorescentie.

plaats aluminium in aanmerking, waarvan de reflectiecoëfficiënt echter belangrijk afhankelijk is van de ondergane bewerking. Zoo vond men voor aluminium, voor 3655 Å, de volgende reflectiecoëfficiënten:

met zuur geëts	83 %,
gegoten, gepolijst	57 %,
duraluminium	45 %,
gewalst	36 %.

Het hangt van de speciale toepassing af, welk type lamp men zal gebruiken. Voor sterke bestraling van grootere oppervlakten zal men de „Biosol” lampen kiezen, terwijl voor laboratoriumdoeleinden of meer plaatselijke toepassing een der HPW typen in aanmerking zal komen.

Over de vele toepassingen, die het luminescentieonderzoek heeft gevonden, bestaat een uitgebreide literatuur, zoodat het ondoenlijk is hierop in te gaan. Wij volstaan er daarom mee enkele gebieden aan te duiden.

Textiel- en verfindustrie.

Het bedrukken van gekleurde weefsels geschiedt dikwijls met ongekleurde reductieproducten van kleurstoffen (leukobasen), die pas na ontwikkeling (oxydatie) de eigenlijke kleurstoffen doen ontstaan. Eventuele fouten, tijdens het bedrukken ontstaan, zijn dan onherstelbaar. De op zichzelf onzichtbare transparante leukobasen kunnen echter in het algemeen door luminescentie zichtbaar worden gemaakt, zoodat het patroon vóór de oxydatie gecontroleerd kan worden en eventuele fouten in dit stadium nog door uitwasschen zijn te herstellen.

Identificatie van vlekken.

De luminescentie-analyse wordt dikwijls bij criminologisch onderzoek toegepast en leidt vaak tot markante resultaten. In dit verband noemen wij de opsporing van vervalschingen in handschrift, papier, geld, postzegels, enz.

Levensmiddelenonderzoek.

De ouderdom van kippeneieren is met één oogopslag aan de kleur van het luminescentielicht te constateeren. Bijmenging van minderwaardige producten aan wijn e.d. verraadt zich bij het luminescentieonderzoek in vele gevallen.

Verdere toepassingen.

Onzichtbaar merken van waschgoed (fig. 98), identificatie van gommen en harsen, gebruik van luminesceerende indicatoren in chemische laboratoria, enz.

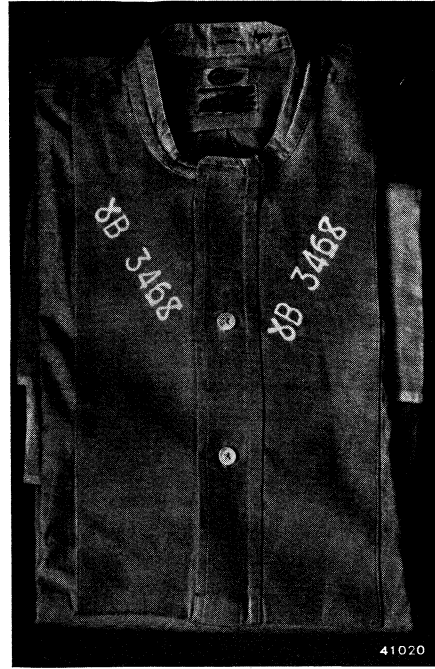


FIG. 98

Twee opnamen van hetzelfde overhemd, a) onder gloeilampenlicht, b) onder het licht van een HPW lamp. Het onder gloeilampenlicht volkomen onzichtbare merk wordt onder het ultraviolette licht zeer duidelijk zichtbaar.

Verduistering.

De HPW lampen werden reeds vóór het uitbreken van den oorlog op verscheidene plaatsen gebruikt, waar voorwerpen waargenomen moesten worden, zonder dat een verlichting in den gebruikelijken zin van het woord kon worden aangebracht. Zoo bijv. in de stuurcabines van schepen, waar de instrumenten met een luminesceerende stof bestreken werden en de HPW lampen voor verlichting hiervan zorgden, zonder dat deze „verlichting“ het uitzicht in het donker hinderde.

In den oorlogstijd werd het toepassingsgebied echter belangrijk uitgebreid. Opschriften als „naar den schuilkelder“, richtingspijlen, instrumenten en handles in machinekamers, enz. kunnen door gebruikmaking der HPW lampen, in combinatie met luminesceerende verfstoffen, waarneembaar worden gemaakt, zonder dat een ontoelaatbaar verlichtingsniveau ontstaat.

Tooneel- en etalage-effecten.

Ook voor tooneelattracties wordt de HPW lamp toegepast.

Door een geschikt gebruik van luminesceerende verven kunnen kleureffecten worden verkregen, die een volkomen ander beeld geven dan onder normale verlichting. Ook in etalages kunnen op overeenkomstige wijze geheel aparte kleureffecten worden verkregen, die, door hun afwijking van het gewone, bijzonder de aandacht trekken.

De luminesceerende stoffen zijn in een zeer groot aantal kleuren en uitvoeringsvormen in den handel. Ze worden o.a. in den vorm van verf, poeder, vloeistof, drukinkt, crayons, lak, vervaardigd, zoodat het toepassingsgebied practisch onbegrensd is geworden.

HOOFDSTUK III

SUPERHOOGEDRUK KWIKLAMPEN MET WATERKOELING

§ 69. OVERZICHT, NOMENCLATUUR.

Zoals wij bij de behandeling van de HP lampen in het vorige hoofdstuk zagen, biedt een versterkte koeling de mogelijkheid bij gelijkblijvende afmetingen van de lamp het vermogen op te voeren. Bij de HP lampen wordt de buitenballon met een warmtegeleidend gas gevuld. Genoemd principe wordt in zijn meest uitgesproken vorm toegepast bij de watergekoelde superhoogedruk kwiklampen (SP lampen), die wij in dit hoofdstuk willen behandelen.

Ter oriëntering geven wij eerst in onderstaande tabel een overzicht van de in den handel zijnde SP lampen.

Lampgegevens	Eenheid	Type			
		SP 500 W 40/1,4	SP 1000 W 40/1,4	SP 2000 W 40/1,4	SP 1000 W 80/2
Vermogen	W				
Lamp alleen . .		500	1000	2000	1000
Lamp met voor- schakelapparaat (220 V)		560	1120	2220	1300
Lichtstroom* . . .	Dlm	3000	6500	14000	6000
Lichtrendement* (bruto 220 V) . .	Dlm/W	5,35	5,8	6,3	4,6
Maximalehelderheid	sb	24000	24000	24000	45000
Lampstroom . . .	A	1,4	1,4	1,4	2,0
Brandspanning . .	V	450	900	1800	500
Maximum ontsteek- spanning	V	550	1100	2200	600
Stroomsoort . . .	—	~	~	~	—

* Betrokken op de alzijdig stralende lampen (zie § 78).

Wij zien hieruit, dat er drie typen voor wisselstroombedrijf worden vervaardigd en één voor gelijkstroom.

Als verdere bijzonderheid treft ons de aanduiding der verschillende typen. In de eerste plaats worden deze lampen niet naar den lichtstroom, maar naar het door de lamp opgenomen vermogen aangeduid. Dit vonden wij ook reeds bij de laatstbesproken kwiklampen in hoofdstuk II. In het algemeen wordt dit systeem gebruikt voor die lampen, die voornamelijk voor andere dan algemeene verlichtingsdoeleinden bestemd zijn. Bij sommige lampen is de waarde van den lichtstroom van secundaire betekenis, zoodat een nomenclatuur, gebaseerd op den lichtstroom, in in dit geval weinig zin zou hebben. Zoo is bij de SP lampen de helderheid van minstens even veel betekenis als de lichtstroom. Men zou deze daarom in de benaming der SP lampen kunnen opnemen. De reden waarom dit niet gedaan is, ligt in het feit, dat het onmogelijk is van de helderheid te spreken, daar deze, zooals wij later zullen zien, niet over de geheele breedte van den boog dezelfde is. Bovendien varieert zij over de lengte van den boog. Het is echter wel gewenscht in de benaming eenige nadere gegevens op te nemen. Zoo maakt het zeer veel verschil of het lampvermogen verkregen wordt met lagen stroom en hooge brandspanning of omgekeerd, terwijl verder ook de booglengte van belang is. Men geeft nu in de nomenclatuur het vermogen per mm booglengte aan, waaruit dus ook de booglengte zelf af te leiden is, terwijl bovendien de stroomsterkte in ampères wordt aangegeven. Zoo beteekent bijv. SP 500 W 40/1,4 een watergekoelde superhoogedruk kwiklamp met een vermogen van 500 W, een belasting van 40 W/mm en een lampstroom van 1,4 A.

Uit de overzichtstabel zien we dus bijv., dat er twee SP lampen met een vermogen van 1000 W bestaan, waarvan de eene, welke voor wisselstroomvoeding is ontworpen, een belasting van 40 W per mm heeft, zoodat de boog dus 25 mm lang is, terwijl het andere, voor gelijkspanning bedoelde type, de dubbele belasting per mm heeft, dus 12½ mm lang is. De wisselstroomlamp heeft een stroom van 1,4 A, het gelijkstroomtype een stroom van 2 A.

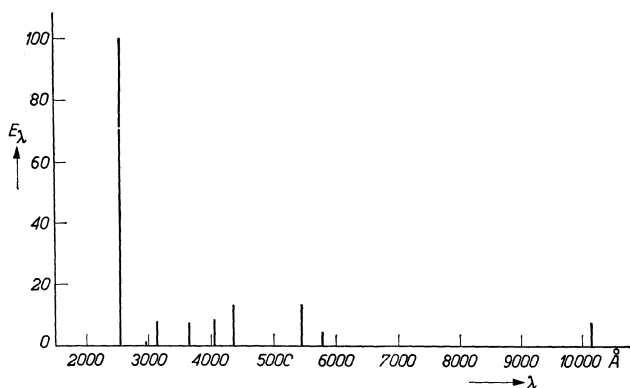
Ten slotte zien we uit de tabel, dat de brandspanning van alle SP typen ver boven 220 V ligt, zoodat transformatoren moeten worden toegepast.

§ 70. DE INVLOED VAN DEN ZEER HOOGEN KWIKDAMPDRUK.

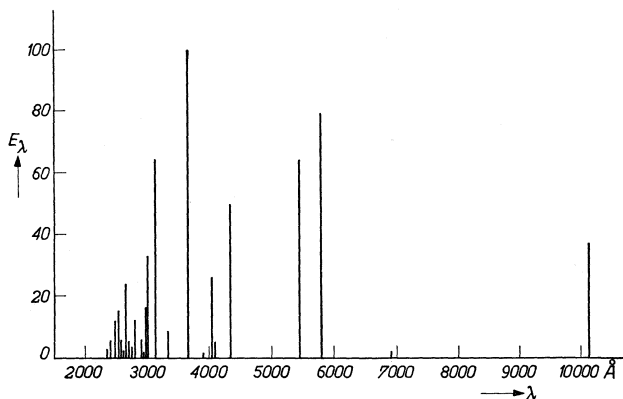
Alvorens in te gaan op de eigenschappen en uitvoeringsvormen der genoemde lamptypen, willen wij eerst meer in het algemeen den invloed van den zeer hoogen kwikdampdruk beschouwen.

Reeds meermalen werd gewezen op het feit, dat verhooging van den kwikdruk en toename van de stroomdichtheid den aanslag van hogere energietoestanden, die straling in het zichtbare spectrum ten gevolge hebben, bevorderen, hetgeen het lichtrendement doet toenemen. Waar nu zeer hoge druk en groote stroomdichtheid bij de SP lampen aanwezig zijn, mogen wij op een hoog lichtrendement rekenen. Deze verwachting wordt geheel bevestigd door de in de tabel van § 69 gegeven waarden. De verkregen specifieke lichtstroom (6 à 7 Dlm/W) is nog belangrijk hoger dan die welke bij de HO en HP lampen bereikt kon worden.

In de tweede plaats merken wij de zeer hoge helderheid



a



b

41240

FIG. 99

Relatieve spectrale energieverdeling van een ontlading in kwikdamp met een druk van 0,01 mm Hg (a), resp. van 1 at (b). De intensiteit van de sterkste lijn is willekeurig gelijk 100 gesteld.

op. Deze is het gevolg van het feit, dat de groote lichtstroom in een ontladingsbuis van zeer kleine afmetingen wordt geproduceerd. Bovendien wordt de ontlading, als gevolg van het verschil in temperatuur met den glaswand, sterk geconcentreerd, zoodat het licht bij de SP lampen geconcentreerd is in een zuil, waarvan de diameter nog veel kleiner is dan die van de ontladingsbuis.

Ten slotte treden door de toepassing

van den zeer hoogen druk veranderingen in het spectrum ten opzichte van de lampen met minder extreem hooge drukken op. Aan deze veranderingen willen wij in de beide volgende paragrafen eenige nadere aandacht besteden.

§ 71. HET ZICHTBARE SPECTRUM DER SP LAMPEN.

Een van de eigenschappen die den gebruiker bij de SP lampen het eerst opvallen is het feit, dat het licht zooveel witter is dan dat van de andere kwiklampen. Dit moet vooral worden toegeschreven aan het ontstaan van een sterk continuum, dat zich over het geheele zichtbare spectrum uitstrekt. Wij troffen een continuum ook reeds bij de HP lampen aan, maar nog niet in die mate, dat de kleurverandering ten opzichte der HO lampen voor vele toepassingen voldoende genoemd kon worden.

Bovendien blijkt het karakteristieke kwikspectrum bij deze lampen uit verbrede lijnen te bestaan.

In fig. 99 is de relatieve spectrale energieverdeling gegeven bij kwikdampdrukken van 0,01 mm (fig. 99a) en 1 at (fig. 99b). Wij zien duidelijk den invloed van den druk: de in het zichtbare spectrum uitgestraalde energie neemt toe ten koste van die welke in het ultraviolet gebied wordt uitgezonden. Een continuum treedt echter nog niet op, terwijl de

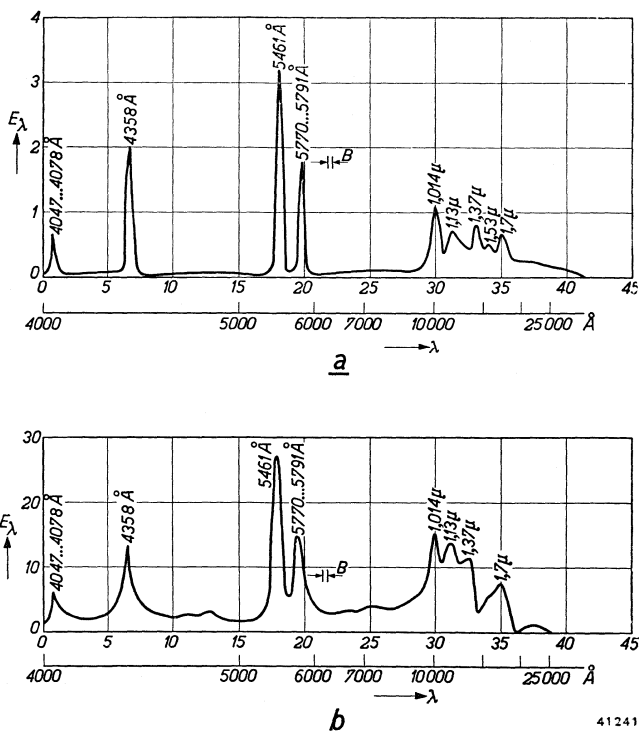


FIG. 100

Relatieve spectrale energieverdeling van een ontlasting in kwikdamp met een druk van 20 at (a), resp. van 130 at (b). De breedte B van de spleet van den voor de opname gebruikten monochromator is in de figuur aangegeven.

spectraallijnen ook nog niet zeer breed zijn.

In fig. 100 daarentegen, zien we bij 20 at (fig. 100a) reeds een vrij sterk continuum ontstaan, terwijl de spectraallijnen zich verbreedten. Deze verschijnselen zijn in nog belangrijk sterkere mate in fig. 100b waar te nemen, waar het kwikspectrum bij 130 at is weergegeven.

Uit wat wij vroeger (in § 4) over de stralingsemissie gezegd hebben, volgt, dat bij een aangeslagen atoom de overgang van het electron van een energieniveau naar een lager niveau straling in één zeer bepaalde golflengte ten gevolge heeft. Het botsende electron, dat den aanslag veroorzaakte, gaf een zeer bepaald deel van zijn kinetische energie voor den aanslag af en vervolgde daarna met verminderde snelheid zijn weg. De golflengte van het uitgezonden

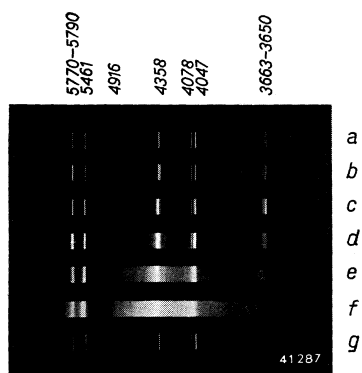


FIG. 101

Toename van het zichtbare continuum in het spectrum van de kwikontlading, bij toenemenden druk en toenemende stroomdichtheid.

- a. Lagedruk kwikontlading.
- b. Hoogedruk kwikontlading, ca. 1 at.
- c. Superhoogedruk kwikontlading, in lucht, $4\frac{1}{4}$ mm diam., 0,4 A, 120 V/cm, ca. 25 at.
- d. Superhoogedruk kwikontlading, watergekoeld. $4\frac{1}{2}$ mm diam., 5,6 A, 135 V/cm, ca. 25 at.
- e. Idem 2 mm diam., 1,2 A, 500 V/cm, ca. 130 at.
- f. Idem 1 mm diam., 1,1 A, 800 V/cm, ca. 200 at.
- g. Als a.

den licht wordt hierbij uitsluitend door de eigenschappen van het atoom bepaald. Treft echter een electron een ion, dan wordt het hierdoor vastgehouden en vormt samen met het ion een neutraal atoom. De som van de kinetische energie van het electron en de potentieele energie van den aangeslagen toestand worden bij deze recombinitie in straling omgezet, en daar de electronen met allerlei snelheden de ionen treffen, zal straling van allerlei golflengten, d.w.z. een continuum ontstaan. Daar de recombinitiewaarschijnlijkheid evenredig is met het product van de concentraties der ionen en electronen, zal de intensiteit van het continuum toenemen met den dampdruk en met de stroomdichtheid, geheel in overeenstemming met wat wij in fig. 100 zagen. In fig. 101 is een fotografische opname van het spectrum van enkele kwikontladings bij verschillende drukken weergegeven. Ook hier is het steeds sterker optreden van een zichtbaar continuum in het zichtbare gebied met toenemenden druk zeer duidelijk te zien.

Voor de practijk beteekent dit verschijnsel dus, dat het licht witter en de kleurweergave beter wordt met toenemenden druk en grooter wordende stroomdichtheid. Dit is zelfs in een dergelijke mate het geval, dat SP lampen toegepast kunnen worden voor het projecteeren van kleurenfilms (zie ook § 84).

§ 72. HET ONZICHTBARE SPECTRUM DER SP LAMPEN.

In het ultraviolette deel van het spectrum der SP lampen treffen wij een merkwaardig verschijnsel aan, zooals blijkt uit een opname van de spectra van enkele kwikontladingen in dit gebied, die in fig. 102 is weergegeven. Wij zien, dat met stijgenden druk de resonantielijnen (1850 en 2537 Å), evenals de aansluitende straling, naar de langgolelige zijde toe verdwijnen. Deze absorptiebanden vormen dus als het ware een negatief continuum, waarvan de breedte met den druk toeneemt.

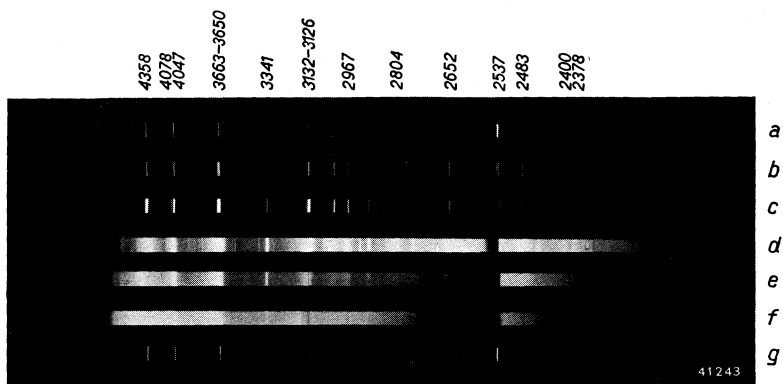


FIG. 102

Spectrogrammen van de ultraviolette straling van kwikontladingen, bij verschillende dampdrukken. De toename van de breedte der aan de resonantielijnen 1850 Å en 2537 Å aansluitende absorptiebanden bij toenemenden druk is duidelijk te zien.

- | | | | | |
|----|--|---|--------|------------------------------|
| a. | Lagedruk kwikontlading. | | | |
| b. | Hoogedruk kwikontlading,
ca. 1 at, | | | |
| c. | Superhoogedruk kwikont-
lading in lucht | 4 ¹ / ₄ mm diam., | 0,4 A, | 120 V/cm, ca. 25 at, |
| d. | } Super hoogedruk kwik-
ontlading, watergekoeld | 4 ¹ / ₂ " | " " | 5,6 A, 135 V/cm, ca. 25 at, |
| e. | | 2 " | " " | 1,2 A, 500 V/cm, ca. 130 at, |
| f. | | 1 " | " " | 1,1 A, 800 V/cm, ca. 200 at. |
| g. | Als a. | | | |

Voor de verklaring van dit verschijnsel verwijzen wij naar fig. 103, waarin het verloop van eenige energieniveau's met inbegrip van het grondniveau als functie van den onderlingen

afstand van twee atomen schematisch is aangegeven. Wij zien, dat de verschillende energieniveau's van een aangeslagen atoom met den afstand ten opzichte van een ander (niet aangeslagen) atoom variëren, maar dat hun verandering vrijwel parallel verloopt, zoodat hun onderlinge afstand nagenoeg constant blijft. Dit beteekent, dat de spectraallijn, die ten gevolge van den overgang tusschen deze beide niveau's ontstaat, dezelfde golflengte blijft behouden. Geringe veranderingen in de energieniveau-verschillen kunnen echter eenigszins bijdragen tot het verbreedten van de lijnen.

Wij zien echter, dat het grondniveau met kleiner worden atoomafstand (hoogerem druk) op geheel andere wijze varieert dan de hogere energieniveau's. Het energieverschil tusschen de hogere niveau's en het grondniveau verandert zeer sterk met den onderlingen afstand der atomen. Daar nu de overgang naar het grondniveau de uitzending der resonantielijnen ten gevolge heeft, zullen als gevolg van deze variaties resonantielijnen over een zeer groot gebied van golflengten ontstaan, hetgeen een dusdanige lijnverbredening met zich brengt, dat men van een continuum kan spreken. Bij hooger wordende drukken strekt

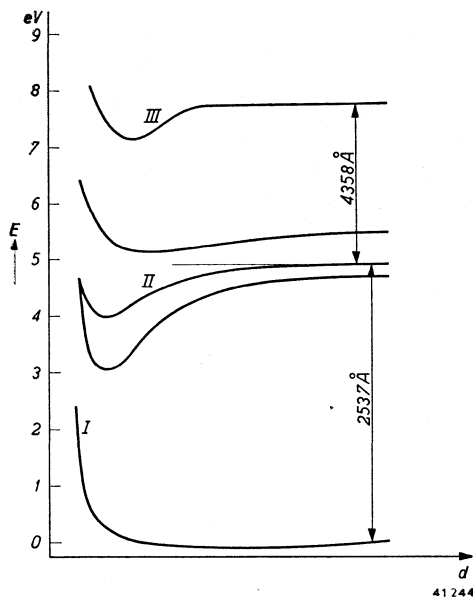


FIG. 103

Verandering van het grondniveau I en eenige energieniveau's als functie van den onderlingen afstand d van twee atomen (schematisch).

zich dit continuum steeds verder naar de langgolvlige zijde uit (de afstanden tusschen de betreffende energieniveau's en het grondniveau worden kleiner - zie fig. 103), en dit kan zich zelfs zoo ver uitbreiden, dat het continuum van de 1850 Å lijn aansluit bij dat van de 2537 Å lijn.

Een dergelijk verschijnsel speelt zich nu niet alleen af bij de emissie, maar ook bij de absorptie van straling. De straling moet nu nl., alvorens de ontladingsbuis te kunnen verlaten, den veel kouderen, niet lichtenden dampmantel, die de gecontraheerde ontlading omhult, passeeren en wordt

hierbij geabsorbeerd (zelfabsorptie — zie ook § 25). Het uiteindelijk resultaat is dus dat twee „gaten” in het ultraviolette spectrum ontstaan, die zich bij toenemenden druk tot één gat kunnen vereenigen, zoodat de kwiklamp in dit geval geen straling met een golflengte kleiner dan bijv. 2800 Å uitzendt.

§ 73. VERBAND TUSSCHEN LAMP EN VOORSCHAKELAPPARAAT. KEUZE VAN DE BRANDSPANNING.

In deel I hebben wij reeds een afzonderlijk hoofdstuk gewijd aan het verband tusschen de gasontladingslampen en hun voorschakelapparaat. Wij willen in deze paragraaf nog iets verder op dit verband ingaan, waardoor wij een beter inzicht zullen krijgen in het gedrag van de verschillende lamptypen gedurende de aanloopperiode en onder invloed van de netspanningsvariaties. Tevens zal hierbij de keuze van de brandspanning der SP lampen worden verklaard.

Wij beperken onze beschouwingen tot de wisselstroomschakeling met zelfinductie. Eenvoudigheidshalve kiezen wij als zelfinductie een smoorspoel, maar wij kunnen de beschouwingen rechtstreeks op (spaar-)lektransformatoren overdragen, als we ons deze voorstellen als smoorspoelen, die op een netspanning gelijk aan de openspanning zijn aangesloten.

Een smoorspoel is, bij een gegeven brandspanning van de gasontladingslamp, in staat een bepaald vermogen aan de lamp af te geven, dat bepaald wordt door de volgende betrekkingen:

$$W_{l\alpha} = a I V_{l\alpha},$$

$$I = \frac{V_L}{Z},$$

$$V_L^2 = V_n^2 - V_{l\alpha}^2,$$

waarin $W_{l\alpha}$ het aan de lamp toegevoerde vermogen, I de stroom, a de arbeidsfactor van de lamp, $V_{l\alpha}$ de brandspanning, V_L de spanning aan de smoorspoel, Z de (variabele) smoorspoelimpedantie en V_n de netspanning voorstellen.

Wij kunnen, door deze drie vergelijkingen te combineren, het verband vinden tusschen de brandspanning en het aan de lamp toegevoerde vermogen:

$$W_{l\alpha} = a \frac{V_{l\alpha}}{Z} \sqrt{V_n^2 - V_{l\alpha}^2}.$$

Veronderstellen wij (wat bij benadering juist is), dat a voor alle lampen gelijk is, dan kunnen wij op grond van deze betrekking een $W_{l\alpha}-V_{l\alpha}$ kromme construeeren, die geheel onafhankelijk is van het type lamp, dat met de smoorspoel in serie brandt. Deze kromme is dus kenmerkend voor het apparaat en willen we daarom *s m o o r s p o e l k r o m m e* noemen. Het maximum van deze kromme ligt bij een waarde van de brandspanning, welke bij constante impedantie gelijk is aan:

$$V_{l\alpha} = \frac{V_n}{\sqrt{2}} = \text{ca. } 0,7 V_n.$$

In fig. 104 is het verloop van deze kromme schematisch weergegeven.

Nu is de impedantie bij een gekromde magnetiseeringskarakteristiek (§ 10) niet constant; de vorm van de $W_{l\alpha}-V_{l\alpha}$ kromme zal dus direct samenhangen met het verloop van de magnetiseeringskromme. Gemakkelijk is in te zien, dat bij een grootere inductie van de smoorspoel (dichter bij de verzadiging) de opgaande tak van de $W_{l\alpha}-V_{l\alpha}$ kromme steiler zal worden en dat het maximum naar links verschuift. Bij de verzadiging, die in de praktijk wordt toegepast, ligt het maximum gewoonlijk in de buurt van $V_{l\alpha} = 0,6 V_n$. Het zal ook zonder meer duidelijk zijn, dat de lijn op twee plaatsen door 0 gaat. Zoowel wanneer $V_{l\alpha} = 0$ als wanneer $V_{l\alpha} = V_n$ vinden wij nl. $W_{l\alpha} = 0$. Het laatste gedeelte van de kromme is gestippeld geteekend, omdat dit vaak niet realiseerbaar is in verband met het feit, dat vele gasontladingslampen bij een waarde van de brandspanning, die slechts weinig kleiner is dan de netspanning, niet kunnen blijven branden (§ 15).

De smoorspoel-

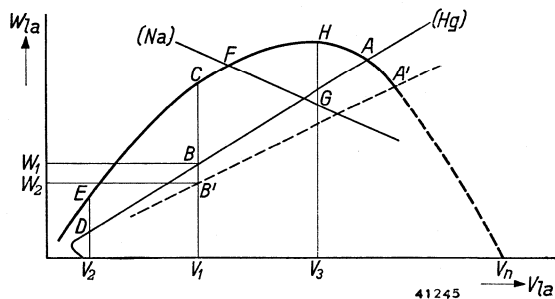


FIG. 104

De smoorspoelkromme, welke het verband aangeeft tusschen het door de smoorspoel aan de lamp toegevoerde vermogen $W_{l\alpha}$ en de brandspanning $V_{l\alpha}$; en de lampkrommen (A-B voor een kwiklamp en G-F voor een natriumlamp), welke de meetkundige plaats voorstellen van de punten, waarbij het aan de lamp toegevoerde vermogen gelijk is aan het afgevoerde vermogen. De snijpunten A, resp. F, van de beide krommen geven den evenwichtstoestand van de lamp aan.

kromme stelt dus de meetkundige plaats van de vermogens voor, die bij verschillende brandspanningen aan de lamp worden toegevoerd. Het hangt nu echter geheel af van de omstandigheden waarin de lamp zich bevindt, of dit toegevoerde vermogen te groot, te klein of juist voldoende is om temperatuurevenwicht te scheppen. Zoo zal de brandspanning van een kwiklamp met overmaat kwik (waarbij dus de brandspanning onmiddellijk met de temperatuur varieert) toenemen, indien het toegevoerde vermogen groter is dan het afgevoerde vermogen en de brandspanning zal dalen, indien minder watts worden toegevoerd dan afgevoerd. Slechts als het toegevoerde vermogen juist voldoende is voor het temperatuurevenwicht, zal de brandspanning constant blijven. In ieder geval blijft het werkpunt van de lamp echter op de smoorspoelkromme.

Wij kunnen nu ook alle punten in het $W_{l\alpha}-V_{l\alpha}$ diagram, die evenwichtstoestanden van de lamp aangeven, door een lijn verbinden en krijgen op deze wijze de lampkromme, die over een groot gebied practisch door een rechte lijn (A—B) kan worden voorgesteld (fig. 104). Deze lijn is dus de verzameling van alle punten, waarbij het aan de lamp toegevoerde vermogen gelijk is aan het door de lamp (in den vorm van straling en convection) afgegeven vermogen. Het snijpunt van de karakteristieke lijnen van lamp en smoorspoel (punt A) geeft dus den evenwichtstoestand aan.

Deze lamplijn heeft een bepaalde helling die, zooals uit het bovenstaande duidelijk zal zijn, afhankelijk is van de afkoelingsomstandigheden. Zoo zal de kwiklamp, om een druk overeenkomend met de brandspanning V_1 in stand te houden, onder normale omstandigheden een toegevoerd vermogen W_1 noodig hebben. Worden de afkoelingsomstandigheden echter gewijzigd, bijv. door de lamp uitwendig te verwarmen, dan is voor het in stand houden van een dampdruk, die met de brandspanning V_1 correspondeert, minder energietoevoer noodig en kan bijv. met het vermogen W_2 worden volstaan. Onder deze omstandigheden wordt de evenwichtstoestand van A naar A_1 verschoven.

Uit fig. 104 zien we, dat, bij iedere waarde van de brandspanning, door de smoorspoel een vermogen aan de lamp wordt toegevoerd, dat links van het snijpunt van lampkromme en smoorspoelkromme groter is dan de energie, welke bij die brandspanning noodig is voor het temperatuurevenwicht, d.w.z. de lamp zal opgewarmd worden en wel sneller naarmate het overschotvermogen (B—C) groter is. In het snijpunt is het door de smoorspoel

aan de lamp toegevoerde vermogen juist gelijk aan het door de lamp afgegeven vermogen, terwijl punten van de lampkromme, welke rechts van het snijpunt liggen, niet voorkomen.

Wij kunnen ons nu indenken, dat het geval zich voordoet, dat de lamplijn de smoorspoelkromme meer dan één maal snijdt en wel in het „normale“ stabilisatiepunt A, maar bovendien nog in de punten B en B', zooals in fig. 105 is aangegeven. De bedrijfs-

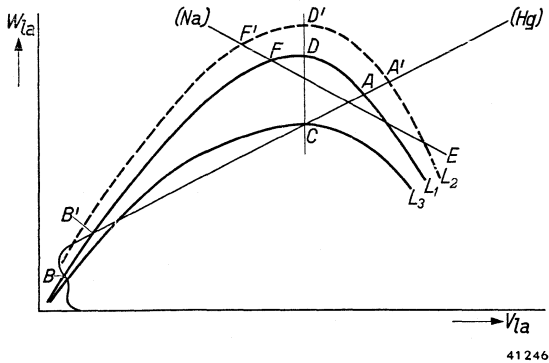


FIG. 105

Invloed van veranderingen in de ligging der lamp- en smoorspoelkrommen op den evenwichtstoestand van de lamp.

toestand, die door punt A wordt voorgesteld, behoeft, als gevolg van het opwarmproces, in dit geval niet bereikt te worden. Ligt nl. de brandspanning van de kwiklamp na het ontsteken lager dan de met B overeenkomende waarde, dan zal het energie-overschot de lamp opwarmen, tot zij in B een stabielen evenwichtstoestand bereikt. De lamp blijft hier nu verder als lagedruk

ontlading branden, tenzij men den dampdruk op de een of andere wijze, bijv. door verhitting van buiten af, zoodanig verhoogt, dat de brandspanning het punt B' passeert, waardoor de lamp „over de brug“ geholpen wordt. Het opwarmen gaat in dat geval onder invloed van het beschikbare energie-overschot automatisch door, tot de toestand, overeenkomende met punt A, is bereikt. Punt B' stelt een labielen toestand voor. Een kleine verlaging van den dampdruk maakt, dat de lamp afkoelt tot zij een met B overeenkomenden toestand heeft bereikt, terwijl een kleine temperatuuroename, zooals gezegd, de lamp in den stabielen toestand A brengt.

In het veronderstelde geval zouden de lampen in de practijk dus niet aanloopen; wij moeten er daarom voor zorgen, dat iets dergelijks zich niet kan voordoen. Wij kunnen de oplossing hiervoor zoowel in de lamp als in de smoorspoel zoeken. Kiezen wij bijv. de afkoelomstandigheden van de lamp ongunstiger, dan draait de lamplijn zoodanig, dat geen snijpunten B en B' ontstaan. Geven wij de smoorspoel een grootere inductie, dan wordt de op-

gaande tak van de smoorspoelkromme steiler en wordt hetzelfde effect bereikt. Wij nemen voor onze verdere beschouwingen echter aan, dat de ligging der beide karakteristieke lijnen zoodanig is, dat de lamp na het inschakelen het bedoelde evenwichtspunt **A** zonder verdere maatregelen bereikt.

Wij willen aan de hand van fig. 104 nagaan, hoe het opwarmen van een kwiklamp met den tijd verlopen zal. Stel, dat de brandspanning met de waarde V_2 begint. De overschotwaarde van de energie bedraagt in dit geval D—E. Hierdoor wordt de lamp opgewarmd en de brandspanning neemt toe. Uit de figuur is te zien, dat dit energie-overschot bij hooger wordende brandspanning eerst toeneemt (B-C > D-E) om daarna weer af te nemen. Hierdoor nu wordt het verloop van de brandspanning gedurende de opwarmperiode van de vroeger besproken HO en HP lampen verklaard (vergelijk fig. 58). De brandspanning stijgt in het begin langzaam (klein energie-overschot), vervolgens sneller (toenevend energie-overschot) om dan asymptotisch een constante waarde te naderen (punt **A**).

Bij natriumlampen loopt de lampkromme juist tegengesteld (F—G in fig. 104): voor een kleinere brandspanning is een grooter toegevoerd vermogen noodig, terwijl de brandspanning terstond na het ontsteken hoog is. Ook hier geldt echter voor het opwarmen dezelfde redeneering. Het energie-overschot (H—G) doorloopt ook hier een maximum, hetgeen het verloop van de brandspanning in de opwarmperiode verklaart (vergelijk hiervoor fig. 27).

Wij hebben bij onze beschouwingen tot nog toe steeds verondersteld, dat de smoorspoelinstelling (zie § 16) en de netspanning onveranderd bleven. Variatie van de smoorspoelinstelling heeft natuurlijk een verandering van de smoorspoelkromme ten gevolge. In fig. 104 stelt L_2 de karakteristieke lijn van een smoorspoel voor, waarvan de instelling hooger (de impedantie kleiner) is dan van L_1 . Verhooging van de netspanning heeft bijna hetzelfde effect; ook hierdoor neemt het aan de lamp toegevoerde vermogen bij een bepaalde brandspanning toe. Het verloop wordt echter iets anders, daar het eindpunt van de kromme niet meer hetzelfde blijft. De kromme L_2 gaat bij $V_{1\alpha} = V_n$ door nul, terwijl de kromme L_1 dit blijft doen bij verandering van de instelling, maar bij verandering van de netspanning tot $V_n + \Delta V_n$ op dit gewijzigde punt de $V_{1\alpha}$ -as zal snijden. Bij niet te groote variaties maakt dit echter zoo weinig verschil op het verloop, dat we bij benadering wel mogen zeggen, dat variatie van de smoorspoelinstelling bij con-

stante netspanning denzelfden invloed op de brandspanning zal hebben als een netspanningsverandering bij constante smoorpoelinstelling, die dezelfde stroomverandering ten gevolge heeft.

Wij lezen nu uit fig. 105 af, welke de gevolgen van netspanningsvariaties op natrium- en kwiklampen zullen zijn.

Wij zien, dat verhooging van de netspanning bij een natriumlamp een afname van de brandspanning en een toename van het door de lamp opgenomen vermogen ten gevolge heeft, waarvan de grootte zoowel door de lampkromme als door de smoorpoelkromme wordt bepaald. Hierbij komt dus wel zeer duidelijk tot uiting het innige verband tusschen lamp en voorschakelapparaat, waarop wij reeds herhaaldelijk wezen.

Bij een kwiklamp met een overmaat aan kwik heeft netspanningsverhoging juist het omgekeerde gevolg, maar het vermogen neemt, evenals bij de natriumlampen, toe. Bij kwiklampen, waarvan de kwikhoeveelheid gedoseerd is, blijkt uit het feit dat de lampkromme bij een bepaalde waarde van de brandspanning een knik vertoont (bijv. bij punt C in fig. 105), dat al het kwik verdampst is. In het evenwichtspunt D wordt nu een grooter vermogen aan de lamp toegevoerd dan voor het in stand houden van de bij dit punt behorende brandspanning minimaal nodig zou zijn. Verlaging van de netspanning heeft dan ook pas verlaging van de brandspanning ten gevolge, als de smoorpoelkromme hierdoor lager dan L_3 komt te liggen, d.w.z. eerst dan wanneer kwik zal gaan condenseeren.

Uit de bovenstaande beschouwing, die van meer algemeene beteekenis is, kunnen we nu ook richtlijnen voor de keuze van de brandspanning der SP lampen afleiden. Uit de beschouwing over het opwarmen volgt, dat de opwarmperiode korter zal zijn, naarmate de brandspanning in verhouding tot de netspanning hooger wordt gekozen. Voor een zeer snelle opwarming kiezen wij daarom de brandspanning der SP lampen in verhouding tot de openspanning van den lektransformator zoo hoog als voor bedrijfszeker branden nog mogelijk is. Wij kunnen de verhouding van brandspanning tot openspanning bij deze lampen tot ongeveer 0,9 verhoogen, zonder dat de ontlading uitgaat. Bij een zoo hooge relatieve waarde zou men echter in het geheel geen reserve meer hebben voor langzame of plotselinge netspanningsdalingen, terwijl de stabiliteit eveneens gevaar zou loopen, indien de brandspanning tijdens den levensduur toeneemt, zooals in de praktijk altijd het geval is. De verhouding is daarom lager gekozen: voor nieuwe lampen is zij op ongeveer 0,7 vastgelegd.

Met de keuze van een zoo hooge brandspanning moeten wij echter twee nadeelen op den koop toe nemen. In de eerste plaats wordt hierdoor de kans op dooven der ontlading bij plotselinge daling van de voedende spanning, vooral bij voortschrijdenden levensduur, grooter; in de tweede plaats zal het door de lamp opgenomen vermogen, ten gevolge van het toenemen van de brandspanning gedurende den levensduur, dalen, hetgeen weer een daling van den lichtstroom met zich brengt.

Het feit echter, dat door het snelle aanloopen — dat bij de SP lampen hoogstens enkele seconden duurt — spoedig die condities (hooge druk) worden geschapen, die verdamping der electroden tegengaan, gevoegd bij het zeer groote belang dat de verbruiker bij een snel opwarmen der lampen heeft, is van doorslaggevende betekenis geweest voor de keuze van de verhouding van de brandspanning tot de openspanning van den benodigden transformator.

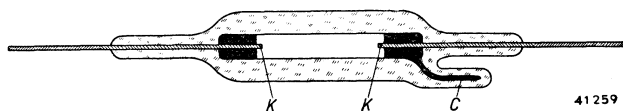


FIG. 106

Schematische constructie van het ontladingsbuisje van een watergekoelde superhoogedruk kwiklamp. De electroden K steken voor een klein gedeelte boven het kwik uit. Door den capillair C in te korten, kan men het uitstekende gedeelte verkleinen en daarmee de brandspanning verhoogen.

Daar de SP lampen meestal kwik in overmaat bevatten, wordt de brandspanning bij een gegeven voorschakelapparaat dus uitsluitend bepaald door de helling van de lamplijn, die zonder knik verloopt.

Onder constante uitwendige koelomstandigheden kan deze gewijzigd worden door de kwikhoeveelheid om de electroden te varieeren. De electroden steken nl., zooals fig. 106 laat zien, voor een klein gedeelte boven het oppervlak van het kwik, dat de beide lampuiteinden vult, uit. Verandert men nu de kwikhoeveelheid in de lamp zoodanig, dat de electroden minder ver boven het kwik uitsteken, dan openbaart zich dit in een vermindering van de helling van de lamplijn, waardoor de brandspanning toeneemt.

Wij besluiten deze beschouwingen met er op te wijzen, dat er geen eenduidig verband meer tusschen $W_{1\alpha}$ en $V_{1\alpha}$ blijkt te bestaan zoodra een donkerperiode ontstaat. In dat geval treedt als derde variabele de herontsteekspanning op. De $W_{1\alpha} - V_{1\alpha}$ kromme, zooals wij deze besproken hebben, is dus een doorsnede,

behoorende bij een bepaalde herontsteekspanning, door een ruimtefiguur en heeft slechts in het geval, dat geen donkerperiode aanwezig is, een constante gedaante. Wij gaan hierop echter niet verder in.

§ 74. ONTSTEEKSPANNING, VOORSCHAKELAPPARAAT.

In verband met de hoge brandspanning, moet men de netspanning tot een zoo hoge waarde optransformeeren, dat het gebruik van s p a r lektransformatoren niet meer kan worden toegestaan. De wisselstroomlampen worden dan ook alle met lektransformatoren, waarbij de primaire en de secundaire wikkeling van elkaar gescheiden zijn, gebrand.

In nog sterkere mate dan bij de HP lampen is de ontsteekspanning der SP lampen, dank zij den zeer kleinen diameter, hoog, ondanks het feit, dat de electrodenafstand klein is. Het ontsteken is echter, mede ten gevolge van de ook bij deze lampen aanwe-

zige edelgasvulling, bij de openspanning, die toch reeds noodzakelijk is met het oog op de hoge brandspanning, zonder meer gewaarborgd.

Een foto van den voor de lamp SP 2000 W gebruikelijken transformator is in fig. 107 weergegeven.

Voor het type SP 1000 W 80/2 is gelijkstroomvoeding voorgeschreven, daar deze lamp een zoodanig hoge specifieke belasting heeft, dat zij in wisselstroomuitvoering een te korten levensduur zou hebben. Het voedingsapparaat bestaat hier uit een transformator en een gelijkrichter. De ge-

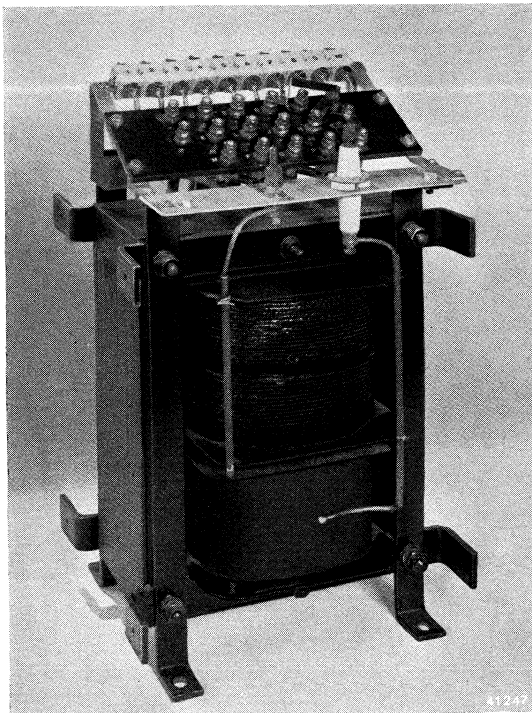


FIG. 107

De transformator voor de superhoogedruk kwiklamp SP 2000 W 40/1,4.

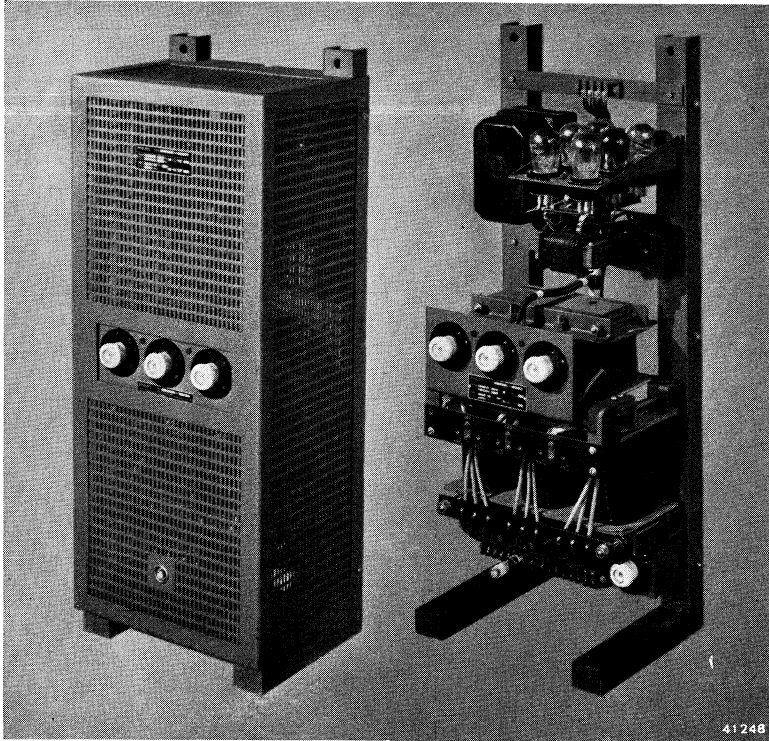


FIG. 108

Het voorschakelapparaat voor de gelijkstroomlamp SP 1000 W 80/2.

lijkspanning moet bij dit type, met het oog op het ontsteken, een hogere effectieve waarde hebben dan de wisselspanning, die nodig is voor de wisselstroomlamp met ongeveer gelijke brandspanning (SP 500 W 40/1,4). De secundaire spanning van den gelijkrichter is dan ook 900 V, terwijl de openspanning van den transformator voor de lamp SP 500 W 40/1,4 slechts 625 V bedraagt. Een foto van het voorschakelapparaat voor de SP 1000 W is in fig. 108 gegeven.

§ 75. DE OPWARMPERIODE.

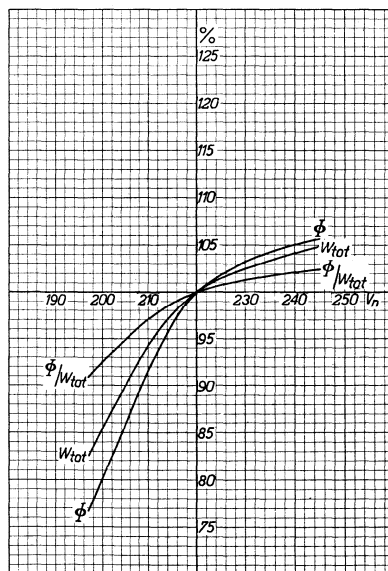
Bij de SP wisselstroomlampen is het verloop van brandspanning, lampstroom en lichtstroom tijdens het opwarmen principieel geheel gelijk aan dat bij de HP lampen (§ 46). Alles speelt zich echter in veel korteren tijd af, zoodat de stabiele toestand reeds na eenige seconden is ingetreden. Practisch kan men dus zeggen, dat de aanlooptijd der SP lampen nul is. De aanloopstroom is, evenals bij de HO en HP lampen, practisch gelijk aan

den kortsluitstroom van den gebruikten transformator en ca. 80 % hooger dan de bedrijfsstroom.

Voor de SP 1000 W gelijkstroomlamp gebruikt men een zes fasen gelijkrichter als voorschakelapparaat. Deze krijgt de voor het ontsteken benodigde hooge spanning door middel van een 380/900 V lektransformator. Voor het ontsteken is hierdoor 900 V gelijkspanning beschikbaar, terwijl de spanning aan de lampklemmen, ten gevolge van de terugvalkarakteristiek van den transformator, automatisch op ca. 500 V daalt als de lamp ontstoken is.

Door het plotselinge in- en uitschakelen van de lamp SP 1000 W 80/2 bestaat de kans, dat de symmetrische verdeling van het kwik, die voor de koeling der electroden belangrijk is, verstoord wordt. Men voorkomt dit grotendeels door de lamp aan te laten loopen over een weerstand, die dan, zoodra de lamp brandt, d.w.z. vrijwel onmiddellijk, kortgesloten kan worden. Om dezelfde reden wordt de stroom vóór het uitschakelen verkleind door de weerstandswaarde te vergrooten. In het geval dat de kwikverdeling desondanks verstoord wordt, moet men deze, alvorens de lamp opnieuw te ontsteken, herstellen, hetgeen b.v. met een eenvoudige centrifuge kan geschieden.

De stroom van de gelijkstroomlamp verandert, evenals de boogspanning, in den tijd, welke tusschen het ontsteken en het normale branden verloopt, door dezen maatregel natuurlijk anders dan die van de wisselstroomlampen. De verandering is o.a. afhankelijk van de snelheid waarmee de voorschakelweerstand wordt verkleind.



41249

FIG. 109

§ 76. INVLOED VAN NETSPANNINGSVARIATIES.

Door het feit, dat de ontleding bij de SP lampen in onverzadigden kwikdamp plaats heeft, is

Invloed van netspanningsvariaties op den lichtstroom Φ , het bruto vermogen W_{tot} en het bruto lichtrendement Φ/W_{tot} van de superhoogedruk kwiklamp SP 500 W 40/1,4, welke via een normaal voorschakelapparaat aan een 220 V net is aangesloten.

de invloed van netspanningsvariaties op de brandspanning groter dan bij de HO en HP lampen.

De optredende verandering van de brandspanning heeft echter een tegengestelde verandering in de spanning aan de voorgeschakelde zelfinductie, en daarmee in den lampstroom, ten gevolge, zoodat de variatie van het lampvermogen binnen redelijke grenzen blijft. In fig. 109 is op de gebruikelijke wijze de verandering van de karakteristieke grootheden als functie van de netspanning voor een wisselstroomtype weergegeven.

§ 77. HELDERHEID.

De maximale helderheid der SP lampen bereikt, zooals reeds uit de in § 69 gegeven tabel blijkt, zeer hoge waarden. Bij laboratoriumproeven met watergekoelde superhoogedruk kwiklampen is het zelfs gelukt, door de specifieke belasting verder op te voeren, nog belangrijk hogere helderheden te verkrijgen. Zoo slaagden bijv. Elenbaas en Bolter in 1936 in een proeflamp met een helderheid van 180 000 stilb te vervaardigen.

Om een indruk te krijgen van de beteekenis van de bij SP

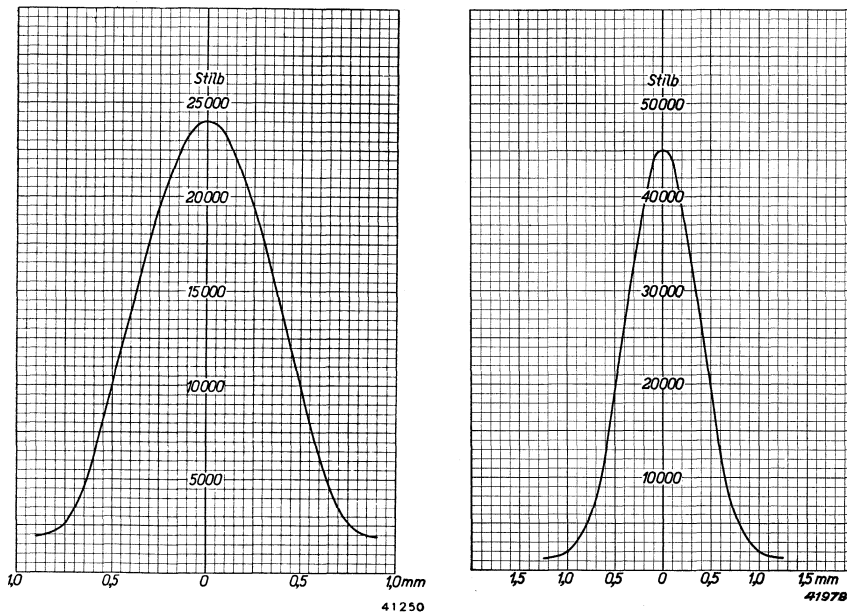


FIG. 110

Helderheidsverdeling in een dwarsdoorsnede van de lampen
 a) SP 1000 W 40/1,4 en b) SP 1000 W 80/2.

lampen verkregen hooge helderheid, vermelden wij in bijgaande tabel de helderheid van een aantal lichtbronnen.

Aard van de lichtbron	Helderheid (sb)
Experimenteele SP lamp	180 000
Zon (verzwakt door de absorptie in de atmosfeer)	165 000
Beck booglamp	50 000—110 000
Hoogintensiteitsboog	40 000—60 000
SP 1000 W 80/2	45 000
SP 500 W, 1000 W, 2000 W 40/1,4	25 000
Gemetalliseerde koolboog	17 000
Gewone koolboog (krater)	9 000
Bioscooplamp (gloeilamp) 15 V, 50 A	3 000
Wolframbooglamp	2 000
Gloeilamp 220 V, 2000 W	1 000
Zon aan den horizon	600
HP 300, HP 500 (ontladingsbuis)	600
Gloeilamp 220 V, gasgevuld	470
HO 1000, HO 2000	250
Gloeilamp 220 V, 40 W, vacuumsdraad	300
Kooldraadlamp 220 V, 16 k	60
HP 300, HP 500 (inwendig gematteerd)	40
ML 300, ML 500 (inwendig gematteerd)	25
SO lampen	10
HPL 300, HPL 500	7
TL 100	0,3

De helderheid is bij de kwiklampen van hoogen druk niet gelijkmatig over het lichtgevend oppervlak verdeeld. In een dwarsdoorsnede neemt de helderheid van de as naar de wanden van de ontladingsbuis toe af. In fig. 110a is het verloop van de helderheid voor een SP 1000 W 40/1,4 lamp weergegeven, terwijl dit in fig. 110b voor de SP 1000 W 80/2 is gedaan. De breedte van den lichtband wordt wel gekarakteriseerd door de z.g. halfwaardebreedte. Hieronder verstaat men de breedte van de ontleding tusschen die plaatsen, waar de helderheid tot op 50 % van de maximumwaarde gedaald is. Deze halfwaardebreedte bedraagt zoowel voor de wisselstroomtypen als voor het gelijkstroomtype ca. 1,1 mm.

§ 78. UITVOERINGSVORMEN, LICHTSTERKTEVERDEELING.

Afhankelijk van hun toepassingsgebied, worden de watergekoelde superhoogedruk kwiklampen in twee principieel verschillende uitvoeringsvormen gefabriceerd, nl. in die met alzijdige straling en in die waarbij de stralen gericht worden.

De alzijdig stralende SP lampen kunnen naar hun constructie weer in twee groepen worden onderverdeeld. De eene groep omvat de lampen met enkele doorstromingskoeling, terwijl de andere groep door lampen met dubbele doorstromingskoeling wordt gevormd. Bij de alzijdig stralende SP lamp met enkele doorstromingskoeling is het ontladingsbuisje in de as van een cilindervormig glazen omhulsel gemonteerd. Het koelwater stroomt in één richting langs het ontladingsbuisje. In fig. 111 is de grondvorm van deze constructie voor een SP 2000 W 40/1,4 lamp aangegeven. De grondvorm kan naar behoefte tot een bepaalden uitvoeringsvorm worden uitgewerkt. Hiervan geven wij in fig. 112a een voorbeeld ter illustratie. In fig. 112b is de lichtsterkteverdeling van de lamp weergegeven.

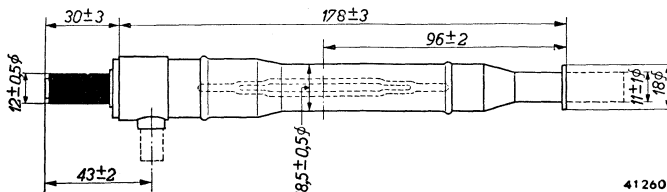


FIG. 111

Grondvorm van de alzijdig stralende lamp SP 2000 W 40/1,4 met enkele doorstromingskoeling.

Bij de alzijdig stralende SP lampen met dubbele doorstromingskoeling is het ontladingsbuisje in de gemeenschappelijke as van twee cilindervormige glazen omhulsels gemonteerd. Het koelwater doorloopt eerst den binnensten cylinder en koelt daarbij het ontladingsbuisje, waarna het door de ruimte tusschen de beide cylinders uitstroomt. Met deze constructie is dus bereikt, dat de toe- en de afvoer van het koelwater zich aan dezelfde zijde van de lamp bevinden, hetgeen in vele gevallen den inbouw in armaturen vergemakkelijkt. In fig. 113a is een uitvoeringsvorm van dit principe voor de SP 500 W 40/1,4 lamp weergegeven. De lichtsterkteverdeling van deze lamp is in fig. 113b gegeven.

Voor het gebruik in optische systemen worden de lampen meestal van een centreerhuls voorzien, waardoor de juiste stand ten opzichte van de gebruikte systemen is gewaarborgd.

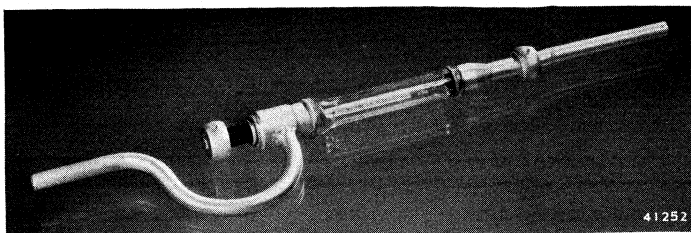


FIG. 112a

Voorbeeld van een uitvoeringsvorm van de lamp SP 2000 W 40/1,4, gebaseerd op den in fig. 111 gegeven grondvorm.

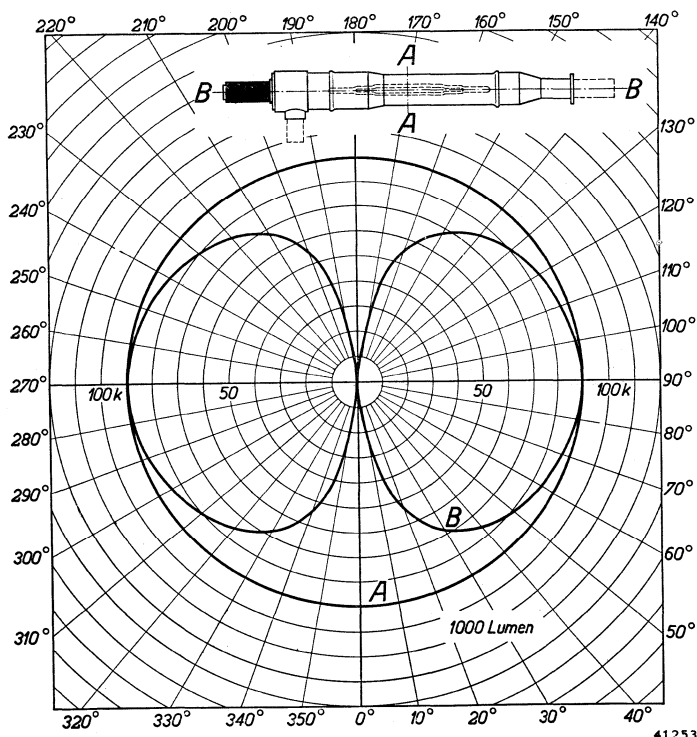


FIG. 112b

Lichtsterkteverdeling van de in fig. 112a afgebeelde lamp SP 2000 W 40/1,4.

De SP lampen met gerichte straling worden gebruikt in een metalen lamphouder, die tevens als koelmantel dienst doet. De lamphouder is van een stralingsvenster voorzien. Het ontladingsbuisje is in een specialen reflector gemonteerd. Fig. 114 toont een SP 1000 W 80/2 gemonteerd in den reflector, terwijl in fig. 115 de bijbehorende lamphouder is afgebeeld. Ten gevolge van den

bijzonderen vorm van den reflector (fig. 116) wordt de lichtlijn tot een lichtvlakje verbreed, hetgeen bijv. bij cinemaprojectie, waar het filmvenster met licht gevuld moet zijn, een voordeel is. De lichtsterkteverdeling van dezen uitvoeringsvorm is in fig. 117 gegeven.

§ 79. WATERKOELING.

Op zichzelf kan de koeling der SP lampen door eenvoudige aansluiting op de waterleiding worden verkregen. Afgezien van de hoge kosten, die deze methode door het groote waterverbruik met zich brengt, heeft het gebruik van leidingwater nog het bezwaar, dat het water in het algemeen voor dit doel niet voldoende chemisch zuiver is. Ten gevolge hiervan vormt zich na verloop van een aantal branduren een neerslag op het ontlaadingsbuisje, hetgeen een ongewenschten en onnoodigen lichtterugval tot gevolg heeft. Hierdoor wordt bovendien de warmteafgifte aan het koelwater verminderd, zoodat het ontlaadingsbuisje onder omstandigheden zoo heet kan worden, dat aan de binnenzijde snelle rekristallisatie van het kwartsglas kan optreden, waarbij het glasachtige kwarts in kristaliet overgaat, hetgeen zich als mat worden openbaart; door de abnormale temperatuur-

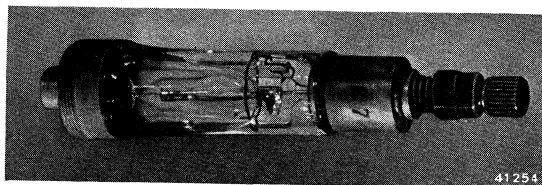


FIG. 113a

Voorbeeld van een uitvoeringsvorm van de alzijdig stralende lamp SP 500 W 40/1,4 met dubbele doorstromingskoeling.

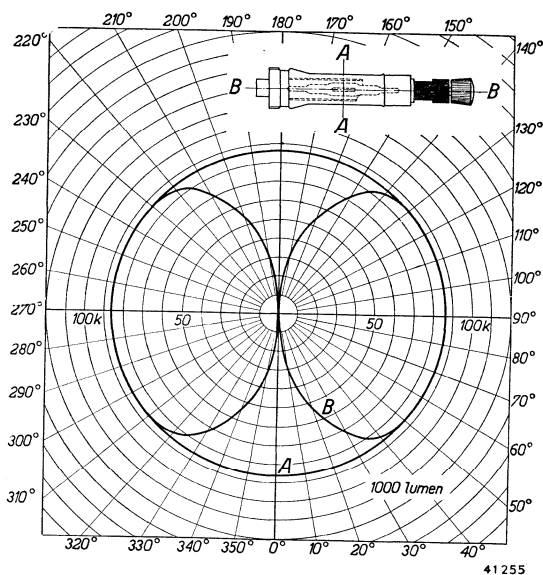


FIG. 113b

Lichtsterkteverdeling van de in fig. 113a afgebeelde lamp SP 500 W 40/1,4.

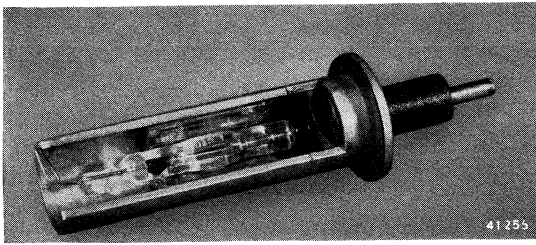


FIG. 114

De gelijkstroomlamp SP 1000 W 80/2, gemonteerd in reflector.

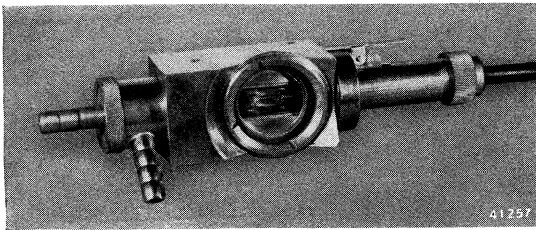


FIG. 115

Lamphouder voor de lamp SP 1000 W 80/2.

foto van een uitvoeringsvorm hiervan. Het koelaggregaat bestaat uit een electromotor met aangebouwde pomp en ventilator, en uit een radiator, die tevens als expansievat dienst doet. In het voetstuk van het aggregaat bevindt zich een drukautomaat, welke het bedrijf van de lamp slechts dan mogelijk maakt, wanneer de druk van het koelwater voldoende is. Een ingebouwd filter houdt kwik- en kwartsdeeltjes, die eventueel bij lampbreuk in het koelcircuit geraken, tegen.

Voor de koeling wordt in normale gevallen gedestilleerd water, eventueel onder toevoeging van 1 ‰ natriumphosfaat, gebruikt. Indien het koelaggregaat bij temperaturen onder het vriespunt gebruikt moet worden, kan men een speciaal antivriesmiddel gebruiken.

verhooging kan de lamp zelfs springen. Nu bestaat weliswaar de mogelijkheid de lamp te reinigen (bijv. door afspoeling in een vloeistof van geschikte samenstelling), maar het zal zonder meer duidelijk zijn, dat normaal continu bedrijf een oplossing eischt, waarbij uitgegaan wordt van chemisch zuiver water, dat ook tijdens den branduur van de lamp zuiver blijft.

Ten einde dit doel te bereiken, is voor de SP lampen een speciaal koelaggregaat ontworpen. Fig. 118 toont een

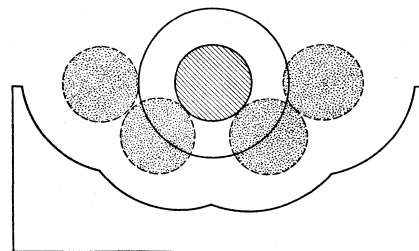


FIG. 116

Reflector voor de lamp SP 1000 W 80/2. In de dwarsdoorsnede van de lichtbron ontstaan naast het ontladingsbuisje vier beelden van de lichtende zuil, waardoor het filmvenster met licht wordt gevuld.

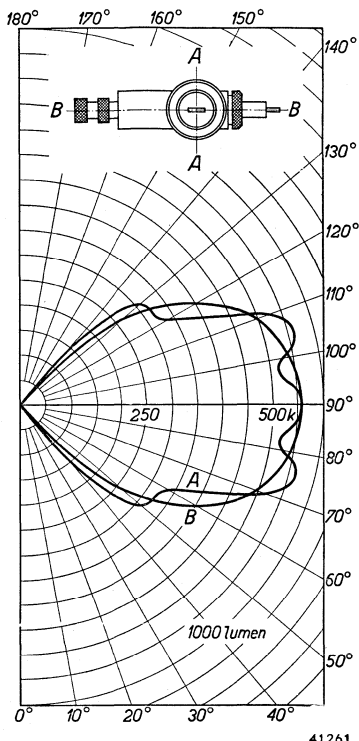


FIG. 117

Lichtsterkteverdeling van de lamp SP 1000 W 80/2 voor cinemaprojectie.

Het in fig. 118 afgebeelde koel-aggregaat is geschikt voor de koeling van één lamp SP 2000 W, één tot twee lampen SP 1000 W of één tot drie lampen SP 500 W. Indien meerdere lampen op een gemeenschappelijk aggregaat worden gebruikt, worden de lampen in parallelschakeling gekoeld.

§ 80. DE LEVENSDUUR.

Ondanks de zeer hoge specifieke belasting, die bij de SP lampen wordt toegepast, kan met een gemiddelden levensduur gerekend worden, die, hoewel veel korter dan van de HO en HP lampen, aanmerkelijk langer is dan die van hoogbelaste gloeilampen.

De beëindiging van den levensduur vindt in de meeste gevallen door het springen van het kwartsglas plaats. Ten gevolge van het zeer kleine volume van het ontladingsbuisje

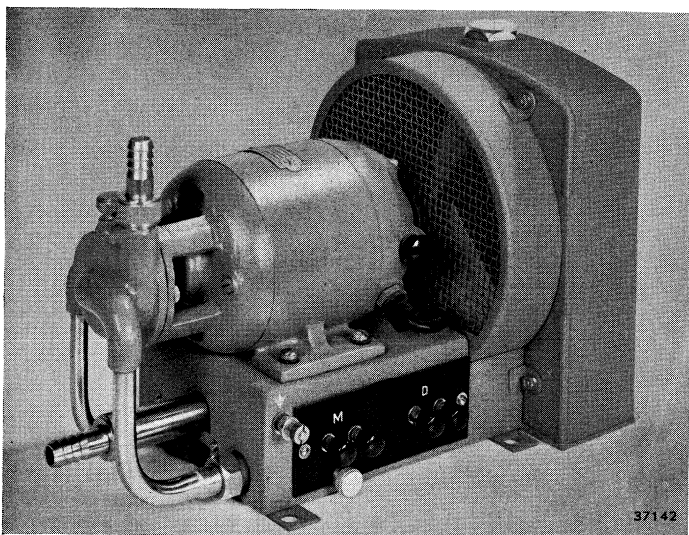


FIG. 118

Koelaggregaat voor de watergekoelde superhoogedruk kwiklampen.

en het feit, dat de lamp in water brandt, worden de kwartsdeelen, die als gevolg van dezen sprong ontstaan, slechts over zeer korten afstand weggedrukt, zoodat van een explosie, ondanks den zeer hoogen druk, die bij de besproken typen ca. 80 at bedraagt, geen sprake is.

De levensduur is, evenals dit in meerdere of mindere mate bij alle gasontladinglampen het geval is, vrij sterk van de schakelfrequentie afhankelijk. Indien de lampen telkens na een kwartier branden uitgeschakeld worden (wat voor vele toepassingen met normaal gebruik overeenkomt), kan gerekend worden met een levensduur van ca. 100 uur voor de SP 1000 W 80/2 en van ca. 150 uur voor de drie wisselstroomtypen.

§ 81. TOEPASSINGEN.

Filmprojectie.

Het gelijkstroomtype SP 1000 W 80/2 wordt hoofdzakelijk gebruikt voor filmprojectie, ter vervanging van den tot voor kort vrijwel uitsluitend gebezigden koolboog, aan het gebruik waarvan echter, zooals wij zagen (§ 66), verscheidene bezwaren kleven. Vervanging van den koolboog door hoog belaste gloeilampen van groot vermogen komt slechts voor kleine bioscooptheaters in aanmerking, daar deze gloeilampen voor groote bioscopen geen toereikende helderheid van het geprojecteerde beeld kunnen leveren. Met de SP 1000 W 80/2 is nu echter een lamp verkregen, die eenerzijds de

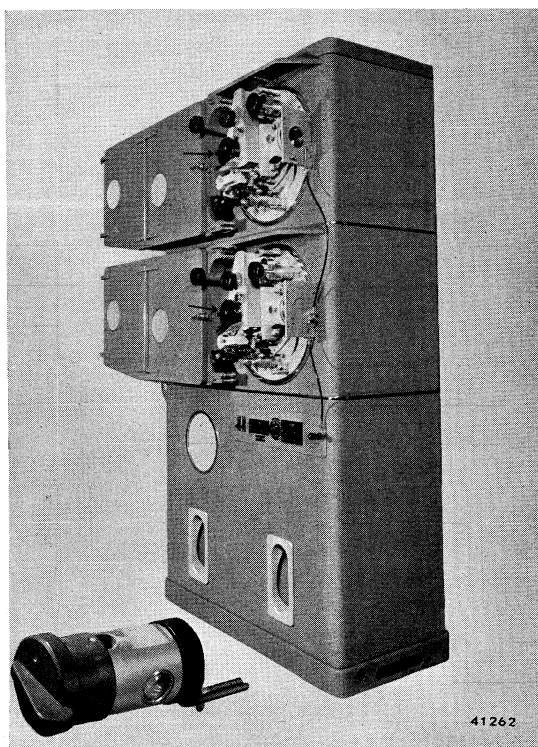


FIG. 119

Dubbel filmprojectieapparaat type FP2. De installatie bestaat uit twee projectoren boven elkaar. In den inzet is een dubbele lamphouder vergroot afgebeeld.

bezwaren van den koolboog mist en anderzijds de helderheid van den koolboog en zelfs die van den hoogintensiteitsboog bereikt.

Om ten volle van de voordeelen, die de SP lamp biedt, gebruik te kunnen maken, is een geheel nieuwe filmweergaveinstallatie ontworpen; deze is in fig. 119 afgebeeld. De lichtstroom die het projectiedoek bereikt, komt practisch overeen met dien van een koolboog van 45 A (bruto vermogen 3 kW) en bedraagt, bij draaienden vlinder en zonder film, gemiddeld ca. 250 Dlm.

Het zichtbare spectrum van de SP 1000 W 80/2 lampen is door het optreden van een sterk continuum reeds veel witter dan dat van de HO en HP lampen (zie ook § 71). Het in het rood uitgestraalde percentage van den lichtstroom is echter nog niet geheel voldoende om kleurenfilms tot hun recht te doen komen. Men kan de intensiteit in het rood nu echter verhoogen door twee middelen. In de eerste plaats wordt een verbetering verkregen door de sectoren van den vlinder, in plaats van ondoorzichtig, voor rood doorlatend te maken. In de tweede plaats kan men (zij het ook ten koste van den levensduur), door opvoering van de belasting per lengte-eenheid, de intensiteit in het rood verhoogen. De practijk heeft bewezen, dat toepassing van deze middelen een bevredigende weergave van kleurenfilms tot resultaat heeft.

In onderstaande tabel is in acht vakjes de relatieve lichtstroomverdeling in het zichtbare spectrum van een aantal lichtbronnen vergeleken.

Procentueele bijdragen van den lichtstroom, die in verschillende vakjes van het spectrum wordt uitgestraald.								
Lichtbron \ Vakje (Å)	4000-4200	4200-4400	4400-4600	4600-5100	5100-5600	5600-6100	6100-6600	6600-7200
	1	2	3	4	5	6	7	8
Gloeilamp	0,005	0,05	0,23	5,3	32,7	42,2	17,7	1,8
Koolboog	0,013	0,116	0,43	7,4	37,3	40,0	13,6	1,13
Zonlicht	0,015	0,18	0,64	9,2	39,3	38,2	11,6	0,90
Daglicht	0,025	0,26	0,91	11,1	40,8	36,2	10,0	0,70
Hoogintensiteitsboog .	0,050	0,27	0,97	10,2	43,7	33,2	10,6	0,94
Superhooggedruk kwiklamp voor filmprojectie (SP 1000 W 80/2)	0,042	0,53	0,87	4,6	52,6	37,6	3,4	0,25
Hooger belaste SP lamp met rooden vlinder en een geel filter	0,03	0,4	0,9	4,4	50	37	6,8	0,5

Hieruit blijkt, dat de intensiteit van de roode straling, die bij de SP 1000 W 80/2 slechts ca. een derde van die van het daglicht bedraagt, door de genoemde middelen vertweevoudigd is. Tevens blijkt uit de tabel, dat de stralingsintensiteit van de lamp SP 1000 W 80/2 in het blauw te hoog is, in vergelijking met het daglicht. Deze overmaat kan op eenvoudige wijze door toepassing van een geel filter worden verzwakt, zoodat een meer met het daglicht overeenkomend spectrum wordt verkregen, zoodals uit vergelijking van de in de tabel gegeven relatieve lichtstromen blijkt.

Fotografie.

De gelijkstroomlamp komt ook voor de opname van films in aanmerking. Door het feit, dat het lichtrendement dezer lampen ca. drie maal zoo groot is als dat van een gloeilamp, terwijl de actiniteit van kwiklicht bij gebruik van panchromatisch materiaal ca. twee maal zoo groot is als die van het licht van een gloeilamp, kan men met ca. 1/6 van het voor gloeilampen benodigde vermogen volstaan. Het licht van de kwiklamp bevat zeer veel groen, hetgeen het weergeven der kleuren in natuurlijke verhouding ten goede komt bij gebruik van panchromatisch materiaal, dat juist een kleine gevoeligheid in het groen heeft.

Als bijzonder voordeel van de SP lamp kan in dit verband haar geringe warmte-ontwikkeling worden genoemd. Van de totale straling der SP lamp valt weliswaar ca. 30 % in het infrarood; deze warmtestraling wordt echter door water in een laagdikte



FIG. 120

Schijnwerper voor de lamp SP 500 W 40/1,4
voor verplaatsbare opstelling.

zooals praktisch gebruikt wordt, van 1,47 μ af praktisch volledig geabsorbeerd, zoodat de warmte-ontwikkeling zeer gering is. In vergelijking met gloeilampenlicht kan men ca. 4 maal zooveel kwiklicht voor dezelfde temperatuurverhoging toelaten. Dit is bij de voor filmstudioverlichting benodigde hoge verlichtingssterkte voor de acteurs een belangrijk voordeel.

Voor een gede-

tailleerde behandeling van de fotografische toepassingen van deze en andere gasontladingslampen verwijzen wij naar het reeds eerder aangehaalde boek van Dr. J. A. M. van Liempt.

Televisie.

Speciaal bij televisie-opnamen, waar nog hogere helderheden vereischt worden, kunnen de lampen SP 1000 W 80/2 met succes worden toegepast. Bovendien worden deze lampen voor het aftasten van filmbeelden in een zendinstallatie met Nipkow'sche schijf toegepast. Voor de aftasting bieden de SP lam-

pen, door hun lijnvormige ontlasting en groote helderheid, voordelen die andere lichtbronnen missen. *)).

Schijnwerpers.

In het algemeen kunnen de SP lampen met vrucht worden gebruikt in schijnwerpers. Als voorbeeld van een uitvoeringsvorm geven wij in fig. 120 een foto van een schijnwerper voor de lamp SP 500 W 40/1,4 voor verplaatsbare opstelling, terwijl in fig. 121 een schijnwerper voor SP 2000 W 40/1,4 compleet met een benzineaggregaat op een aanhangwagen gemonteerd, is afgebeeld.

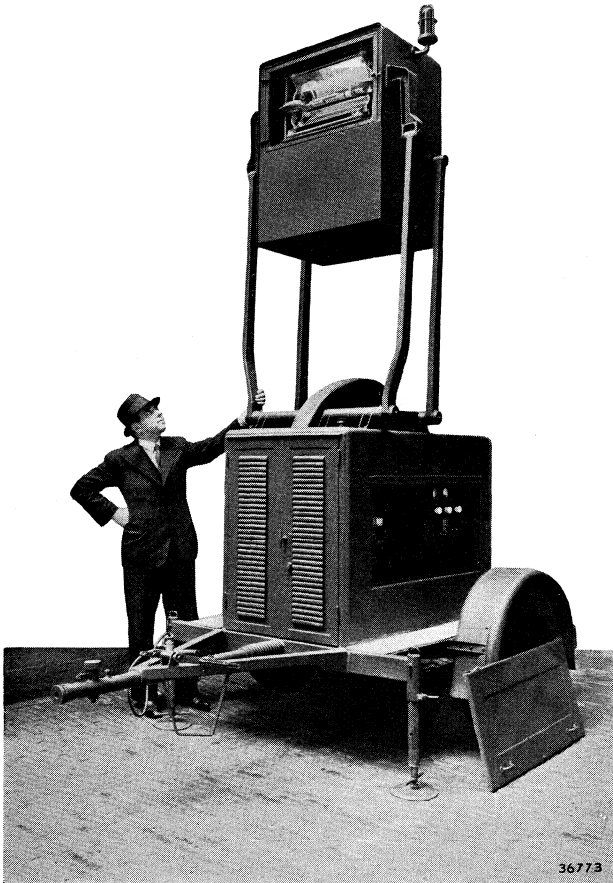


FIG. 121

Schijnwerper voor de lamp SP 2000 W 40/1,4, compleet met benzineaggregaat, op een aanhangwagen gemonteerd.

*) Zie H. Rinia en C. Dorsman. Philips techn. T. 2, 72, 1937.



FIG. 122

Vliegveldprojector voor drie lampen SP 2000 W 40/1,4. De hiermee bereikte lichtsterkte bedraagt ruim drie miljoen kaars.

Vliegveldverlichting.

Door de lijnvormige ontlasting en groote helderheid leenen de SP lampen zich bijzonder goed voor gebruik in optische systemen, die ten doel hebben een platten, waaiervormigen lichtbundel te produceeren. Hier toe kan men deze lampen bijv. toepassen in de brandlijn van een horizontaal opgestelden, cilindrisch-parabolischen spiegel. De op deze wijze verkregen

bundel, die een horizontalen openingshoek van bijna 180° heeft, leent zich bij uitstek voor de verlichting van vliegvelden. De groote spectrale intensiteit in het groen draagt in hooge mate bij tot een goede reflectie door het gras. In het bijzonder komen voor

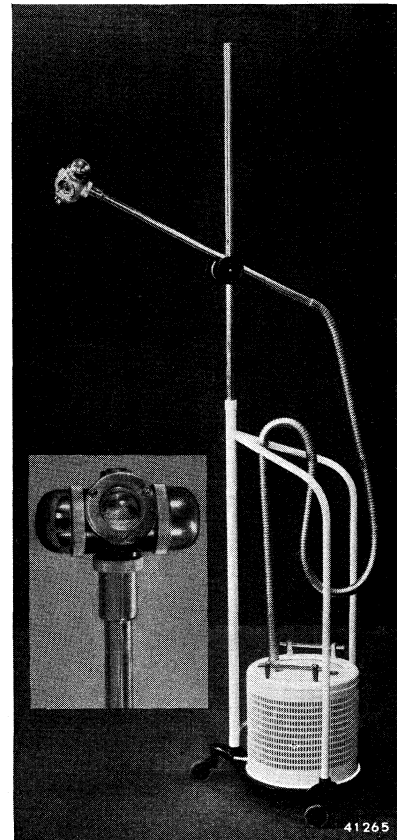


FIG. 123

Het „Intensol” apparaat voor de lamp SP 500 W 40/1,4. In den inzet is de lamphouder, welke van een kwartsvenster is voorzien, vergroot afgebeeld.

dit doel de beide grootste wisselstroomtypen SP 1000 en 2000 W 40/1,4 in aanmerking. In fig. 122 is een installatie voor vliegveldverlichting met drie lampen SP 2000 W 40/1,4 afgebeeld.

Een bijzonder voordeel van de SP lampen, in vergelijking met de HP 1000 W lampen (zie § 65), is het feit, dat de lampen praktisch geen opwarmtijd nodig hebben, zoodat ze vrijwel onmiddellijk na het inschakelen hun vollen lichtstroom geven.

Medische toepassing.

Waar men gebruik wenscht te maken van de ultraviolette straling, kunnen de lamphouders van den uitvoeringsvorm voor gerichte straling van een kwartsvenster worden voorzien. Dit is in het bijzonder van belang bij medische toepassingen. Voor zeer sterke ultraviolette bestraling kan de lamp SP 500 W 40/1,4, in een geschikten uitvoeringsvorm, worden gebruikt. Voor dergelijke toepassingen wordt deze lamp geleverd in het „Intensol” apparaat, waarvan in fig. 123 een afbeelding is gegeven.

Fig. 124 geeft een beeld van de spectrale energieverdeling van de „Intensol” lamp, zoowel in het onzichtbare als in het zichtbare gebied.

Verdere toepassingen.

De SP lampen kunnen verder nog voor allerlei doeleinden, waar de lijnvorm en/of de hoge helderheid van belang is, worden toegepast. Wij noemen bijv. vergrootingsapparaten, fotomechanische copieerprocédés, microfotografie, vervaardiging van filmpositieven, kustverlichting, enz.

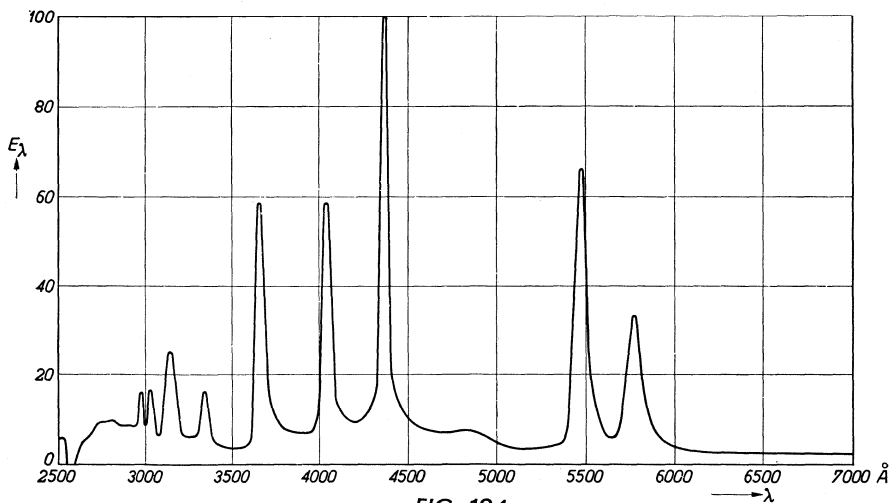


FIG. 124

Spectrale energieverdeling van de „Intensol” lamp in het onzichtbare en in het zichtbare gebied.

41652

HOOFDSTUK IV

BUISVORMIGE LAGEDRUK KWIKLAMPEN MET FLUORESCERENDEN WAND

§ 82. HET PRINCIPE DER FLUORESCENTIE BUISLAMPEN.

Zoals wij in de beide voorafgaande hoofdstukken hebben uiteengezet, staan ons zeer verschillende middelen ten dienste om het spectrum der kwiklampen te beïnvloeden. Wij zagen echter ook, dat geen der toegepaste middelen ons in staat stelde, de spectrale energieverdeeling geheel vrij te kiezen. Zoals wij in § 85 bij de bespreking van kleuren en kleurweergave zullen zien, is dit echter wel een ideaal, zoodat steeds naar middelen gezocht werd het spectrum min of meer willekeurig te kunnen samenstellen. De mogelijkheid hiertoe wordt nu gegeven door het gebruik van fluorescentiestoffen, die, zoals wij reeds vroeger bespraken, de eigenschap hebben, straling van een bepaalde golflengte in straling van langere golflengten te kunnen omzetten.

De voorwaarden, die een vrije spectrale samenstelling mogelijk maken, zijn de volgende:

- a) beschikking over een stralingsbron, die hoofdzakelijk ultraviolette straling levert,
- b) beschikking over fluorescentiestoffen, die in staat zijn de ultraviolette straling om te zetten in licht van verschillende golflengtegebieden, die tezamen het zichtbare spectrum kunnen opvullen.

Indien aan beide voorwaarden wordt voldaan, zijn wij in staat lampen van een willekeurige spectrale verdeeling te maken. In hoeverre wij aan de genoemde voorwaarden kunnen voldoen, zullen wij in de twee volgende paragrafen nagaan.

§ 83. DE KWIKLAMP ALS PRODUCENT VAN ULTRAVIOLETTE STRALING.

In meerdere of mindere mate produceeren alle ontladingen in kwikdamp ultraviolette straling. Voor het gestelde doel is het echter niet voldoende, dat deze straling aanwezig is; zij moet ook

met een hoog rendement worden geproduceerd en mag bovendien niet vergezeld gaan van een belangrijke hoeveelheid zichtbare straling, die het fluorescentielicht zou overdekken en de vrije samenstelling van de spectrale verdeling onmogelijk zou maken (dit is de reden, waarom de HPL lampen (§ 55) geen ideaal spectrum bezitten en ook niet kunnen bezitten).

Wij zagen reeds (§ 25), dat de resonantielijnen van de kwik-ontlading in het ultraviolet liggen; het ligt dus voor de hand, dat wij de afmetingen van de kwiklampen, die de ultraviolette straling zullen moeten leveren, volgens geheel gelijke principes als gelden voor de natriumlampen — waarbij de resonantiestraling het zichtbare licht levert — zullen kiezen; wij zullen dus in bedrijfstoestand zorgen voor een lagen dampdruk en geringe stroomdichtheid. De gekozen dampdruk ligt tijdens het branden dan ook bij ca. 0,01 mm Hg. De eisch van een geringe stroomdichtheid voert tot het kiezen van een grooten diameter, hetgeen een lagen gradiënt ten gevolge heeft. Om nu toch een, in verhouding tot de netspanning, voldoende hoge brandspanning te krijgen, moeten deze lampen dus een groote lengte hebben. Mede in verband met de eischen, die wij aan de kleur, den lichtstroom, het lichtrendement en de helderheid stellen (zie § 86), is als ontlaadingsbuis een glazen cylinder van 1 m lengte en 35 mm diameter gekozen. De stroomsterkte bedraagt 250 mA, waarbij een brandspanning van ca. 105 V wordt bereikt, terwijl het door de buis opgenomen vermogen 22,5 W bedraagt.

Het spectrum van een dergelijke ontlading is reeds in fig. 99a gegeven. Hieruit blijkt, dat verreweg het grootste gedeelte van de straling in het ultraviolet ligt. Ongeveer 96 % van de totale straling wordt in de golflengte 2537 Å uitgezonden, zoodat wij op deze wijze een sterke ultravioletbron hebben verkregen zonder dat de straling in het zichtbare gebied de vrije keuze van de spectrale samenstelling met behulp van fluorescentiestoffen te veel hindert (slechts ca. 4 % wordt in het zichtbare gebied uitgezonden).

Daar straling van de golflengte 2537 Å echter in zeer sterke mate door de meeste glassoorten wordt geabsorbeerd, komt slechts weinig van deze straling naar buiten. Derhalve is het noodzakelijk de fluorescentiestoffen op den binnenwand van de ontlaadingsbuis aan te brengen.

§ 84. FLUORESCENTIESTOFFEN.

Uit het bovenstaande volgt, dat de bij deze lampen toe te passen fluorescentiestoffen straling van 2537 Å in zichtbare stra-

ling moeten kunnen omzetten en bovendien gedurende langen tijd niet door de ontlading mogen worden aangetast. Voor een goeden specifieke lichtstroom is het noodzakelijk, dat deze omzetting met een hoog rendement plaats vindt.

Dit rendement kunnen we op tweeërlei wijze beschouwen. Ten eerste kunnen we van het **quantenrendement** spreken. Bedraagt dit bijv. 80 %, dan bedoelen wij, dat 80 % der ultraviolette stralingsquanten na absorptie in de fluorescentiestof als zichtbare quanten worden uitgezonden. Dit omzettingsrendement is bij vele luminoforen zeer hoog en bedraagt voor bepaalde stoffen zelfs bijna 100 %. Een tweede rendement, dat voor het praktische resultaat van de omzetting van groot belang is, is het **energie rendement**, waaronder wij verstaan: de verhouding van de als zichtbare straling uitgezonden energie tot de als ultraviolette straling geabsorbeerde energie. Dit rendement is, bij constant quantenrendement, kleiner naarmate het verschil in golflengte van geabsorbeerde en geëmitteerde straling grooter is. De energie van een quant ($h\nu$) is nl. des te kleiner, naarmate zijn golflengte grooter is (ν is dan kleiner). Indien het quantenrendement = 100 % is, krijgen we dus voor ieder energierijk ultraviolet quant een energie-arme zichtbaar quant terug. Zetten we bijv. straling van de golflengte 2537 Å om in straling van 5000 Å, dan bedraagt het energierendement $\frac{2537}{5000} =$ ca. 51 % van het quantenrendement.

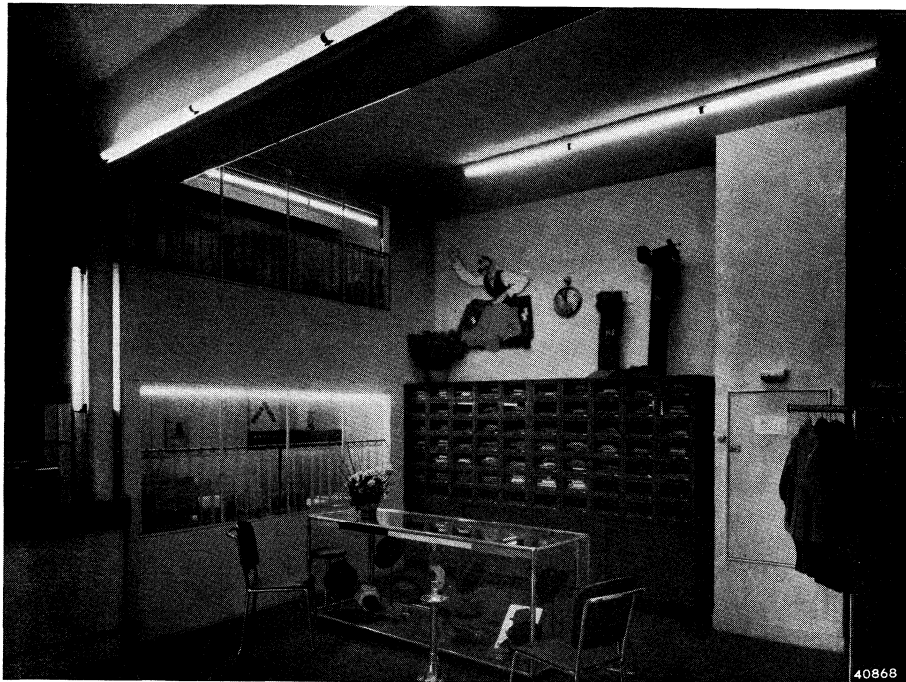
Voor het lichtrendement is daarnaast nog van belang de gevoeligheid, waarmede het oog de in een bepaalde golflengte uitgezonden straling waardeert. Voor de 5000 Å straling bedraagt deze ooggevoeligheid ca. 32 % van de maximale waarde (ca. 67 Dlm/W; zie § 33), zoodat wij, bij een quantenrendement van bijv. 80 %, voor het totale redement van de omzetting vinden:

$$\frac{80}{100} \times \frac{2537}{5000} \times \frac{32}{100} \times 67 = \text{ca. } 8,7 \text{ Dlm/W.}$$

Weten wij nu ten slotte nog het percentage van de door de ontlading opgenomen energie, dat als 2537 Å straling wordt uitgezonden, dan kan de specifieke lichtstroom van de lamp worden berekend, door het boven berekende totale omzettingsrendement nog met dit percentage (dat voor de in § 83 genoemde buis ca. 42 % bedraagt) te vermenigvuldigen. Wij vinden dus als specifieke lichtstroom voor het veronderstelde geval: $8,7 \times 0,42$ is ca. 3,7 Dlm/W. Uit deze berekening blijkt de mogelijkheid om op deze



Een manufactureenzaak te Groningen,
verlicht door TL 100 buislampen.



Een modezaak te Leeuwarden,
verlicht door TL 100 buislampen.

wijze lampen met een hoog lichtrendement te maken. Voor de praktische berekening neme men in aanmerking, dat de fluorescentiestoffen hun straling niet in één golflengte, maar in een golflengtegebied, dat in het algemeen enkele honderden Å breed is, uitzenden.

Wij kunnen hier de werking der fluorescentiestoffen niet in den breede behandelen, maar vestigen in dit verband toch de aandacht op de overeenkomst tusschen de fluorescentieverschijnselen in deze stoffen en de absorptie en reëmissie van de resonantiestraling. Deze straling wordt nl. geabsorbeerd door den damp, waarin zij wordt geproduceerd en brengt dezen damp daardoor tot straling. De reëmissie geschiedt hierbij in dezelfde golflengte als die van de geabsorbeerde straling, en indien men een fluorescentiestof een golflengtetransformator zou willen noemen, kan men in dit geval van een 1 : 1 transformatie spreken. Hoewel de werking der (vaste) fluorescentiestoffen veel ingewikkelder is dan de zelfabsorptie der resonantiestraling, kan men deze op soortgelijke wijze verklaren.

Van de zeer vele fluorescentiestoffen, die bekend zijn, komen voor de omzetting der 2537 Å straling in de eerste plaats die luminoforen in aanmerking, die hun aanslagmaximum in of dicht bij deze golflengte hebben. Hiervoor zijn bijzonder geschikt verschillende silicaten, wolframaten en boraten, die, afhankelijk van het metaalatom, dat zij bevatten, verschillend gekleurd licht emitteeren. Bovendien zijn de ligging van het geëmitteerde golflengtegebied en de intensiteit daarin dikwijls nog afhankelijk van kleine hoeveelheden bijmengsels, activatoren genaamd. Practisch komt als zoodanig vrijwel uitsluitend mangaan in aanmerking. Om een indruk te geven van de verschillende mogelijkheden, noemen wij in onderstaande tabel enkele voorbeelden van fluorescentiestoffen, waarbij wij het emissiegebied en het maximum hierin vermelden.

Fluorescentiestof	Activator	Emissie	
		in gebied van	maximum
Ca WO ₄ + 1% PbWO ₄	—	3000—6000 Å	4300 Å
Mg WO ₄	—	4000—7000	4900
Cd Si O ₃	1 % Mn Si O ₃	5300—6800	5900
Zn ₂ Si O ₄	1 % Mn ₂ Si O ₄	4600—6000	5300
Zn ₂ SiO ₄ + 0-10% Be ₂ SiO ₄	0,1—10 % Mn ₂ Si O ₄	4600—7200	5300, 6100*)
Cd ₂ B ₂ O ₅	1% Mn ₂ B ₂ O ₅	5600—6900	6200

*) De emissie vertoont twee maxima. Afhankelijk van de percentages beryllium en mangaan, gaat één dezer maxima overwegen, waardoor de kleur van het geëmitteerde licht van groen tot rood kan varieeren.

Door geschikte menging van dergelijke luminoforen, is het nu dus mogelijk een practisch willekeurige samenstelling van het zichtbare spectrum te verkrijgen. Door de verschillende emissiegebieden der fluorescentiestoffen elkaar te laten overlappen, kan een continu spectrum worden verkregen, waarop de betrekkelijk zwakke, zichtbare kwiklijnen gesuperponeerd zijn.

§ 85. KLEUREN EN KLEURWEERGAVE.

Zoals wij gezien hebben, zijn wij dus nu in staat het zichtbare spectrum vrijwel naar verkiezing op te bouwen. Wij vestigen er de aandacht op, dat dit met de fluorescentie buislampen voor het eerst in de geschiedenis mogelijk is geworden. Nu rijst de vraag, welk spectrum gekozen zal worden. Deze keuze is geheel afhankelijk van wat wij van de kleur en de kleurweergave dezer lampen eischen.

Wij dienen ons dus, vóór wij een keuze kunnen doen, eerst eenigszins nader met het probleem van kleur en kleurweergave bezig te houden.

De kleur van het licht.

In het algemeen kunnen wij zeggen, dat wij voor algemeene verlichtingsdoeleinden „wit” licht wenschen te hebben. Het hangt echter zeer sterk van den individueelen smaak af, wat in dit verband onder „wit” wordt verstaan. Zoo kan men het daglicht wit noemen, maar ook het gloeilampenlicht kan onder deze benaming worden begrepen. Wij moeten ons, om uit deze verwarring te komen, dus eerst een objectieve definitie van kleur verschaffen.

In de eerste plaats dienen wij ons te realiseeren, dat een bepaalde spectrale verdeeling met een bepaalden kleurindruk overeenkomt, maar dat het omgekeerde niet opgaat. Uit de kleur kunnen wij geen conclusie trekken over de spectrale samenstelling van het licht. Wij herinneren in dit verband aan het tot stand komen van een witte kleur indruk door additieve menging van twee complementaire kleuren: een combinatie van ieder complementair kleurenpaar (bijv. geel en blauw of rood en groen) kan denzelfden witte kleur indruk te weeg brengen.

Het blijkt nu mogelijk de meeste samengestelde kleuren na te bootsen door menging van drie spectrale kleuren (bijv. rood 7000 Å, groen 5200 Å en blauw 4800 Å).

Een goed overzicht van deze mengingen verkrijgen we, door ze grafisch voor te stellen. Iedere kleurindruk wordt hierbij voorgesteld door een bepaald punt in het vlak van teekening. In fig. 125 geven we de drie genoemde spectrale grondkleuren weer door de punten 1, 2 en 3. Om nu de andere kleurindrukken in de

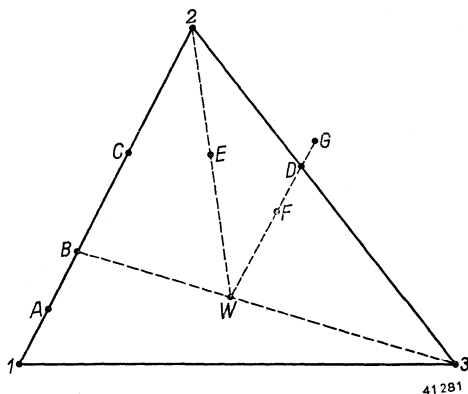


FIG. 125

Menging van kleuren uit drie grondkleuren: 1-rood 7000 Å, 2-groen 5200 Å, 3-blauw 4800 Å. W stelt wit voor, A oranje, B geel, C geelgroen en D blauwgroen. De lijn 1—3 bevat de purperkleuren. G stelt spectraal blauwgroen voor, dat met wit gemengd moet worden om de blauwgroene kleur D te leveren. E ontstaat door menging van W en 2.

B is aangegeven, moet nu nog met een geschikte hoeveelheid van de grondkleur 3 gemengd worden om wit op te leveren. Het „witpunt“ W ligt dus op de verbindingslijn van B en 3. Op overeenkomstige wijze kan men nu elken kleurindruk weergeven door een punt in het vlak van den driehoek. Wij gaan aan de hand van fig. 125 na, hoe de verschillende kleuren in dit vlak liggen:

De mengsels van 1 en 2 zijn: oranje (A), geel (B), en geelgroen (C). Op de lijn 2-3 liggen de verschillende tinten blauwgroen, bijv. D; op de lijn 1-3 liggen purperkleuren. Uit de afspraak omtrent de mengsels blijkt nu, dat twee kleuren complementair zijn, wanneer het witpunt W op de verbindingslijn tusschen de twee kleurpunten ligt. Als voorbeeld diene het kleurenpaar B-3. Verder zien we, dat de kleurindruk E nagebootst kan worden door menging van het spectrale groen 2 met wit W. Dit mengsel maakt den indruk van een „onverzadigd“ (vaal, bleek, weinig fel) groen.

teekening aan te geven, maken we de algemeene afspraak, dat we de mengsels van twee kleuren, 1 en 2, zullen weergeven door punten op de verbindingslijn van 1 en 2, en wel zoodanig, dat het mengpunt dicht bij punt 1 ligt, naarmate kleur 2 met een grootere hoeveelheid van kleur 1 gemengd moest worden om de mengkleur te verkrijgen. Om nu de plaats te bepalen van een kleur, die slechts nagebootst kan worden door menging van de drie grondkleuren (bijv. wit), veronderstellen we dat eerst de benodigde bijdragen van de grondkleuren 1 en 2 gemengd zijn. Dit mengsel, dat in fig. 125 door

Naarmate het punt E dichter bij 2 komt, wordt de kleur dieper, om ten slotte in 2 haar maximale verzadiging te bereiken.

Beweegt zich een punt F langs de lijn W-D in de richting van D, dan vinden we een eveneens steeds dieper wordend blauwgroen. In tegenstelling met het vorige geval, is hier echter in D nog niet de maximale verzadiging bereikt. Onder de spectrale kleuren bevindt zich nl. een nog fellere kleur blauwgroen. Deze moet nog met een zekere hoeveelheid wit gemengd worden (bleeker gemaakt), om het punt D op te leveren. Volgens onze afspraak omtrent het mengen, moeten we dus dit spectrale blauwgroen weergeven door een punt G op het verlengde van W-D: het punt D moet tusschen W en G liggen.

Eenzelfde beschouwing geldt nu voor alle spectrale kleuren: ze worden alle (met uitzondering van 1, 2 en 3) voorgesteld door punten buiten den driehoek 1-2-3.

In fig. 126 is dezelfde driehoek 1-2-3 nog eens geteekend, met de lijn der spectrale kleuren erbij. De getallen geven de golflengten aan. Trekken we nog de lijn 1-V (die de beide uitersten van het spectrum verbindt), dan volgt weer uit onze „mengafpraak“, dat nu alle kleurindrukken weergegeven worden door punten binnen de figuur, die door de spectraalkromme en de lijn 1-V wordt omsloten. Immers, alle kleurindrukken ontstaan door menging van spectraalkleuren en bij die menging blijft men steeds binnen de genoemde figuur.

Men noemt nu de golflengte van de spectraalkleur G de dominerende golflengte van den kleurindruk F. Kan men F nabootsen door menging van een lichtstroom L_1 van wit licht en een lichtstroom L_2 van het spectraallicht G, dan noemt men met $L_2/(L_1 + L_2)$ de verzadigingsgraad van de kleur F. Deze is dus voor het

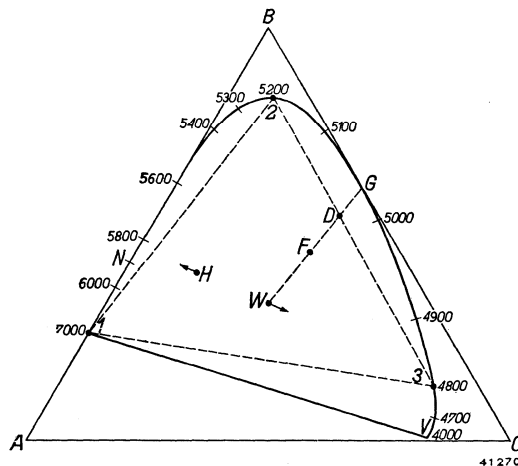


FIG. 126

Driehoek 1-2-3 is dezelfde als die van fig. 125. De kromme bevat de spectrale kleuren. De driehoek A-B-C dient om de kleuren in getallen uit te kunnen drukken en heeft geen fysieke beteekenis.

wit gelijk aan nul, neemt langs W-G voortdurend toe en bereikt op de spectrale kromme zijn maximale waarde (nl. 1). Op de lijn 1-V liggen de meest verzadigde purperkleuren.

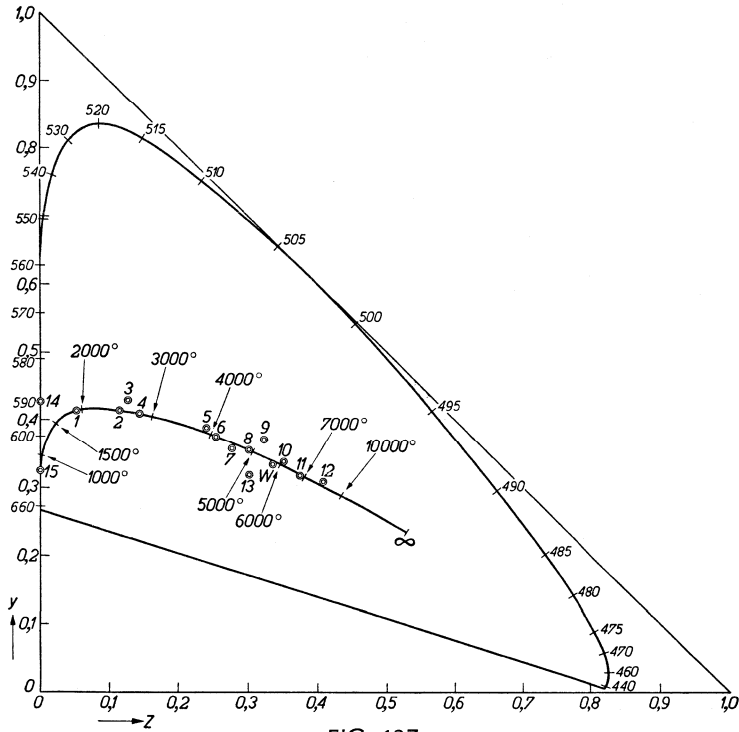


FIG. 127
41267
Een door de I.C.I. aanbevolen kleurendriehoek. De gestippelde kromme is de lijn der zwarte lichamen. Het witpunt is door W aangegeven, terwijl de cijfers 1—15 de kleurpunten van verschillende in den tekst genoemde lichtbronnen aanduiden.

Om de verschillende kleurindrukken in getallen uit te drukken, teekent men bijv. een gelijkzijdigen driehoek ABC (fig. 126), waar de spectrale kromme geheel binnen ligt, en legt men de plaats van het punt, dat een bepaalden kleurindruk weergeeft, vast door de verhouding van de afstanden van dat punt tot de drie zijden van ABC. Op deze wijze wordt elke kleurindruk door de verhouding van drie getallen gekarakteriseerd.

Tegenwoordig heeft men internationaal een door de International Commission on Illumination (I.C.I.) aanbevolen rechthoekigen kleurendriehoek (fig. 127) aanvaard. Het wit (hier het spectrum, dat in elk golflengtegebiedje $\lambda \rightarrow \lambda + d\lambda$ dezelfde energie $E d\lambda$ bevat) is in het zwartepunt van den driehoek gebracht. De

in den driehoek geteekende kromme stelt de kleur van de zwarte straling van verschillende temperaturen voor en wordt daarom de lijn der zwarte lichamen genoemd.

Tevens zijn de kleurpunten van het licht van enkele lichtbronnen in de figuur ingeteekend:

W. Het witpunt, overeenkomend met de kleur van een spectrum, waarbij in gelijke golflengtegebieden dezelfde energie wordt uitgestraald.

- | | |
|--------------------------|---|
| 1. Kaars. | 11. Daglicht. De spectrale samenstelling hiervan varieert vrij sterk. Het gegeven punt is als het kleurpunt van gemiddeld daglicht te beschouwen. |
| 2. Vacuum gloeilamp. | |
| 3. Gasgloeilicht. | |
| 4. Gasgevulde gloeilamp. | |
| 5. ML lamp. | |
| 6. Maan. | |
| 7. TL lamp - wit. | 12. Blauwe hemel. |
| 8. Zon. | 13. TL lamp - warm wit. |
| 9. HP lamp. | 14. Natriumlamp. |
| 10. TL lamp - daglicht. | 15. Neonlamp. |

Verscheidene der genoemde lichtbronnen zenden een min of meer wit licht uit, hoewel iedereen het kaarslicht bijv. wel als „warmer“ zal waardeeren dan het daglicht. Wij vinden als algemeen regel, dat een lichtsoort een warmeren indruk maakt, naarmate haar kleurtemperatuur lager is ¹⁾. We zien nu, dat de „witte“ lichtsoorten op of dicht bij de lijn der zwarte lichamen liggen, in tegenstelling met de gekleurde lichtsoorten; wij kunnen in het algemeen dan ook zeggen, dat een lichtbron waarvan het kleurpunt op of dicht bij de lijn der zwarte lichamen ligt, als „witte“ lichtbron kan worden beschouwd. De kleurtemperatuur kan daarbij nog binnen wijde grenzen worden gekozen, in overeenstemming met de verdere eischen, die men wenscht te stellen.

Kleurweergave.

Wij zijn dus op de bovenomschreven wijze in staat de kleur van een lichtsoort op bevredigende wijze vast te leggen en wij ontleenden aan de studie van de kleurpunten een, zij het niet zeer exacte, richtlijn voor de keuze van de kleur van het fluorescentielicht van de lagedruk kwiklamp.

¹⁾ De kleurtemperatuur van een lichtbron is de temperatuur, die een zwart lichaam moet hebben om denzelfden kleurindruk te geven als de beschouwde lichtbron.

Wij verkeeren echter nog geheel in het onzekere omtrent de weergave van de kleur van voorwerpen, die met dit licht worden bestraald. Allereerst is het nu noodzakelijk, ten einde tot een waardeering hiervan te komen, de kleurweergave onder een bepaalde lichtsoort als standaard aan te nemen. Hiermede kunnen we dan de weergave bij de te beoordeelen lichtsoort voor iedere kleur vergelijken en deze als „volmaakt“, „goed“, „matig“ of „slecht“ beschrijven.

Deze subjectieve vergelijking kunnen we voor een groot aantal kleuren uitvoeren en het resultaat overzichtelijk voorstellen,

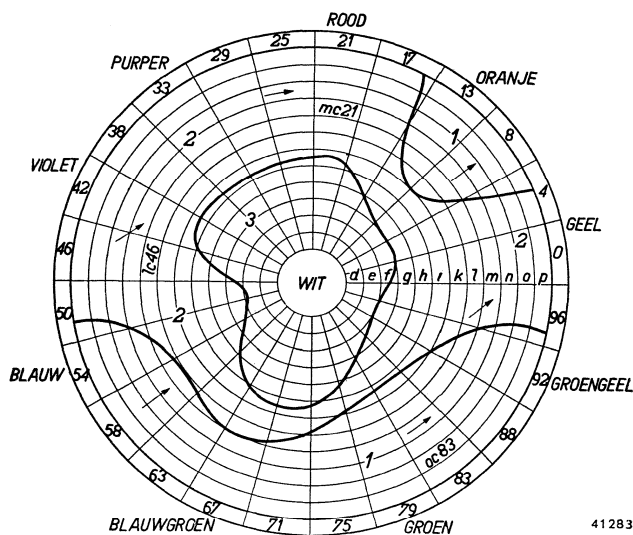


FIG. 128

Vergelijking van de kleurweergave onder het licht van een zonlichtgloeilamp met die onder gemiddeld natuurlijk daglicht. De vakjes stellen de kleurenkaartjes van den kleurenatlas van Ostwald voor. De mate van overeenstemming onder de beide lichtsoorten is door een cijfer aangegeven: 0 volmaakte, 1 goede, 2 matige, 3 slechte overeenstemming.

len, bijv. op een wijze, zooals dit in fig. 128 voor een zonlichtgloeilamp is gedaan, waarbij het natuurlijke daglicht als vergelijkingsstandaard werd aangenomen. De vergelijking geschiedde aan een groot aantal kleurenkaartjes van den bekenden kleurenatlas van Ostwald. Deze bevat ongeveer 2000 gekleurde kaartjes, die ieder gekarakteriseerd zijn door twee letters en een cijfer. De eerste letter duidt de verzadiging van de kleur aan, de

tweede den reflectiecoëfficiënt, terwijl het cijfer de domineerende golflengte aangeeft. De voor de vergelijking gebruikte kaartjes zijn in concentrische cirkels gerangschikt weergegeven. De rangschikking geschiedde zoodanig, dat zij in groote trekken overeenkomt met die in den kleurendriehoek: in het midden bevinden zich de meest onverzadigde kleuren, terwijl de kleuren steeds meer verzadigd worden, hoe verder zij van het middelpunt zijn verwijderd.

De mate van overeenstemming van de kleuren onder de beide lichtbronnen werd door een getal aangegeven. De kaartjes van fig. 128, welke hetzelfde beoordeelingscijfer hebben gekregen, vormen nu een gebied, waaraan het gemeenschappelijke beoordeelingscijfer wordt toegekend. Zoo zien wij dus, dat alle zeer onverzadigde kleuren in gebied 3 liggen, d.w.z. de kleurovereenstemming voor deze kleuren is slecht onder de beide beschouwde lichtsoorten. Daarentegen is het verschil voor de meer verzadigde kleuren in het blauw, blauwgroen, groen en groengeel klein (beoordeelingscijfer 1). Op deze wijze kan men dus met één oogopslag een indruk krijgen van de kleurweergave bij een bepaalde lichtsoort, in vergelijking met die, welke bij de standaard lichtsoort wordt verkregen. Zooals echter zonder meer duidelijk zal zijn, is de vervaardiging van een dergelijk vergelijkingsdiagram zeer tijdrovend. Een verder bezwaar tegen deze methode is, dat men, om de kleurweergave van de onderzochte lichtsoort met die van een anderen standaard te kunnen vergelijken, de geheele serie waarnemingen opnieuw moet uitvoeren.

Men heeft derhalve, om aan deze twee bezwaren tegemoet te komen, een andere methode ontwikkeld, die uitgaat van de volgende overwegingen: Stelt men den eisch, dat de kleurwaarneming onder twee verschillende lichtsoorten voor alle mogelijke kleuren en tinten gelijk moet zijn, dan is het in principe noodig, dat de spectrale samenstelling van de beide lichtsoorten gelijk is. Nu is het kleuronderscheidingsvermogen echter beperkt, zoodat wij eenigszins van den eisch van volkomen gelijke spectrale samenstelling mogen afwijken, zonder dat het oog de kleuren onder de beide lichtbronnen verschillend waardeert. Onderzoekingen van B o u m a nu hebben aangetoond, dat het voor een praktisch gelijke kleurweergave bij twee lichtbronnen voldoende is, dat de procentueele bijdrage tot den lichtstroom in ieder van een beperkt aantal golflengtegebieden voor de beide lichtbronnen ongeveer gelijk is. De verdeeling van het zichtbare spectrum wordt zoodanig gekozen, dat acht vakjes ontstaan, waarvan de breedte in het blauw het kleinst is en naar de langgolvlige zijde toeneemt, en wel:

violet	blauw	groen	geel	oranje	rood		
4000—4200—4400—4600—5100—5600—6100—6600—7200 Å							
1	2	3	4	5	6	7	8

De fijnere verdeeling in het blauw hangt samen met het feit, dat een verandering van de bijdrage in het blauw een veel groote-

ren invloed op de kleur heeft dan dezelfde procentueele verandering in het rood. De grootte van de vakjes is zoodanig, dat variatie in de spectrale verdeeling binnen een vakje slechts weinig invloed op de kleurweergave en op het kleurpunt uitoefent.

Wij hebben op deze wijze den eisch, dat de spectrale samenstelling van twee lichtbronnen identiek moet zijn voor een onderling gelijke kleurweergave dus vervangen door den eisch, dat de procentueele lichtstroombijdragen voor overeenkomstige vakjes ongeveer gelijk moeten zijn. De nauwkeurigheid, waarmede de relatieve lichtstromen in een bepaald vakje met elkaar overeen moeten stemmen, hangt onder meer van de grootte van de bijdrage in dit vakje af. Is de lichtstroombijdrage klein, dan mag de afwijking groot zijn en omgekeerd. Globaal gesproken kan gezegd worden, dat de kleurweergave van twee lichtbronnen nog gelijk genoemd kan worden als de afwijking in de middelste vakjes niet meer dan 10 à 20 % bedraagt, terwijl de afwijkingen in de vakjes 1, 2 en 8 groter mogen zijn.

In de voorafgaande hoofdstukken hebben wij voor verschillende lichtbronnen de spectrale vakjesverdeeling reeds medege-deeld en wij kunnen ons nu uit de gegeven getallen een indruk vormen van de onder het licht van deze lampen te verwachten afwijkingen in de beoordeeling van de kleuren in vergelijking met die onder een willekeurige lichtbron, die we als standaard willen aanvaarden.

§ 86. TL 100 LAMPEN.

In onderstaande tabel geven wij een overzicht van de tot op heden door Philips onder den naam TL lampen in den handel gebrachte fluorescentie buislampen.

Lampgegevens	Eenheid	Lamptype TL 100 in de kleur		
		daglicht	warm wit	wit
Lichtstroom	Dlm	100	100	115
Lichtrendement (bruto 220 V) .	Dlm/W	3,57	3,57	4,10
Opgenomen vermogen	W	22,5		
Lamp alleen				
Lamp met voorschakel- apparaat 220 V		28		
Lampstroom	A	0,25		
Brandspanning	V	105		

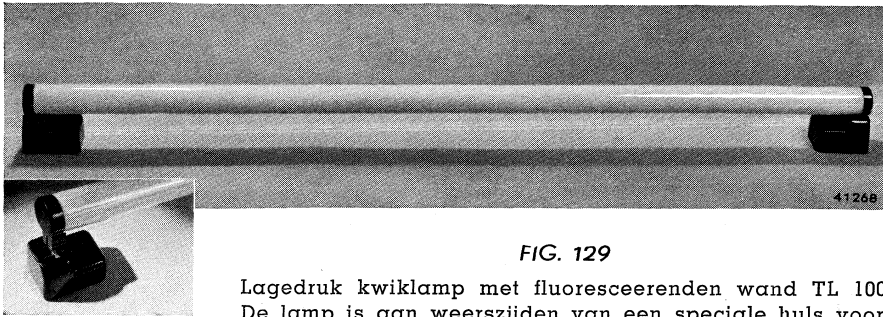


FIG. 129

Lagedruk kwiklamp met fluoresceerenden wand TL 100. De lamp is aan weerszijden van een speciale huls voorzien, waarmee zij zonder draaibeweging in den bijbehorenden lamphouder wordt gedrukt.

In fig. 129 geven wij een foto van een TL 100 lamp. De lamp is aan weerszijden van een speciale huls voorzien, waarmee zij zonder draaibeweging in den bijbehorenden lamphouder wordt gedrukt.

De TL lampen worden, voorloopig nog slechts voor betrekkelijk kleine lichtstromen ^{*)}, vervaardigd in een drietal kleuren, die aan diverse toepassingen zijn aangepast. Alvorens de eigenschappen dezer lampen nader te bespreken, willen wij de keuze der drie genoemde kleuren nader motiveeren.

De daglichtkleur.

Uit het groote aantal mogelijkheden, waarover wij voor de samenstelling van het spectrum der fluorescentie-buislampen de beschikking hebben, moeten wij nu een keuze doen, die bepaald wordt door de eischen, die wij aan de kleur en aan de kleurweergave stellen. Men kan bijv. vragen een lamp te maken, die, wat deze punten betreft, het daglicht zooveel mogelijk nabij komt. Inderdaad is aan een dergelijke lichtbron zeer veel behoefte, zooals wel ieder duidelijk zal zijn, die wel eens bij kunstlicht een kleedingstuk heeft gekocht, waarvan de kleur bij daglicht geheel anders bleek te zijn. Meer in het algemeen is „kunstmatig“ daglicht gewenscht op die gebieden waar men, ongeacht den tijd van den dag of de weersomstandigheden, de mogelijkheid wil hebben gekleurde voorwerpen te beoordeelen naar den indruk, die zij bij daglicht zullen geven.

Om aan deze behoefte te voldoen, werd reeds lang geleden de zonlichtgloeilamp gemaakt. Het door den gloeienden wolframdraad uitgezonden spectrum wordt hierbij door de filterwerking van een specialen ballon meer in overeenstemming met

^{*)} Inmiddels is een grooter type TL lamp ontwikkeld met de volgende gegevens: lengte 1,25 m, diameter 35 mm, lichtstroom 300 Dlm, door de lamp opgenomen vermogen ca. 65 W, stroomsterkte 0,8 A.

dat van het daglicht gebracht. Uit fig. 128 blijkt echter, dat de overeenstemming nog onbevredigend moet worden genoemd. Bovendien wordt het lichtrendement, vergeleken met dat van een normale gloeilamp, door de toepassing van den specialen ballon, ongeveer gehalveerd.

Een andere mogelijkheid ligt in het gebruik van gescheiden menglicht (§ 52) of van de menglichtlamp (§ 53), waarbij een meer bevredigende, zij het ook nog niet ideale overeenstemming met het daglicht wordt verkregen. Door het hoge lichtrendement van het kwiklampje eenerzijds en de afwezigheid van een lichtabsorberend filter anderzijds is bovendien de specifieke lichtstroom van de menglichtcombinatie of -lamp belangrijk groter dan die van de zonlichtlamp, zoodat deze oplossing de zonlichtlamp praktisch heeft verdrongen.

Met de fluorescentie buislamp is nu echter ten slotte de mogelijkheid gegeven vrijwel ideaal kunstdaglicht met een hoogspecifieke lichtstroom te maken; het is dan ook niet te verwonderen, dat de fluorescentie buislamp in daglichtkleur terstond nadat zij in den handel was gebracht, een belangrijke plaats onder de gasontladingslampen innam.

Om een indruk te geven van de wijze, waarop het aan de lamp toegevoerde vermogen gebruikt wordt, geven wij in fig. 130 de energiebalans voor een TL 100 lamp in daglichtkleur. Voor de andere kleuren geldt ongeveer hetzelfde schema. Niet minder dan 18 % wordt hierbij dus in zichtbaar licht omgezet, terwijl dit voor

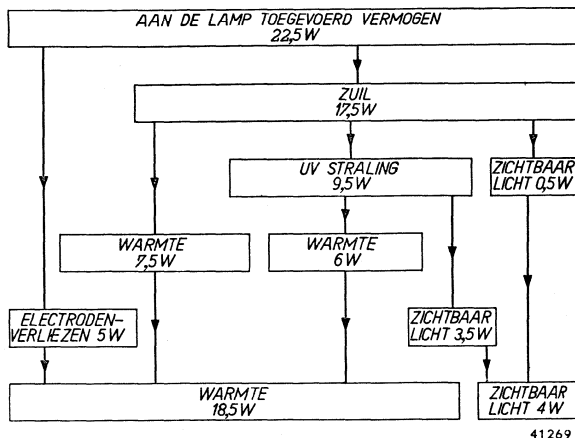


FIG. 130

Energiebalans van de TL 100 lamp in daglicht-
kleur.

een gloeilamp slechts ca. 7 % bedraagt. Van het in warmte omge-
zette vermogen wordt ongeveer de helft
door convectie afge-
voerd, terwijl de and-
ere helft als warm-
testraling de lamp
verlaat.

In fig. 131 zijn
de spectrale energie-
en lichtstroomver-
deeling van de dag-
lichtlamp TL 100 in
vergelijking met die
van gemiddeld na-

tuurlijk daglicht gegeven.

De warm witte kleur.

Hoewel voor het gestelde doel: goedkoop, constant, kunstmatig daglicht, vrijwel ideaal, is de daglichtkleur dikwijls minder geschikt voor binnenverlichting. Daglicht heeft een hoge kleurtemperatuur (ca. 6500° K) en het is een bekend verschijnsel, dat licht van een dergelijke hoge kleurtemperatuur pas bij hoge verlichtingsniveau's als aangenaam wordt ondervonden, terwijl het bij een laag verlichtingsniveau „koud“ aandoet (zonsverduistering, maanlicht). Wij moeten dus voor binnenverlichting waar een verlichtingsniveau als overdag aanwezig is, op vele plaatsen om economische redenen niet in aanmerking komt, een lichtbron kiezen, waarvan de kleurtemperatuur lager is. Anderzijds willen wij de kleurweergave zoo „natuurlijk“ mogelijk houden. Onbewust beschouwen wij de weergave bij daglicht als natuurlijk; hieruit zou dus volgen, dat de spectrale samenstelling van de lampen voor binnenverlichting ongeveer gelijk moet zijn aan die van daglicht. Deze eisch is vanzelfsprekend onvereinigbaar met den wensch, dat de kleurtemperatuur belangrijk lager is dan die van het daglicht. Wij zijn dus aangewezen op een compromis, waarbij we den nadruk het meest op de aangenaamheid van de kleur of op de natuurlijkheid van de kleurweergave kunnen leggen.

Bij de warm witte kleur, die wij in deze onderafdeeling bespreken, is er nu naar gestreefd de weergave van de kleuren in de uiteinden van het spectrum te accentueeren, waardoor naast de roode ook de blauwe tinten frisscher lijken. Dit is bereikt door de

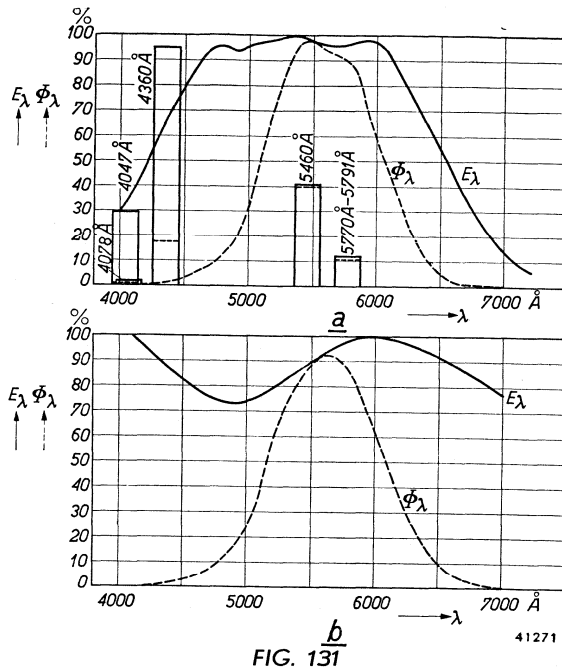


FIG. 131
 Relatieve spectrale energie- en lichtstroomverdeling a) van de daglichtlamp TL 100 in vergelijking met b) die van gemiddeld natuurlijk daglicht.

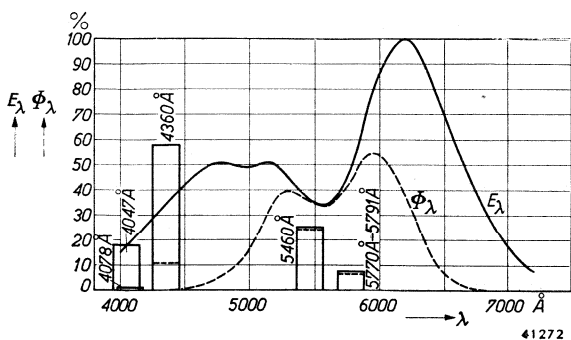


FIG. 132

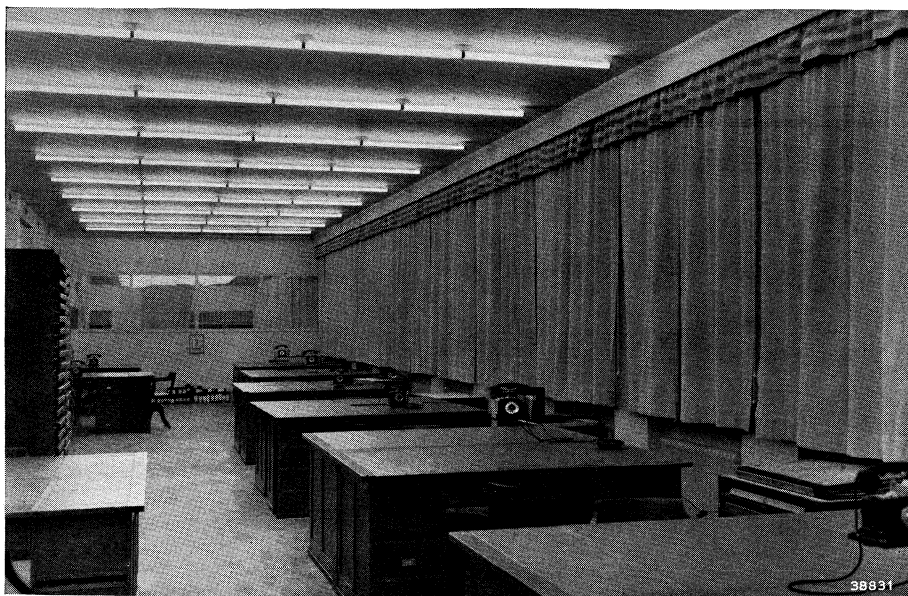
Relatieve spectrale energie- en lichtstroomverdeling van de warm witte TL 100 lamp.

lampen van deze kleur een spectrale verdeling te geven, als in fig. 132 is aangegeven. Wij zien, dat het middengebied van het spectrum (groen) ten opzichte van het daglicht iets onderdrukt is. Dit geeft aan het licht van de lamp eenigszins een purper tint (purper is complementair ten opzichte van groen), zoodat de lamp, strikt genomen, niet meer als een witte lichtbron is te beschouwen. Dit openbaart zich in een kleurpunt dat in den kleurendriehoek niet meer op de lijn der zwarte lichamen ligt (punt 13 van fig. 127). Het nadeel hiervan is, dat lampen van deze kleur zich wegens het optredende contrast, dat ook in gekleurde schaduwen tot uiting komt, slecht leenen voor gebruik naast „witte” lichtbronnen, zooals daglicht en gloeilampen. De frissche kleurweergave, welke bij gloeilampen eenigszins benaderd wordt door het gebruik van „Philiphan” glas *), is echter zoo aantrekkelijk, dat men voor binnenverlichting, waar geen andere lichtbronnen tegelijkertijd worden gebruikt, dikwijls de warm witte kleur prefereert.

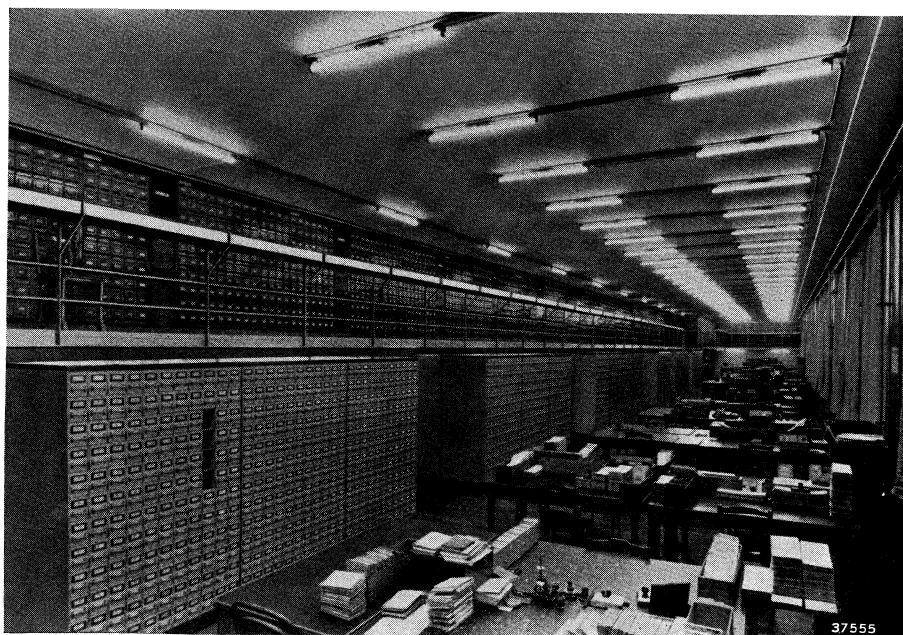
De witte kleur.

Houden we ons aan den eisch, dat de lichtbron „wit” moet zijn, waaronder wij dan verstaan, dat het kleurpunt op de lijn der zwarte lichamen moet liggen, dan kunnen we een kleur kiezen, die een lagere kleurtemperatuur dan daglicht heeft; we verkrijgen dan een lamp, die het groote praktische voordeel heeft, dat zij gecombineerd met daglicht of gloeilampen gebruikt kan worden. Aan den anderen kant echter bezit een dergelijke lamp nòch de ideale kleurweergave van de daglichtlamp, nòch de frissche weergave van de warm witte kleur. In de gloeilampen bezitten wij echter evenmin lichtbronnen met een ideale kleurweergave;

*) „Philiphan” glas is een bijzondere glassoort, welke, doordat zij neodym-oxyde bevat, een scherp begrensden absorptieband in het geelgroen heeft. Het kan zowel voor gloeilampenballons als voor armaturen worden toegepast en geeft dan een frissche kleurweergave.



Verlichting van een kantoor te Bofors in Zweden,
door TL 100 buislampen.



Een spaarbank te Brussel,
verlicht door TL 100 buislampen.

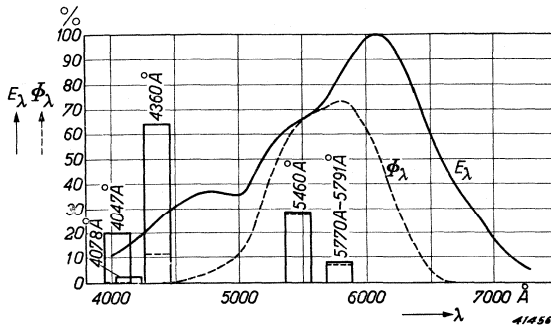


FIG. 133

Relatieve spectrale energie- en lichtstroomverdeling van de witte TL 100 lamp.

desondanks zijn de afwijkingen ten opzichte van daglicht niet in staat geweest de enorme uitbreiding van de gloeilampen te remmen. Hoewel de afwijkingen bij de witte fluorescentiebuislampen geheel anders zijn dan bij de gloeilampen en deze daarom niet zonder meer vergeleken kunnen worden,

zou men geneigd zijn de afwijkingen in de kleurweergave onder de witte lampen als nog minder ernstig dan bij de gloeilampen te beschouwen.

In de witte fluorescentie buislampen zijn zodoende verlichtingsbronnen gerealiseerd, die zich bijzonder goed leenen voor algemeene verlichting op gebieden van zeer uiteenlopenden aard.

In fig. 133 is de spectrale lichtstroomverdeling van de witte TL 100 lamp gegeven.

In onderstaande tabel geven wij ten slotte een overzicht van de procentuele lichtstromen in de meergenoemde acht spectrale gebieden van de drie kleuren, in vergelijking met die van een aantal vroeger besproken lichtbronnen.

Lichtbron	Golflengte							
	violet	blauw	blauwgroen	groen	geel	oranje	rood	
	4000	4200	4400	4600	5100	5600	6100	6600-7200 Å
HO lamp	0,01	0,56	0,05	0,72	53,30	44,60	0,71	0,05
HP lamp	0,02	0,69	0,09	1,03	57,00	39,90	1,17	0,10
HPL lamp	0,01	0,46	0,09	1,53	56,00	39,60	2,15	0,17
ML lamp	0,015	0,37	0,16	3,16	44,85	41,05	9,44	0,95
Daglicht gemiddeld . .	0,025	0,26	0,91	11,10	40,80	36,20	10,00	0,70
Zonlichtlamp	0,01	0,09	0,40	7,60	39,60	39,50	11,70	1,00
Gloeilamp (dubbelspi- raal, gasgevuld) . . .	0,005	0,05	0,23	5,30	32,70	42,20	17,70	1,80
Zonlicht	0,015	0,18	0,64	9,20	39,30	38,20	11,60	0,90
TL 100 lamp, daglicht .	0,015	0,44	0,60	9,03	45,02	36,23	8,38	0,29
Idem, warm wit	0,015	0,45	0,52	8,00	35,16	37,94	17,28	0,64
Idem, wit	0,01	0,35	0,30	4,81	38,21	43,03	12,86	0,43

Helderheid, afmetingen.

Wil men van de decoratieve mogelijkheden, die de buisvorm van de TL lampen biedt, ten volle profiteren, dan moeten de lampen een zoodanig lage helderheid bezitten, dat zij bij ophanging in het gezichtsveld niet verblindend werken. Hoewel verblinding door een lichtbron in het algemeen een gevolg is van een te groot helderheidscontrast van de lichtbron met de omgeving en men dus feitelijk geen algemeene richtlijn kan geven voor de maximale helderheid, waarbij nog juist geen verblinding optreedt, kan 0,3 sb als een voor de meeste toepassingen veilige grens hiervoor worden beschouwd *).

Houdt men deze grens aan, dan volgt uit de betrekking, welke voor buisvormige lichtbronnen geldt:

$$\Phi = \frac{B \ O \ \pi^2}{10},$$

(waarin Φ de lichtstroom in Dlm, B de helderheid in sb en O het schijnbare oppervlak (lengte \times diameter) voorstellen), voor het minimum schijnbare oppervlak der TL lampen, bij een lichtstroom van 100 Dlm:

$$O \cong \frac{10 \times 100}{\pi^2 \times 0,3} = \text{ca. } 330 \text{ cm}^2.$$

In verband met de wenschelijkheid van een betrekkelijk hooge brandspanning (§ 15) moeten wij de lampenlengte vrij groot kiezen. In de practijk is hiervoor een lengte van 100 cm genomen, waaruit volgt, dat de buisdiameter dan minstens 33 mm moet zijn. De practisch gekozen diameter bedraagt 35 mm, zoodat de helderheid der TL 100 lampen voor de drie genoemde typen aan den bovengenoemden eisch van 0,3 sb voldoet.

Stroboscopisch effect.

Hoewel sommige van de gebruikte fluorescentiestoffen een niet onbelangrijken nalichttijd (zie § 55) hebben, is deze niet voldoende om de lichtfluctuaties, die het gevolg zijn van het periodieke dooven en herontsteken van de TL 100 lampen, geheel te overbruggen. In fig. 134 geven wij de oscillogrammen van het licht van een lagedruk kwikontlading zonder fluorescentiepoeder

*) Zie bijv. het normaalblad van de Deutsche Lichttechnische Gesellschaft DIN 5035.

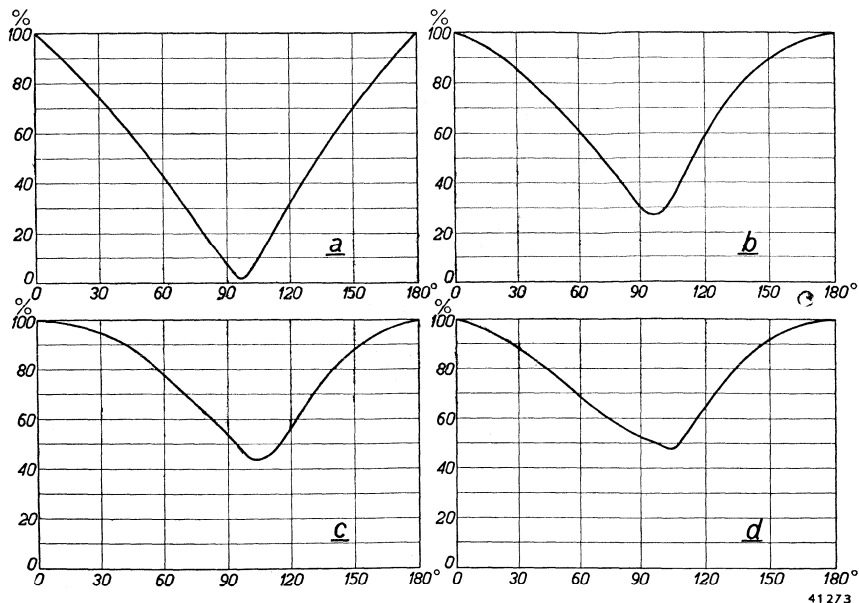


FIG. 134

Oscillogrammen van het licht van a) de lagedruk kwikontlading en van dat van de TL 100 lamp in de kleuren: b) daglicht, c) warm wit, d) wit.

en die van het licht der TL 100 lampen, resp. in de kleuren daglicht, warm wit en wit. Bij snelle bewegingen zou men, zonder speciale maatregelen te nemen, in bepaalde gevallen hinder kunnen ondervinden van de periodieke lichtfluctuaties. In dit geval kan men deze opheffen of verminderen door de reeds bij natriumlampen in § 35 besproken middelen.

§ 87. HET VOORSCHAKELAPPARAAT.

Door hun groote lengte hebben de TL 100 lampen een ontsteekspanning, die boven 220 V ligt, zoodat de eerste gedachte is, dat de lampen dus met een spaarlektransformator gebrand zullen moeten worden. Door een kunstgreep heeft men dit echter weten te vermijden, zoodat de TL 100 lampen toch via een smoorspoel aan een 220 V net aangesloten kunnen worden.

Het aanbrengen van een inwendige hulpelectrode heeft geen voldoende verlagenden invloed op de ontsteekspanning. De oplossing van het ontsteekprobleem is dan ook niet in de lamp, maar in de schakeling gevonden. In fig. 135 is het schakelschema van een TL 100 lamp aangegeven. Parallel aan de TL 100 lamp is een hulpontladinglampje (G) gemonteerd, dat wegens zijn werking glimlichtschakelaar wordt genoemd. Het bestaat

uit een ballon, waarin twee electroden zijn gemonteerd, waarvan de eene als bimetaal is uitgevoerd.

De netspanning is niet voldoende om de TL lamp te ontsteken. De glimlichtschakelaar heeft echter een veel kleineren electrodenafstand en wordt door de netspanning wèl ontstoken. Tusschen de beide electroden hiervan ontstaat een glimontlading; de hierin ontwikkelde warmte vervormt het bimetaal, waardoor het contact tusschen A en B tot stand komt. Op dit oogenblik wordt de voorgeschakelde smoorspoel kortgesloten en vloeit de kortsluitstroom, welke ca. 70 % grooter is dan de lampstroom, door de electroden van de TL lamp en verhit deze. Door het sluiten van het contact A-B dooft de glimontlading, het bimetaal koelt af en neemt langzamerhand zijn oorspronkelijken vorm weer aan, waardoor het contact A-B wordt verbroken. Door het onderbreken van den kortsluitstroom van de smoorspoel, dat hiervan het gevolg is, ontstaat een kortstondige hoge spanning aan de TL lamp, welke spanning, tezamen met het feit, dat de electroden warm geworden zijn, in het algemeen voldoende is om de lamp te ontsteken.

Na het ontsteken staat aan de lampklemmen de brandspanning. De ontsteekspanning van den glimlichtschakelaar moet nu hoger zijn dan deze brandspanning, daar het hulplampje anders weer zou ontsteken en sluiten, waardoor de TL lamp zou uitgaan. Indien echter de ontsteekspanning van den glimlichtschakelaar hooger is dan de brandspanning van de TL lamp, doet de glimlichtschakelaar van dit oogenblik af niet meer mee aan het proces, verbruikt geen stroom en verkeert weer in zijn oorspronkelijken toestand. De TL lamp kan dus dadelijk na het uitschakelen weer worden ontstoken.

Is de glimlichtschakelaar geopend, dan is tevens de verhittingsstroom van de electroden onderbroken, en van dit oogenblik af brandt de TL lamp met uitsluitend door de ontlading verhitte electroden. Zou de TL lamp niet ontstoken zijn door het eenmalig schakelen van den glimlichtschakelaar, dan herhaalt zich het spel, totdat de lamp wèl ontsteekt.

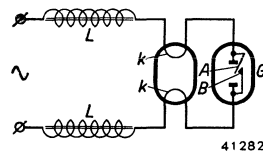


FIG. 135

Schakelschema van de TL 100 lamp. De lamp is via een smoorspoel L, waarvan de wikkeling symmetrisch gedeeld is, aan het net aangesloten. Het ontsteken geschiedt ten gevolge van een kortstondige hoge spanning op de lamp, waarvan de electroden K door den kortsluitstroom van de smoorspoel verhit waren. De kortsluiting en de bij het verbreken van de kortsluiting optredende spanningsstoot worden automatisch door den glimlichtschakelaar G bewerkt.

Gevraagd kan worden, waarom deze zelfde methode ook niet voor de natriumlampen wordt toegepast. Voor een goede stabiliteit is het, zoals wij zagen (§ 15), niet mogelijk de brandspanning van een gasontladingslamp willekeurig dicht bij de netspanning te kiezen. Bovendien moet in de practijk gerekend worden met werkelijke netspanningen, die kortstondig of langdurig beneden de nominale netspanning liggen. In het geval van de natriumlampen komt dit hierop neer, dat de twee grootste typen (SO 650 en SO 1000), die een gemiddelde brandspanning van ca 165 V hebben, zeker niet stabiel zullen kunnen branden op een 220 V net. Inderdaad zou een dergelijke schakeling echter mogelijk zijn voor de SO 250 en SO 400 lampen, maar daarmee zou het voordeel, dat drie typen op één transformator kunnen branden, verdwenen zijn, zoodat deze schakeling desondanks niet wordt toegepast.

Om den invloed van veldvervormende wandladingen, die de ontsteekspanning belangrijk kunnen verhoo-gen (§ 6), op te heffen, is een geleidende strip over vrijwel de geheele lengte van de lamp aangebracht.

De smoorspoel en de glimlichtschakelaar zijn samen in een doosje van „Philite” ondergebracht en vormen sa-

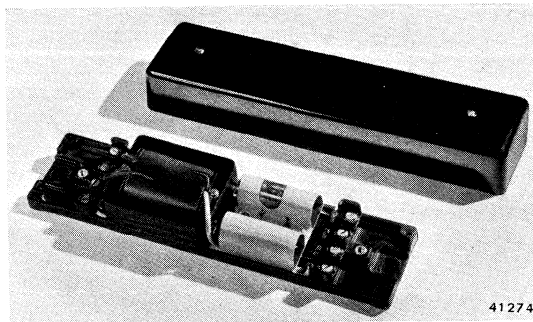


FIG. 136

Afbeelding van het voorschakelapparaat van de TL 100 lamp in geopenden toestand. In de doos van „Philite” zijn de smoorspoel en de glimlichtschakelaar ondergebracht.

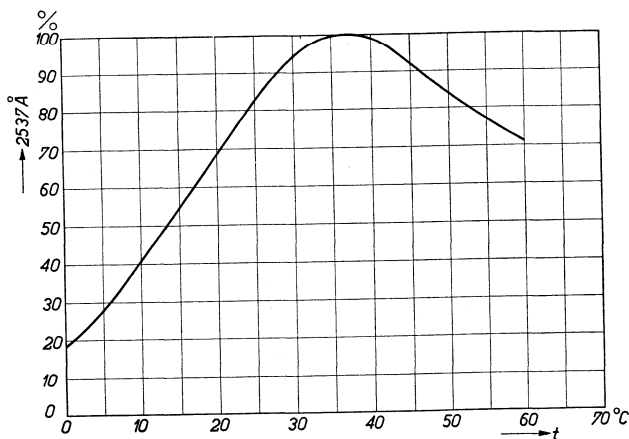


FIG. 137

Invloed van de wandtemperatuur op de productie van de 2537 Å straling in een ontladingsbuis van 35 mm diameter, bij constante stroomsterkte ($I = 250$ mA).

men het voorschakelapparaat, waarvan wij in fig. 136 een afbeelding geven. De afmetingen van het apparaat zijn zoodanig, dat het kastje desgewenscht onder de lamp kan worden gemonteerd, hetgeen een zeer eenvoudige bedrading mogelijk maakt.

Voor netten van 110—130 V moet

de smoorspoel door een spaarlektransformator worden vervangen, die, dank zij den glimlichtschakelaar, de beschikbare spanning slechts tot 220 V behoeft te verhoogen. De afmetingen van dezen spaarlektransformator zijn zoodanig, dat dezelfde doos kan worden gebruikt. Voor de afmetingen van het voorschakelapparaat verwijzen wij naar blz. 260.

Indien het noodzakelijk is den totalen arbeidsfactor, die ca. 0,5 bedraagt, te verhoogen, kan op de gebruikelijke wijze een

condensator worden toegepast. Voor de compensatie van den arbeidsfactor tot ca. 0,9 wordt gewoonlijk een condensator van 2,5 μF toegepast. Voor het verband tusschen den arbeidsfactor en den gebruikten condensator verwijzen wij naar de compensatiekromme op blz. 263.

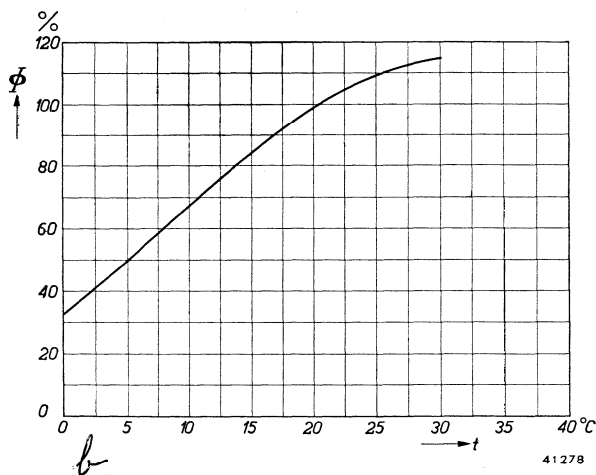
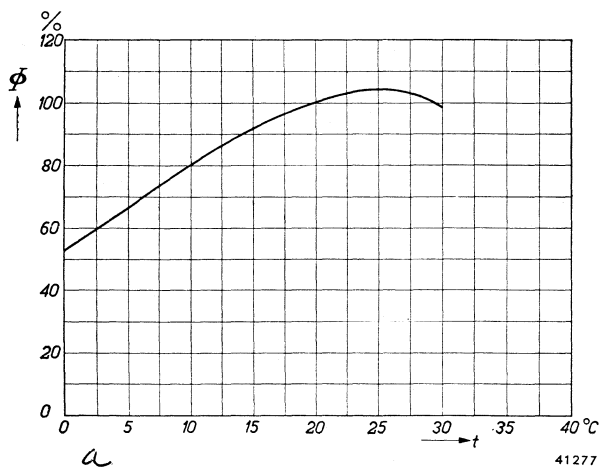


FIG. 138

Invloed van de omgevingstemperatuur op den lichtstroom van een TL 100 lamp in daglichtkleur. De kromme a geeft den invloed zonder wind, kromme b het gedrag bij een windsnelheid van 10 m/sec

§ 88. INVLOED VAN DE TEMPERA-TUUR.

Bij een omgevingstemperatuur van 20° C neemt de wand der TL 100 lampen, met uitzondering van een iets warmere plaats in de nabijheid der electroden, over de geheele lengte een temperatuur aan van ca. 30° C. Deze temperatuur bepaalt den kwikdampdruk

en deze is op zijn beurt weer bepalend voor de mate, waarin de aan de lamp toegevoerde energie in straling in de lijn 2537 Å wordt omgezet. Hoe sterk de productie van de 2537 Å straling van de wandtemperatuur der lampen afhangt, blijkt uit fig. 137. Wij zien uit deze figuur, dat 30° C vrijwel de optimale temperatuur is en dat verhooging, maar nog meer verlaging van de temperatuur, een afname van de 2537 Å straling ten gevolge heeft. De TL 100 lampen zijn dan ook ongeschikt voor gebruik op plaatsen, waar ze aan sterke afkoeling bloot staan. De lichtstroom daalt in dit geval zeer sterk, zooals uit fig. 138 blijkt. Om deze reden is toepassing van TL 100 lampen in ruimten, waar de temperatuur beneden 5° C kan dalen, beslist af te raden.

§ 89. DE OPWARMPERIODE. INVLOED VAN NETSPANNINGS-VARIATIES.

Nadat de TL 100 lampen ontstoken zijn, bereiken zij, wegens het feit, dat de dampdruk tijdens het branden zoo laag blijft, vrijwel onmiddellijk hun vollen lichtstroom. De brandspanning, de lampstroom en het lampvermogen veranderen na het ontsteken slechts weinig meer, zoodat gezegd kan worden, dat de TL lampen practisch geen aanlooptijd hebben.

In fig. 139 is op de gebruikelijke wijze aangegeven hoe de karakteristieke grootheden van de TL 100 lampen onder invloed van netspanningsvariaties veranderen.

§ 90. RADIOSTORING.

Zooals wij zagen, is radiostoring bij SO, HO en HP lampen geen probleem. Bij TL lampen kan zij echter aanleiding tot moeilijkheden geven, in het bijzonder als de lampen gebruikt worden voor de verlichting van betrekkelijk kleine ruimten, waar de afstand van de lampen tot den antenne-invoerdraad klein is, zooals dit bijv. bij verlichting van een woonkamer het geval kan zijn. Om geleiding der hoogfrequente trillingen naar het net zooveel mogelijk te voorkomen, is de smoorspoelwikkeling symmetrisch gedeeld, zoodat de lamp via een halve spoel met elk der beide leidingen van het net verbonden, (zie ook § 37). De lamp zelf en de leiding tusschen de lamp en het voorschakelapparaat kunnen nu echter door straling nog radiostoring veroorzaken. De storing door de lamp wordt door een kleinen condensator (10 000 µµF)

grootendeels onderdrukt. Om de straling van de leidingen tot een minimum te beperken, is het gewenscht de leidingen tusschen lamp en voorschakelapparaat kort te houden, hetgeen door de afmetingen van het voorschakelapparaat gemakkelijk uitvoerbaar is. Indien dan bovendien de afstand tusschen lamp en leiding eenerzijds en antenne-invoer anderzijds zoo lang mogelijk wordt gekozen, zal de storing in het algemeen binnen aanvaardbare grenzen blijven, terwijl men ten slotte, indien dit in bijzondere gevallen noodig mocht zijn, van een afgeschermden antenne-invoer al of niet gecombineerd met een ontstoringsfilter gebruik kan maken.

Evenals iedere schakelaar, zal de glimlichtschakelaar bij het verbreken van het contact radiostoring veroorzaken. Bij het ontsteken van de TL lamp is deze storing zoo kortstondig, dat men er slechts weinig hinder van ondervindt. Indien echter een lamp, waarvan de elektroden nog intact zijn, niet ontsteekt, zal de glimlichtschakelaar voortdurend blijven schakelen, hetgeen ernstige radiostoring kan veroorzaken. Om deze reden is het gewenscht defecte TL lampen uit te schakelen of uit den lamphouder te nemen. Ook in dit laatste geval staat geen spanning meer aan den glimlichtschakelaar, zooals uit het schakelschema van fig. 135 blijkt.

§ 91. DE LEVENSDUUR.

Door de geringe warmte-ontwikkeling hebben de insmeltplaatsen en de andere glasdeelen van de TL 100 lampen betrekkelijk weinig te lijden, zoodat de levensduur slechts zeer zelden door glassprong beëindigd wordt. Evenals bij andere gasontladingslampen, zullen echter de elektroden en het emittermateriaal, vooral bij veelvuldig schakelen, kunnen verdampen of ver-

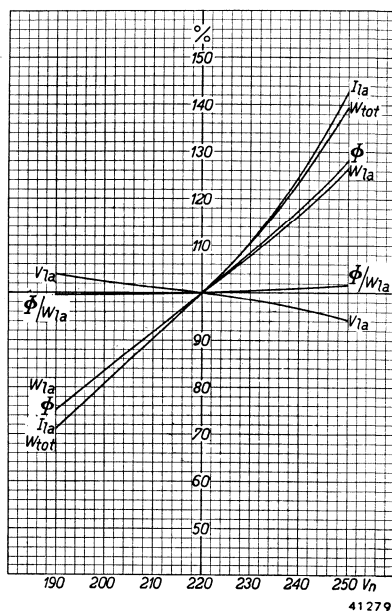


FIG. 139

Invloed van variaties in de netspanning op den lichtstroom Φ , de brandspanning V_{la} , den lampstroom I_{la} , het netto vermogen W_{la} , het bruto vermogen W_{tot} , en het netto lichtrendement Φ/W_{la} van een TL 100 lamp, welke via een normaal voorschakelapparaat op een 220 V net is aangesloten.

stuiven, hetgeen op den duur zwarting van den buiswand in de buurt van de electroden en/of hooge ontsteekspanning ten gevolge heeft. Treedt in een der electroden op de een of andere plaats een breuk op, dan is de kring, waarin de glimlichtschakelaar zich bevindt, onderbroken en kan deze niet in werking treden, zoodat geen ontsteking plaats vindt.

Bovendien kan echter de geheele buiswand langzamerhand afzwarten, ten gevolge van kwikafzetting in de fluoresceerende poederlaag. De kwikionen kunnen a.h.w. in het poeder geschoten worden en daar worden geneutraliseerd, waardoor een blijvend zwart neerslag ontstaat. In het geval, dat sterke zwarting, hetzij alleen in de nabijheid van de electroden, dan wel over den geheelen buiswand optreedt, verdient het aanbeveling de lamp te vernieuwen, zowol uit economische als dikwijls ook uit aesthetische overwegingen.

De gemiddelde levensduur der TL 100 lampen bedraagt bij normale schakelfrequentie ca. 2000 uur.

Ook de glimlichtschakelaar heeft een eindigen levensduur. De constructie is zoodanig, dat de glimlichtschakelaar een zeer groot aantal schakelingen verdraagt, zoodat één schakelaar voor vele TL 100 lampen dienst kan doen. Indien zich echter het zeldzame geval voordoet, dat de door den glimlichtschakelaar veroorzaakte spanningsstooten de TL lamp niet meer tot ontsteking kunnen brengen, zal de glimlichtschakelaar blijven schakelen zoolang de electroden van de TL lamp intact zijn. Behalve het feit, dat dit continue schakelen radiostoringen kan veroorzaken (§ 90), heeft dit een sterke verkorting van den levensduur van den glimlichtschakelaar ten gevolge, zoodat het ook om deze reden aanbeveling verdient een defecte TL lamp niet onder spanning te laten staan.

§ 92. TOEPASSINGEN.

Door hun sierlijken, langgerekten vorm leenen de TL 100 lampen zich bijzonder goed voor een decoratieve toepassing. Ten gevolge van hun lage helderheid kunnen deze lampen in het gezichtsveld worden aangebracht, zonder dat ze verblindend werken, terwijl de speciale huls het mogelijk maakt de lampen tot bijna ononderbroken lichtlijnen samen te voegen. In de lichtarchitectuur wordt dan ook een dankbaar gebruik gemaakt van de met deze lichtbronnen gegeven nieuwe mogelijkheden.

Daarnaast vinden de TL 100 lampen echter een zeer be-

langrijk toepassingsgebied in de utiliteitsverlichting, waarbij de decoratieve mogelijkheden natuurlijk niet verwaarloosd behoeven te worden. Hoewel de helderheid laag is en uit dien hoofde dus geen afscherpende of diffuseerende armaturen noodig zijn, zal het dikwijls van belang zijn in de nabijheid van de TL lampen zoodanig geconstrueerde spiegelende of diffuus reflecteerende oppervlakken aan te brengen, dat niet onnoodig een gedeelte van het licht voor de gewenschte verlichting verloren gaat. Men zal daarom dikwijls toch armaturen gebruiken, die dan bovendien nog van een diffuseerende ruit van matglas, cellon of dgl. kunnen worden voorzien, indien men een bijzonder zacht licht wenscht. In fig. 140 geven wij een afbeelding van een eenvoudig, open armatuur voor een TL 100 lamp.

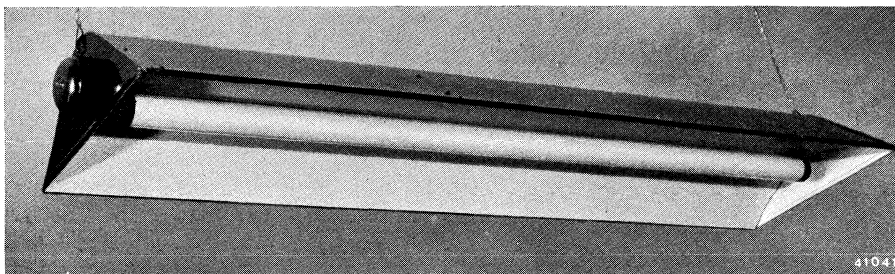


FIG. 140

Voorbeeld van een armatuur voor een TL 100 lamp voor utiliteitsverlichting.

Het feit, dat de tijd, die verloopt tusschen het inschakelen en het moment, waarop de TL lampen hun vollen lichtstroom geven, practisch te verwaarloozen is, maakt deze lampen speciaal voor binnenverlichting zeer aantrekkelijk. Bovendien kan het feit, dat de hoeveelheid warmtestraling, die het licht begeleidt, zeer gering is, in bepaalde omstandigheden een voordeel zijn, b.v. wanneer men in een vitrine levensmiddelen en dergelijke aan bederf onderhevige stoffen bij een tamelijk hoog verlichtingsniveau uitstalt.

De drie kleuren, waarin de lampen worden geleverd, dekken vrijwel alle denkbare toepassingsgebieden. Zooals wij in § 86 gezien hebben, komt de daglichtkleur het meest in aanmerking voor die toepassingen, waar men ten allen tijde over een constante lichtkleur wil beschikken, waarbij de beoordeeling van allerlei tinten en kleuren dezelfde is als die bij gemiddeld daglicht.

Wanneer men het verlichtingsniveau niet te laag kiest, zal de daglichtkleur bovendien toepassing kunnen vinden als aan-

vulling van het natuurlijke daglicht. Als toepassingsgebieden noemen wij bijv. de textielindustrie, de verf- en lakindustrie, modemagazijnen, kantoren, teekenzalen, levensmiddelenbedrijven, showrooms, tentoonstellingen, musea, de grafische industrie, enz.

De warm witte kleur komt minder voor algemeene toepassing in aanmerking, daar lampen van deze kleur zich slecht leenen om tezamen met gloeilampen of daglicht te worden gebruikt. Voor verlichting van restaurants, bars, vergaderzalen, woonkamers en dgl. kan met TL lampen in deze kleur echter, ten gevolge van de hiermee verkregen frissche kleurweergave, een bijzonder aantrekkelijke sfeer worden verkregen.

In de TL lampen in de kleur „wit" ten slotte, zijn lichtbronnen voor algemeene binnenverlichting in den meest uitgebreiden zin van het woord gerealiseerd. Het toepassingsgebied voor deze lampen is dan ook vrijwel onbegrensd, zoodat het ondoenlijk is een eenigszins volledig overzicht hiervan te geven.

Als voorbeeld van de mogelijkheden van de witte TL lampen noemen wij de verlichting van winkels, etalages, kantoren, woonkamers, gangen, restaurants, tentoonstellingen, showrooms, werkplaatsen, enz.



Een levensmiddelenbedrijf te Rotterdam,
verlicht door 40 TL 100 buislampen.



Voorbeeld van een neon lichtreclame-installatie.

HOOFDSTUK V

GASONTLADINGSLAMPEN VOOR RECLAME- EN MARKEERINGSDOELEINDEN

Tot nog toe bespraken wij de gasontladingslampen, die hoofdzakelijk voor verlichtingsdoeleinden gebruikt worden. In dit hoofdstuk zullen wij ons bezig houden met een groep van lampen, die voornamelijk bestemd zijn om zelf gezien te worden en door hun opvallende kleur en/of vorm de aandacht te trekken.

§ 93. NEONLAMPEN VOOR VLEGVELDBEBAKENING.

Bij de verlichting van vliegvelden zijn in hoofdzaak de volgende punten van belang. In de eerste plaats moeten vorm en grenzen van het voor de landing van een vliegtuig geschikte terrein door *omrandingslichten* worden aangeduid. In de tweede plaats is het aangeven van hindernissen in de naaste omgeving van het vliegveld door *hindernislichten* noodzakelijk, terwijl in de derde plaats de eigenlijke landingsvlakte door *landingslichten* verlicht moet worden. Voor het landen bij slecht zicht in den mist, moeten nog bijzondere verlichtingsmaatregelen worden getroffen. Men past in dit geval nog *aanlooplichten*, *drempellichten* en *lichtknoppen* in de landingsbaan toe. Eén of meer aanlooplichten vóór de grens van het vliegveld kunnen de inzwefbaan markeeren, terwijl de drempellichten dienen om in dat geval de grens van het landingsterrein te accentueeren. De eigenlijke landingsbaan wordt dan door in den grond verzonken lichtknoppen aangegeven, daar de landingslichten bij mist onbruikbaar zijn.

Als kleur voor de omrandingslichten wordt normaal het z.g. „luchtvaartgeel“ gebruikt, bij uitzondering ook het „luchtvaartrood“. In het laatste geval moeten de omrandingslichten, ter vermindering van verwarring met andere gevaar aanduidende lichtbronnen, een langgerekten vorm hebben. Als kleur voor de hindernislichten is internationaal luchtvaartrood aanvaard, terwijl dit ook voor de aanlooplichten gebruikt wordt, daar rood bij mist belangrijk beter zichtbaar is dan andere kleuren. Voor drempellichten en landingsbaanlichtknoppen komt eventueel luchtvaartgeel in aanmerking.

Onder de door de Conférence Aéronautique Internationale vastgelegde definitie van luchtvaartrood valt de kleur der neonlampen, terwijl de kleur der natriumlampen in het als luchtvaartgeel omschreven gebied van den kleurendriehoek ligt. Beide lichtsoorten komen dus voor de diverse vliegveldbakenlichten in aanmerking. In fig. 34 gaven wij reeds een foto van een lichtknoplandingsbaanlicht, waarin een natriumlamp werd toegepast.

Wij wijzen er nog op, dat het feit, dat natriumlicht monochromatisch is, voor markeeringsdoeleinden zeer belangrijk is, omdat het hierdoor onmogelijk is, dat door selectieve absorptie of bij lage intensiteit kleurveranderingen optreden.

Zoals wij in de natriumlampen een economische bron van geel licht bezitten, zijn de neonlampen de aangewezen lichtbronnen om het roode licht op goedkoope wijze te produceeren. De met neonlampen bereikte specifieke lichtstroom is nl. zeer veel hooger dan die van gloeilampen, die van een rood filter zijn voorzien.

In aanmerking komen de volgende typen:

Neon omrandingslicht.

Zoals wij zagen, is het, om verwarring te voorkomen, noodig de omrandingslichten, indien deze als roode lichten worden uitgevoerd, een langgestreken vorm te geven. Men gebruikt hier-

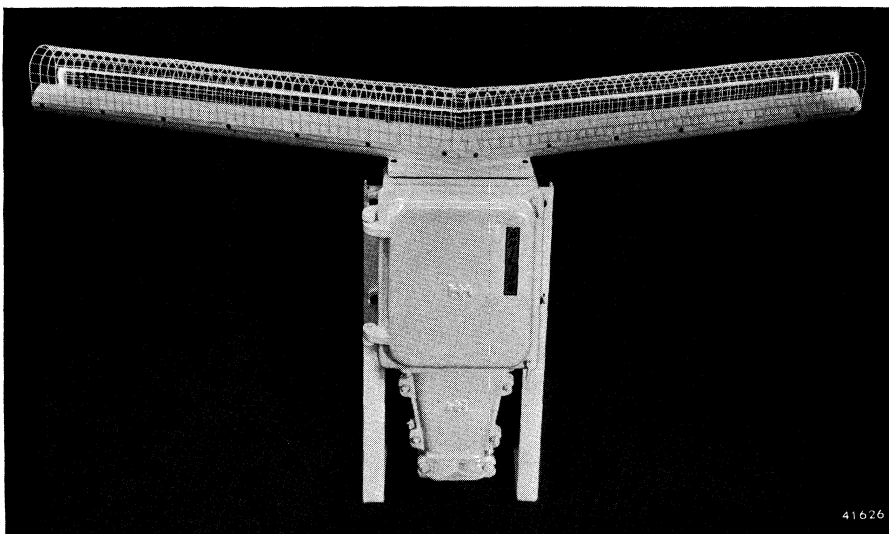


FIG. 141

Neon omrandingslicht. De neonlamp is V-vormig en wijst met de punt naar het vliegveld.

voor practisch alleen neon-hoogspanningsbuizen, die dan meestal den vorm van een wijd geopende V hebben, waarvan de punt naar het vliegveld wijst. In fig. 141 is een foto van een dergelijk omrandingslicht gegeven. Het bestaat uit een V-vormige neonlamp van 2 m lengte, die gedragen wordt door twee metalen stangen, tusschen welke een waterdichte aansluitkast is aangebracht, die den hoogspanningstransformator bevat.

In onderstaande tabel zijn eenige gegevens van de lamp vereenigd.

Lichtstroom	100	Dlm
Maximale verticale lichtsterkte	190	k
Bruto vermogen 220 V	110	W
Openspanning van den transformator	3000	V
Brandspanning	1050	V
Netstroom bij 220 V	1,65	A
Totale arbeidsfactor bij 220 V	0,3	
Condensator voor verbetering van den arbeidsfactor $\alpha_{tot} = 0,8$	19	μF
Netstroom bij 220 V na verbetering van den arbeidsfactor	0,65	A

Neon aanlooplicht.

Hiervoor komt in hoofdzaak een neonlamp van 1 m lengte en 45 mm diameter in aanmerking. In fig. 142 is een neon aanlooplicht afgebeeld, waarin deze lamp in een cilindrisch-parabolischen spiegel is gemonteerd.

Deze lampen zijn, door voor het ontsteken een speciaal maatregel toe

te passen, geschikt gemaakt om via een smoorspoel direct op het 220 V net aangesloten te kunnen worden; de electroden worden afzonderlijk verhit, terwijl een extra spanningsstoot daarna het ontsteken bewerkt. In fig. 143 is de schakeling van deze lamp weergegeven. T is de gloeistroomtransformator voor de gloeielectroden K die met 2 V, 18 A werken. S is de voorschakelsmoorspoel, R en B vormen een tijdrelais, dat de in het begin kortge-

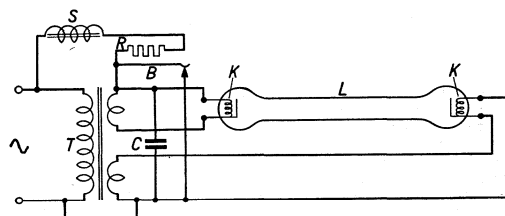


FIG. 143

412e5

Schakeling van de neonlamp, welke in het in fig. 141 afgebeelde aanlooplicht wordt gebruikt. De electroden K worden door den gloeistroomtransformator T gevoed. De lamp L wordt door de smoorspoel S gestabiliseerd. R en B vormen een tijdrelais, dat de eerst kortgesloten lamp pas aansluit als de electroden voldoende verhit zijn.



FIG. 142

Neon aanlooptlicht. De neonlamp is in een cilindrisch-parabolischen spiegel gemonteerd.

sloten lamp L eerst aansluit, als de electroden voldoende verhit zijn. De ontsteking van de lamp geschiedt dan automatisch door het tijdrelais. De parallel aan de lamp geschakelde condensator C bevordert de herontsteking, vermindert daardoor de benoedigde netspanning en dient tevens ter voorkoming van radio-storingen.

In onderstaande tabel zijn eenige gegevens van de lamp vereenigd:

Lichtstroom	630	Dlm
Maximale lichtsterkte in spiegel	11 000	k
Bruto vermogen 220 V	475	W
Brandspanning	100	V
Netstroom bij 220 V	5	A
Totale arbeidsfactor bij 220 V	0,43	
Condensator voor verbetering van den arbeidsfactor tot $a_{tot} = 0,9$	50	μF
Netstroom bij 220 V na verbetering van den arbeidsfactor	2,4	A

De lampen zijn van een centreerhuls voorzien, zoodat de juiste stand ten opzichte van den spiegel automatisch gewaarborgd is.

Neon hindernislicht.

De lamp, die hiervoor gebruikt wordt doet, wat haar uiterlijk betreft, eenigszins aan een HO lamp denken. De diameter van de ontladingsbuis is 24 mm, terwijl de diameter van den buitenballon 38 mm bedraagt. De totale lengte van de lamp bedraagt 220 mm. De lamp wordt ter bescherming tegen regen e.d. in een waterdichte glazen klok gemonteerd, zooals in fig. 144 getoond wordt.

Als voorschakelapparaat dient de spaarlektransformator, welke ook voor de natriumlampen SO 650, SO 400, SO 250 wordt gebruikt. Dikwijls worden twee lampen in veiligheidsschakeling (zie § 17a) op één apparaat gebruikt, waardoor de reserveslamp automatisch de rol van de andere lamp overneemt, als deze defect raakt.

In onderstaande tabel zijn eenige gegevens van deze lamp verenigd.

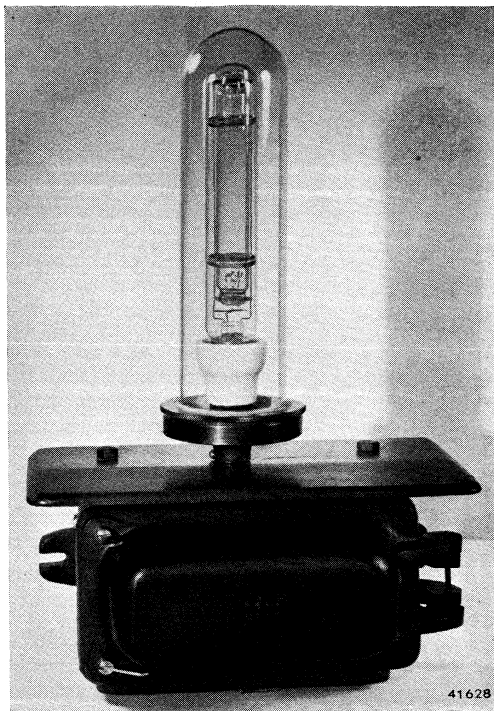


FIG. 144

Neon hindernislicht. De lamp wordt gevoed via een spaarlektransformator welke in de afgebeelde gietijzeren kast is ondergebracht. Dikwijls worden twee lampen parallel achter één transformator in veiligheidsschakeling gebruikt.

Lichtstroom	13,5	Dlm
Maximale lichtsterkte	11	k
Bruto vermogen 220 V	45	W
Brandspanning	40	V
Netstroom bij 220 V	1,45	A
Totale arbeidsfactor bij 220 V	0,15	
Condensator voor verbetering van den arbeidsfactor tot $\alpha_{tot} = 0,8$	19	μF
Netstroom bij 220 V na verbetering van den arbeidsfactor	0,30	A
Huls	Swan B 22	

§ 94. NEON RECLAMEBUIZEN.

Onder den naam neon reclamebuizen vat men nog dikwijls vrijwel alle gasontladingslampen, die voor reclamedoeleinden gebruikt worden, samen, ook al vindt de ontlading niet in neon plaats.

Dit vindt zijn oorzaak in het feit, dat de met n e o n gevulde ontladingsbuizen de eerste gasontladingslampen waren, die een belangrijk toepassingsgebied verkregen. In 1910 paste C l a u d e voor het eerst de als bijproduct van de fabricage van vloeibare lucht gewonnen edelgassen, als vulling voor gasontladingslampen toe, maar eerst na den vorigen wereldoorlog vonden de neon reclamebuizen een uitgebreide toepassing.

Als voorlooper van de neonbuizen is het z.g. M o o r e licht te beschouwen. Reeds in 1893 poogde de Amerikaan M o o r e gasontladingslampen als lichtbron toe te passen. Hij vulde daartoe de buizen met koolzuur of met stikstof. In het eerste geval ontstaat een blauw-wit licht, in het tweede geval is de kleur van het licht goudgeel. Een enkele maal worden de CO₂ buizen nog wel als daglichtlampen toegepast, maar het zeer lage lichtrendement (ca. 0,2 Dlm/W) maakt het gebruik onaantrekkelijk. Een bezwaar van deze lampen was vroeger, dat het vulgas tijdens het branden langzamerhand door de elektroden en door den glaswand geabsorbeerd werd. Later heeft men voor een automatische nalevering van het gas gezorgd, bijv. door toepassing van een ventiel. Bij toepassing van edelgassen is een dergelijke maatregel overbodig, daar deze gassen slechts zeer langzaam uit de ontlading verdwijnen.

Wordt n e o n als gasvulling gebruikt, dan ontstaan de r o o d e lichtreclamebuizen, terwijl een r o s e-w i t t e kleur door gebruik van h e l i u m en een b l a u w e kleur door gebruik van een neon-argon-k w i k mengsel verkregen wordt. Bij de blauwe lampen is de kleur aan de ontlading in kwikdamp van zeer lagen druk toe te schrijven. De edelgasvulling heeft in normale omstandigheden geen invloed op de kleur en dient o.a. voor verlaging van de ontsteekspanning. Slechts bij zeer lage omgevingstemperaturen kan, wanneer de dampdruk van het kwik zoo laag wordt, dat de ontlading niet meer door kwikionen gedragen kan worden, het argon de ontlading gedeeltelijk overnemen. De kleur van de argonontlading komt voldoende dicht bij die van de kwikontlading om in dit geval ernstigen kleuromslag te voorkomen. Is, behalve kwik, alleen neon aanwezig, dan wordt, bij lage omgevings-

temperatuur, de ontlading door het neon overgenomen en gaat de lamp rood branden.

Door filterwerking kunnen gele en groene lampen worden verkregen. Een geel licht ontstaat door de heliumontlading in een gelen ballon te doen plaats vinden, terwijl bij de groene lampen het licht van de kwikontlading door groen, geel of bruin filterglas naar buiten treedt. Toepassing van luminoforen heeft het aantal kleuren, dat verkregen kan worden, sterk uitgebreid. Daar hierdoor bovendien het lichtrendement belangrijk toeneemt, treedt het gebruik van lampen met fluoresceerenden wand hoe langer hoe sterker op den voorgrond.

In het algemeen worden de neon reclamebuizen van koude electroden voorzien; de lampen worden steeds aan hoogspanning aangesloten. De reden, waarom hoogspanning gebruikt wordt, ligt in den grooten kathodenvol, die bijv. bij neon met ijzeren electroden ca. 150 V bedraagt. Door de hoge spanning ontstaat een zeer heftig ionenbombardement op de electroden, hetgeen verstuiving van het electrodenmateriaal ten gevolge heeft. Bij toenemende stroomdichtheid op de kathode stijgt de kathodenvol, waardoor de verstuiving eveneens toeneemt. Om deze reden is het ongewenscht de neon reclamebuizen met hoge stroomen te bedienen, tenzij electroden, die van een emitterlaag voorzien zijn en die bovendien nog als gloeielectroden uitgevoerd kunnen zijn, worden gebruikt. De buizen met koude electroden worden daarom altijd voor een lage stroomsterkte geleverd, bijv. voor 50 mA. Dit heeft ten gevolge, dat de lichtstroom per lengte-eenheid klein is, zoodat deze lampen zich niet voor verlichting leenen, maar vrijwel uitsluitend voor reclame- en decoratiedoeleinden gebruikt worden.

De brandspanning van de lampen hangt van den diameter en van de lengte af. Zij bedraagt voor een neonbuis van 13 mm diameter ca. 550 V per meter. De benodigde openspanning van den transformator is ten gevolge van deze hoge brandspanning aanzienlijk; daar men bovendien de neonreclamebuizen vrijwel uitsluitend in serieschakeling gebruikt, is de openspanning reeds bij betrekkelijk kleine totale buislengte zeer groot. Mede op grond van in bepaalde landen bestaande voorschriften, kiest men de openspanning van de transformatoren niet hooger dan 6000 V. Het midden van de secundaire wikkeling, die van de primaire afgeschermd is, wordt geaard. In verband met de hoge spanning worden bijzondere eischen aan de leidingen gesteld, wat materiaal, afscherming en aarding betreft.

In verband met het toepassingsgebied is er zeer weinig aan deze lampen gestandaardiseerd. De stroomsterkte is, voor zoover koude electroden gebruikt worden, tot maximaal ca. 150 mA beperkt. Mede in verband met de helderheid, is het gewoonte de lampen met den kleinsten diameter ook de kleinste stroomsterkte te geven, terwijl de lampen met wijdere buis hooger belast worden. De meest gebruikelijke diameter is 22 mm, waarbij de stroomsterkte gewoonlijk ca. 50 mA bedraagt. Voor zeer groote letterhoogten gaat men zoowel in diameter als in stroomsterkte hooger, terwijl men voor kleinen tekst of voor etalagereclame bijv. 13 mm als diameter kiest, waarbij men dan met de stroomsterkte tot 10 à 25 mA teruggaat.

De neon reclamebuizen worden door de Philips-Osram Neon N.V. in den handel gebracht en meestal op bestelling geleverd. Een installatie bestaat uit verschillende buizen, systemen genaamd, die, afhankelijk van de te vormen letters of figuren, verschillende lengten kunnen hebben. Met het oog op de handelbaarheid, de breukmogelijkheden tijdens het verzenden, e.d. wordt de lengte der systemen zelden langer dan 2 m gekozen. Op één transformator kunnen dan, afhankelijk van de totale brandspanning, een aantal systemen worden aangesloten. Gewoonlijk kiest men de gezamenlijke brandspanning, met het oog op de bedrijfszekerheid, niet hooger dan 3000 à 3500 V, hetgeen voor een buisdiameter van 22 mm ongeveer overeenkomt met 11 m kwikbuis of 8 m neonbuis. Deze maximaal toelaatbare lengten variëren met den diameter: voor 13 mm zijn deze bijv. resp. 7 en 5 m, voor 45 mm resp. 17 en 13 m.

De transformator wordt meestal als lektransformator uitgevoerd, maar ook vinden nog wel starre transformatoren in combinatie met losse smoorspoelen of weerstanden toepassing. Behalve de transformatoren voor een aantal in serie geschakelde systemen worden ook z.g. inbouwtransformatoren in den handel gebracht, die slechts voor één systeem bedoeld zijn. In het algemeen is deze schakeling duurder, hoewel zij in bepaalde gevallen economische voordeelen kan bieden, bijv. als de afstand van de verschillende aangesloten systemen tot den gemeenschappelijken transformator groot is. In dat geval kan men nl. door gebruik van inbouwtransformatoren de hooge kosten van de lange hoogspanningsleidingen van den transformator naar de lampen sparen.

Om de reclamewerking van de lampen ook overdag beter tot haar recht te doen komen, worden de letters dikwijls in reliëf op een donker geverfde kast aangebracht, waarin dan de elec-

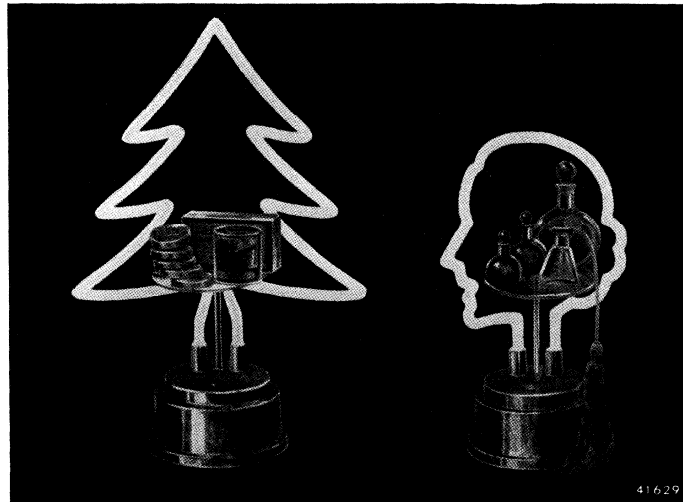


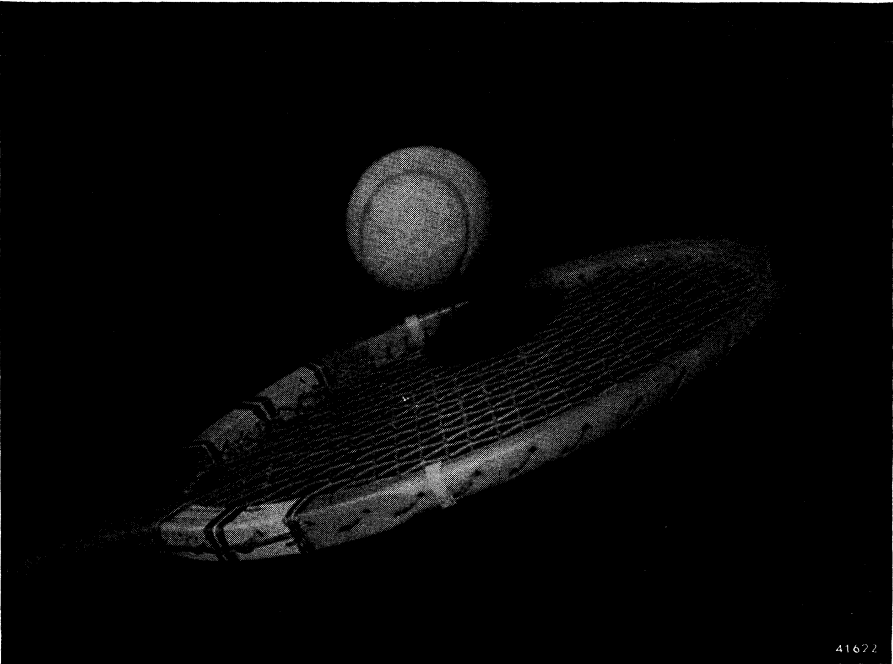
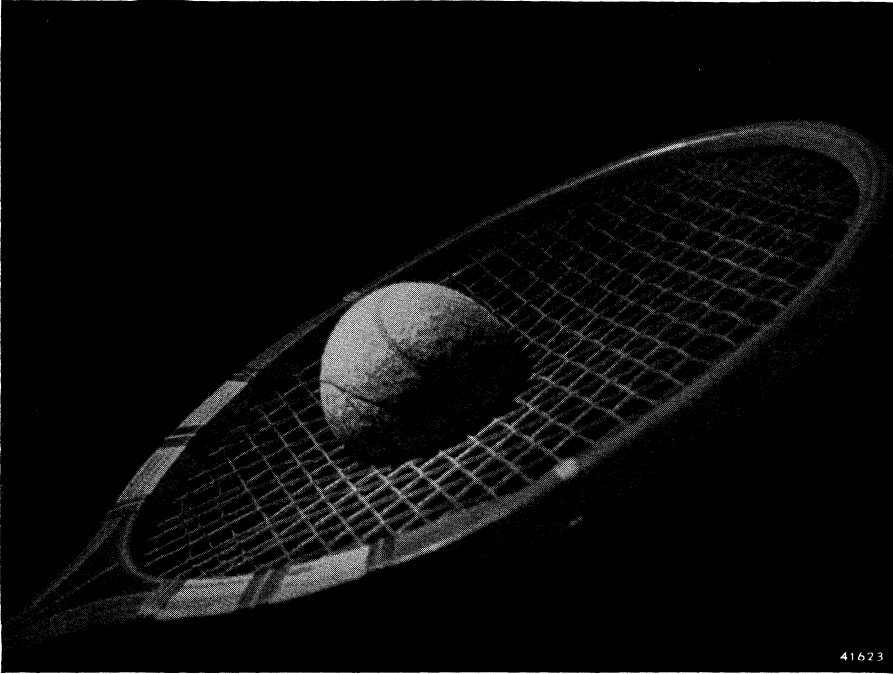
FIG. 145

Etalage-ornamenten.

De hulzen van de neonlamp zijn in den voet verborgen. In het voetstuk bevindt zich eveneens de hoogspanningsinbouwtransformator.

treden, die in een omgebogen gedeelte van de buis zijn ondergebracht, verborgen zijn. Bovendien kan men de lampen in opaalglas uitvoeren, waardoor eveneens de reclamewerking bij daglicht verhoogd wordt. Bij buizen met fluoresceerenden wand is dit natuurlijk niet noodig. Op blz. 226 is een voorbeeld van een neon reclame-installatie gegeven.

Ook voor etalage-effecten worden de neon reclamebuizen dikwijls gebruikt. Zoo vinden zij toepassing in lichtreclames in etalages; zij onderscheiden zich dan alleen door hun veel kleinere afmetingen van de besproken reclame-installaties aan gevels, daken, enz. Daarnaast worden ook etalage-ornamenten geleverd, die uitsluitend ten doel hebben door vorm en lichtkleur de aandacht te vestigen op bepaalde geëtaleerde voorwerpen. In fig. 145 geven wij een voorbeeld van een dergelijk ornament.



Het treffen van een tennisbal op een racket. De eerste foto toont den bal bij aankomst, de tweede legt het oogenblik, waarop de bal zijn beweging omkeert, vast. De vervorming van den bal en die van het racket zijn zeer duidelijk te zien.

HOOFDSTUK VI

DE STROBOSCOOPLAMP

§ 95. DE STROBOSCOOPLAMP.

Reeds herhaalde malen vermeldden wij, bij de bespreking der verschillende gasontladingslampen, de stroboscopische effecten, welke door het periodieke dooven van het ontladingslicht bij iedere omkeering van de stroomrichting tot stand kunnen komen. Van deze eigenschap, die bij de tot nu behandelde lampen onder omstandigheden hinderlijk kan zijn, wordt nu bij den Philips stroboscoop een nuttig gebruik gemaakt. Verlicht men nl. een voorwerp, dat zich op een zoodanige wijze beweegt, dat het steeds na een gelijken, korten tijdsduur in denzelfden stand terugkeert, met een lichtbron, die alleen licht geeft op het oogenblik, dat het voorwerp zich in dien stand bevindt, dan staat het voorwerp schijnbaar stil. Hierdoor wordt het mogelijk voorwerpen in beweging rustig te bestudeeren, hetgeen bijv. voor draaiende of trillende machine-onderdeelen, zooals assen, tandwielen, propellers, enz. tot belangrijke conclusies kan voeren.

De Philips stroboscoop type GM 5500 nu is ontworpen met het doel op bewegende voorwerpen zeer sterke lichtflitsen te richten; de frequentie van deze flitsen kan over een zoo groot gebied gevarieerd worden, dat voor vrijwel alle technische toepassingen, bewegende voorwerpen, die aan de voorwaarde voldoen, dat ze periodiek in denzelfden stand terugkeeren, schijnbaar stilstaand bekeken kunnen worden.

Door de stroboscooplamp worden kortstondige krachtige stroomstooten met een regelbare frequentie gevoerd, waardoor lichtflitsen van zeer hooge intensiteit ontstaan. De lamp, waarvan wij in fig. 146 een afbeelding geven, bestaat uit een kwartsglazen ontladingsbuisje, gevuld met argon van ca. 1 at druk. Voor het concentreeren van het licht is het ontladingsbuisje gemonteerd in een ballon van bijzonderen vorm, welke inwendig van een aluminium spiegel is voorzien. Voor scherpe verlichting van betrekkelijk kleine voorwerpen of onderdeelen, wordt de ballon van helder glas gemaakt, terwijl de lamp voor een meer

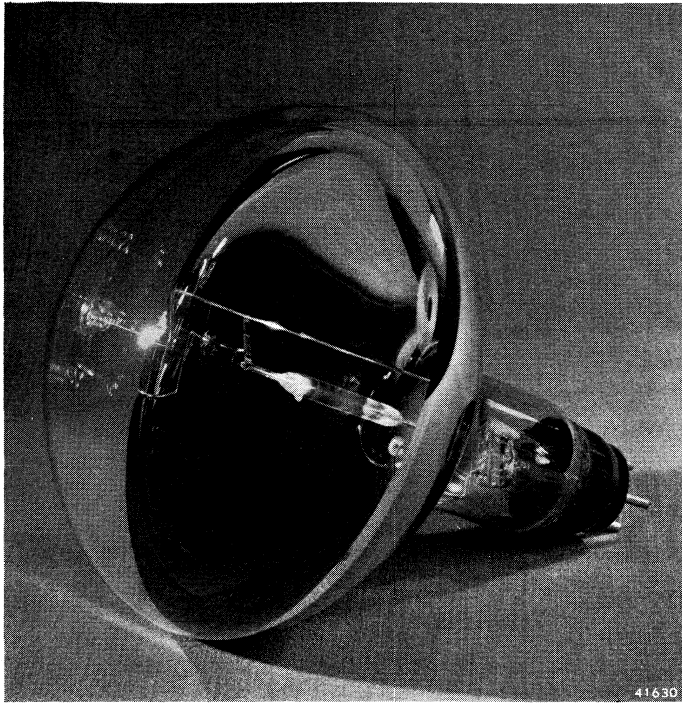


FIG. 146

Foto van de stroboscooplamp.

diffuse verlichting met een gematteerden ballon wordt geleverd. De lichtvlek, welke bij de gematteerde lamp ontstaat, heeft een ca. vijf maal grooteren diameter dan die welke bij de heldere lamp optreedt, terwijl de maximale verlichtingssterkte in het eerste geval ca. $2\frac{1}{2}$ maal kleiner wordt.

Voor het ontsteken van het ontladingsbuisje is een hooge spanning noodig, welke verkregen wordt door, op overeenkomstige wijze als dit bij de „Biosol“ lampen het geval is (zie § 67) even de secundaire wikkeling van een kleinen transformator met het net in serie te schakelen. De hooge spanning (ca. 2000 V) die hierdoor op de lamp komt, is ruim voldoende om het ontsteken te bewerken, ook als de lamp warm ingeschakeld moet worden.

Om de lamp de benodigde hooge stroomstooten met een regelbare frequentie toe te kunnen voeren, is een tamelijk ingewikkeld apparaat noodig. In fig. 147 geven wij een afbeelding van de lamp met volledig apparaat in een bepaalden uitvoeringsvorm, terwijl wij in fig. 148 het principieschema van het apparaat geven. Van een stuurgenerator G welke, evenals bij een kathode-

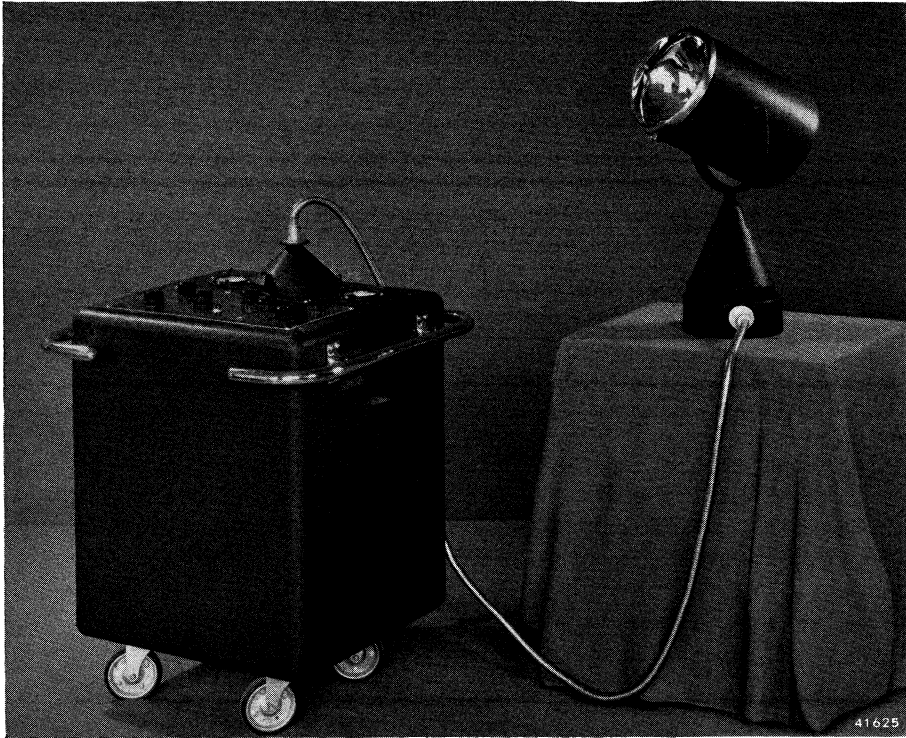


FIG. 147

De complete stroboscoop. De lamp is geheel vrij verplaatsbaar, terwijl het voedingsapparaat in een verrijdbare kast met bedieningsknoppen is ondergebracht.

straaloscillograaf, uit een RC-generator met thyatron (roosterge- stuurde gasontladings- buis) bestaat, worden de spanningsstooten aan een relaisbuis (L_2) toegevoerd. Deze relaisbuis is zoodanig geconstrueerd, dat zij de zeer hoge stroom- stooten, welke ca. 2000 A betragen, gedurende langen tijd kan verdragen. Deze stroomstooten worden dan aan de stroboscoop-

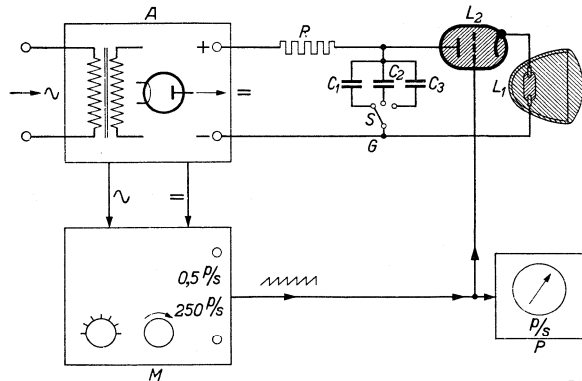


FIG. 148

Principeschema van den Philips stroboscoop.

41653

lamp (L_1) toegevoerd, waar zij de gewenschte lichtflitsen opwekken.

De stuurgenerator is zoodanig variabel, dat de frequentie van de lichtflitsen continu tusschen $\frac{1}{2}$ en 250 per/sec ingesteld kan worden. Door omschakeling van de condensatoren C_1 , C_2 , C_3 kan de intensiteit van de lichtflitsen naar behoefte in de verhouding van ca. 1 : 10 worden gevarieerd.

Het voedingsapparaat A bevat een transformator, waardoor de primaire wikkeling door middel van een spanningscarroussel op netspanningen van 110—245 V kan worden aangesloten. Het primair opgenomen vermogen bedraagt ongeveer 800 W, bij een arbeidsfactor van ca. 0,8.

Daar de brandspanning ca. 100 V bedraagt en de maximale stroomsterkte ca. 2000 A, is de topwaarde van het door de lamp opgenomen vermogen ca. 200 kW. Dank zij den uiterst korten tijdsduur van de stroomstooten (ca. 15 μ sec) is het gemiddelde over de aan- en uit-perioden opgenomen vermogen slechts ca. 75 W, zoodat de altijd lastige waterkoeling kon worden vermeden. De maximale verlichtingssterkte bedraagt voor de uitvoering in helderen ballon ca. 10 000 000 lux op een afstand van 2 m. De lichtsterkte bereikt dan maximaal de waarde van 150 000 000 k. In een gematteerden ballon bedraagt de maximale verlichtingssterkte ca. 1 200 000 lx op een afstand van 2 m. De lichtvlek is bij de lamp met gematteerden ballon echter veel grooter. Definieeren we deze vlek als het oppervlak, waarbinnen de verlichtingssterkte niet meer dan een factor 2 verschilt, dan heeft deze lichtvlek voor de lamp in gematteerden ballon een diameter van ca. 85 cm op 2 m afstand.

§ 96. TOEPASSINGEN.

De toepassingen van de stroboscooplamp zijn velerlei. Vele periodiek verloopende bewegingen kunnen met behulp hiervan bestudeerd worden. Het apparaat kan worden gesynchroniseerd met een mechanisch bewogen contact, met de netfrequentie en met een vreemde wisselspanning. Hierdoor kunnen allerlei bewegingen stilstaand worden bekeken, waarbij de zeer hoge lichtintensiteit een goede zichtbaarheid waarborgt. Door den zeer korten flitsduur van ca. 15 μ sec kunnen zelfs de fijnste structuurdetails ook bij hoge snelheden, worden waargenomen.

Het apparaat is zoodanig geconstrueerd dat het mogelijk is, desgewenscht ook eenmaal optredende lichtflitsen tot stand te

brengen. De lichtintensiteit is zoo groot, dat ook bij één flits goede fotografische opnamen gemaakt kunnen worden. Bij een openingsverhouding van F 22-F 11 kunnen nog zeer goede foto's worden genomen. In fig. 149 en op de foto's van blz. 236 geven wij enkele voorbeelden van aperiodisch verloopende, snelle bewegingen, die met behulp van den Philips stroboscoop zijn gemaakt.

De toepassingsmogelijkheden zijn zoo uitgebreid en liggen op zoo sterk van elkaar verschillende terreinen, dat het ondoenlijk is hiervan een overzicht te geven. Als min of meer willekeurige voorbeelden noemen wij het gebruik bij het onderzoek naar trillingen in assen, naar cavitatie van scheepsschroeven, voor bewegingsstudies, in spinnerijen, bij draai- en fraisbanken, vliegtuigbouw, enz.

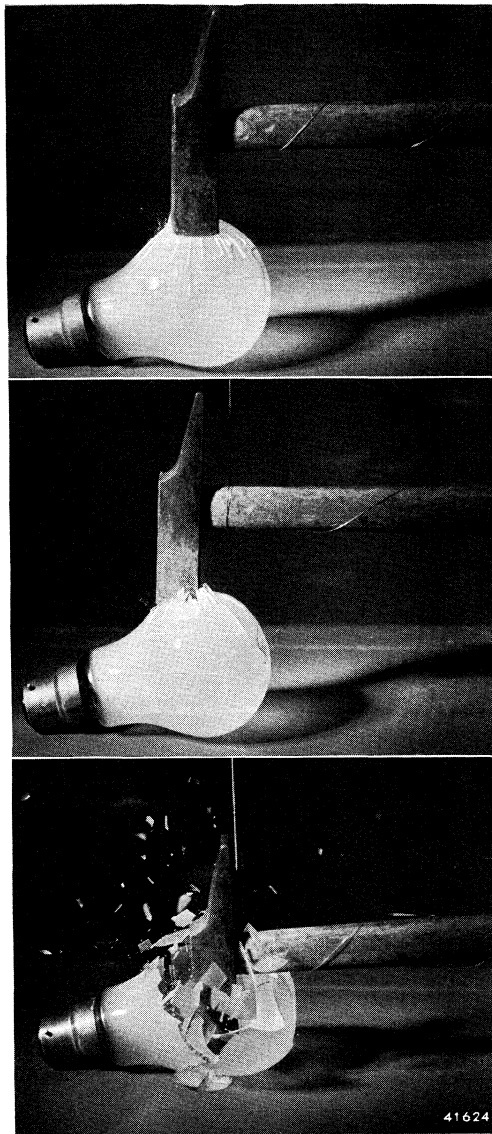


FIG. 149

Verbrijzeling van een gloeilamp met een hamer in drie stadia, zooals deze met behulp van den Philips stroboscoop zijn gefotografeerd. Dank zij den zeer korten belichtingstijd (ca. 10^{-5} sec) blijven de beelden, ondanks de snelle beweging, scherp.

AANHANGSEL

1. LIJST VAN GEBRUIKTE SYMBOLEN EN INDICES.

Symbool	B e t e e k e n i s
B	inductie, helderheid
C	capaciteit
E	energie
F(e)	relatieve erytheemfactor
G	gezichtsscherpte
H	veldsterkte, subjectieve helderheid
I	stroom (hoofdletter voor effectieve waarde, kleine letter voor momenteele waarde)
L	zelfinductie
R	ohmsche weerstand
V	spanning (hoofdletter voor effectieve waarde, kleine letter voor momenteele waarde)
V_{α}	eerste aanslagspanning
V_i	ionisatiespanning
V_{λ}	relatieve ooggevoeligheid in golflengte λ
W	vermogen
c	lichtsnelheid (= 3×10^{10} cm/sec)
d	diameter
e	lading electron (= $4,80 \times 10^{-10}$ E.S.E.)
h	constante van Planck (= $6,61 \times 10^{-27}$ erg sec)
s	straling
t	tijd
x, y, z	kleurcoördinaten volgens het I.C.I. systeem
a	arbeidsfactor
λ	golflengte
ν	frequentie
φ	fasehoek
Φ	lichtstroom
ign	ontsteek-
k	kortsluit-
L	zelfinductie-
I_{α}	lamp- ($V_{I_{\alpha}}$ -brandspanning)
max	maximum
min	minimum
n	net-
pr	primair
rign	herontsteek-
sec	secundair
tot	totaal

2. OVERZICHTSBLADEN.

In de volgende overzichtsbladen zijn vermeld:

- a. De belangrijke gegevens van de „Philora“ lampen voor algemeene verlichtingsdoeleinden en van hun voorschakelapparaten (blz. 249—260). Hierbij valt het volgende op te merken: Evenals alle in dit boek vermelde lichttechnische en elektrische gegevens van lampen en apparaten, zijn ook de in deze overzichtsbladen gegeven waarden als gemiddelden op te vatten, zoodat kleine afwijkingen bij individueele lampen mogelijk zijn.

In het bijzonder moet er de aandacht op worden gevestigd, dat wijzigingen in de maten en gewichten, speciaal van de voorschakelapparaten, moeten worden voorbehouden.

In de overzichtsbladen is sprake van een „kenletter“. Deze letter is op alle lampen en apparaten aangebracht. Dit heeft ten doel aan te geven, dat lampen en apparaten, die van eenzelfde kenletter zijn voorzien, bij elkaar behooren. Lampen met **Ⓐ** gemerkt zullen dus slechts in combinatie met een apparaat, dat eveneens met **Ⓐ** gemerkt is, op de juiste wijze worden belast.

Onder den aanloopstroom wordt verstaan de stroom, die terstond na het inschakelen van de lamp aan het net wordt ontnomen. Deze stroom bereikt na korten tijd de waarde van den netstroom, die eveneens is vermeld.

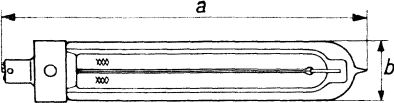
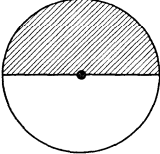

Onder arbeidsfactor wordt verstaan de verhouding van het bruto, dus door lamp en apparaat samen, opgenomen vermogen tot het product van netspanning en netstroom. Deze arbeidsfactor kan verhoogd worden door gebruik te maken van een parallelcondensator. In de overzichtsbladen is voor ieder lampentype de gebruikelijke condensator vermeld, terwijl tevens de hiermee bereikte waarden van aanloopstroom, netstroom en arbeidsfactor zijn opgegeven.

- b. Een lijst van de gebruikelijke condensatoren met hun afmetingen en gewichten. Tevens is opgegeven voor welke lampentypen de condensatoren in aanmerking komen. Deze lijst is op blz. 261 gegeven.
- c. Compensatiekrommen voor de voornaamste lampentypen. Hierin zijn de netstroom en de arbeidsfactor als functie van de grootte van den gebruikten compensatiecondensator uit-

gezet, waardoor het mogelijk is deze grootheden ook bij minder gebruikelijke waarden van de capaciteit af te lezen. De krommen worden op blz. 262 en 263 gegeven en hebben betrekking op combinaties van lampen en apparaten voor netspanningen van 220 V en 125 V. Indien op het voor 125 V gebruikelijke apparaat geen compensatiewikkeling *) is aangebracht, is voor 125 V geen compensatiekromme gegeven, daar in dat geval de te gebruiken capaciteit zeer groot zou worden.

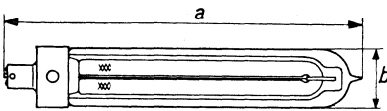
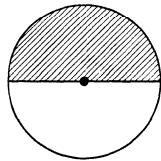

N.B. Alle gegevens hebben betrekking op een netfrequentie van 50 per/sec.

*) Zie blz. 43.

<u>SO 250</u>		LAMPGEGEVENS			
	Type nr.	57002 B/00			
	Maximum afmetingen	a: 243 mm b: 50 mm			
	Uitvoering	Heldere ballon			
	Huls	Speciale swanhuls			
	Kenletter	Ⓝ			
	Lichtstroom	250 Dlm			
	Lampvermogen	45 W			
	Lampstroom	0,6 A			
	Aanlooptijd (tot 80% ϕ)	5 min			
	Max helderheid	10 sb			
	 <p>Toelaatbare brandstanden  niet toegestaan De huls is in het middelpunt van de cirkel gedacht</p>		220 V	125 V	
Bruto vermogen		66 W	70 W		
Bruto lichtrendement		3,8 Dlm/W	3,6 Dlm/W		
		zonder cond.	met cond. 19 μF	zonder cond.	met cond. 19 μF
Netstroom		1,45 A	0,35 A	2,6 A	0,6 A
Aanloopstroom		1,4 A	0,36 A	2,5 A	0,7 A
Arbeidsfactor		0,2	0,9	0,2	0,88

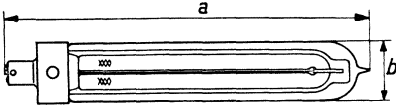
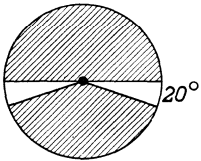

APPARAATGEGEVENS		
	220 V	115 V, 125 V
Aard van het apparaat	Spaarlek-transformator	Spaarlek-transformator
Type nr.	59002 AH/00	59002 BD/02
Maximum afmetingen	142 x 87 x 102 mm	174 x 104 x 100 mm
Gewicht	3,7 kg	5,2 kg
Netspanning	210-230 V	110-130 V
Open spanning	470 V	470 V
Kenletter	Ⓝ Ⓚ Ⓛ	Ⓝ Ⓚ Ⓛ

41471

<u>SO 400</u>		<u>LAMPGEGEVENS</u>				
	Type nr	57004B/00				
	Maximum afmetingen	a: 305 mm b: 50 mm				
	Uitvoering	Heldere ballon				
	Huls	Speciale swanhuls				
	Kenletter	Ⓚ				
	Lichtstroom	400 Dlm				
	Lampvermogen	60 W				
	Lampstroom	0,6 A				
	Aanlooptijd (tot 80% ϕ)	6 min				
	Max. heiderheid	10 sb				
 <p>Toelaatbare brandstanden  niet toegestaan De huls is in het middelpunt van de cirkel gedacht</p>		220V		125 V		
	Bruto vermogen	81 W		85 W		
	Bruto lichtrendement	4,9 Dlm/W		4,7 Dlm/W		
		zonder cond.	met cond. 19 μF	zonder cond.	met cond. 19 μF	
	Netstroom	1,4 A	0,4 A	2,6 A	0,8 A	
	Aanloopstroom	1,35 A	0,4 A	2,4 A	0,75 A	
	Arbeidsfactor	0,26	0,96	0,28	0,92	

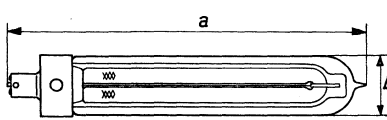
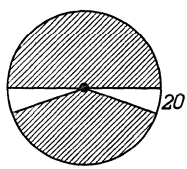

<u>APPARAATGEGEVENS</u>		
	220V	115V,125V
Aard van het apparaat	Spaarlek-transformator	Spaarlek-transformator
Type nr.	59002AH/00	59002BD/02
Maximum afmetingen	142x87x102 mm	174x104x100 mm
Gewicht	3,7 kg	5,2 kg
Netspanning	210-230 V	110-130 V
Open spanning	470 V	470 V
Kenletter	ⓐ Ⓚ Ⓛ	ⓐ Ⓚ Ⓛ

41470

<u>SO 650</u>	<u>LAMPGEGEVENS</u>				
	Type nr.	57006B/00			
	Maximum afmetingen	a: 422mm b: 50mm			
	Uitvoering	Heldere ballon			
	Huls	Speciale swanhuls			
	Kenletter	Ⓛ			
	Lichtstroom	650 Dlm			
	Lampvermogen	85 W			
	Lampstroom	0,6 A			
	Aanlooptijd (tot 80% ϕ)	10 min			
	Max. Helderheid	10 sb			
 <p>Toelaatbare brandstanden  niet toegestaan De huls is in het middelpunt van de cirkel gedacht</p>		220V	125V		
	Bruto vermogen	106 W	110W		
	Bruto lichtrendement	6,1Dlm/W	5,9Dlm/W		
		zonder cond.	met cond. 19 μF	zonder cond.	met cond. 19 μF
	Netstroom	1,4A	0,5A	2,5A	0,9A
	Aanloopstroom	1,25A	0,5A	2,2A	0,85A
	Arbeidsfactor	0,36	0,98	0,36	0,97

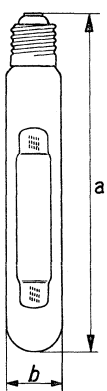
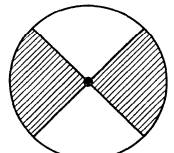

<u>APPARAATGEGEVENS</u>		
	220V	115V, 125V
Aard van het apparaat	Spaarlek-transformator	Spaarlek-transformator
Type nr.	59002AH/00	59002BD/02
Maximum afmetingen	142x87x102mm	174x104x100mm
Gewicht	3,7 kg	5,2kg
Netspanning	210-230V	110-130V
Open spanning	470V	470V
Kenletter	Ⓝ Ⓚ Ⓛ	Ⓝ Ⓚ Ⓛ

41469

<u>SO 1000</u>		<u>LAMPGEGEVENS</u>			
	Type nr.	57007B/00			
	Maximum afmetingen	a: 520 mm b: 55 mm			
	Uitvoering	Heldere ballon			
	Huls	Speciale swanhuls			
	Kenletter	Ⓝ			
	Lichtstroom	1000 Dlm			
	Lampvermogen	140 W			
	Lampstroom	0,9 A			
	Aanlooptijd (tot 80% ϕ)	10 min			
	Max. helderheid	8 sb			
	 <p>Toelaatbare brandstanden  niet toegestaan De huls is in het middelpunt van de cirkel gedacht</p>		220V	125 V	
Bruto vermogen		165 W	172 W		
Bruto lichtrendement		6,1 Dlm/W	5,8 Dlm/W		
		zonder cond.	met cond. 25 μF	zonder cond.	met cond. 25 μF
Netstroom		2,1 A	0,78 A	3,8 A	1,5 A
Aanloopstroom		1,75 A	0,71 A	3,4 A	1,32 A
Arbeidsfactor		0,35	0,92	0,36	0,88

<u>APPARAATGEGEVENS</u>		
	220V	115V, 125V
Aard van het apparaat	Spaarlek-transformator	Spaarlek-transformator
Type nr.	59003AH/00	59003BD/00
Maximum afmetingen	174x104x110mm	174x104x130mm
Gewicht	5,8 kg	7,5 kg
Netspanning	210—230 V	110—130 V
Open spanning	470 V	470 V
Kenletter	Ⓝ	Ⓝ

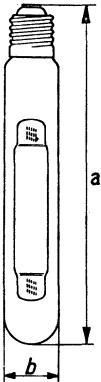
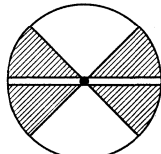

41466

<u>HQ 1000</u>	LAMPGEGEVENS				
	Type nr	571016/00			
	Maximum afmetingen	a: 255 mm b: 46 mm			
	Uitvoering	Heldere ballon			
	Huls	Goliath E45			
	Kenletter	©			
	Lichtstroom	1000 Dlm			
	Lampvermogen	265 W			
	Lampstroom	2,2 A			
	Aanlooptijd (tot 80% ϕ)	5 min			
	Max. helderheid	170 sb			
 <p>Toelaatbare brandstanden  niet toegestaan De huls is in het middelpunt van de cirkel gedacht</p>		220V	125 V		
	Bruto vermogen	283 W	294 W		
	Bruto lichtrendement	3,5 Dlm/W	3,4 Dlm/W		
		zonder cond.	met cond.	zonder cond.	met cond.
		19 μ F	19 μ F	-	-
	Netstroom	2,2 A	1,4 A	4,2 A	- *
	Aanloopstroom	3,7 A	2,45 A	6,7 A	- *
Arbeidsfactor	0,55	0,88	0,56	- *	

* De spaarlektransformator bezit geen compensatiewikkeling

APPARAATGEGEVENS		
	220V	115V, 125V
Aard van het apparaat	Smooispoel	Spaarlektransformator
Type nr.	58100AH/00	59100BD/01
Maximum afmetingen	160x100x105mm	110x104x89mm
Gewicht	4,5 kg	5,5 kg
Netspanning	210-230V	110-130V
Open spanning	—	220V
Kenletter	©	©

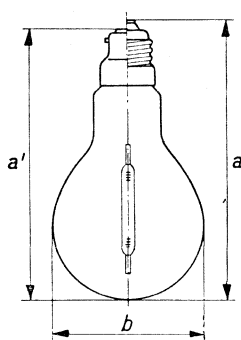
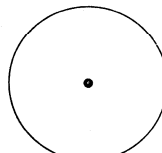
41468

<u>HO 2000</u>	<u>LAMPGEGEVENS</u>				
	Type nr.	571036/00			
	Maximum afmetingen	a: 315 mm b: 50 mm			
	Uitvoering	Heldere ballon			
	Huls	Goliath E45			
	Kenletter	ⓓ			
	Lichtstroom	2000 Dlm			
	Lampvermogen	450 W			
	Lampstroom	3,7 A			
	Aanlooptijd (tot 80% ϕ)	4 min			
	Max. helderheid	180 sb			
 <p>Toelaatbare brandstanden  niet toegestaan De huls is in het middelpunt van de cirkel gedacht</p>		220V	125 V		
	Bruto vermogen	475 W	490 W		
	Bruto lichtrendement	4,2 Dlm/W	4,1 Dlm/W		
		zonder cond.	met cond. 25 μ F	zonder cond.	met cond. — μ F
	Netstroom	3,7 A	2,6 A	7,5 A	—*
	Aanloopstroom	6,1 A	4,5 A	10,8 A	—*
	Arbeidsfactor	0,58	0,85	0,55	—*

* De spaarlektransformator bezit geen compensatiewikkeling

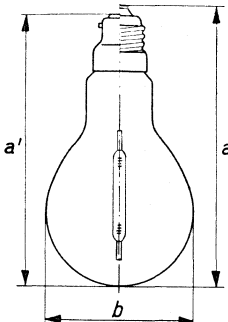
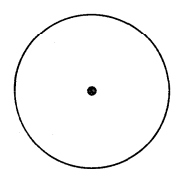
<u>APPARAATGEGEVENS</u>		
	220V	115V, 125V
Aard van het apparaat	Smoorspoel	Spaarlek-transformator
Type nr.	58104AH/00	59103BD/00
Maximum afmetingen	160x100x135mm	190x179x125mm
Gewicht	6,5 kg	9,8 kg
Netspanning	210-230V	110-130 V
Open spanning	—	220V
Kenletter	ⓓ	ⓓ

41467

<i>HP 300</i>	<i>LAMPGEGEVENS</i>				
	<i>Type nr</i>	<i>57201E/21 of 57201B/21</i>			
	<i>Maximum afmetingen</i>	<i>a:159mm a:154mm b:80mm</i>			
	<i>Uitvoering</i>	<i>Inwendig gematteerde ballon</i>			
	<i>Huls</i>	<i>Edison E27 of Swan B22</i>			
	<i>Kenletter</i>	Ⓐ			
	<i>Lichtstroom</i>	<i>300 Dlm</i>			
	<i>Lampvermogen</i>	<i>75 W</i>			
	<i>Lampstroom</i>	<i>0,75 A</i>			
	<i>Aanlooptijd (tot 80% ϕ)</i>	<i>4 min</i>			
	<i>Max. helderheid</i>	<i>35 sb</i>			
 <p><i>Toelaatbare brandstanden</i></p> <p><i>De huls is in het middelpunt van de cirkel gedacht</i></p>	<i>220V</i>		<i>125 V</i>		
	<i>Bruto vermogen</i>	<i>83 W</i>		<i>92 W</i>	
	<i>Bruto lichtrendement</i>	<i>3,6 Dlm/W</i>		<i>3,3 Dlm/W</i>	
		<i>zonder cond.</i>	<i>met cond. 8,5 μF</i>	<i>zonder cond.</i>	<i>met cond. 8,5 μF</i>
	<i>Netstroom</i>	<i>0,75 A</i>	<i>0,33 A</i>	<i>1,5 A</i>	<i>0,8 A</i>
	<i>Aanloopstroom</i>	<i>1,15 A</i>	<i>0,6 A</i>	<i>2,25 A</i>	<i>1,25 A</i>
	<i>Arbeidsfactor</i>	<i>0,51</i>	<i>0,97</i>	<i>0,48</i>	<i>0,9</i>

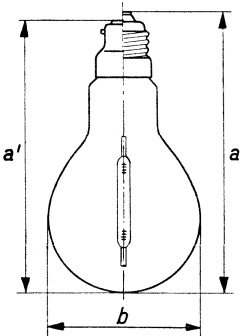
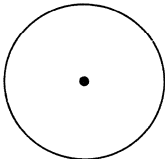
<i>APPARAATGEGEVENS</i>		
	<i>220V</i>	<i>115 V,125V</i>
<i>Aard van het apparaat</i>	<i>Smoorspoel</i>	<i>Spaarlek-transformator</i>
<i>Type nr</i>	<i>58204AH/00</i>	<i>59202BD/00</i>
<i>Maximum afmetingen</i>	<i>113x82x82mm</i>	<i>142x87x88mm</i>
<i>Gewicht</i>	<i>1,6kg</i>	<i>2,8kg</i>
<i>Netspanning</i>	<i>210-230V</i>	<i>110-130V</i>
<i>Open spanning</i>	—	<i>220V</i>
<i>Kenletter</i>	Ⓐ	Ⓐ

41474

HP 500	LAMPGEGEVENS				
	Type nr.	57202E/21 of 57202B/21			
	Maximum afmetingen	a:177mm a':172mm b:90mm			
	Uitvoering	Inwendig gematteerde ballon			
	Huls	Edison E27 of Swan B22			
	Kenletter	ⓑ			
	Lichtstroom	500 Dlm			
	Lampvermogen	120 W			
	Lampstroom	1,15 A			
	Aanlooptijd (tot 80%ϕ)	4,5 min			
	Max. helderheid	40 sb			
 <p data-bbox="255 828 510 862">Toelaatbare brandstanden</p> <p data-bbox="188 879 577 930">De huls is in het middelpunt van de cirkel gedacht</p>		220V	125 V		
	Bruto vermogen	132 W		143 W	
	Bruto lichtrendement	3,8 Dlm/W		3,5 Dlm/W	
		zonder cond.	met cond. 12 μF	zonder cond.	met cond. 12 μF
	Netstroom	1,15 A	0,6 A	2,25 A	1,3 A
	Aanloopstroom	1,7 A	0,9 A	3,15 A	1,65 A
	Arbeidsfactor	0,5	0,95	0,5	0,88

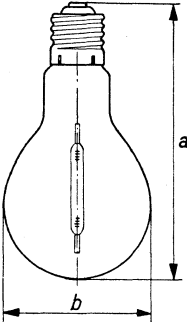
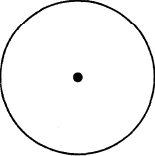
APPARAATGEGEVENS		
	220V	115V, 125V
Aard van het apparaat	Smoorspoel	Spaarlek-transformator
Type nr.	58205 AH/00	59203 BD/00
Maximum afmetingen	113x82x94mm	142x87x102mm
Gewicht	2 kg	3,7 kg
Netspanning	210-230V	110-130V
Open spanning	—	220V
Kenletter	ⓑ	ⓑ

41473

<u>HPL 300</u>	<u>LAMPGEGEVENS</u>				
	Type nr.	57201E/22 of 57201B/22			
	Maximum afmetingen	a:183 mm a':178 mm b:110 mm			
	Uitvoering	Fluoresceerende ballon			
	Huls	Edison E27 of Swan B22			
	Kenletter	Ⓐ			
	Lichtstroom	3000lm			
	Lampvermogen	75W			
	Lampstroom	0,75 A			
	Aanlooptijd (tot 80% ϕ)	4 min			
	Max.helderheid	6 sb			
 <p>Toelaatbare brandstanden</p> <p>De huls is in het middelpunt van de cirkel gedacht</p>		220V	125V		
	Bruto vermogen	83W	92 W		
	Bruto lichtrendement	3,6Dlm/W	3,3Dlm/W		
		zonder cond.	met cond. 8,5 μF	zonder cond.	met cond. 8,5 μF
	Netstroom	0,75 A	0,33 A	1,5 A	0,8 A
	Aanloopstroom	1,15 A	0,6 A	2,25 A	1,25 A
	Arbeidsfactor	0,51	0,97	0,48	0,9

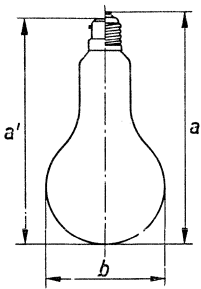
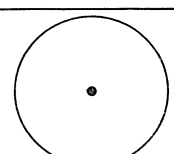
<u>APPARAATGEGEVENS</u>		
	220V	115 V,125V
Aard van het apparaat	Smoorspoel	Spaarlek-transformator
Type nr.	58204 AH/00	59202BD/00
Maximum afmetingen	113 x 82x82mm	142x87x88mm
Gewicht	1,6kg	2,8kg
Netspanning	210-230V	110-130V
Open spanning	—	220V
Kenletter	Ⓐ	Ⓐ

41476

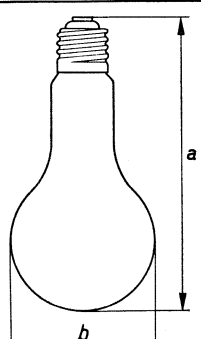
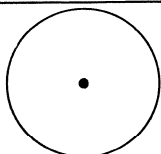
HPL 500		LAMPGEGEVENS				
	Type nr.	572026/22				
	Maximum afmetingen	a: 240 mm b: 130 mm				
	Uitvoering	Fluoresceerende ballon				
	Huls	Goliath E45				
	Kenletter	ⓑ				
	Lichtstroom	5000lm				
	Lampvermogen	120W				
	Lampstroom	1,15 A				
	Aanlooptijd (tot 80% ϕ)	4,5 min				
	Max. helderheid	7sb				
 <p>Toelaatbare brandstanden</p> <p>De huls is in het middelpunt van de cirkel gedacht</p>		220V		125 V		
	Bruto vermogen	132W		143 W		
	Bruto lichtrendement	3,8 Dlm/W		3,5 Dlm/W		
		zonder cond.	met cond. 12 μF	zonder cond.	met cond. 12 μF	
	Netstroom	1,15 A	0,6 A	2,25 A	1,3 A	
	Aanloopstroom	1,7 A	0,9 A	3,15 A	1,65 A	
	Arbeidsfactor	0,5	0,95	0,5	0,88	

APPARAATGEGEVENS		
	220 V	115 V, 125 V
Aard van het apparaat	Smoorspoel	Spaarlek-transformator
Type nr.	58205 AH/00	59203 BD/00
Maximum afmetingen	113 x 82 x 94 mm	142 x 87 x 102 mm
Gewicht	2 kg	3,7 kg
Netspanning	210-230 V	110-130 V
Open spanning	—	220 V
Kenletter	ⓑ	ⓑ

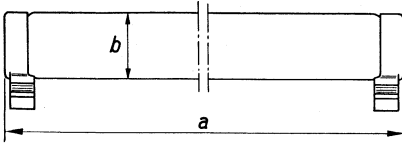
41475

<u>ML 300</u>	<u>LAMPGEGEVENS</u>	
	Type nr.	57270 E/21 of 57270 B/21
	Maximum afmetingen	a:184mm a':179mm b:90mm
	Uitvoering	Inwendig gematteerde ballon
	Huls	Edison E27 of Swan B22
	Netspanning	220-230V
	Lichtstroom	300 Dlm
	Lampvermogen	160W
Lampstroom	0,73 A	
 <p>Toelaatbare brandstanden De huls is in het middelpunt van de cirkel gedacht</p>	Aanlooptijd (tot 80% ϕ)	2 min.
	Max. helderheid	25 sb
	Lichtrendement	19 Dlm/W
	Aanloopstroom	0,87 A
	Arbeidsfactor	0,98
		BU 225V

41464

<u>ML 500</u>	<u>LAMPGEGEVENS</u>	
	Type nr.	572756/21
	Maximum afmetingen	a: 240mm b:110 mm
	Uitvoering	Inwendig gematteerde ballon
	Huls	Goliath E45
	Netspanning	220-230V
	Lichtstroom	500 Dlm
	Lampvermogen	250W
Lampstroom	1,14 A	
 <p>Toelaatbare brandstanden De huls is in het middelpunt van de cirkel gedacht</p>	Aanlooptijd (tot 80% ϕ)	2 min.
	Max. helderheid	30 sb
	Lichtrendement	2,0 Dlm/W
	Aanloopstroom	1,34 A
	Arbeidsfactor	0,98
		BU 225V

41463

<u>TL100</u>	<u>LAMPGEGEVENS</u>		
	Type nr.	57420A/22a;57420A/33a;57420A/55a	
	Maximum afmetingen	a:1000mm b:35mm	
	Uitvoering	Fluoresceerende buis ^{drie kleuren} } warmwit wit daglicht	
	Huls	Speciale huls	
	Kenletter	Ⓟ	
	Lichtstroom	Warmwit - 100 Dlm Wit - 115 Dlm Daglicht - 100 Dlm	
	Lampvermogen	22,5 W	
	Lampstroom	0,25 A	
	Max. helderheid	0,3 sb	
	Alle brandstanden zijn toegestaan		220V
Bruto vermogen		28W	31,5W
Bruto lichtrendement		Warmwit - 3,6 Dlm/W Wit - 4,1 Dlm/W Daglicht - 3,6 Dlm/W	3,2 Dlm/W 3,65 Dlm/W 3,2 Dlm/W
		zonder cond. met cond. 2,5 μF	zonder cond. met cond. - μF
Netstroom		0,25 A 0,14 A	0,51 A — *
Aanloopstroom		0,42 A 0,26 A	0,72 A — *
Arbeidsfactor		0,52 0,92	0,47 — *

* De spaarlektransformator bezit geen compensatiewikkeling

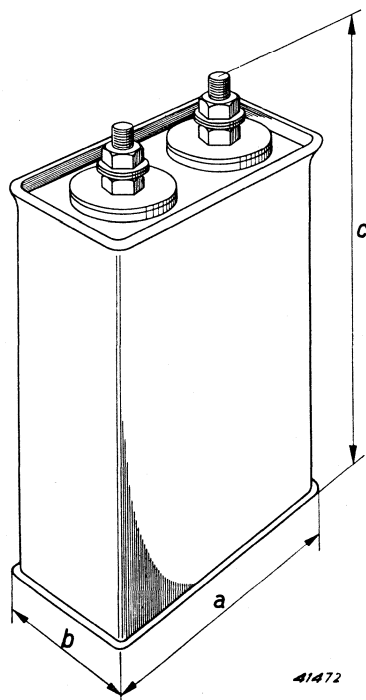
<u>APPARAATGEGEVENS</u>		
	220V	115V,125V
Aard van het apparaat	Smoorspoel met glimlicht-schakelaar	Spaarlek-transformator met glimlicht-schakelaar
Type nr.	58400AH/00	59403BD/00
Maximum afmetingen	245x62x36mm	245x62x36mm
Gewicht	0,81 kg	1,16 kg
Netspanning	210 - 230 V	110 - 130V
Open spanning	—	220 V
Kenletter	Ⓟ	Ⓟ

41465

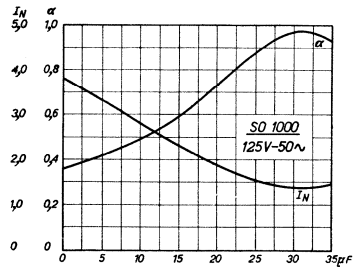
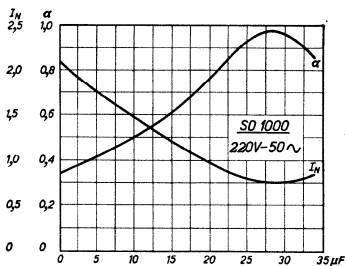
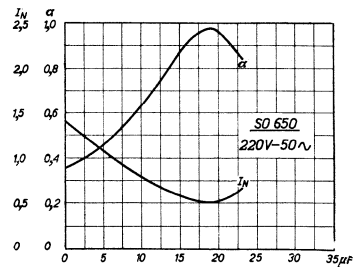
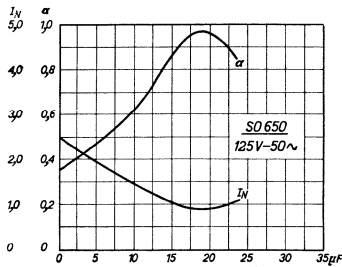
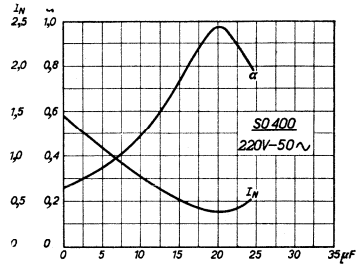
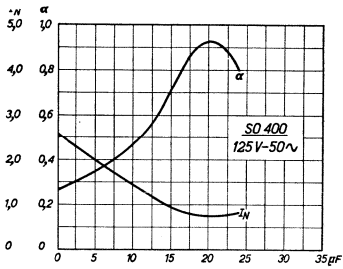
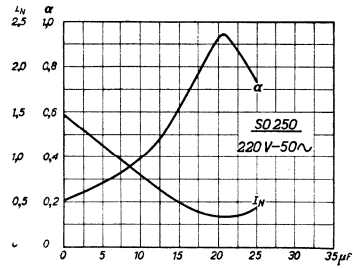
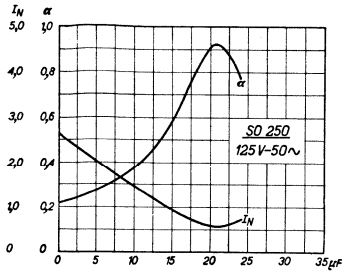
NORMALE CONDENSATOREN VOOR VERBETERING
VAN DEN ARBEIDSFACITOR

Type nr.	Capaciteit in μF	Maximum afmetingen in mm			Gewicht in gr.	Voor lampen:
		a	b	c		
62906	2,5	57	41	76	150	TL 100
62900	8,5	86	41	136	520	HP(L)300;HPW75W
62901	12	86	56	136	720	HP(L)500;HPW120W
62902	15	86	56	136	720	HP(L)500;HPW120W
62903	19	116	56	136	1000	HO 1000;SO 650;SO 400;SO 250
62904	25	116	56	136	1000	HO 2000;SO 1000

Voor de met deze condensatoren bereikte arbeidsfactor verwijzen wij naar de betreffende compensatiekrommen.

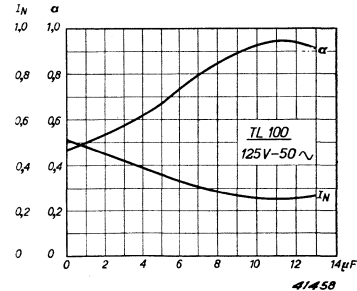
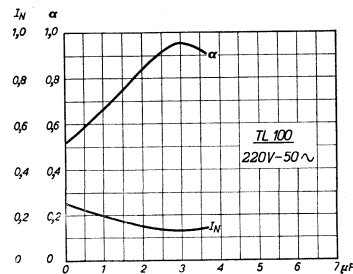
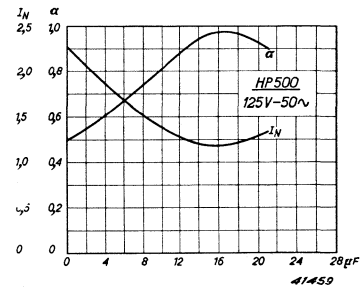
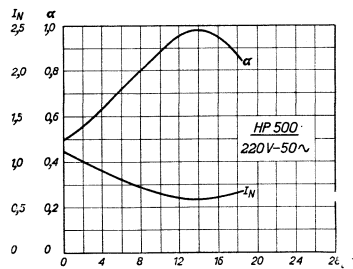
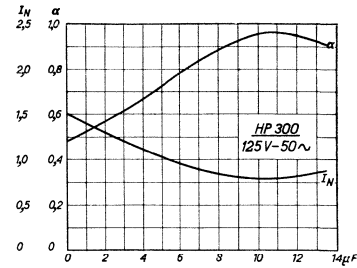
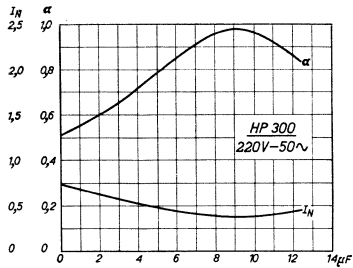
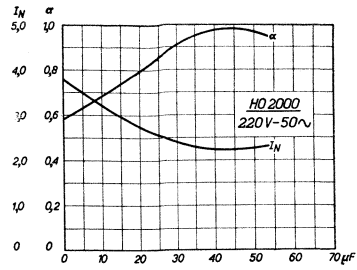
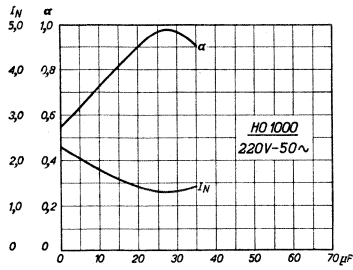


COMPENSATIEKROMMEN.



41461

41460



De gegeven krommen α toonen het verband tusschen den totalen arbeidsfactor en de grootte van den parallel op het net geschakelden condensator. De krommen I_N laten de grootte van den netstroom bij compensatie zien. Voor die spaarlektransformatoren, die niet van een compensatiewikkeling zijn voorzien, zijn de krommen niet gegeven.

3. BEGRIPPEN EN EENHEDEN DER LICHTTECHNIEK.

Zonder te veel in details af te dalen, willen wij voor den lichttechnisch ongeschoolden lezer in het volgende een kort overzicht geven van enkele lichttechnische begrippen en eenheden, voor zoover deze in dit boek ter sprake komen.

Stellen wij ons een lichtbron voor, welke een in de nabijheid geplaatst scherm verlicht, dan komen daarbij de volgende begrippen voor bespreking in aanmerking.

A. BEGRIPPEN.

De lichtstroom van de lichtbron (eenheid: lumen). Hieronder verstaat men het door de lichtbron uitgestraalde vermogen, zooals dit door het gemiddelde oog (volgens de internationaal vastgestelde ooggevoeligheidskromme, zie blz. 88) wordt gewaardeerd.

De lichtsterkte van de lichtbron in een bepaalde richting (eenheid: kars). Hieronder verstaat men dat deel van den lichtstroom, dat in die richting per eenheid van ruimtehoek (steradiaal) wordt uitgestraald.

De verlichtingssterkte van het scherm (eenheid: lux). Hieronder verstaat men het quotient van den lichtstroom en het oppervlak, waarop deze valt.

De helderheid van de lichtbron of van het scherm in een bepaalde richting (eenheid: stilb). Hieronder verstaat men het quotient van de lichtsterkte in die richting, en de projectie van het lichtende oppervlak op een vlak, loodrecht op de beschouwde richting.

De specifieke lichtstroom van een lichtbron (eenheid: lumen per watt of dekalumen per watt). Hieronder verstaat men het quotient van den uitgestraalden lichtstroom en het opgenomen vermogen.

Het zwarte lichaam.

Onder zwart lichaam verstaat men een lichaam, dat voor alle golflengten en bij alle temperaturen alle opvallende straling volkomen absorbeert, dus geen straling reflecteert of doorlaat. Volgens de wet van Kirchhoff is de verhouding van het emissievermogen tot het absorptievermogen voor stralen van dezelfde golflengte voor alle lichamen hetzelfde. Dit wil dus zeggen, dat de emissie van een zwart lichaam,

evenals zijn absorptie, grooter is dan die van ieder ander lichaam van dezelfde temperatuur.

Hoewel geen enkel lichaam volkomen zwart is, kan men een zwart lichaam nabootsen door een holte in een op zichzelf niet zwart lichaam. In deze holte wordt alle opvallende straling geabsorbeerd, terwijl anderzijds deze holte feller licht zal geven dan de rest van het lichaam als dit verhit wordt.

B. EENHEDEN.

De eenheid van lichtsterkte is de kaars (k), welke als volgt wordt gedefinieerd.

Een zwart lichaam straalt bij een smelttemperatuur van platina (2043° C) per cm^2 60 k uit.

Deze eenheid van lichtsterkte is in 1937 internationaal aanvaard door het Comité International des Poids et Mesures. Ook de I. C. I. (International Commission on Illumination) heeft deze eenheid aanvaard in 1939. Door de oorlogsomstandigheden is deze eenheid, die de z.g. internationale kaars en de Hefnerkaars zal vervangen, in de praktijk nog niet algemeen ingevoerd.

De eenheid van lichtstroom is de lumen (lm), die gedefinieerd wordt als de lichtstroom, welke door een uniforme puntvormige lichtbron van 1 k in de eenheid van ruimtehoek wordt uitgestraald.

Een afgeleide eenheid, die tien maal zoo groot is, en langzamerhand het karakter van een zelfstandige eenheid heeft verkregen, is de dekalumen (Dlm).

De eenheid van verlichtingssterkte is de lux, die gedefinieerd wordt als de verlichtingssterkte van een oppervlak van 1 m^2 , als daarop een lichtstroom van 1 lm valt.

De eenheid van helderheid is de stilb (sb), die gedefinieerd wordt als de helderheid van een schijnbaar oppervlak van 1 cm^2 , dat een lichtsterkte van 1 k bezit.

4. OVERZICHT VAN PUBLICATIES DOOR PHILIPS MEDEWERKERS OP GASONTLADINGSGBIED.

A. Lijst van de gebruikte afkortingen voor de titels der tijdschriften.

Afkortingen	Volledige titels
Auto, 's Grav.	De Auto. Officieel orgaan van de Koninklijke Nederlandsche Automobiël Club.
Bull. techn. Ass. Ing. Ec. polytechn. Brux.	Bulletin technique de l'association des ingénieurs sortis de l'école polytechnique de Bruxelles.
Chem. Wbl.	Chemisch weekblad.
Congr. sci. int.	Congrès scientifique international.
C. R. Acad. Sci., Paris	Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'académie des sciences.
Electrician	The electrician.
Faraday, Deventer	Faraday, tijdschrift voor M.O. en V.H.O. in natuur- en scheikunde.
Handel. Ned. natuur- en geneesk. Congr. Ingenieur	Handelingen van het Nederlandsch natuur- en geneeskundig congres.
Licht u. Lampe	De ingenieur.
Nature, London	Licht und Lampe.
Naturwissenschaften	Nature.
Natuur	Die Naturwissenschaften.
Ned. T. Natuurk.	De natuur.
Phil. Mag.	Nederlandsch tijdschrift voor natuurkunde.
Ph. techn. T.	The London, Edinburg and Dublin philosophical magazine and journal of science.
Photogr. Korresp.	Philips technisch tijdschrift.
Physica	Photographische Korrespondenz. Zeitschrift für wissenschaftliche und angewandte Photographie und die gesamte Reproduktionstechnik.
Phys. rev.	Physica, Nederlandsch tijdschrift voor natuurkunde (1911—1933), Physica (van 1934 af).
Physics	Physical review.
	Physics. A journal of general and applied physics.

Afkortingen	Volledige titels
Phys. Z.	Physikalische Zeitschrift, vereinigt mit dem Jahrbuch der Radioaktivität und Elektrotechnik.
Polytechn. Wbl.	Polytechnisch weekblad.
Proc. kon. Akad. Wet. A'dam	Proceedings koninklijke akademie van wetenschappen te Amsterdam.
Rec. Trav. chim. Pays Bas	Recueil des travaux chimiques des Pays-Bas.
Rev. mod. Phys.	Review modern Physics.
Rev. Opt.	Revue d'optique.
Strahlentherapie	Strahlentherapie. Mitteilungen aus dem Gebiete der Behandlung mit Röntgenstrahlen, Licht und radioaktiven Substanzen.
Verh. Prof. Zeeman	Pieter Zeeman 1865—25 Mei - 1935. Verhandelingen op 25 Mei 1935 aangeboden aan Prof. Dr. P. Zeeman.
Versl. kon. Akad. Wet. A'dam	Koninklijke akademie van wetenschappen te Amsterdam. Verslagen.
Wegen	Wegen. Tijdschrift gewijd aan de weg en het verkeer.
Werken Genoot. Natuurk. Geneesk. en Heelk. A'dam	Werken van het genootschap ter bevordering van natuur-, genees- en heelkunde te Amsterdam.
Z. Instrum.	Zeitschrift für Instrumentenkunde.
Z. Phys.	Zeitschrift für Physik.
Z. wiss. Photogr.	Zeitschrift für wissenschaftliche Photographie, Photophysik und Photochemie.

B. Lijst van publicaties, alfabetisch naar de schrijvers gerangschikt volgens hoofdstukindeeling.

De met een * aangehaalde publicaties zijn in boekvorm verschenen.

ALGEMEEN — DEEL I.

Sakker, C. J.

Het periodiek systeem der elementen.
Ned. T. Natuurkunde **7**, 305—310, 1940.

Dorgelo, E. G.

Wisselstroomschakelingen voor ontladingslampen.
Ph. techn. T. **2**, 103—109, 1937.

Dorgelo, H. B.

Intensiteitsmetingen in het ultraviolette deel van het spectrum.
Physica **5**, 27—34, 1925.

Intensitätsmessungen im ultravioletten Teil des Spektrums.
Z. Phys. **31**, 827—835, 1925.

Die photographische Spektralphotometrie.
Phys. Z. **26**, 756—794, 1925.

De levensduur der metastabiele toestanden van neon en kwik.
Physica, **5**, 429—442, 1925.

Druyvesteyn, M. J.

Über die Ionisation durch Elektronen in einem homogenen elektrischen Felde.
Z. Phys. **52**, 197—202, 1928.

Eine Methode zur Bestimmung der Beweglichkeit von Edelgasionen mit Hilfe der negativen Schichten.
Z. Phys. **73**, 33—44, 1931.

en W. de Groot. Temperatuurstraling bij vlammen en bij ontladungen in gassen.
Physica **12**, 153—165, 1932.

Die Geschwindigkeitsverteilung der Elektronen in der positiven Säule.
Phys. Z. **33**, 856—863, 1932.

Versuche über die Theorie der positiven Säule.
Z. Phys. **81**, 571—580, 1933.

The electrophoresis in the positive column of a gas discharge.
Physica **2**, 255—266, 1935.

Electron emission of the cathode of an arc.
Nature, London, **137**, 580, 1936.

und N. Warmoltz. Die Elektronenemission einer Oxydkathode in einer Bogenentladung.
Physica **4**, 41—50, 1937.

Verschillende soorten van doorslag in een gas.

Ned. T. Natuurkunde **5**, 85—95, 1938.

and F. M. Penning. Mechanism of electrical discharges in gases of low pressure.

Rev. Mod. Phys. **12**, 87—174, 1940.

Groot, W. de

Zur optischen Konzentrationsbestimmung von Atomen und Ionen.

Z. Phys. **55**, 52—55, 1929.

Kritische opmerkingen over concentratiebepalingen van atomen en ionen door lichtabsorptie.

Physica **9**, 263—270, 1929.

Diffusie van deeltjes met inachtneming van botsingsverliezen.

Physica **11**, 337—342, 1931.

Die Lichtemission bei Gasentladungen insbesondere von Resonanzlinien. I.

Physica **12**, 289—310, 1932.

Die Lichtemission bei Gasentladungen. II.

Physica **1**, 28—34, 1933.

Het natuurlijke systeem der elementen van het standpunt der kernphysica.

Chem. Wbl. **34**, 3—7, 1937.

De elektrische doorslag in gassen als verschijnsel van eindige tijdsduur.

Ned. T. Natuurkunde **5**, 152—167, 1938.

Hamburger, L.

* Over lichtemissie door gassen en mengsels van gassen bij elektrische ontladingen.

Dissertatie, Delft, 1917, 187 p.

Über Lichtemission von Gasen und Gasgemischen bei elektrischen Entladungen

Z. wiss. Photogr. **18**, 1—44, 1918.

Hertz, G.

Over de geleiding van electriciteit in gassen.

Physica **2**, 15—26, 61—73, 93—107, 148—153, 1922.

Over de aanslag- en ionisatiespanningen van neon en argon.

Versl. kon. Akad. Wet. A'dam **31**, 249—258, 1922.

Over de aanslag- en ionisatiespanningen van neon en argon (Naschrift).

Versl. kon. Akad. Wet. A'dam **31**, 506, 1922.

Spectrale metingen aan edelgassen.

Handel. 19e Ned. natuur- en geneesk. Congr. 1923, p. 104—105.

Bohrsche Theorie und Elektronenstoss.

Naturwissenschaften **11**, 564—567, 1923.

Über die Anregungs- und Ionisierungsspannungen von Neon und Argon und ihren Zusammenhang mit den Spektren dieser Gase.

Z. Phys. **18**, 307—316, 1923.

Über die Anregung von Spektrallinien durch Elektronenstoss. I.

Z. Phys. **22**, 18—26, 1924.

en R. K. Kloppers. De aanslag- en ionisatiespanningen der edelgassen.
Physica **4**, 367—372, 1924.

Die Anregungs- und Ionisierungsspannungen der Edelgase.
Naturwissenschaften **12**, 511, 1924.

en J. C. Scharp de Visser. Over het opwekken van spectraallijnen door botsing van electronen.

Physica **5**, 41—45, 1925.

und R. K. Kloppers. Die Anregungs- und Ionisierungsspannungen der Edelgase.
Z. Phys. **31**, 463—469, 1925.

und J. C. Scharp de Visser. Über die Anregung von Spektrallinien durch Elektronenstoss. II.

Z. Phys. **31**, 470—474, 1925.

Die Resonanzlinien des Neons.

Z. Phys. **32**, 933—939, 1925.

und J. H. Abbink. Die Resonanzlinien der Edelgase.

Naturwissenschaften **14**, 648, 1926.

Iolst, G.

en L. Hamburger. Over een methode voor het bepalen van spectrale intensiteiten langs fotografischen weg.

Versl. kon. Akad. Wet. A'dam **26**, 497—501, 1917.

en A. N. Koopmans. Over de doorslagspanning van argonstikstofmengsels.

Versl. kon. Akad. Wet. A'dam **26**, 502—518, 1917.

und L. Hamburger. Über eine Methode zur Bestimmung spektraler Intensitäten auf photographischem Wege.

Z. wiss. Photogr. **17**, 264—267, 1918.

en A. N. Koopmans. De ionisatie van argon.

Versl. kon. Akad. Wet. A'dam **27**, 901—907, 1918.

en E. Oosterhuis. Over den invloed van het electrodenmateriaal op de doorslagspanning van gassen.

Versl. kon. Akad. Wet. A'dam **29**, 849—850, 1920.

De electriche geleiding in gassen.

Handel. 18e Ned. natuur- en geneesk. Congr. 1921, p. 79—80.

en E. Oosterhuis. Over de electriche geleiding in gassen.

Physica **1**, 78—87, 1921.

en E. Oosterhuis. Opmerking over de chemische werking van geïoniseerde gassen.

Physica **2**, 48—49, 1922.

La théorie et quelques applications des tubes à décharge électrique.

Congr. Sci. int., Liège, 1922, p. 391—396.

Over de verwarming der electroden in ontladingsbuizen.

Handel. 19e Ned. natuur- en geneesk. Congr. 1923, p. 110—111.

Over het verstuiiven der electroden in ontladingsbuizen.

Physica **4**, 68—75, 1924.

en E. Oosterhuis. Over de verschijnselen aan de electroden in een gasontlading.
Physica **4**, 375—380, 1924.

Liempt, J. A. M. van

Das Verhältnis zwischen Ionenradius und höhere Ionisierungsspannung.
Rec. Trav. chim. Pays-Bas **52**, 85—87, 1933.

De ware grootte van atomen en ionen.
Chem. Wbl. **30**, 78, 1933.

Oosterhuis, E.

De doorslagspanning van gassen.
Handel. 18e Ned. natuur- en geneesk. Congr. 1921, p. 81—82.

Penning, F. M.

Over de kans op ionisatie bij botsingen tusschen electronen en atomen.
Physica **6**, 290—297, 1926.

Über die Ionisation durch Elektronen in einem homogenen elektrischen Felde.
Z. Phys. **40**, 4—9, 1926.

Über Ionisation durch metastabile Atome.
Naturwissenschaften **15**, 818, 1927.

De werking der positieve ionen bij een zelfstandige gasontlading.
Physica **8**, 13-23, 1928.

Over de verhooging der doorslagspanning van een gasmengsel door bestraling.
Versl. kon. Akad. Wet. A'dam **37**, 308—310, 1928.

Ionisatie door metastabiele atomen. I en II.
Physica **7**, 321—324, 1927; **10**, 47—60, 1930.

und C. F. Veenemans. Über die Zusammenstösse zwischen positiven Ionen und Atomen.
Z. Phys. **62**, 746—763, 1930.

De beïnvloeding van de electriciteitsgeleiding door een gas door middel van bestraling.
Handel. 23e Ned. natuur- en geneesk. Congr. 1931, p. 130—131.

Die Zündspannung von Helium bei kleinen Werten von pd .
Naturwissenschaften **19**, 1042, 1931.

Nieuwe metingen over de doorslagspanningen van edelgassen.
Physica **12**, 66—82, 1932.

De elementaire processen bij de doorslag van gassen tusschen vlakke evenwijdige platen.
Ned. T. Natuurkunde **5**, 33—56, 1938.

Het verband tusschen de doorslagkromme van Paschen en de elementaire processen.
Ned. T. Natuurkunde **5**, 146—151, 1938.

Iyterhoeven, W.

et J. Bruynes, et C. Verburg. L'émission de lumière par un mélange de gaz et de vapeurs dans la colonne positive d'une décharge luminescente. C. R. Acad. Sci., Paris **196**, 1653—1655, 1933.

*Elektrische Gasentladungslampen.
Springer, Berlin, 1938, 364 S.

DEEL II - HOOFDSTUK I

NATRIUMLAMPEN

Blok, L.

Hoogfrequente trillingen in natriumlampen.
Ph. techn. T. **1**, 87-90, 1936.

Radiostoringen.
Ph. techn. T. **3**, 239—244, 1938.

Bouma, P. J.

Gezichtsscherpte en waarnemingssnelheid bij wit licht en natriumlicht.
Ingenieur **49**, A 31—34, 1934.

Phenomena of eye fatigue and after images with monochromatic light.
Physica **1**, 429—436, 1934.

Gezichtsscherptemetingen bij diverse lichtsoorten.
Ingenieur **49**, A 243—246, 1934.

Contrastrijkheid bij natriumlicht, kwiklicht en wit licht.
Ingenieur **49**, A 290—294, 1934.

Verblindingsprobleem.
Polytechn. Wbl. **29**, 625—629, 1935.

Eigenschappen van het oog in verband met hun beteekenis voor de wegverlichting.
Ph. techn. T. **1**, 102—106, 1936.

Het helderheidsbegrip in verband met de wegverlichting en de fotometrie.
Ph. techn. T. **1**, 142—146, 1936.

Het zien van helderheidscontrasten bij de wegverlichting.
Ph. techn. T. **1**, 166—171, 1936.

Gezichtsscherpte en waarnemingssnelheid in verband met de wegverlichting.
Ph. techn. T. **1**, 215—220, 1936.

Het verblindingsprobleem bij de wegverlichting.
Ph. techn. T. **1**, 225—229, 1936.

Is geel licht minder verblindend dan wit licht?
Wegen, **13**, 132—135, 1937.

Verlichting en verduistering.
Ph. techn. T. **4**, 16—20, 1939.

Metingen aan uitgevoerde wegverlichtingsinstallaties.
Ph. techn. T. **4**, 304—313, 1939.

Het helderheidsbegrip in verband met verduisteringsproblemen.
Ph. techn. T. **6**, 161—168, 1941.

Physiologisch-optische Grundlagen für die Probleme der Luftschutzverdunklung.
Physica **8**, 398—412, 1941.

Der Zusammenhang zwischen den Begriffen Leuchtdichte, Helligkeit, Dunkel-
leuchtdichte usw.
Physica **8**, 413—423, 1941.

Dorgelo, E. G.

en P. J. Bouma. De natriumlamp, van laboratoriumproef tot wegverlichting.
Ph. techn. T. **2**, 353—360, 1937.

Druyvesteyn, M. J.

Der Niedervoltbogen.
Z. Phys. **64**, 781—798, 1930.

Die Energiebilanz der positiven Na-Säule.
Phys. Z. **33**, 822—823, 1932.

Über die Konzentration der angeregten Na-Atome und der Na⁺-Ionen in einem
Na-Niedervoltbogen.
Physica **1**, 14-27, 1923.

and N. Warmoltz. Energy balance, electron temperature and voltage gradient
in the positive column in mixtures of Na vapour with Ne, He and Ar.
Phil. Mag. **17**, 1—27, 1934.

Groot, W. de

Das Intensitätsverhältnis der D-Linien in einer Natrium-Edelgas-Entladung.
Physica **13**, 41—50, 1933.

en G. Holst. Demonstratieproef over den invloed van de chromatische aber-
ratie van het oog op de gezichtsscherpte.
Physica **13**, 231—235, 1933.

Die Beleuchtung von Polarimetern.
Z. Instrum. **55**, 79—80, 1935.

Heller, G.

Monochromatic lighting. Contrast efficiency of sodium lamps.
Electrician **114**, 547—548, 1935.

Vergelijking van de ontladingsvorm in natrium- en kwikdamplampen. I.
Ph. techn. T. **1**, 2—5, 1936.

Vergelijking van de ontladingsvorm in natrium- en kwikdamplampen. II.
Ph. techn. T. **1**, 70—75, 1936.

Holst, G.

en E. Oosterhuis. De laagspanningsboog.
Physica **4**, 42—45, 1924.

Natriumlampen.
Ingenieur **48**, E 75—79, 1933.

und P. J. Bouma. Ein neues Messgerät zur Beurteilung der Güte einer Strassenbeleuchtung.

Physica **3**, 1159—1163, 1936.

en P. J. Bouma. Hoe beoordeelt men de kwaliteit van een wegverlichting.

Ph. techn. T. **1**, 353—356, 1936.

Liempt, J. A. M. van

und J. A. de Vriend. Die Farbenwiedergabe beim Photographieren mit Natrium- und Quecksilberlicht.

Photogr. Korresp. **72**, 142—144, 1936.

De betekenis van de „Philora“ natriumlamp voor de fotografie.

Ph. techn. T. **2**, 24—28, 1937.

Matthews, E. L. J.

en J. A. M. van Liempt. Verduistering volgens de filtermethode.

Ph. techn. T. **5**, 97—103, 1940.

Schouten, J. F.

Het mechanisme van het zien in verband met het vraagstuk der verblinding Auto, 's Grav. **36**, 750—752, 1939.

Smelt, J.

Het glas in de moderne lampen.

Ph. techn. T. **2**, 87—93, 1937.

Uyterhoeven, W.

et C. Verburg. La lampe à vapeur de sodium à colonne positive pour courant alternatif 220 V.

Bull. techn. Ass. Ing. Ec. polytechn. Brux. **29**, 138—149, 1933.

et C. Verburg. Effets de la variation périodique de la concentration des atomes neutres de la vapeur, dans une lampe à courant alternatif au sodium.

C. R. Acad. Sci., Paris **201**, 647—649, 1935.

et C. Verburg. Température des électrons (T_e) dans une décharge en colonne positive dans un mélange (Ne-Na).

C. R. Acad. Sci., Paris **202**, 1498—1500, 1936.

Gasontladingslampen met „lage druk“.

Ned. T. Natuurkunde **4**, 199—216, 1937.

Electrische verschijnselen in de positieve zuil bij lage druk.

Ph. techn. T. **3**, 161—169, 1938.

Lichtemissie in de positieve zuil bij lage druk.

Ph. techn. T. **3**, 201—208, 1938.

et C. Verburg. Température des électrons (T_e) dans une décharge à colonne positive en courant alternatif (50 périodes par seconde). Mesures dans un mélange Ne-Na (lampes à vapeur de sodium).

C. R. Acad. Sci., Paris, **208**, 503—505, 1939.

Werfhorst, G. B. van de

Openbare verlichting. Grondslagen voor wegverlichting.

Ph. techn. T. **2**, 110—115, 1937.

Openbare verlichting. Grondslagen voor straatverlichting.

Ph. techn. T. **2**, 142—147, 1937.

Openbare verlichting. Technische gezichtspunten betreffende wegverlichting.

Ph. techn. T. **2**, 239—248, 1937.

Zijl, H.

Verlichting van rangeerterreinen met natriumlampen.

Ph. techn. T. **4**, 65—70, 1939.

DEEL II - HOOFDSTUK II

HOOGEDRUK EN SUPERHOOGEDRUK KWIKLAMPEN MET NATUURLIJKE KOELING

Bergmans, J.

* Lichtreflectie door wegdekken.

Dissertatie, Delft, 1938, 111 p.

Helderheid van wegdekken bij kunstverlichting.

Ph. techn. T. **3**, 321—329, 1938.

en W. L. Vervest. Een nieuw spiegelarmatuur voor straatverlichting.

Ph. techn. T. **5**, 231—240, 1940.

Bouma, P. J.

Gezichtsscherptemetingen bij diverse lichtsoorten.

Ingenieur **49**, A 243—246, 1934.

Contrastrijkheid bij natriumlicht, kwiklicht en wit licht.

Ingenieur **49**, A 290—294, 1934.

Elenbaas, W.

Der Gradient in der positiven Quecksilbersäule.

Z. Phys. **78**, 603—608, 1932.

Die Temperatur des Quecksilberbogens.

Physica **1**, 211—224, 1934.

Die Quecksilber-Hochdruckentladung.

Physica **1**, 673—688, 1934.

Die Temperaturänderung des Quecksilberbogens bei Zufügung von Kadmium

Physica **2**, 45—54, 1935.

Der Gradient der Quecksilberhochdruckentladung als Funktion des Druckes bei konstanter Stromstärke.

Physica **2**, 155—158, 1935.

Ähnlichkeitsgesetze der Hochdruckentladung.

Physica **2**, 169—182, 1935.

Temperatur und Gradient des Quecksilberbogens.
Physica **2**, 757—762, 1935.

Die Absorption in Quecksilber-Hochdruckentladungen.
Physica **2**, 763—768, 1935.

Der Gradient der Quecksilber-Hochdruckentladung als Funktion von Druck, Durchmesser und Stromstärke.
Physica **2**, 787—792, 1935.

Ontladingen in kwikdamp van hoogen druk.
Ingenieur **50**, E 83—90, 1935.

Dynamische Charakteristiken des Quecksilberbogens.
Physica **3**, 12—30, 1936.

Der Einfluss des Zündgases auf die Quecksilber-Hochdruckentladung.
Physica **3**, 219—236, 1936.

Übergang der laminaren in turbulente Konvektionsströmung im Hochdruckentladungsrohr.
Physica **3**, 484—490, 1936.

Die Elektrodenverluste in der Quecksilber-Hochdruckentladung.
Physica **3**, 947—953, 1936.

Der Gradient der Überhochdruck-Quecksilberentladung.
Physica **4**, 279—284, 1937.

Ontladingen in kwikdamp van hooge druk.
Ned. T. Natuurkunde **4**, 65—87, 1937.

Die Gesamtstrahlung der Quecksilber Hochdruckentladung als Funktion der Leistung, des Durchmessers und des Druckes.
Physica, 's Grav. **4**, 413—417, 1937.

Der Gradient der Hochdruckentladung in verschiedenen Metaldämpfen.
Physica, 's Grav. **4**, 747—751, 1937.

Der Einfluss der positiven Ionen auf die Beweglichkeit der Elektronen im Quecksilberbogen.
Physica, 's Grav. **5**, 568—580, 1938.

Hooge druk kwikontladingen.
Ned. T. Natuurkunde **5**, 221—222, 1938.

The temperature distribution in the high pressure mercury discharge tube.
Phys. Rev. **55**, 294—296, 1939.

A new method of determining the temperature of a high-pressure discharge.
Physica, 's Grav. **9**, 53—64, 1942.

Funke, J.

en P. J. Oranje. Over de ontwikkeling van menglichtlampen.
Ph. techn. T. **7**, 33—39, 1942.

Gisolf, J. H.

The absorption spectrum of luminescent zincsulfide and zinc-cadmiumsulfide in connection with some optical, electrical and chemical properties.
Physica, 's Grav. 84—96, 1939.

and F. A. Kröger. On the proportionality of the luminescence of zincsulfide-phosphors to the irradiation at low intensities.

Physica, 's Grav. **6**, 1101—1111, 1939.

and W. de Groot and F. A. Kröger. The absorption spectra of zincsulfide and willemite.

Physica **8**, 805—809, 1941.

Groot, W. de

Luminescence decay and related phenomena.

Physica, 's Grav. **6**, 275—290, 1939.

Saturation effects in the short-duration photo-luminescence of zincsulfide-phosphors.

Physica, 's Grav. **6**, 393—400, 1939.

Heller, G.

Dynamical similarity laws of the mercury high pressure discharge.

Physics **6**, 389—394, 1935.

Vergelijking van de ontladingsvorm in natrium- en kwikdamplampen I en II.

Ph. techn. T. **1**, 2—5, 70—75, 1936.

De kwiklamp HP 300.

Ph. techn. T. **1**, 129—134, 1936.

Jonas, B.

Over het doorvoeren van metaal door hard glas, in het bijzonder kwartsglas.

Ph. techn. T. **33**, 120—125, 1938.

Kröger, F. A.

Luminescence and absorption of ZnS-MnS mixed crystals.

Physica, 's Grav. **6**, 369—379, 1939.

Fundamental absorption of ZnS-MnS and ZnS-CdS mixed crystals.

Physica, 's Grav. **6**, 779—784, 1939.

Luminescence and absorption of zincsulfide, cadmiumsulfide and their solid solutions.

Physica, 's Grav. **7**, 1—12, 1940.

Luminescence and absorption of solid solutions in the ternary system ZnS—CdS—MnS.

Physica, 's Grav. **7**, 92—100, 1940.

ZnS, CdS, MnS en mengkristallen in het ternaire systeem ZnS—CdS—MnS.

Chem. Wbl. **37**, 590—596, 1940.

Liempt, J. A. M. van

Het gebruik van „Philora“ HP kwikontladingslampen voor vergrootings-apparaten.

Ph. techn. T. **3**, 92, 1938.

De beteekenis van kwiklampen met fluoresceerende ballon voor de fotografie.

Ph. techn. T. **4**, 28-29, 1939.

Matthews, E. L. J.

De menglichtlamp en andere kwiklampen met verbeterde kleurweergave.
Ph. techn. T. **5**, 353—359, 1940.

Meerkamp van Embden, H. J.

Verbindungen tusschen metaal en glas.
Ph. techn. T. **2**, 307—313, 1937.

Madmos, A. A.

en J. Voogd, Kwiklampen voor het vervaardigen van lichtdrukken.
Ph. techn. T. **6**, 251—253, 1941.

Meerink, E. H.

und A. van Wijk. Absolute Intensitätsmessungen verschiedener Lichtquellen im Ultraviolett.
C. R. 2e Congr. int. Lumière, Copenhagen, 1932, p. 698—704.

Smelt, J.

Het glas in de moderne lampen.
Ph. techn. T. **2**, 87—93, 1937.

Wijk, A. van

und E. H. Reerink. Eine Methode zum Vergleich der therapeutischen Werte verschiedener Ultraviolettstrahler.
Strahlentherapie **40**, 739—742, 1931.

en E. H. Reerink. Intensiteitsmetingen aan kunstmatige ultravioletlichtbronnen.
Physica **13**, 289—298, 1933.

Die Quecksilberhochdrucklampe für medizinische Zwecke.
Verh. 3, int. Kongr. Lichtforsch., Wiesbaden, 1936, S. 78—82.

Biologische werking van de straling van de „Biosol' lamp".
Ph. techn. T. **2**, 18—23, 1937.

De toepassing van ultraviolette stralingsbronnen voor technisch luminescentie-onderzoek.
Ph. techn. T. **3**, 5—9, 1938.

DEEL II. - HOOFDSTUK III.

SUPERHOOGEDRUK KWIKLAMPEN MET WATERKOELING.

Bol, C.

Een nieuwe kwiklamp.
Ingenieur **50**, E 91—92, 1935.

Dorgelo, E. G.

Watergekoelde kwiklampen.
Ph. techn. T. **2**, 165—172, 1937.

Elenbaas, W.

und W. de Groot. Die Totalstrahlung der Super-Hochdruck-Quecksilberentladung. *Physica* **2**, 807—810, 1935.

Über die mit den wassergekühlten Quecksilber-Super-Hochdruckröhren erreichbare Leuchtdichte.

Z. techn. Phys. **17**, 61—62, 1936.

Die Intensitätsverteilung und die Gesamtstrahlung der Super-Hochdruck-Quecksilberentladung.

Physica **3**, 859—871, 1936.

Über das kontinuierliche Spektrum des Quecksilberbogens.

Physica, 's Grav. **6**, 299—302, 1939.

Groot, W. de

* und exper. C. Bol. Das Emissions- und Absorptionsspektrum des Quecksilbers bei sehr hohen Drucken (bis 300 Atm.).

Verh. Prof. Zeeman, Nijhoff, 's Grav. 1935, S. 312—322.

Het emissie- en absorptie-spectrum van kwikdamp bij zeer hooge drukken (tot 300 at).

Ingenieur **50**, E 92—94, 1935.

Heel, G. L. van

De verlichting en bebakening van vliegvelden.

Ph. techn. T. **4**, 97—104, 1939.

Heller, G.

Een installatie voor filmprojectie met watergekoelde kwiklampen.

Ph. techn. T. **4**, 2—9, 1939.

Manders, Th. J. J. A.

Vliegveldverlichting met watergekoelde kwiklampen.

Ph. techn. T. **6**, 33—38, 1941.

DEEL II - HOOFDSTUK IV

BUISVORMIGE LAGEDRUK KWIKLAMPEN MET FLUORESCERENDEN BALLON

Addink, N. W. H.

De relatieve ligging van emissie- en absorptiebanden bij fluorescentie.

Handel. 26e Ned. natuur- en geneesk. Congr. 1937, p. 171—172.

Alphen, P. M. van

Een fotometer voor het onderzoek van de kleurweergave van verschillende lichtbronnen.

Ph. techn. T. **4**, 71—77, 1939.

Bouma, P. J.

Grundlinien einer allgemeinen Theorie der Farbenmetrik. I.

Proc. kon. Akad. Wet. Adam **38**, 35—45, 1935.

Grundlinien einer allgemeinen Theorie der Farbenmetrik. II.
Proc. kon. Akad. Wet. A'dam **38**, 148—160, 1935.

und G. Heller. Grundlinien einer allgemeinen Theorie der Farbenmetrik. III.
Proc. kon. Akad. Wet. A'dam **38**, 258—271, 1935.

Kleurenmetriek.

Faraday, Deventer **5**, 105—109, 1935.

Het zien van kleuren.

Ph. techn. T. **1**, 282—287, 1936.

De kleurweergave bij gebruik van verschillende „witte“ lichtbronnen.

Ph. techn. T. **2**, 1—7, 1937.

Het karakteriseeren van kleurindrukken door kleurenruimte en kleurendriehoek

Ph. techn. T. **2**, 39—46, 1937.

Kleurweergave van gloeilampen en „Philiphon“ glas.

Ph. techn. T. **3**, 47—49, 1938.

Zisolf, J. H.

Fosforen.

Ned. T. Natuurkunde **5**, 289—300, 1938.

and W. de Groot and F. A. Kröger. The absorption spectra of zincsulfide and willemite. *Physica* **8**, 805—809, 1941.

Groot, W. de

De fluorescentie van fosforen.

Ned. T. Natuurkunde **5**, 257—268, 1938.

Fluorescentie.

Ph. techn. **3**, 129—136, 1938.

Luminescence decay and related phenomena.

Physica, 's Grav. **6**, 275—290, 1939.

Halbertsma, N. A.

en G. P. Ittmann. Verlichting met lijnvormige lichtbronnen.

Ph. techn. T. **4**, 193—200, 1939.

Reflecteerende oppervlakken in de nabijheid van lijnvormige lichtbronnen.

Ph. techn. T. **5**, 16—22, 1940.

Kröger, F. A.

Some optical properties of zinc silicate phosphors.

Physica, 's Grav. **6**, 764—778, 1939.

* Luminescence in solids containing manganese.

Dissertatie, Amsterdam, 130 blz., 1940.

Luminescence of cerium compounds.

Physica **8**, 628—646, 1941.

Luminesceerende stoffen.

Ph. techn. T. **6**, 353—362, 1941.

Kruithof, A. A.

Buisvormige luminescentielampen voor algemeene verlichtingsdoeleinden.
Ph. techn. T. **6**, 65—73, 1941.

Moerman, N. F. †

und H. H. Kraak †. Das Fluoreszenzschema der Uranylsalze.
Rec. Trav. chim. Pays Bas **58**, 34—38, 1939.

Schouwstra, P.

en G. Zecher. Buisvormige luminescentielampen.
Ph. techn. T. **4**, 353—357, 1939.

Uyterhoeven, W.

Gasontladingslampen met „lage druk“.
Ned. T. Natuurkunde **4**, 199—216, 1937.

en G. Zecher. Lage druk kwikontlading met luminesceerende wand.
Ph. techn. T. **3**, 277—283, 1938.

Zijl, H.

Het berekenen van verlichtingsinstallaties met lijnvormige lichtbronnen.
Ph. techn. T. **6**, 147—152, 1941.

DEEL II - HOOFDSTUK V

GASONTLADINGSLAMPEN VOOR RECLAME- EN MARKEERINGSDOELEINDEN

Dorgelo, H. B.

Beschouwingen en metingen aangaande de energieverdeeling over de lijnen
der hoofdserie in een neonzuil.
Physica **5**, 90—100, 1925.

Druyvesteyn, M. J.

The mobility of electrons in neon.
Physica, 's Grav. **4**, 464—466, 1937.

Elenbaas, W.

Intensitätsmessungen an der Neonsäule.
Z. Phys. **72**, 715—723, 1931.

Heel, G. L. van

De verlichting en bebakening van vliegvelden.
Ph. techn. T. **4**, 97—104, 1939.

Liempt, J. A. M. van

und P. Leydens. Die Farbenwiedergabe beim Photographieren mit Neonlicht.
Rec. Trav. Chim. Pays-Bas **56**, 26—28, 1937.

Penning, F. M.

Anregung und Ionisierung von Quecksilberatomen in Edelgas-Quecksilbersäulen.
Physica **1**, 763—769, 1934.

DEEL II

AANHANGSEL, BEGRIPPEN EN EENHEDEN DER LICHTTECHNIEK

uma, P. J.

Einige Bemerkungen über die Begriffen Leuchtdichte und Helligkeit.
Licht und Lampe **24**, 217—219, 1935.

eiss, W.

De nieuwe kaars.
Electrotechniek **18**, 124, 1940.

Zur Frage der Dekalumenstaffelung elektrischer Glühlampen.
Das Licht **11**, 212—215, 1941.

eller, G.

De nieuwe eenheid der lichtsterkte.
Ph. techn. T. **5**, 1—5, 1940.

olst, G.

en J. C. Scharp de Visser. De lichtsterkte van het zwarte lichaam en het mecha-
nisch equivalent van het licht.
Versl. kon. Akad. Wet. A'dam **26**, 513—518, 1917.

loppers, R. K.

Iets over de lichtsterkte en daarmee samenhangende begrippen.
Natuur **38**, 161—164, 1918.

ALFABETISCH REGISTER

De cijfers verwijzen naar de bladzijden.
T beteekent tabel, F figuur.

- Aanloopstroom 53.
— - tijd SO 69 (T), HO, HP(L), ML
146 (T).
Aanslag 17.
—, metastabiele 20.
— - spanning 19.
Aberratie, chromatische 85.
Actiniteit 154.
Activator 201.
Afmetingen van lampen en apparaten 249-261.
Anodeval 23.
Analyse, luminescentie- 162.
Argon 231.
Apparaat; zie voorschakelapparaat.
Arbeidsfactor 42.
—, verbetering van den 42.
— en brandspanning 49.
Armatuur, SO-RA 90.
—, QB 139.
—, QH 139.
—, ZE30 141.
Atoomnummer 15.
Ballon, temperatuur van; zie afzonderlijke lampen.
Biosolfilter 158.
— - lamp 155.
Botsing eerste soort 20.
—, elastische 17.
— tweede soort 20.
Brandspanning, keuze der 48.
—, verloop van 34—35.
— en arbeidsfactor 49.
— en bedrijfszekerheid lamp 51.
— en elektroden verliezen 48.
— en kosten voorschakelapparaat 50.
— en plotselinge netspanningsdaling 51.
Brandstand; zie afzonderlijke lampen.
Cadmium, kleurverbetering door 119.
Chromatische aberratie 85.
Compensatie 42.
—, groeps- 59.
— - krommen 262-263.
— - wikkeling 43.
Complementaire kleuren 202.
Condensator 40.
—, compensatie- 42.
—, ontstorings- 98, 222.
—, serie- 40.
Continuum 116, 170, 202.
Contractie van de ontlading 113.
Contrastvorming 81.
Daglicht, kleurpunt F126.
— - lamp 210.
Dekalumen 266.
D-lijn 77.
Donkerperiode 46.
Donkere kamer 94.
Eenheden 266.
Electroden, gloeistroom- 28, 230.
—, oxyd- 27.
— - verliezen 48.
Electron, lading van 14.
—, massa van 14.
— - volt 18.
Elementair lading 14.
Emissie, stralings- 20.
—, thermische 27.
Emitter 27.
Energie-balans TL lamp F129.
— - niveau 18.
— - rendement 199.
— - schema Na, Hg F30.
— - verdeling; zie afzonderlijke lampen.
Erytheem-effect 161.
— - factor 160(T).
— - kromme F96.
Faseverschuiving 35.
Filmlamp 191.
Fluorescentie 131, 198.
— - buislampen 197.
Fosforescentie 148.
Fotografie; zie afzonderlijke lampen
Gelijkstroom, branden op 31.
Gevoeligheid voor netspanningsvariatië 54; zie ook afzonderlijke lampen.
Gezichtsscherpte Hg 135, Na 85, 135, gloeilamp 135.
Glas, kalkboraat- 66.
—, hard- 106.
—, kwarts- 106.
—, „Philiphän“- 213.
—, „zwart“ 161.
Glimlichtschakelaar 217.
Gloeilamp, gevoeligheid voor netspanningsvariatië F29.
—, zonlicht- F127, 210.
Golflengte, domineerende 204.
Gradient 103.
Grondniveau 19, 73.
Halfwaardebreedte 185.
Hardglas 106.
Helderheid 83, 185(T), 265.
—, subjectieve 83.
— - sverdeling; zie afzonderlijke lampen.
Heliumlampen 233.
Herontsteekspanning 46.
HO lampen; zie kwiklampen.
Hoogedruk kwiklampen 103.
HP lampen; zie kwiklampen.

HPL lampen; zie kwiklampen.
 HPW lampen; zie kwiklampen.
 Hulpelectrode, inwendige 28.
 —, uitwendige 29.
 Huls; zie afzonderlijke lampen.
 Impedantie 37.
 —, variatie van 37.
 Instelling, apparaat- 55.
 Inschakelstroom 53.
 „Intensol“lamp 196.
 Ionisatie 18.
 —, foto- 19.
 — - spanning 19.
 Kaars 266.
 Karakteristiek, apparatuur- 175.
 —, lamp- 176.
 —, negatieve 31.
 Kathodeval 23.
 Kegeltjes 81.
 Kenletter 247.
 Kirchhoff, wet van 265.
 Kleur 202.
 — - atlas 207.
 — - beoordeling 207-208.
 —, complementaire 202.
 — - driehoek 203.
 — - keuze 202-208.
 — - punt van diverse lichtbronnen F126.
 — - temperatuur 206.
 — - verbetering 118.
 — - weergave 206.
 Koolzuurlamp 231.
 Koeling, natuurlijke 103.
 —, water- 188.
 Koelaggregaat 189.
 Kwikdoseering 111.
 Kwiklamp, **hoogedruk** (HO) 103.
 —, —, afmetingen 253-254.
 —, —, arbeidsfactor 253-254, 262.
 —, —, ballonwandtemperatuur F54.
 —, —, brandstand 115.
 —, —, glas 107.
 —, —, helderheid 136, F79-F80.
 —, —, invloed van buitentemperatuur 107.
 —, —, kleurverbetering 119, 135.
 —, —, levensduur 149.
 —, —, lichtsterkteverdeling 139.
 —, —, netspanningsgevoeligheid 114.
 —, —, opwarmperiode 110.
 —, —, radiostoringen 148.
 —, —, spectrale verdeling, zichtbaar 116, UV 130.
 —, —, stroboscopisch effect 147.
 —, —, toepassingen 146.
 —, —, vacuumglas 107.
 —, —, voorschakelapparaat 143.
 —, **lagedruk** (TL) 209.
 —, —, afmetingen 216, 260.
 —, —, arbeidsfactor 260.
 —, —, ballonwandtemperatuur 220.

—, —, energiebalans F129.
 —, —, helderheid 216.
 —, —, invloed van buitentemperatuur 220.
 —, —, kleuren 210.
 —, —, levensduur 222.
 —, —, netspanningsgevoeligheid F138.
 —, —, radiostoringen 221.
 —, —, spectrum F99, F130-F131-F132, 215(T).
 —, —, stroboscopisch effect 216.
 —, —, toepassingen 223.
 —, —, voorschakelapparaat 217.
 —, **superhoogedruk met natuurlijke koeling** (HP, HPL, HPW, ML) 103.
 —, —, afmetingen HP 255-256, HPL 257-258, HPW F97, ML 259.
 —, —, arbeidsfactor HP, HPL, HPW 255-258, 263, ML 121(T).
 —, —, ballonwandtemperatuur HP F55, ML F73.
 —, —, brandstand HP, HPL, ML F60.
 —, —, glas 106.
 —, —, helderheid HP F81, HPL F82, ML F83.
 —, —, invloed van buitentemperatuur 108.
 —, —, kleurverbetering 118.
 —, —, levensduur 149.
 —, —, lichtsterkteverdeling 139.
 —, —, netspanningsgevoeligheid HP, HPL 114, ML 127.
 —, —, opwarmperiode HP, HPL 110, ML 126.
 —, —, radiostoringen 148.
 —, —, spectrale verdeling, zichtbaar HP 116, HPL 132, ML 133(T), UV HP 129.
 —, —, stroboscopisch effect HP, HPL 148, ML 128.
 —, —, toepassingen 146.
 —, —, voorschakelapparaat 135.
 —, **superhoogedruk met waterkoeling** (SP) 167.
 —, —, afmetingen 168.
 —, —, helderheid 185 (T).
 —, —, kleurverbetering 192.
 —, —, levensduur 190.
 —, —, lichtsterkteverdeling 186.
 —, —, netspanningsgevoeligheid 183.
 —, —, nomenclatuur 168.
 —, —, spectrale verdeling, zichtbaar 170, UV, 172.
 —, —, toepassingen 191.
 —, —, uitvoeringsvormen 186.
 —, —, voorschakelapparaat 181.
 —, —, werkpunt 179.
 Lagedruk kwiklampen 209.
 Lektransformator 39.
 Levensduur; zie afzonderlijke lampen.

Licht, aanloop- 229.
 —, drempel- 227.
 — - druklamp 152.
 — - equivalent 88.
 —, hindernis- 231.
 — - knop 79, 237.
 —, landingsbaan- 152, 196.
 —, Moore- 232.
 —, omrandings- 228.
 — - quant 21.
 — - reclame 232.
 — - rendement; zie specifieke lichtstroom.
 — - rimpel 46.
 — - snelheid 21.
 — - sterkte 265.
 — - verdeling; zie afzonderlijke lampen.
 — - stroom 265.
 — - stroom, specifieke 265.
 Luchtspleet 37.
 Lumen 266.
 Luminescentie 163.
 — - onderzoek 162.
 Luminofoor 131, 198.
 Lux 266.
 Lijnspectrum 22.
 — - verbreding 173.
 Magnetiseeringskromme 36.
 Menglicht, gescheiden 119.
 — - lamp 121.
 ML lampen; zie kwiklampen.
 Monochromatische straling 78.
 Nalichttijd 148.
 Natriumlampen (SO) 263.
 —, afmetingen 75.
 —, arbeidsfactor 249-253.
 —, ballonwandtemperatuur 64.
 —, brandstand 75.
 —, glas 66.
 —, helderheid 86.
 —, invloed van buitentemperatuur 65.
 —, levensduur 98.
 —, lichtsterkteverdeling F41.
 —, netspanningsgevoeligheid 71.
 —, opwarmperiode 68.
 —, radiostoringen 98.
 —, serieschakeling 99.
 —, spectrale verdeling 77.
 —, stroboscopisch effect 95.
 —, toepassingen 89.
 —, vacuumglas 64.
 —, voorschakelapparaat 86.
 —, werkpunt 76.
 Netspanningsvariaties, invloed van; zie afzonderlijke lampen.
 Neutron 13.
 Neonlampen 227, 232.
 Niveau, energie- 18.
 —, grond- 19, 73.
 Ontsteekspanning 25.
 — -sverlaging 25.

Ontsteekvertraging 17.
 Ooggevoeligheidskromme 83, 87.
 Openspanning 39.
 Opwarmtijd; zie afzonderlijke lampen.
 Paschen, wet van 25.
 Periodiek systeem 14.
 Permeabiliteit 36.
 Planck 21.
 —, constante van 21.
 Polarimeterlamp 100.
 Proton 13.
 Pupilmgrootte 85.
 Purkyne-effect 83.
 Quant 21.
 Radiostoring; zie afzonderlijke lampen.
 Reclamelampen 165, 232.
 Recombinatie 18.
 Reflectie aluminium 164.
 Reflector voor filmlamp 187.
 Rendement, energie- 199.
 —, licht-; zie specifieke lichtstroom.
 —, quanten- 199.
 Resonantie 19.
 Richardson 27.
 Ruimtelading, positieve 23.
 Schijnwerper 194.
 Scottschakeling 96.
 Serieschakeling van SO lampen 99
 Smoorspoel 35.
 SO lampen; zie natriumlampen.
 SP lampen; zie kwiklampen.
 Spaarlektransformator 39.
 Spaarschakeling 39.
 Specifieke lichtstroom 265.
 Spectrale verdeling; zie afzonderlijke lampen.
 — —, indeeling in vakjes 208.
 — —, invloed van den druk op 74, 168.
 Staafjes 81.
 Stabilisatie bij gelijkstroom 31.
 — bij wisselstroom 34.
 Stikstoflampen 231.
 Stilb 266.
 Stralingsscherm 64.
 Stroboscooplamp 237.
 Stroboscopisch effect 46; zie ook afzonderlijke lampen.
 Stroom, aanloop- 53; zie ook afzonderlijke lampen.
 —, kortsluit- 53.
 —, licht- 265.
 —, wattlooze 40.
 Superhoogedruk kwiklampen; zie kwiklampen.
 Superhoogedruk, gevolgen van 103, 168.
 Symbolen 245.
 Systeem, natuurlijk 14.
 —, periodiek 14
 —, lamp- 234.

Temperatuur, kleur- 206.
—, omgevings-, invloed van; zie
afzonderlijke lampen.
—, wand-; zie afzonderlijke lampen.
Thermische emissie 27.
TL lampen; zie kwiklampen.
Transformator 38.
—, inbouw- 234.
—, lek- 39.
—, spaarlek- 39.
Tu-lamp schakeling 96.
Uittreepotentiaal 27.
Ultraviolet spectrum; zie afzonder-
lijke lampen.
Vacuumglas 64.
Vakjesverdeling, spectrale 208.
Vectordiagram 41.
Veiligheidsschakeling 58, 231.
Verduistering volgens de filter-
methode 94.
—, toepassing van HPW lampen
bij 165.
Verlichtingssterkte 265.
Verlichting, donkere kamer- 94.
—, fabrieks- 93, 146, 224.
—, fotografische opnamen;
zie afzonderlijke lampen.
—, kantoor- 147, 224.
—, reclame- 165, 232.
—, straat- 89, 146.

—, stroboscopische 240.
—, verduisterings- 94, 165.
—, vliegveld- 79, 152, 195, 196, 227.
—, weg- 89.
Vermogen, schijnbaar 42.
Vervorming 42.
Verzadiging, kleur- 204.
—, magnetische 36.
Voorschakelapparaat, eischen 52.
—, gemeenschappelijk 56.
—, invloed op lamp 52, 174.
Waarnemingssnelheid, Na 86,
Hg 136.
Warmte-isolatie 64.
Waterkoeling 167.
Weerstand, stabilisatie door 31.
—, vervangings- 55.
Werkpunt, keuze van Na 76,
SP 179.
Witpunt 195.
Wisselstroom, stabilisatie bij bran-
den op 34, 46.
Zelfabsorptie 19.
Zelfinductie 35.
Zelfstandige ontlading 23.
Zonlichtlamp F127, 210.
Zuil, positieve 25.
Zwart lichaam 265.
—, lijn der F126.