

# Van gloei- naar halogeenlamp

Een halogeenlamp is gewoon een gloeilamp, met alle bijbehorende eigenschappen.

Ondanks alle nieuwe lichtbronnen is hij nog onuitroeibaar, ondanks de drukte rond glasvezelverlichting en de huidige hype met led-verlichting. Beide nieuwigheden kwamen als verwend kind tevoorschijn.

Daarom plaatsen wij de bescheiden halogeenlamp centraal. Je hoort hem niet, maar ziet hem overal en hij wordt steeds beter. Als inleiding kijken we terug in de historie, naar de spannende jaren waarin industriële revolutie op toeren kwam en kaars, olie- en gaslamp werden overklast door de gloeilamp.

**B**Het was met de uitvinding van de gloeilamp als met die van de kunst om boeken te drukken: verschillende landen eisten de eer voor zich op. Het is echter een feit dat Thomas Alva Edison er op 21 oktober in 1879 in slaagde een bruikbare gloeilamp te vervaardigen. Hij was echter niet de uitvinder van de gloeilamp. Onder meer de Engelse scheikundige Joseph Swan uit Newcastle, slaagde er negentien jaar eerder in een gloeiende lamp te maken. Hij prepareerde een stukje verkoold papier en sloot op de einden een stroombron aan. Het materiaal brandde echter herhaaldelijk snel door en



Joseph Wilson Swan

Swan had waarschijnlijk wel wat anders aan zijn hoofd.

Edison had jaren later kennis genomen van deze proeven en constateerde, dat alleen de materiaalsoort de bottelnek was. Hij studeerde erop en begon in september 1878 zelf proeven te nemen in zijn laboratorium te Menlo Park. Gedurende een jaar lang werkte hij onafgebroken, samen met zijn



Thomas Alva Edison

assistenten aan de oplossing van het probleem. Hij onderzocht en testte duizenden materialen: van platina tot allerlei koolstofsamenstellingen. Proef na proef werd genomen. Tot slot met een draadje katoen. Zesendertig uur hadden Edison en zijn helpers besteed aan het verkolen en vormen

van enkele draadjes. Het eerste brak af bij het oppakken. Het tweede brak af omdat een medewerker een schroevendraaier liet vallen. De derde keer lukte het de gloeispiraal te plaatsen in de glazen ballon die vervolgens luchtledig gezogen werd. De draad werd aangesloten en de stroom ingeschakeld. Toen geschiedde het wonder: de gloeilamp brandde... en bleef branden! Vijfenveertig uur bleef hij branden. Dat was de doorbraak en het bewijs dat dit de nieuwe lichtbron zou worden.

In december 1879 werd een gloeilamp met een 'gloedraad' van verkoold bordpapier in hoefijzervorm in de handel gebracht. Deze cardboard horseshoe-lampen waren de eerste gloeilampen die in vrij grote aantallen werden verkocht. Er stonden echter vele mensen argwanend en sceptisch tegenover deze nieuwe lampen, hoewel deze de beste eigenschappen hadden omdat zij niet walmden, stonken en uitwaaiden. Daarom bedacht Edison een stunt. In Menlo Park werden honderden lampen als feestverlichting tussen de bomen gehangen en iedereen mocht komen kijken. Duizenden mensen stroomden toe om zich te verwonderen over dit prachtige nachtelijke schouwspel.

## Bamboe

Over de hele wereld werd door Edison en ook door anderen verder gezocht naar betere materialen.

In juli 1880 werd bamboe uit Japan geïmporteerd, omdat de levensduur hiermee werd verlengd. Edison was inmiddels ook als elektriciteitsproductiebedrijf begonnen, met als doel elk huis van stroom te voorzien. Op 10 augustus 1881 waren Edison en zijn gloeilampen bij de opening van de eerste Internationale Elektricitestentoonstelling



1891. ir. Gerard L.F. Philips start een 'Lampenfabriek in het zuiden des lands'.

in Parijs het gesprek van de dag. Door negentien bedrijven werden 159 verschillende lamptypen gedemonstreerd. De kooldraadlampen van uit die tijd produceerden een lichtsterkte van 16 kaars (heet nu 16 candela) en een lichtstroom van circa 160 lumen. Dat is iets meer dan een gewone 15W gloeilamp. In juli 1891 werd door het gemeentebestuur van Eindhoven aan ir.G.L.F. Philips vergunning verleend tot oprichting van een stoomfabriek van carbon filament gloeilampen. In april 1892 leverde Philips de eerste 50 gloeilampen aan... de Stearine Kaarsenfabriek te Gouda. Wellicht hebben toen vele 'mensen' gedacht dat de kaarsenfabriek nu zijn langste tijd wel gehad zou hebben.

## Gloeilamp productie Philips

1892 11.000 stuks  
1895 109.000 stuks  
1900 2.700.000 stuks  
1903 4.700.000 stuks

In de daarop volgende jaren is men van de plantaardige vezels overgestapt op zuivere celstof (zoals watten) waaruit met chemische oplosmiddelen een collodium (oplossing van zwak genitreeerde cellulose in zwaavelther) werd gemaakt. Met deze 'stroop'

werden door kleine gaatjes draden gespoten, die daarna werden gehard en verkoold.

## Elektriciteit voor iedereen

De stroomverdeling naar bedrijven en woonhuizen kwam in een versnelling door de ontdekking van de mogelijkheden die wisselstroom en hoogspanning bieden. Men ontdekte dat bij een hoge spanning het verplaatsen van elektriciteit over grote afstanden veel minder energieverlies geeft. Zo werd vanaf die tijd een spanning van bijvoorbeeld 10.000 Volt via draden aan hoogspanningsmasten gebracht naar dorpen en steden. Daar werd de hoogspanning afgetakt en via transformatorhuisjes omgezet naar 110V of 220V, waarna via draden langs de weg de stroom werd verdeeld naar bedrijven en woonhuizen. Het gebruik van elektriciteit kwam nu binnen het bereik van iedereen die het kon betalen. Voor mijn grootvader, die een slagerij had aan de Burgstraat in Gorinchem, was het in 1924 mogelijk een elektrische installatie te laten aanleggen. Dat was een gebeurtenis van formaat.

## Metaaldraadlampen

In 1902 slaagde de Duitser Nernst erin een lamp te construeren waarvan het gloeilichaam bestond uit een staafje metaal-oxyden. Deze door AEG (de vroegere Duitse Edison Maatschappij) op de markt gebrachte lamp had een ontsteektijd van twee tot drie minuten. Vervolgens maakt Siemens & Halske in 1905 de tantaallamp, die met een gloeitemperatuur van 2000°C een aanmerkelijke verbetering was. In 1906 werd de beslissende uitvinding gedaan: wolfram. Wolfram is een metaal met een smeltpunt van 3400°C. De bereidingswijze was (en is nog) gecompliceerd.

Langs chemische weg werd uit het mineraal scheeliet wolframpoeder bereid. Dit werd vermengd met een bindmiddel waarna draden werden gespoten. Het resultaat was echter bros en kwetsbaar.

Vijf jaar later slaagde William Coolidge van General Electric Company te Schenectady erin een sterkere draad te maken uit een staaf, die eerst bij hoge temperatuur werd gesinterd (is het bij begin van smelting aan-eenklitten) en gehamerd. Daarna werd de staaf door een zo genoemde treksteen met een steeds kleinere opening getrokken tot de juiste dikte. Op 5 december 1911 brandde bij Philips de eerste lamp met een getrokken draad.

## De stroomversnelling

De ontwikkeling was in een stroomversnelling gekomen. Opeenvolgend werden uitvindingen gedaan of verbeteringen gevonden. We sommen er een aantal op:

**1913** De ophanging van de gloeidraad werd verbeterd. Als u denkt dat dit een kleinigheidje was, vergist u zich. Bijgaande afbeelding geeft uitleg.

**1915** De Amerikaanse apotheker Irving Langmuir maakte de eerste lamp gevuld met edelgas (argon of krypton). De verdamping van de wolframdraad werd vertraagd waardoor er minder roet op het glas kwam.

**1925** De gloeidraad werd gespiraliseerd

**1933** De gloeidraad werd dubbel gespiraliseerd.

## De halogeenlamp

De lichtopbrengst van een gloeilamp is afhankelijk van de temperatuur van de wolfram gloeidraad. Hoewel het smeltpunt van wolfram op 3370°C ligt en de glazen



Lampen met een infrarood reflecterende cocon besparen 30% energie (foto Osram)



De kleinste 230V halogeenlamp naast een gewone gloeilamp. Klein Duimpje is 50 mm lang en 14 mm rond en Osram noemt hem Halopin.

ballon meestal met edelgas is gevuld, verdamp bij de gloeidraadtemperatuur van ca. 2600°C toch geleidelijk het wolfram. Dit slaat als een soort roetlaagje neer op de glasballon. Hierdoor wordt de gloeidraad langzaam maar zeker dunner tot hij breekt.

Halogeenlampen hebben een veel langer leven omdat het verdampen van de wolframdraad wordt vertraagd. Aan de edelgasvulling van halogeenlampen is een exacte hoeveelheid van een halogeen toegevoegd. Halogenen is een verzamelnaam van een groep elementen die met metalen gemakkelijk zouten vormen zoals jodium en broom. Zodra de halogeenlamp brandt zal de wolframspiraal gaan gloeien en begin-

nen te verdampen. De damp zweeft door de ballon, koelt af en zal zich bij een temperatuur van ca. 1400°C met het halogeengas verbinden. Het blijft nu gasvormig. Het kan niet op de ballon neerslaan maar wel terug neerslaan op de gloeidraad. Dus de gloeidraad krijgt steeds weer terug wat hij verliest. Je zou verwachten dat de lamp nu niet meer stuk kan, maar helaas... De ketting is ook hier niet sterker dan de zwakste schakel: het dunste deel van de gloeidraad blijft het dunste deel. Het terug neerslaan van de wolfram-atomen gebeurt gelijkmatig en zal de dunste plek niet extra versterken.

### Kwarts Jodiumlampen

De eerste lampen van deze soort werden in de jaren zestig jaren Kwarts Jodiumlampen genoemd, omdat het lamphuis van kwartsglas was gemaakt en met jodiumgas was gevuld. Het filament (gloeilichaam) van deze lampen wordt in een zo klein mogelijke 'ballon' geplaatst om het proces van verdampen en neerslaan mogelijk te maken.

Om die reden werden de eerste 230V (of hoogvolt) halogeen lampen uitgevoerd als dunne buis van kwartsglas. Gewoon glas kan de temperatuur van 3000°C niet verdragen. Kwartsglas heeft een hoger smeltpunt en is daar wel tegen bestand. Probleem is hier dat het daarom veel moeilijker te bereiden en te bewerken.

De meest gebruikte halogeenlampen zijn kleine lampen voor 12 Volt. Sinds de jaren zeventig hebben 12 Volt lampen de 24W 'bootlampen' helemaal verdrongen. In woonkamer, hobbykamer, slaapkamer, winkel, kantine, museum, overal vind je 12 Volt lampjes.

### Waarom 12V?

Er zijn een aantal redenen voor het gebruik van 12 Volt laagspanning. De belangrijkste reden is dat het wattage gelijk is aan het product van spanning en stroomsterkte. Dus:

**Watt = Volt x Ampère**

Hieruit volgt simpel dat de stroomsterkte stijgt als de spanning daalt.

Bijvoorbeeld: door een 50W 230V lamp gaat  $50/230=0,2$  Ampère.

Door een 12V 50W lamp gaat  $50/12=4$  Ampère. Als gevolg hiervan is de gloeidraad in een 230V lamp zeer dun en in een 12V lamp dik. Dikker is sterker en gaat langer mee.

### Trafo 105VA

Bijkomstigheid is dat bij 12V lampen een transformator (verder te noemen: trafo) nodig is die van 230V via een draadspool met naar verhouding minder wikkelingen 12V maakt. Een trafo wordt altijd gemaakt voor een bepaald vermogen dat wordt aangeduid in VA. Deze eenheid is een afkorting van Volt x Ampère en volgens de net genoemde formule hetzelfde als Watt.

U mag op een trafo niet meer lampen aansluiten dan aangegeven. Bijvoorbeeld: op een trafo van 300VA mag u niet meer dan zes lampen van 50W aansluiten. Meestal is de trafo voorzien van een zekering die stuk gaat bij overbelasting.

Naast de conventionele draadgewikkelde trafo's worden er steeds meer elektronische trafo's aangeboden. Het voordeel van elektronische trafo's is het lichte gewicht en de vormgeving. De nadelen zijn belangrijk om te weten:

- De trafo moet minimaal 40 procent worden belast
- De 12V draadlengte naar de lamp mag niet langer zijn dan 0,5m.
- Voor dimmen moet een zo genoemde tronic-dimmer worden gebruikt.
- Je mag de 230V en 12V draden niet naast elkaar leggen.
- De levensduur is korter dan van een conventionele trafo.

### 12 Volt dus veilig?

Beneden de 48 Volt spreekt met over laagspanning die aanrakingsveilig is. Toch geeft 40 Volt bij schrikdraad nog een stevige schok. Een spanning van 12 Volt kan je aan-

raken zonder ook maar iets te voelen. Toch geef ik drie waarschuwingen, want een 12V installatie kan zéér brandgevaarlijk zijn:

- Zorg dat de 12V draden voldoende dik zijn. Anders naar één spot nooit minder dan 1 mm<sup>2</sup>. Trafo's tot 150VA anders van minimaal 11/2 mm<sup>2</sup>. Trafo's tot 300VA anders van minimaal 21/2 mm<sup>2</sup>.
- Lees bij een 12V spanningrail hoeveel Ampère er maximaal door mag. Vermenigvuldig dat met 12(V) en u weet hoeveel VA (= Watt) de trafo maximaal mag zijn.
- Leg de draden zorgvuldig aan, zodat door beschadiging en slordigheid geen kans ontstaat op kortsluiting of doorbranden. Want door het hoge Ampèrage vonkt en knettert een slecht contact zéér sterk.

De bomen in het halogeenlampenbos Wie enkele catalogi doorsnuffelt op zoek naar een 12V reflectorlamp zal vanwege de bomen het bos niet meer zien. Binnen de omvang van dit artikel is het onmogelijk alle halogeenlampen te behandelen. Daarom beperk ik mij nu tot het meest populaire type. De gegevens zijn vaak ook van toepassing op soortgelijke lampen met een andere diameter.

### Meest gebruikte

De meest gebruikte halogeenlampen zijn de reflectorlampen 12V 20, 35 en 50W, lampvoet GU5,3 met een diameter van

50mm. Sinds de jaren zeventig worden deze lampen zowel in de utiliteitsbouw, in winkels maar ook in woonhuizen veel toegepast. De lampjes zijn er in veel verschillende uitvoeringen met verschillende eigenschappen. We zetten ze hieronder op een rij, omdat u bij toepassing vanuit die eigenschappen uw keuze moet maken.

### Lichtsterkte in Candela

Bij spotlightlampen maken alle fabrikanten voornamelijk de lichtsterkte bekend. Dat is de maximum sterkte in het hart van de lichtbundel. Candela is de luxwaarde op 1 m afstand, bij grotere afstanden moet u deze waarde delen door de afstand in het kwadraat. Vaak worden ook plaatjes getoond met de luxwaarde op bijv. 1, 2 en 3 m in het hart van de bundel. De lichtstroom, de totale lichtopbrengst verzwijgt men, terwijl deze onmisbaar is bij een (computer)lichtberekening.

### UV-block / UV-stop

Het venster van de betere lampen zijn voorzien van een coating die het ultra violette licht eruit filtert. De veroudering als gevolg van UV-straling is hierdoor sterk teruggebracht. De lichtopbrengst is een onmerkbaar fractie lager.

### Dichroide is koudlicht spiegel

De reflector is gemaakt van een laag die het zichtbare licht reflecteert en de infra-

roodstraling grotendeels doorlaat. In de lichtbundel is dan minder stralingswarmte aanwezig. Hierdoor wordt veroudering van verlichte objecten door stralingswarmte belangrijk teruggebracht.

### Kleurverschil en verkleuring

De kwaliteit van de reflector is bij sommige lampen de oorzaak van kleurverschil, zowel tussen nieuwe lampen onderling als ook tijdens het gebruik. Bij sommige lamptypen geeft de fabrikant duidelijk aan dat kleurverschil en verkleuring tijdens gebruik niet voorkomen.

### IRC = Infra Rood Coating

Bij lampen met deze aanduiding is de gloeidraad in een kwartsglas cocon (glasbuisje) geplaatst, dat is voorzien van een infraroodstraling reflecterende coating. Voordeel hiervan is dat lamp zichzelf warm houdt. Het lichtrendement van deze lampen kan tot 30 procent hoger zijn dan dezelfde lampen van een ouder type. Om die reden heeft Philips zijn IRC-lampen aangeduid met een lager Wattage (45 in plaats van 50W), waarbij de lichtopbrengst ongeveer gelijk is.

### Kleur leklicht

Door de koudlichtreflector straalt circa 3 procent naar achteren, ik noem dit gemakshalve leklicht. Dit licht is verloren, tenzij u er juist blij mee bent, dat het plafond of meubelstuk ook nog wat licht ontvangt.

TABEL 1 Halogeen reflectorlampen 12V lampvoet GU5,3 met een diameter van 50mm.

Naam / type	Osram			Sylvania		GE		Philips			
	IRC	Titan	Standard (S)	Superia	Dichroic	Constant Color	Bright	ML ES	ML ES	ML plus	Brilliantline Pro
<b>20W</b>											
8/10°	6000	5000	3150	4000	3600	3250	6000	6500		6500	5000
24°							2200			1700	1300
36°	1000	780	510	790	660	500	450	1000		800	780
60°	450	350								350	350
<b>35W</b>										<b>30W</b>	<b>35W</b>
8/10°	12500	8000	6300	7700	7000					11000	8000
24°	4400	3100				3400	2950			3350	4400
36°	2200	1500	1050	1450	1200	925	1300			1600	2200
60°	1100	700			700					750	1050
<b>50W</b>										<b>45W</b>	
8/10°	15000	12500	8200	11500	10500	9000	10100			16000	13000
24°	5700	4400		3600		2700	4750			5450	4400
36°	2850	2200	1500	2250	1950	1600	2100			2850	2200
60°	1430	1100		1100	900	850	950			1300	1100
<b>65/75W</b>											
8/10°						11200					
24°						4560					
36°						1950					
IR-burner / UV-filter	IR + UV	UV	UV	?	?	UV	UV	IR + UV	IR + UV	nvt	UV
Levensduur	4000	4000	2000	5000	5000	4000/5000	4000	5000	5000	4000	4000
Kleurtemperatuur in Kelvin	ca.3100	ca.3100	ca.3100	2925 - 3050	2925 - 3050	3000	3000	3100	3100	3200	3000
% warmteoorlaat spiegel	66%	66%	66%	66%	66%	66%	66%	66%	66%	70%	60%
% lichtoorlaat spiegel	?	?	?	3%	3%	0%	0%	3%	3%	3%	3%
Kleur licht naar achteren	blauw	blauw	rood/groen	Wit - witgeel	Wit - witgeel	Violetblauwe gloed	Violetblauwe gloed	Blauw/paars	Blauw/paars	Blauw/paars	Blauw/paars

Alle gegevens zijn bindend, onder voorbehoud, volgens opgave van de fabrikanten. Plafond/Wand INFO J.G. Smits Lichttechnisch - Beesd jgs@vds.nl 7 mei 2001

General Electric	Osram	Philips	Sylvania
<p><b>Argumenten voor uw lamp:</b> Langere levensduur Dankzij constant color coating geen lichtverlies aan achterzijde lamp en esthetisch mooier omdat je geen lichtvlek op het plafond hebt. 98% lichtbehoud aan het einde van de levensduur. Constant color dus geen kleurverschillen onder de lampjes.</p> <p><b>Licht naar achteren?</b> Geen, dankzij de Constant Color coating.</p> <p><b>Waar te koop?</b> Enkel te koop via de lichtarchitect of specialist en enkele gespecialiseerde installateurs.</p> <p><b>Info via:</b> T.0299-644464 F.0299-648859 E. Info@Optilight.nl.</p>	<p><b>Argumenten voor uw lamp:</b> Hoge kwaliteitsstandaard.</p> <p><b>Licht naar achteren?</b> Geen bij de DECOSTAR ALU. Voor ander typen zie tabel 1.</p> <p><b>Waar te koop?</b> Bij/via de elektrotechnische groothandel.</p> <p><b>Info via:</b> T.0172 483838 F. 0172 438575 E. osram@osram.nl</p>	<p><b>Argumenten voor uw lamp:</b> Jarenlange expertise op lichtgebied. Uitstekende distributiedekking (Philips lampen zijn bijna overal te koop). After Sales service. Bij klachten kan men een beroep doen op deskundigheid. Masterline ES is de meest efficiënte halogeenlamp van dit moment. Belangrijkste argumenten: levensduur, Candela waarde.</p> <p><b>Licht naar achteren?</b> Afhankelijk van het lamp type, blauwachtig tot groen/blauw. Hoe hoogwaardiger de lamp hoe blauwer. Waar te koop? Via ca.130 elektrotechnische groothandels.</p> <p><b>Info via:</b> De Philips info-service desk T.040-2787500 F.040-2786795</p>	<p><b>Argumenten voor uw lamp:</b> Constance en excellente kleuropbrengst over de gehele levensduur Tweederde van de warmte wordt naar achteren afgevoerd Constance lichtopbrengst over de gehele levensduur.</p> <p><b>Licht naar achteren?</b> Wit - witgeel. Geen bij Coolfit range van Sylvania (aluminium reflector).</p> <p><b>Waar te koop?</b> Elektrotechnische groothandel, ook bij Bupro Drive-In Bouwmarkten en DHZ-shops - Alkmaar. NEDIS BV. - Den Bosch, Primalicht Verlichting B.V. - Heerhugowaard, Freeway Lighting bv – Oosterhout</p> <p><b>Info via:</b> T.00-32-3-610 44 86 F.00-32-3-610 44 58 E. jeroen.kramer@sylvania-lighting.com</p>

Tabel 2

Het leklicht heeft echter een kleur die verschilt per merk of type. Met name General Electric levert een lampje dat bijna geen leklicht naar achteren straalt.

## Kleurtemperatuur

De kleurtemperatuur van de meeste lampen is tegen de 3000K. Dat is de kleur van een warmtint fluorescentielamp kleur 830, die door de grote lichtsterkte witter toont. De nieuwste Philips IRC lampen hebben volgens opgave een nog wittere lichtkleur 3100K of 3200K voor het type ML-plus. Onder meer voor het verlichten van sieraden, goud en zilver is dit een pré.

## Overzichtstabellen

Aan de hand van de tabel 1 kunt u de gegevens van vier verschillende fabrikanten/importeurs bekijken en onderling vergelijken. Ook hebben we hebben de vier fabrikanten/importeurs enkele vragen gesteld waarop wij de in tabel 2 vermelde antwoorden ontvingen. We hebben bewust gevraagd of en hoe de lamp naar achteren licht doorlaat. In veel gevallen zult u juist

wel of geen behoefte hebben aan rose, blauw, geel of helemaal geen strooilicht naar achteren.

De gegevens in tabel 1 en 2 zijn door de leveranciers zelf verstrekt.

## Lichtberekeningen

Als u geïnteresseerd bent en enige kennis van zaken heeft, kunt lichtpuntberekeningen maken met een daarvoor ontwikkeld programma. Enkele min of meer open programma's zijn RELUX, Dialux en EasyLight. Laatstgenoemd programma is Nederlandstalig en kunt u compleet met handleiding gratis downloaden via [www.vdc.nl](http://www.vdc.nl) in de rubriek: Software. Om vervolgens met dit type lampjes lichtberekeningen te kunnen maken, moet u beschikken over bestanden met de lichttechnische gegevens van het lampje. Omdat deze gegevens niet gemakkelijk te verkrijgen zijn, hebben wij ons best gedaan ze van genoemde fabrikanten bijeen te brengen. U kunt ze per e-mail toegestuurd krijgen door een verzoekje aan mijn e-mailadres [jgs@vdc.nl](mailto:jgs@vdc.nl)

## Louvres, bardoors en kleurfilters

Voor halogeen reflectorlampen diameter 50 mm wordt onder de merknaam BEES een reeks hulpstukken geleverd zoals louvres (roosters), bardoors (kleppen) en kleurfilters. Deze kunnen eenvoudig op het lampje geclipd worden, mits het lampje niet omhuld wordt door een of andere behuizing. Informatie via Lumiparts tel.: 0172-5745.00.

Er is inmiddels ook een startpagina-site waarop bijna alle licht- en lampfabrikanten zijn te vinden. U vindt deze site op het adres: [www.lichtnet.net](http://www.lichtnet.net)

Johan G. Smits

Lichttechnicus - Beesd

## Bronnen:

Productmanagers van de vier genoemde fabrikanten.

De wondere lamp, van Rein J. Vogels (ca. 1937)

AEG Telefunken Ontladingen/Schakels, juni 1979.

History of light and lighting, Philips uitgave 1986.

Sylvania - Lichtbronnen, 1991.

Lampen, laternen, Leuchten - Ernst Rebske 1962.