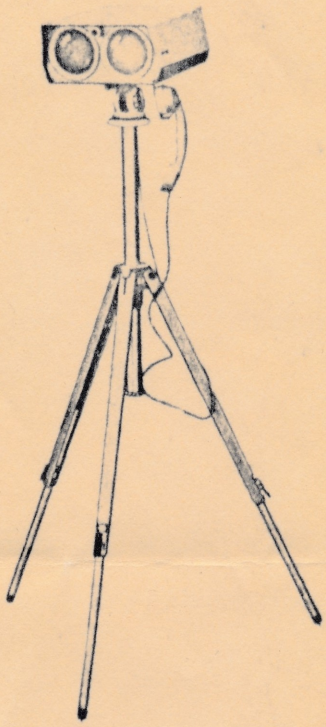
Draadloos telefoneren via lichtgolven*

1. Inleiding

Hoewel men onder draadloze telefonie in het algemeen de overdracht van geluid door middel van radiogolven verstaat, is er nog een andere mogelijkheid voor draadloze communicatie, namelijk door middel van lichtgolven. „Lichttelefonie" heeft enkele voor de hand liggende nadelen, waarvan het voornaamste wel is dat zender en ontvanger elkaar letterlijk moeten kunnen zien. Niettemin zijn er wel degelijk voordelen verbonden aan lichttelefonie. De belangrijkste zijn de absolute geheimhouding en het feit dat voor het gebruik geen zendvergunning van de PTT nodig is. Grundig heeft in deze voordelen aanleiding gevonden een lichttelefoon te ontwikkelen, die bekend is onder de naam LiG3.

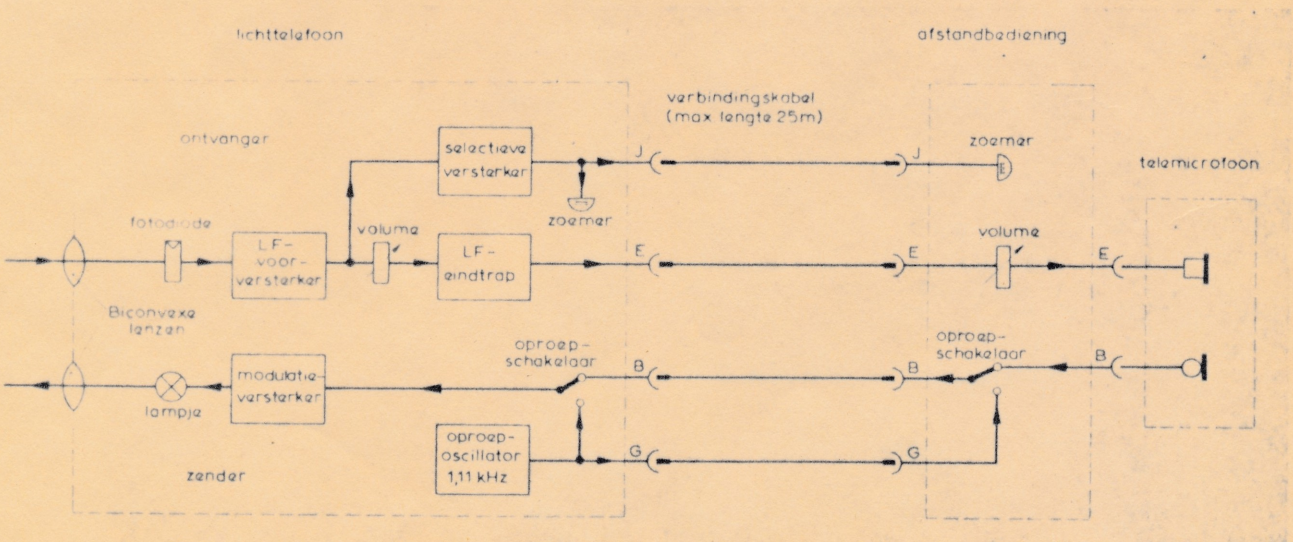
Lichttelefonie is mogelijk en aantrekkelijk geworden door een aantal recente technische verbeteringen. Het principe is uiteraard al lange tijd bekend en is in vroeger jaren ook wel in praktijk gebracht. De concurrentie van de radiotelefonie en het grote energieverbruik van de vroeger toegepaste buisversterkers waren er echter de oorzaak van, dat lichttelefonie nooit op grote schaal is gebruikt.
Door de ontwikkeling van weinig energie verbruikende transistorversterkers en nieuwe foto-elektrische bouwstenen en door het aanbrengen van verbeteringen aan gloeilampen en optische onderdelen, is de lichttelefonie tot nieuw leven gewekt.
De hier beschreven lichttelefoon heeft bij sneeuw en regen

*) Naar: Grundig Technische Informationen, juli 1966



1. *Lichttelefoon LiG3 op camerastatief*

2. *Blokschema van de lichttelefoon met kastje voor afstandsbediening en telemicrofoon*



nog een reikwijdte van circa 1,5 km. Bij zeer gunstige weersomstandigheden is een bereik van 2 km mogelijk. Aangezien de toestellen waarover de communicatie gevoerd wordt op elkaar gericht moeten zijn, is het aantal „stations" beperkt tot twee. Toch zijn er talloze omstandigheden denkbaar waaronder de lichttelefoon nuttige diensten kan bewijzen. Enkele voorbeelden: bij landmetingen, bij verkeersregeling, in stadions, op vliegvelden (waar het gebruik van portofoons niet is toegestaan in verband met storing van navigatie-, landings- en vliegtuigcommunicatiemiddelen) en in talrijke andere situaties waarbij het gebruik van portofoons niet mogelijk blijkt en het leggen van een kabelverbinding in verband met de korte tijdsduur van de verbinding niet praktisch is.

2. Opbouw en werking

2.1 *Principe*

Voor de signaaloverdracht wordt gebruik gemaakt van gemoduleerde lichtgolven, afkomstig van een door een transistorversterker gevoed gloeilampje. Het licht wordt door middel van een lens gebundeld. Aan de ontvangkant wordt de lichtbundel geconcentreerd door een lichtsterke lens. In het brandpunt van deze lens bevindt zich een fotodiode. Het ontvangen signaal wordt na versterking toegevoerd aan de telefoon van een telemicrofoon.

2.2 *Opbouw*

Figuur 1 toont een bedrijfsklare lichttelefoon gemonteerd op een camerastatief, ter vergemakkelijking van het richten.

In figuur 2 is het blokschema getekend. Het apparaat bestaat uit drie delen: een zender-ontvanger (figuur 7), een kastje voor afstandsbediening (facultatief) en een telemicrofoon (figuur 4). Met het afstandsbedieningskastje kan men het apparaat desgewenst op een afstand van maximaal 25 m bedienen. Eventueel kan de telemicrofoon rechtstreeks op de zender-ontvanger worden aangesloten.

De zender-ontvanger bevat de versterkers voor zenden en ontvangen, twee lichtsterke lenzen, een fotodiode, een gloeilampje, een selectieve versterker met zoemer, een oproeposcillator en een batterijhouder. Bovendien is de zender-ontvanger voorzien van een zoekerobjectief voor het zuiver richten, en van een gat met 3/8"-schroefdraad aan de onderkant, waarmee het apparaat op het balhoofd van een camerastatief kan worden geplaatst.

Het kastje voor afstandsbediening bevat een zoemer, een sterkteregelaar, een drukknop voor de oproeptoon en een contactbus voor de telemicrofoon.

Daar de lichttelefoon bijna uitsluitend in de open lucht wordt gebruikt, is hij zo geconstrueerd dat hij bestand is tegen vocht, stof, warmte en neerslag. Uitgezonderd de fotodiode en het gloeilampje, die zich in de brandpunten van de twee lenzen bevinden, zijn alle elektronische onderdelen aangebracht op een plaat met gedrukte bedrading. Deze is in lengterichting tussen de twee lenzen geplaatst.

Voor de goede werking moet de uitgezonden lichtstraal precies evenwijdig lopen aan het beeldveld van de ontvangdiode. Bovendien dienen het gloeilampje en de diode in de brandpunten van de lenzen geplaatst te zijn. Daartoe is de diode in axiale richting justeerbaar. Het gloeilampje, een normaal handelstype, is aangebracht in een speciale houder (zie figuren 5 en 6), die via een vierkante uitsparing aan de achterzijde van de zender-ontvanger verwisselbaar is. Door middel van drie stelschroeven kan de fitting in horizontale en verticale richting worden versteld ten opzichte van het vierkante houderplaatje, dat door asymmetrische plaatsing van de bevestigingsschroeven maar op één manier in het toestel past.

De houder wordt door middel van bevestigingsschroeven op een verstelbare plaat in het toestel gemonteerd. Deze plaat heeft ten doel spreiding in de constructie van de afzonderlijke apparaten te corrigeren, zodat de lamphouder slechts behoeft te worden gejusteerd op afwijkingen van het gloeilampje en niet op afwijkingen van het lenzensysteem. Daardoor zijn de lamphouders van verschillende lichttelefoons onderling verwisselbaar.

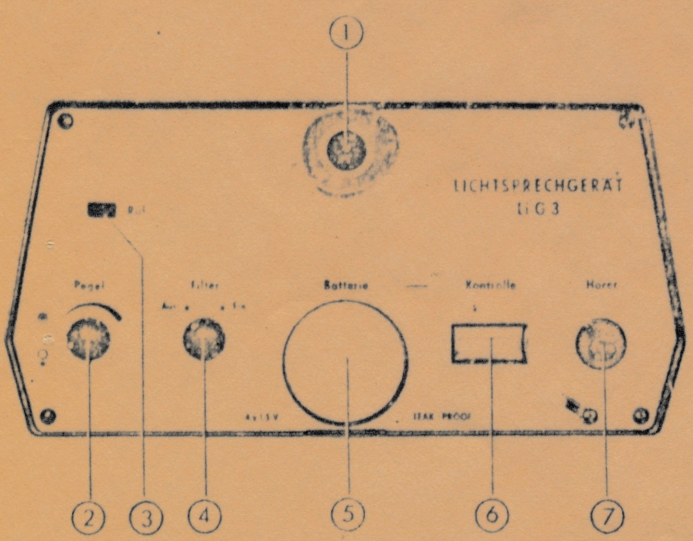
2.3 *Werking*

2.3.1 Ontvanger

De „ontvanger" is een tamelijk conventionele wisselspanningsversterker met vier transistors, waarvan de eerste een emittervolger is en de overige emitterbasisschakelingen zijn (figuur 8). Daardoor kon een grote versterking worden verkregen en is verandering van het werkpunt gemakkelijk te compenseren. De gemoduleerde lichtgolven worden door middel van een germanium fotodiode type APY 10/11 omgezet in een elektrisch signaal. Dit type is gekozen vanwege een gunstige eigenschap; de grootste spectrale gevoeligheid ligt namelijk in het infrarode gebied. De weerstand van de diode neemt af bij toenemende lichtintensiteit. De gevoeligheid van de diode neemt sterk af wanneer er veel licht op valt. Dit ongunstige verschijnsel wordt tegengegaan door de diode een negatieve voorspanning te geven.

Aangezien de bereikbare versterking voornamelijk afhangt van de signaal/ruis-verhouding van de ingangstrap, is voor deze trap een ruisarme silicium transistor gekozen. De fotodiode wordt slechts weinig belast, doordat de ingangsimpedantie van de versterker 60 kΩ bedraagt.

De eerste twee transistors zijn galvanisch gekoppeld. Deze schakeling waarborgt een goede stabiliteit bij wisselende temperatuur. *R*108 in serie met de ontkoppelcondensator in de emitterleiding van de tweede transistor geeft wisselstroomtegenkoppeling en verhoogt dientengevolge de dynamische ingangsimpedantie. Hierdoor is de



3. *Achteraanzicht van de zender-ontvanger*
1. *zoeker;*
2. *volumeregelaar;*
3. *oproepschakelaar;*
4. *filter;*
5. *batterijhouder;*
6. *controlemeter voedingsspanning;*
7. *aansluiting telemicrofoon of afstandsbedieningskastje*

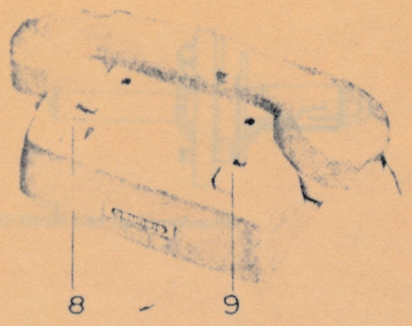
schakeling tevens minder afhankelijk van spreiding in de transistorkarakteristieken.
In de tweede en derde trap zijn ruisarme transistors toegepast. C108 zorgt ervoor dat frequenties hoger dan 3,5 kHz worden onderdrukt, waardoor de ruis nog meer vermindert.
De enkelvoudige eindtrap staat in klasse A met een collectorruststroom van 2 à 3 mA. Een dergelijke schakeling heeft een hoge aanpassingsimpedantie. Om dit te bereiken, is een aanpassingstransformator met een wikkelverhouding van 10:1 toegepast.

2.3.2 Selectieve versterker

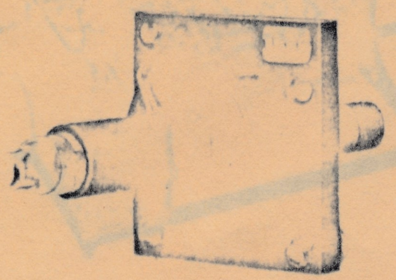
Het oproepsignaal van 1,11 kHz wordt na de tweede transistor van de collector afgenomen en via een scheidingscondensator en een ontkoppelweerstand aan transistor T105 toegevoerd. T106 is in een reflexschakeling opgenomen. Deze trap versterkt alleen het oproepsignaal van 1,11 kHz. De LF-spanning aan de collector wordt gelijkgericht en deze gelijkgerichte spanning wordt teruggevoerd naar de basis, waardoor de transistor in verzadiging gestuurd wordt. De plotselinge stijging van de collectorstroom veroorzaakt een spanningssprong waarmee de door T107 en T108 gevormde monostabiele multivibrator wordt omgeklapt en relais A bekrachtigd wordt. R127 en C111 zorgen voor een kleine vertraging, waardoor voorkomen wordt dat het relais bij elke sprongspanning, die in het modulatiesignaal kan voorkomen, aantrekt. Het relais schakelt de zoemer(s) in.

2.3.3 Zender

De „zender" is een tweetrapsversterker waarvan de eerste transistor een emittervolger is. De tweede transistor

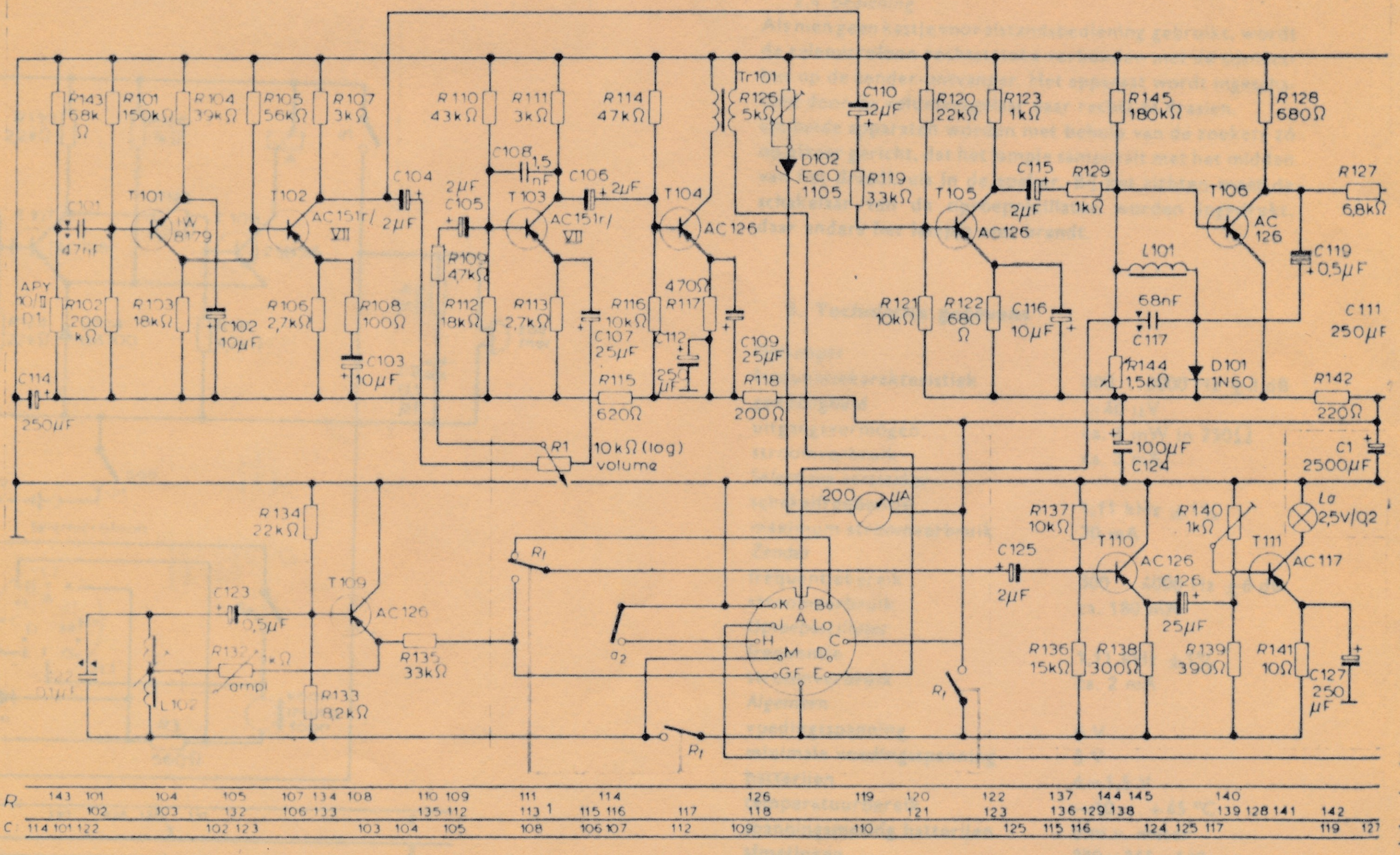


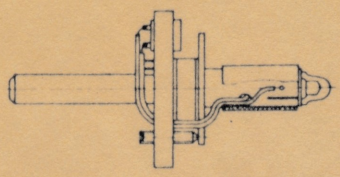
4. *Kastje voor afstandsbediening*
8. volumeregelaar
9. oproepschakelaar



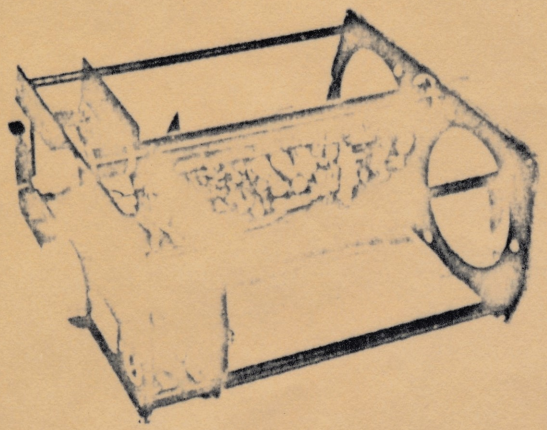
5. *Houder met gloeilampje*

8. *Schema van de lichttelefoon*

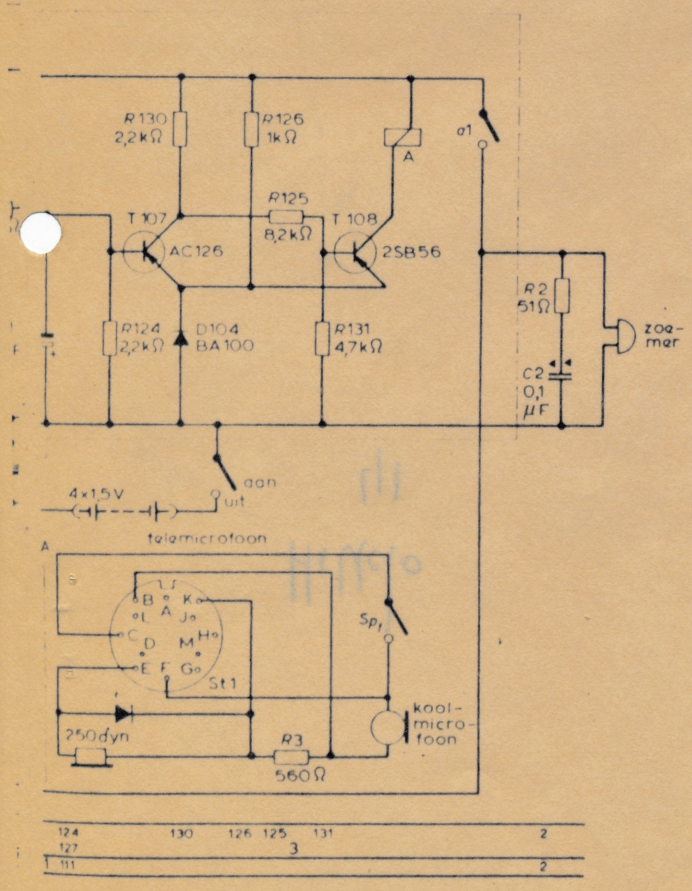




6. *Doorsnede van de lamphouder*



7. *Het inwendige van de zender-ontvanger*



voedt een gloeilampje van 2,5 V 0,2 A. Het stuursignaal is afkomstig van een koolmicrofoon. Met *R*140 wordt het werkpunt van de eindtransistor ingesteld. Door de traagheid van de gloeilamp is het frequentiebereik beperkt tot circa 3 kHz, hetgeen voldoende is voor een goede verstaanbaarheid. De zender wordt in werking gesteld door het indrukken van de schakelaar op de telemicrofoon.

2.3.4 Oproeposcillator

De oscillator voor het oproepsignaal (T109) wekt een frequentie van 1,11 kHz op. De amplitude is instelbaar. Door het indrukken van schakelaar R_t (oproepknop) wordt de ingang van de zender omgeschakeld van de koolmicrofoon naar de oproeposcillator. Gelijktijdig wordt de zender ingeschakeld door een sectie van deze schakelaar.
De oscillator is gecompenseerd voor temperatuurvariaties, zodat de frequentie redelijk stabiel is. Weerstand *R*135 vermindert de belasting op de oscillator en voorkomt frequentieverandering bij het indrukken van R_t.

2.3.5 Modulator

De lichttelefoon is uitgerust met een koolmicrofoon. Doordat deze met gelijkstroom wordt gevoed, geeft hij een vermogensversterking van 100, zodat een voldoende groot laagfrequentsignaal ter beschikking staat. De modulator bevat twee transistors. T110 staat in collectorbasisschakeling, waarmee een lage ingangsimpedantie van de eindtransistor T111 verkregen kan worden. T111 staat in emitterbasisschakeling. Met *R*140 kan het werkpunt nauwkeurig worden ingesteld.
Een gloeilampje voor 2,5 V 0,2 A in de collectorleiding van de eindtransistor fungeert als „zend"-lampje. Door dit lampje loopt een stroom van ca. 170 mA. De maximumfrequentie die met deze schakeling bereikbaar is, ligt bij 3 kHz vanwege de traagheid van het gloeilampje.

2.4 *Bediening*

Als men geen kastje voor afstandsbediening gebruikt, wordt de telemicrofoon rechtstreeks verbonden met de contactbus op de zender-ontvanger. Het apparaat wordt ingeschakeld door de volumeregelaar naar rechts te draaien.
De beide apparaten worden met behulp van de zoekers zó op elkaar gericht, dat het lampje samenvalt met het midden van het draadkruis in de zoeker. Bij het richten moet de schakelaar van de oproeposcillator worden ingedrukt, daar anders het lampje niet brandt.

3. Technische gegevens

Ontvanger	
frequentiekarakteristiek	300...3000 Hz ±3 dB
gevoeligheid	≥40 µV
uitgangsvermogen	ca. 4 mW in 250Ω
stroomverbruik	ca. 3 mA
Selectieve versterker	
schakelfrequentie	1,11 kHz ±1%
maximum stroomverbruik	30 mA
Zender	
frequentiebereik	300...4000 Hz ±6 dB
stroomverbruik	ca. 180 mA
Oproeposcillator	
frequentie	1,11 kHz ±1%
stroomverbruik	ca. 2 mA
Algemeen	
voedingsspanning	6 V
minimale voedingsspanning	5 V
batterijen	4×1,5 V
temperatuurbereik	—10...+45 °C
spanningsmeting batterijen	d.m.v. meter
afmetingen	320×265×140 mm
massa	ca. 6 kg