

## Tijdschrift van het NERG

Correspondentie-adres: postbus 39, 2260 AA Leidschendam. Internet: [www.nerg.nl](http://www.nerg.nl), [secretariaat@nerg.nl](mailto:secretariaat@nerg.nl) Gironummer 94746 t.n.v. Penningmeester NERG, Leidschendam.

### DE VERENIGING NERG

Het NERG is een wetenschappelijke vereniging die zich ten doel stelt de kennis en het wetenschappelijk onderzoek op het gebied van de elektronica, signaalbewerking, communicatie- en informatietechnologie te bevorderen en de verbreiding en toepassing van die kennis te stimuleren.

### BESTUUR

prof.dr.ir. W.C. van Etten, voorzitter  
prof.dr.ir. P. Regtien,  
vice-voorzitter  
dr. M.J.C. van den Homberg,  
secretaris  
ir. A.A. Dogterom, penningmeester  
dr.ir. T.J.J. Tjalkens,  
programma-manager  
G. van der Schouw,  
voorzitter onderwijscommissie  
dr.ir. A.B. Smolders,  
tijdschrift-manager  
ir. R.J. Kopmeiners,  
web-site beheerder  
dr.ir. W.M.C. Dolmans

### LIDMAATSCHAP

Voor het lidmaatschap wende men zich via het correspondentie-adres tot de secretaris of via de NERG website: <http://www.nerg.nl>. Het lidmaatschap van het NERG staat open voor hen, die aan een universiteit of hogeschool zijn afgestudeerd en die door hun kennis en ervaring bij kunnen dragen aan het NERG. De contributie wordt geheven per kalenderjaar en is inclusief abonnement op het Tijdschrift van het NERG en deelname aan vergaderingen, lezingen en excursies. De jaarlijkse contributie bedraagt voor gewone leden € 43,- en voor

studentleden € 21,50. Bij automatische incasso wordt € 2,- korting verleend. Gevorderde studenten aan een universiteit of hogeschool komen in aanmerking voor het studentlidmaatschap. In bepaalde gevallen kunnen ook andere leden, na overleg met de penningmeester voor een gereduceerde contributie in aanmerking komen.

### HET TIJDSCHRIFT

Het tijdschrift verschijnt vijf maal per jaar. Opgenomen worden artikelen op het gebied van de elektronica, signaalbewerking, communicatie- en informatietechnologie. Auteurs, die publicatie van hun onderzoek in het tijdschrift overwegen, wordt verzocht vroegtijdig contact op te nemen met de hoofdredacteur of een lid van de Tijdschriftcommissie.

Toestemming tot overnemen van artikelen of delen daarvan kan uitsluitend worden gegeven door de tijdschriftcommissie. Alle rechten worden voorbehouden.

### TIJDSCHRIFTCOMMISSIE

dr. ir. A.B. Smolders, voorzitter.  
Philips Semiconductors,  
DSC-N, Nijmegen,  
E-mail: [Smolders@ieee.org](mailto:Smolders@ieee.org)  
ir. H.J. Visser, hoofdredacteur.  
TNO-IND, Postbus 6235,  
5600 HE Eindhoven,  
E-mail: [Visser@ieee.org](mailto:Visser@ieee.org)  
ir. G.W. Kant, redactielid.  
ASTRON, Dwingeloo,  
E-mail: [kant@nfra.nl](mailto:kant@nfra.nl)  
dr. ir. C.J.M. Verhoeven, redactielid  
ITS, TU Delft, Mekelweg 4,  
2628 CD Delft, E-mail:  
[C.J.M.Verhoeven@et.tudelft.nl](mailto:C.J.M.Verhoeven@et.tudelft.nl)

Deze uitgave van het NERG wordt geheel verzorgd door:

**Henk Visscher, Zutphen**

ISSN 03743853



## INHOUD

Van de voorzitter . . . . .	2
<i>Wim van Etten</i>	
Van de redactie . . . . .	3
<i>Huib Visser</i>	
Informatie transport in het elektrische domein . . . . .	4
<i>ir. G.P. Reitsma, dr.ir.G.L.E.Monna</i>	
De condensator is nog steeds niet ontladen . . . . .	10
<i>R. Brink, W. van Etten, G. Heideman</i>	
Reactie . . . . .	14
<i>Jacob Gestman Gerardts</i>	
Concurreren met kennis, verslag van het VEV-congres . . . . .	17
<i>prof. ir. J.H. Geels</i>	
Elektrotechnische historische verzamelingen . . . . .	21
<i>ir.W.W.Schongs Pr.Eng.</i>	
Halogeenvlampen, Funny-phones, Kacheltsjes en Harries . . . . .	25
<i>Huib Visser</i>	
Cursusaanbod PATO voorjaar 2002 . . . . .	32



Advertenties: Henk Visscher  
tel: (0575) 542380  
E-mail: [henk.v@wxs.nl](mailto:henk.v@wxs.nl)

# Van de voorzitter

Wim van Etten

tel: 053-893872 (overdag) of 053-4304837 ('s-avonds)

email: etten@ieee.org



Op de eerste plaats wil ik ieder een voorspoedig jaar 2002 toewensen, met al wat wenselijk is, zowel in uw beroep en carrière als privé. Als NERG hebben we een moeilijk jaar achter de rug, hetgeen u niet ontgaan zal zijn.

Eind 2000 viel er enige neergang te bespeuren wat betreft de commerciële activiteiten in het vakgebied, maar er leek nog niet veel aan de hand. Enige lucht uit de overspannen aandelenmarkten op dit terrein kon geen kwaad. Maar al snel in 2001 kwam de klad er goed in, met verder teruglopende activiteiten, zware verliezen en ontslagen. Dit alles heeft zijn uitwerking op het NERG niet gemist. De druk op de ingenieurs in de bedrijven, universiteiten en instituten nam nog verder toe. Mede daardoor zijn enkele bestuurs- en commissieleden vroegtijdig afgetreden en hebben we tot nu toe vrijwel geen vacatures kunnen opvullen. Daardoor is het werk van het NERG in enkele sectoren behoorlijk gestagneerd. De bedrijven geven vrijwel geen medewerking meer, en de individuele medewerkers staan, bij hun werkgever onder zware werkdruk. Onderbezetting van de programma-commissie en werkdruk voor de overgebleven leden heeft ertoe geleid, dat we in het verenigingsjaar 2001 slechts 2 themabijeenkomsten hebben gehouden, een absoluut laagte-record. Omdat

het Tijdschrift een groot deel van zijn kopij haalt uit de themabijeenkomsten, raakte de tijdschriftcommissie ook snel door de grote voorraad kopij heen, die er aan het begin van het jaar nog was.

In 1999 hebben we met het bestuur een fundamentele discussie gevoerd over de toekomst van het NERG. Op basis daarvan is besloten een aantal veranderingen in gang te zetten, te weten: modernisering en uniformering van de huisstijl, aanpassing van de statuten waardoor de toelatingsdrempel voor HBO-ingenieurs flink werd verlaagd, en andere opzet van de Themabijeenkomsten. Hoewel de eerste twee punten snel werden gerealiseerd, bleef de verwachte toeloop van HBO-ers achterwege, omdat we sinds die tijd te maken kregen met ledenwervingsmanagers die te kort in functie waren om daadwerkelijk een actieve werving op gang te brengen. Inmiddels zitten we al ongeveer een jaar zonder bezetting van die bestuurspost, ondanks de vele pogingen die ik heb ondernomen om een ledenwervingsmanager aan te trekken.

De randvoorwaarden voor een opbloei van de vereniging waren geschapen door middel van het geschetste bestuursbeleid en de fliattering hiervan door de algemene ledenvergadering. Er was zagezegd gezaaid, maar er was gebrek aan arbeiders om te oog-

sten. Het NERG is een vereniging die een vrij gering lidmaatschapsbedrag vraagt van haar leden. Daardoor hebben we geen beroepskrachten in dienst en hangt vrijwel al het werk dat gedaan moet worden af van de belangeloze inzet van vrijwilligers, die ook nog eens de steun behoeven van hun werkgever. Tot voor kort was die steun er veelal, maar vooral in 2001 is dat hard afgenomen. Ik doe hierbij dan ook een dringend beroep op alle leden, om bij zichzelf eens te rade te gaan of zij bereid zijn, mee te helpen het NERG uit deze benarde positie te halen en zich beschikbaar te stellen voor een bestuurstaak of als lid van de programmacommissie. Een vereniging moet meer zijn dan alleen enkele bestuursleden, maar moet in principe gedragen worden door alle leden, en ieder lid zou naar vermogen moeten bijdragen aan het belang van de vereniging.

Momenteel zijn de volgende bestuursfuncties vacant: secretaris en ledenwervingsmanager. Per ALV april a.s. komen vacant de bestuursfuncties: onderwijsmanager en penningmeester. We kunnen nog steun gebruiken in de programmacommissie.

Als u bereid bent om zich in te zetten voor het NERG kunt u contact opnemen met mij. Laat de activiteiten van het NERG niet verder wegzakken en zet u in voor het belang van de vereniging.

# Van de redactie

Huib Visser  
Hoofdredacteur  
e-mail: visser@ieee.org



Het heeft weer lang geduurd, maar hier is dan eindelijk nummer 1, 2002 van het Tijdschrift van het NERG. Zoals duidelijk zal zijn na lezing van het 'van de voorzitter', gaat het NERG door een moeilijke periode. Dit uit zich onder andere in een onregelmatig verschijnen van het Tijdschrift en een teruglopend aantal pagina's van ons periodiek. De specifieke redenen van deze uitingsvorm zijn al voldoende aan de orde gekomen om er in deze 'van de redactie' nogmaals op in te gaan. Belangrijker is of we als redactie verwachten dat er op niet al te lange termijn verbetering op zal treden.

Aangezien ik in de gelukkige omstandigheden verkeer dat ik de beschikking heb over alle ingebonden jaargangen van het Tijdschrift, kan ik de verwachting uitspreken dat inderdaad op niet al te lange termijn de situatie zal verbeteren. Een snelle inspectie van de jaargangen leert namelijk dat ook in het verleden moeilijke perioden zijn door-

staan. Uit het meer recente verleden van het Tijdschrift valt bijvoorbeeld het jaar 1987 op door de geringe hoeveelheid kopij. Vergelijk ik de huidige kopij-situatie met die uit 1987, dan kan gesteld worden dat we in gelukkiger omstandigheden verkeren dan in dat jaar en naar verwachting minstens de kwantiteit en kwaliteit van de huidige kopij kunnen handhaven.

Wat betreft het onregelmatige verschijnen van het Tijdschrift is het mijn inschatting dat wat meer tijd benodigd zal zijn om op dit vlak één en ander te stroomlijnen. Ik kan u echter verzekeren dat het de volledige aandacht van de redactie heeft.

De inhoud van dit eerste nummer van het jaar 2002 is weer voor een deel gewijd aan eerdere artikelen van ir. P. van der Wurff, waaronder de inmiddels welbekende problematiek van de condensatorimpedantie. Hoewel we de discussie al formeel gesloten hadden, blijkt keer op keer weer dat de problematiek de gemoe-deren bezig houdt. We hebben

daarom gemeend om terug te moeten komen op ons eerdere besluit en de discussie (voorlopig) voort te laten bestaan. U treft in dit nummer ook een reactie aan op het recentelijk verschenen artikel van dhr. van der Wurff over het onderwijzen van de complexe rekenwijze. Als redactie juichen we een discussie via het Tijdschrift van harte toe en zijn dus blij met de initiatie, door ir. van der Wurff, van deze tweede discussie.

Van de hand van ir. W. Schongs – ook een gewaardeerde vaste leverancier van bijdragen voor het Tijdschrift – is een artikel met een overzicht van Nederlandse elektrotechnische historische verzamelingen. In aansluiting hierop vindt u een artikel over een slechts bij weinigen bekend staande verzameling, namelijk die van de voormalige Rijksdienst voor Radiocommunicatie. Deze artikelen had u nog tegoe- in navolging van een eerdere reeks over elektrotechnische historische verzamelingen.



# Informatie transport in het elektrische domein

ir. G.P. Reitsma, dr.ir. G.L.E. Monna  
e-mail: G.Reitsma@systematic.nl



## Samenvatting

*Omdat het fysisch alleen mogelijk is om energie te transporteren moet voor transport een informatiestroom altijd eerst omgezet worden in een energiestroom. Ook een sensor onttrekt altijd energie aan een signaal dat het waarneemt. Spanning- en stroomsensoren lijken dit echter niet te doen, hetgeen tegen de fysica in gaat. De vraag die wij in dit artikel proberen te beantwoorden is of er een ondergrens bestaat aan de energie die nodig is voor informatietransport. Het blijkt dat alleen in het quasistatische geval, wanneer de fysieke afstanden verwaarloosbaar klein zijn, de energietransport inderdaad willekeurig klein gehouden kan worden. Dit kan echter nooit nul zijn. Het blijkt dat de kanaalcapaciteitsbenutting in dat geval niet afhankelijk is van de hoeveelheid energie die voor de overdracht gebruikt wordt.*

## 1 Inleiding

Informatietransport in het elektrische domein van stromen en spanningen en in elk ander fysisch domein gaat altijd gepaard met transport van energie. Energie wordt gebruikt als drager van de informatie. Dit is nodig omdat alle sensoren die wij kennen enkel verschillende vormen van energie kunnen waarnemen. In de elektronica doet zich echter een schijnbaar merkwaardig verschijnsel voor. Wij zijn namelijk in staat om stroom- en spanningsensoren te maken die schijnbaar geen energie uit het signaal dat zij waarnemen onttrekken. In praktijk onttrekken deze sensoren altijd een eindige hoeveelheid energie van de bron, maar dat lijkt slechts een praktische beperking die in theorie geen ondergrens kent. De vraag die zich dan voordoet is of het mogelijk is om een ideale stroom- of spanningsdetector te realiseren, waarmee het inderdaad mogelijk is om informatieoverdracht zonder energieoverdracht te realiseren en of er een ondergrens bestaat aan de minimale energie overdracht die voor informatietransport nodig is. Om deze vragen te beantwoorden zullen we in dit artikel het informatietransport in het elektrische domein nader analy-

seren. We zullen laten zien dat informatietransport zonder energietransport niet mogelijk is, maar wel willekeurig goed benaderd kan worden. Daarnaast zal blijken dat wanneer het energietransport nul nadert, de elektrische domeinen stroom en spanning onafhankelijk worden. Wij beschouwen hier enkel het quasistatische elektrische domein. Deze theorie is echter ook op elk ander fysiek domein toepasbaar.

Het verband tussen de informatietheoretische beschrijving van informatietransport en de elektrische implementatie wordt uitgelegd in paragraaf 2. In paragraaf 3 behandelen we het fysische transport van elektrische signalen en gaan we in op de minimale eisen voor energietransport. De hoeveelheid informatie die getransporteerd kan worden over een elektrisch kanaal als functie van de detector bespreken we in paragraaf 4. De minimale hoeveelheid energie die nodig is voor informatietransport wordt besproken in paragraaf 5.

## 2 Afbeelding van informatiestromen op elektrische signalen

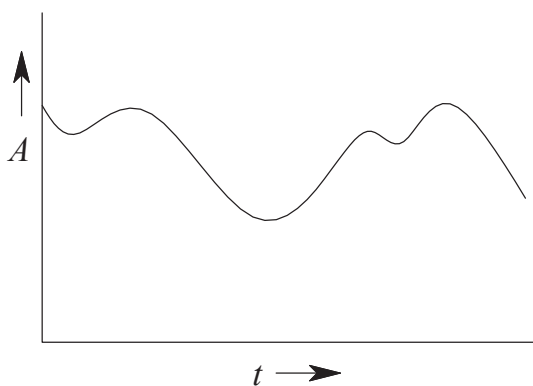
Een informatiestroom kan volgens Shannon worden gepresenteerd door een stroom symbolen. Het afbeelden van een informatiestroom op een elektrische kan opgedeeld worden in twee stappen (zie figuur 1):

- afbeelden van een informatiestroom op een signaalcodering;
- afbeelden van een signaalcodering op een elektrisch signaal.

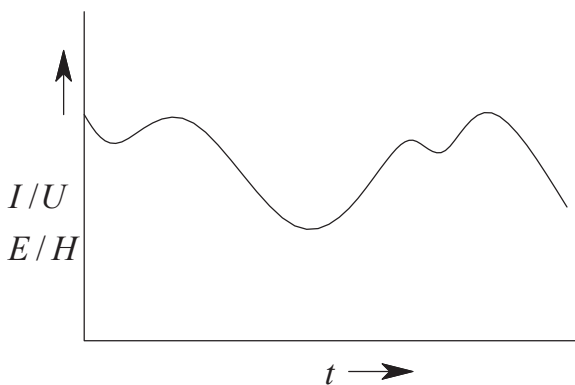
Figuur 1(a) laat een symboolstroom zien, waar de symbolen worden gerepresenteerd door karakters. Deze informatiestroom wordt afgebeeld op een signaal welke wij hier in het tijddomein afbeelden. Het afbeelden van dit signaal op een elektrisch signaal betekent dat de amplitude van een detecteerbare elektrische grootte wordt gegeven. Aangezien sensoren alleen energie kunnen waarnemen, moet deze grootte een maat zijn voor de elektrische energie. Mogelijk grootheden zijn stroom ( $I$ ),



(a) Een informatie (symbol) stroom



(b) Signaal codering representatie



(c) Elektrisch signaal

Fig. 1: Afbeelden van een informatiestroom op een elektrisch signaal

spanning ( $V$ ) of geheel equivalent hieraan, magnetisch veld ( $H$ ) of elektrisch veld ( $E$ ). Met deze laatste afbeelding wordt *het informatietransport afgebeeld op een energietransport*.

### 3 Transport van het elektrische signaal

Bij het transport (propagatie) van energie (van een signaal) zijn altijd twee vormen van energie betrokken: kinetische energie en potentiële energie. Zoals Einstein heeft aangetoond, zijn dit relatieve grootheden die zijn gedefinieerd ten opzichte van een waarnemer. In het quasistatische elektrische domein zijn deze grootheden gerepresenteerd door:

- spanning/potentiaalverschil (potentiële energie van lading);
- stroom (kinetische energie van lading).

Het spanningsverschil tussen twee punten geeft aan hoeveel arbeid vrijkomt of moet worden verricht om een eenheidslading tussen beide punten te transporteren en is daarmee een maat voor de potentiële energie. De stroomdichtheid door een medium is een maat voor de gemiddelde snelheid die de vrije lading in dat medium heeft. Daarmee is stroom een maat voor de kinetische energie van die ladingdragers. Geheel equivalent hieraan is het elektrisch veld een maat voor potentiële energie en het magnetisch veld een maat voor kinetische energie.

Voor de propagatie van energie is altijd een voortdurende conversie van de potentiële energie naar kinetische energie en andersom nodig. Bijvoorbeeld voor een propagerende EM golf wisselen de magnetische en elektrische velden voortdurend energie uit. Gedurende dit energietransport zijn daarom de grootheden in beide energiedomeinen nooit onafhankelijk. In het elektrische domein wordt het verband tussen beide domeinen aangeduid met impedantie en in het elektromagnetische domein met golfimpedantie. Ook voor het waarnemen van een grootheid is energieconversie (transport) nodig. Voor het uitlezen van een spanning bijvoorbeeld moet er een stroom vloeien om een potentiaal op te bouwen over een spanningsensor. Evenzo moet voor het uitlezen van een stroom een potentiaal over een stroomsensor worden opgebouwd om de stroom te laten vloeien.

### 4 De kanaalcapaciteit van een elektrisch kanaal

De hoeveelheid informatie die een elektrisch informatiekanaal kan transporteren wordt bepaald

door het aantal symbolen dat een kanaal per tijds-eenheid kan transporteren en de hoeveelheid informatie die elk symbool kan vervoeren. De maximale symboolsnelheid wordt bepaald door de bandbreedte; de maximale informatie-inhoud van de symbolen door het dynamisch bereik (maximale signaal-ruis verhouding). De minimale capaciteit voor een Gaussisch kanaal met een bandbreedte  $B$  wordt volgens Shannon gegeven door [1, 2]:

$$C = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi B} \log_2 \left[ 1 + \frac{S_x(\omega)}{S_n(\omega)} \right] d\omega, \quad (1)$$

waarin  $C$  de maximale bitsnelheid per seconde is;  $S_x(\omega)$  is het maximaal toegestane vermogensdichtheidsspectrum van het signaal en  $S_n(\omega)$  is het vermogensdichtheidsspectrum van de kanaalruis. Beide zullen we in de volgende paragrafen kort nader belichten.

#### 4-A De signaal-ruisverhouding van een elektrisch signaalpad

De beide energetische grootheden, stroom en spanning kunnen gebruikt worden voor codering van signalen. We zouden verwachten dat de keuze van dit domein en daarmee de hoeveelheid overgedragen energie bepalend is voor de signaal-ruisverhouding aan de sensorzijde. Het blijkt echter dat deze enkel bepaald wordt door de bronimpedantie en *onafhankelijk* is van de gedetecteerde grootheden. Om dit in te zien beschouwen we een algemeen informatietransport in het elektrische domein zoals is weergegeven in figuur 2. Neem aan dat de informatie vrij is van ruis, terwijl

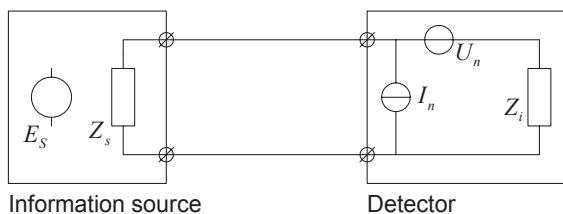


Fig. 2: Informatie transport in het elektrische domein.

de sensor behept is met stroom- en spanningsruis. De signaal-ruisverhouding aan de detectorzijde in figuur 2 wordt gegeven door:

$$\frac{I_s}{I_n} = \frac{U_s}{U_n} = \frac{U_n}{U_n + I_n Z_s} = \frac{I_s}{\frac{U_n}{Z_s} + I_n}, \quad (2)$$

waarin  $\frac{I_s}{I_n}$  de signaal ruis verhouding voor een stroomsensor is en  $\frac{U_s}{U_n}$  de signaal-ruisverhouding voor een spanningsensor. Elke combinatie van stroom- en spanningsensoren leiden tot dezelfde signaal-ruisverhouding. Daaruit volgt dat deze

verhouding onafhankelijk is van de gedetecteerde grootte. De signaal-ruisvermogensverhouding wordt gegeven door:

$$\frac{P_s}{P_n} = \frac{\sigma_{U_s}^2}{\sigma_{U_n}^2 + |Z_s|^2 \sigma_{I_n}^2 + 2\Re[\text{cov}(U_n^*, I_n Z_s)]}, \quad (3)$$

waarin  $\sigma_U$  de variantie is van de spanning  $U$  en  $\text{cov}(\cdot, \cdot)$  de covariantie is van twee variabelen. De spanning  $U_n^*$  is de complex geconjugeerde van  $U_n$ . Deze uitdrukkingen laten zien dat de detectorimpedantie geen invloed heeft op de gedetecteerde signaal-ruisverhouding, dus ook niet op de opgenomen energie door de detector. Wanneer dus de sensor geen vermogen opneemt heeft dat geen gevolgen voor de signaal-ruisverhouding.

#### 4-B Bandbreedte van een elektrisch signaalpad

De bandbreedte van een signaalpad bepaalt de maximale symboolsnelheid van een informatiestroom. In deze paragraaf zullen we kort en enkel kwalitatief op de oorzaak van de beperkte bandbreedte van signaalpaden ingaan.

De meeste signaalpaden kunnen maar een beperkt deel van het frequentiespectrum overdragen. Voor andere delen van het frequentiespectrum komt de signaalenergie (vrijwel) niet bij de sensor van een detector aan. De rede waarom slechts een deel van de signaalenergie de detector bereikt is aangegeven in figuur 3. Een deel van

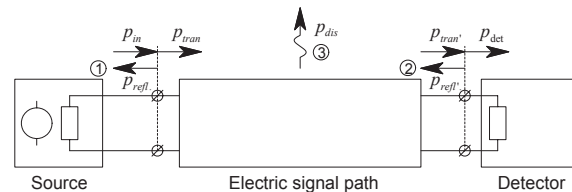


Fig. 3: Signaal transport over een elektrisch pad

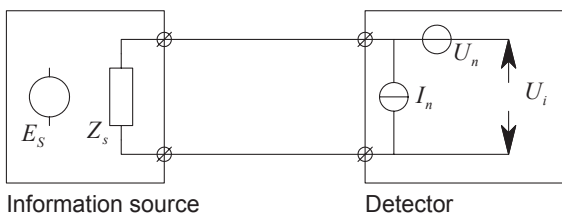
de energie wordt aan de ingang van signaalpad gereflecteerd ①; een deel wordt aan de uitgang van het signaalpad door de detector gereflecteerd ② en een deel gaat verloren door dissipatie- en stralingsverliezen ③. De beide reflecties ① en ② zijn in principe geen beperking van het elektrische kanaal. Zij worden slechts veroorzaakt door een misaanpassing van bron en detector op het kanaal. De straling en dissipatieverliezen zijn de enige veroorzakers van een beperking in bandbreedte. Een ideaal kanaal transporteert alle signaalenergie van de bron naar de detector (belasting). Een ideale coaxkabel en golfpijp zijn volledig gesloten en derhalve in staat om zonder verlies een signaal te transporteren. Praktische verbindingen hebben echter zowel dissipatie- als

stralingsverliezen die toenemen met de frequentie, waardoor zij een beperkte bandbreedte hebben.

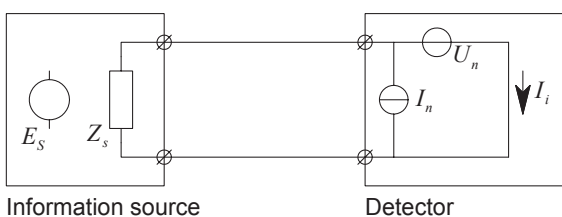
Aangezien de signaal-ruisverhouding en de bandbreedte onafhankelijk zijn van de hoeveelheid overgedragen energie is dus ook de kanaalcapaciteitsbenutting daarvan onafhankelijk. Dit betekent dat optimale signaaloverdracht mogelijk is zonder energietransport, als we een geschikte sensor kunnen vinden.

## 5 De minimale energie benodigd voor informatietransport

Omdat informatie in het elektrische domein door elektrische energie gedragen wordt, zouden we verwachten dat een sensor deze energie aan het signaal moet onttrekken om deze te detecteren. Een ideale spanning- of stroomsensor onttrekt echter geen enkele energie aan het signaal. Figuur 4 laat informatietransport zien met behulp van ideale stroom- en spanningsensoren. Deze sensoren hebben een oneindig hoge of infinitesimale ingangsimpedantie, waardoor alle energie gereflecteerd wordt. Merk op dat er geen conversie plaatsvindt van stroom naar spanning of andersom en er dus ook geen energietransport plaatsvindt. Dit lijkt in tegenspraak met de fysica, omdat het de signaalenergie is die de informatie draagt. Deze sensoren lijken te kunnen voelen zonder te betasten.



(a) Transport in spanning domein



(b) Transport in stroom domein

Fig. 4: *Ideaal signaal transport in spanning en stroom domein*

Een praktische implementatie van een dergelijke sensor blijkt echter wel degelijk energie aan het signaal te onttrekken. Een dergelijke sensor zorgt ervoor dat de *netto* energieoverdracht zo dicht moge-

lijk bij nul ligt. Het reflectieproces wordt daarvoor actief geïmiteerd. Het signaal wordt gedetecteerd en een zoveel mogelijk exacte kopie wordt teruggestuurd (gereflecteerd naar de bron).

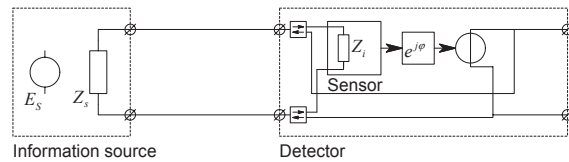


Fig. 5: *Detector met actieve reflectie*

Figuur 5 laat een mogelijk principe zien van een systeem met actieve reflectie. Het ingangssignaal wordt gemeten en deingangsspanning wordt met een zekere fasefout  $\varphi$  gereproduceerd en teruggestuurd naar de bron. In dit principeschema maken we gebruik van een artificiële directionele koppelaar om het voorwaartse en gereflecteerde signaal uit elkaar te halen. Het gereflecteerde signaal moet een exacte kopie zijn van het ingangssignaal en dus ook een gelijke amplitude hebben. Een oneindige ingangsimpedantie (dus spanningsensor) wordt verkregen door het gereflecteerde signaal in gelijke fase terug te zenden, dus  $\varphi = 0$  (of  $n \cdot 2\pi$ , waarin  $n$  een integer is). De ingangsimpedantie kan gelijk nul gemaakt worden (dus stroommeting) door het gereflecteerde signaal geïnverteerd terug te zenden, dus  $\varphi = \pi + n \cdot 2\pi$ . Elke andere fase leidt tot een puur reactieve impedantie. Merk op dat een sensor altijd energie onttrekt aan een signaal, daarom is *voor ideale energieloze overdracht terugkoppeling essentieel*. Dus een ideale stroom- of spanningsdetector kan enkel door terugkoppeling benaderd worden.

We zullen dit principe aan de hand van een paar praktische voorbeelden nader toelichten. We beschouwen daarvoor een stroom- en een spanningsversterker.

### 5-A Informatietransport in het spanningsdomein

Om te laten zien dat we de energie-overdracht willekeurig klein kunnen maken beschouwen we een ideale spanningsversterker zoals is weergegeven in figuur 6. Aangezien praktisch verbindingen altijd eindige afmeting en impedantie hebben benaderen we de verbinding tussen informatiebron en versterker door een transmissielijn. Het actieve deel is een niet ideale spanningsversterker met een eindige spanningsversterking  $A$  en ingangsimpedantie  $Z_i$ . De transmissielijn heeft een impedantie  $Z_0$  en lengte  $L$ . We nemen aan dat de bron en de transmissielijn gelijke impedantie hebben. Om het gereflecteerde signaal uitsluitend door de te-

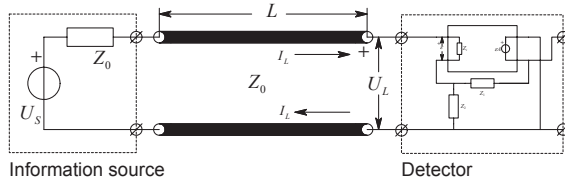


Fig. 6: Een teruggekoppelde spanning versterker

rugkoppeling te laten bepalen, nemen we aan dat de transmissielijnimpedantie gelijk is aan de sensorimpedantie zonder lusversterking, dus  $Z_0 = Z_i + Z_1/Z_2$ . Het gereflecteerde signaal is nu gelijk aan:

$$U_- = \frac{A \frac{Z_1 Z_i}{Z_1 + Z_2}}{2Z_0 + AZ_1 Z_i Z_1 + Z_2} \exp(-2\hat{\gamma}L) U_+, \quad (4)$$

waarin  $U_+$  en  $U_-$  respectievelijk het invallende en gereflecteerde signaal zijn,  $L$  is de lengte van de transmissielijn en  $\hat{\gamma}$  is de propagatiefactor. Voor een verliesvrije transmissielijn wordt deze propagatiefactor gegeven door  $\hat{\gamma} = j \frac{2\pi}{\lambda}$ , waarin  $\lambda$  de golflengte is. Voor hele hoge spanningsversterking ( $A \rightarrow \infty$ ) wordt hetingangssignaal gelijk aan het gereflecteerde signaal. De spanning  $U_L$  over de ingang van de spanningsversterker wordt gelijk aan:

$$U_L = U_s \frac{Z_0 + A \frac{Z_i Z_2}{Z_1 + Z_2}}{2Z_0 + A \frac{Z_i Z_2}{Z_1 + Z_2}} \exp(-\hat{\gamma}L) \quad (5)$$

Merk op dat alleen wanneer de spanningsversterking  $A$  heel hoog is en de transmissielijn heel kort is ( $\exp(-\hat{\gamma}L) \approx 1$ ) de gedetecteerde spanning identiek is aan hetingangssignaal. Het ingangsvermogen van de spanningsversterker is gelijk aan:

$$P_L = \frac{1}{2} |U_s|^2 \frac{\text{Re}[Z_0 + A \frac{Z_i Z_2}{Z_1 + Z_2}]}{|Z_0 + A \frac{Z_i Z_2}{Z_1 + Z_2}|^2}, \quad (6)$$

Dus door de spanningsversterking  $A$  willekeurig groot te maken kan het netto vermogen willekeurig klein gemaakt worden. De ingangsimpedantie is niet gelijk aan die van een ideale spanningsdetector door de eindige lengte van de transmissielijn. Deze impedantie is gelijk aan:

$$Z_{in} = Z_0 \frac{Z_0 [\cosh(\hat{\gamma}l) + \sinh(\hat{\gamma}l)] \cosh(\hat{\gamma}l) A \frac{Z_i Z_2}{Z_1 + Z_2}}{Z_0 [\cosh(\hat{\gamma}l) + \sinh(\hat{\gamma}l)] \sinh(\hat{\gamma}l) A \frac{Z_i Z_2}{Z_1 + Z_2}} \approx -j Z_0 \frac{\cos(2\pi L \lambda^{-1})}{\sin(2\pi L \lambda^{-1})}, \quad (7)$$

waarin de laatste term alleen geldig is voor een hoge lusversterking en een transmissielijn met verwaarloosbare verliezen. Merk op dat voor een lengte van  $\frac{1}{4}$  golflengte de ingangsimpedantie nul wordt.

In werkelijkheid kan deze situatie nooit gehaald worden, omdat de eindige vertraging in de terugkoppellus een eindige versterking vereist om stabiliteit te waarborgen

### 5-B Informatietransport in het stroomdomein

Een vrijwel identiek resultaat kan worden afgeleid voor een stroomversterker zoals is weergegeven in figuur 7. We hebben deze keer het actieve deel geïmplementeerd met behulp van een transconductantie  $G$  met een ingangsimpedantie  $Z_i$ . We nemen wederom aan dat de bron een gelijke impedantie heeft als de transmissielijn, terwijl de versterkerimpedantie wederom gelijk is aan de transmissielijnimpedantie indien de lusversterking gelijk nul is ( $Z_i/(Z_1 + Z_2) = Z_0$ ). De gereflec-

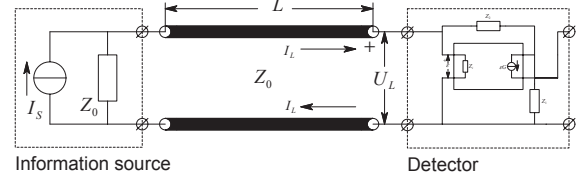


Fig. 7: Een terug gekoppelde stroom versterker

teerde stroom  $I_-$  voor deze versterker wordt gegeven door:

$$I_- = \frac{-Z_0 G \frac{Z_1}{Z_1 + Z_2}}{2 + Z_0 G \frac{Z_1}{Z_1 + Z_2}} I_+ \exp(-2\hat{\gamma}L) \quad (8)$$

Wederom is het gereflecteerde signaal gelijk aan hetingangssignaal voor een hoge transconductantie  $G$ . Dit maal is echter het gereflecteerde signaal geïnverteerd ten opzichte van hetingangssignaal. De stroom door de belasting wordt gegeven door:

$$I_L = I_s \frac{1 + Z_0 G \frac{Z_1}{Z_1 + Z_2}}{2 + Z_0 G \frac{Z_1}{Z_1 + Z_2}} \exp(-\hat{\gamma}L) \quad (9)$$

De ideale overdracht is alleen mogelijk als de transmissielijn heel kort is ( $\exp(-\hat{\gamma}L) \approx 1$ ) en de transconductantie  $G$  heel hoog is. De energieoverdracht is wederom nul, omdat de bronstroom gelijk wordt aan de belastingstroom en er dus geen energieconversie plaatsvindt. Het ingangsvermogen geleverd aan de stroomsensorbenadering is gelijk aan:

$$P_L = \frac{1}{2} |I_s|^2 \frac{\text{Re}[Z_0 (1 + G Z_0 \frac{Z_1}{Z_1 + Z_2})]}{|2 + G Z_0 \frac{Z_1}{Z_1 + Z_2}|^2} \quad (10)$$

Zoals verwacht gaat ook deze naar nul voor hoge lusversterking.



## 6 Conclusie

Hoewel in het elektrische domein informatie door elektrische energie gedragen wordt kan het netto energietransport willekeurig klein worden gemaakt. Dit wordt bereikt door de opgenomen signaalenergie actief te reflecteren en de fysieke lengte van een signaalpad klein te houden. De benutting van de kanaalcapaciteit is afhankelijk van de broncodering en bronimpedantie, maar niet van het energietransport. Dat wil zeggen dat optimale kanaalcapaciteitbenutting mogelijk is terwijl tegelijkertijd het energietransport geminimaliseerd wordt.

Door deze energieoverdracht te reduceren tot nul, worden de twee elektrische domeinen stroom en spanning volledig onafhankelijk. De verbinding

tussen informatiebron en sensor moet dan zodanig kort zijn dat de signaaltransporttijd te verwaarlozen is ten opzicht van het signaal.

In de praktijk wordt deze ideale situatie nooit gehaald, omdat een oneindige lusversterking niet mogelijk is. Door de eindige signaalvertraging in de terugkoppellus is de lusversterking begrensd in verband met stabiliteit.

## Referenties

- [1] Shannon C. E. A mathematical theory of communication. *Bell Systems Technical Journal*, 27:379–423, July 1948.
- [2] Shannon C. E. A mathematical theory of communication. *Bell Systems Technical Journal*, 27:623–656, October 1948.



### Mededeling van de redactie.

In het vorige (combinatie)nummer (4/5, 2001) van het Tijdschrift is helaas een fout geslopen in het proefschriftenoverzicht van de Universiteit Twente. De rectificatie zal in het volgende nummer (2, 2002) geplaatst worden. Ook de ledenmutaties zult u in dit nummer aantreffen.



# De condensator is nog steeds niet ontladen

R. Brink, W. van Etten, G. Heideman  
Universiteit Twente, Faculteit Elektrotechniek  
Postbus 217, 7500 AE, Enschede

## 1 Inleiding

In de kolommen van dit tijdschrift heeft zich een interessante, want fundamentele discussie ontsponnen over de impedantie van de condensator [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9]. De steen werd in de vijver gegooid door van der Wurff [1], in welk artikel hij suggereerde dat de welbekende uitdrukking voor de impedantie van een condensator,  $1/(j\omega C)$ , wel eens onvolledig zou kunnen zijn. Hij concludeerde dat op basis van toepassing op een zeer speciale excitatie van de condensator, namelijk met een  $\delta$ -functie. Hij liet zien, dat gebruik van de Fouriertransformatie in zo'n geval, en enkele vergelijkbare situaties, tot een verkeerd antwoord kan leiden. Of toch niet? Het probleem bleek te zijn, dat de impedantie niet eenduidig zou zijn te definiëren, d.w.z. in het ene geval zou de klassieke uitdrukking wel tot een correct antwoord leiden, en in het andere geval niet. In een vorige bijdrage [2] menen wij, die dubbelzinnigheid te hebben opgelost.

Uiteindelijk spitste het debat zich toe op de vraag of voor de uitdrukking  $t \cdot \delta'(t) = -\delta(t)$  geschreven mag worden  $\delta'(t) = -\delta(t)/t$ . Ook de twee meest recente bijdragen aan de discussie [8, 9] gaan in wezen over dit punt.

## 2 Reactie op "Gevaarlijk terrein"

Deze sectie is een reactie op het artikel van van der Wurff [9]. In dat artikel beschrijft van der Wurff de geschiedenis van een discussie tussen een eigenwijze student en zijn docent. De student probeert steeds iets te bewijzen wat volgens de docent niet te bewijzen valt, maar de student blijft steeds nieuwe argumenten aandragen voor zijn zienswijze; vaak lijken die argumenten op het eerste gezicht ook heel sterk. Tot en met het beroep op zowaar niet de geringste wetenschappers als van der Pol en Bremmer. Wij herkennen veel in het dispuut tussen student en docent; sterker nog, van der Wurff geeft zelf al aan, dat het verhaal gebaseerd is op een uitvoerige en plezierige correspondentie

tussen hem en schrijvers dezes.

Eigenwijze studenten worden doorgaans zeer door de docenten gewaardeerd; immers eigenwijsheid en volhouden kunnen bron zijn van originele ideeën en vooruitgang en dagen anderen uit tot creativiteit. Ergernissen in het dagelijks leven brengen mensen tot uitvindingen. Zo vindt Kwetal<sup>1</sup> een futvoeder uit, een eeuwigbeweger; je steekt, zoals Kwetal uitlegt, gewoon het slangetje aan de gnom en dan trekt vanzelf de zapl omhoog. Helemaal, het wielje blijkt aan het eind van het verhaal gewoon op de delfstof "Solium" te draaien, dus in plaats van een perpetuum mobile toch gewoon een energie-omzetter. Zelfs de creativiteit van Kwetal heeft zijn grenzen!

De eigenwijze student probeert steeds een relatie te bewijzen waarvan hij zelf impliciet heeft laten zien dat die tot ongerijmdheden leidt, al vindt hij zelf niet dat de ongerijmdheden daardoor veroorzaakt worden. Hij legt bij het bedenken van voorbeelden grote creativiteit aan de dag, om de gewraakte relatie toch inzichtelijk te maken, zodat hij wel waar moet zijn. Van al deze voorbeelden heeft de docent laten zien waar de redenering fout gaat (privé-correspondentie). De docent geeft bovendien het alternatief aan: als er iets niet klopt, moet de koninklijke weg bewandeld worden: *terug naar de definities en de voorwaarden waaronder stellingen geldig zijn!*

Er hoeft dus geen aparte handleiding te komen. Het is wel illustratief studenten te laten zoeken naar subtiele fouten in een redenering.

Het werkt misschien verduidelijkend te laten zien in welke bijzondere gevallen wel met  $1/t$  vermenigvuldigd mag worden.

1. Indien  $t = 0$  binnen de drager van de generaliseerde functie valt, ontstaan er in het algemeen problemen, omdat de multiplicator in een relevant gebied een oneindige waarde

<sup>1</sup>zie het verhaal "De Bovenbaze" uit de literaire reuzenpocket "Geld speelt geen rol" van Marten Toonder, uitgave De Bezige Bij

aanneemt. Valt de drager van de gegeneraliseerde functie buiten  $t = 0$ , dan is het wel toegestaan om met  $1/t$  te vermenigvuldigen; zo is ( $T > 0$ )

$$\frac{1}{t} \cdot \delta(t - T) = \frac{1}{T} \cdot \delta(t - T) \quad (1)$$

omdat de drager van de verschoven Dirac-functie (het punt  $T > 0$ ) buiten de singulariteit van  $1/t$  ligt.

2. Indien we toetsfuncties hebben waarvoor  $\varphi(0) = 0$ , zijn ze te schrijven als

$$\varphi(t) = \frac{t\varphi'(0)}{1!} + \frac{t^2\varphi''(0)}{2!} + \dots \quad (2)$$

In dat geval deelt de factor  $t$  weg

$$\langle \delta'(t), \varphi(t) \rangle = -\varphi'(0) \quad (3)$$

$$= -\langle \delta(t), \frac{\varphi(t)}{t} \rangle$$

$$\triangleq -\langle \frac{\delta(t)}{t}, \varphi(t) \rangle$$

$$\langle \delta(t), \varphi(t) \rangle = \varphi(0) = 0 \quad (4)$$

Het is dus niet zo verwonderlijk, dat de uitdrukking  $\delta(t)/t$  opduikt.

Kernpunt van het probleem bij  $\delta(t)/t$  is dus dat  $1/t$  een singulariteit heeft binnen de drager van de Dirac-functie; we kunnen de singulariteit ook niet opheffen door  $\varphi(t) = 0$  te nemen in een omgeving van  $t = 0$ , omdat we dan juist de toetsfunctie 0 maken op de drager van de  $\delta$ -functie. Daarom heeft deze relatie geen betekenis.

### 3 Reactie op "Impedantie van de ideale condensator"

Deze sectie omvat een reactie op het artikel van van Odenhoven [8]. In zijn artikel probeert van Odenhoven een praktische weg aan te geven om fouten met  $\delta$ -functies te vermijden. Hij volgt dezelfde redenering als van der Wurff, waarbij de relatie

$$\frac{\delta(t)}{t} = -\delta'(t) \quad (5)$$

gebruikt wordt. Wij hebben al eerder laten zien ([2]), dat  $\delta(t)/t$  niet gedefinieerd is, omdat  $1/t$  niet een multiplicator is, d.w.z niet een functie is waarmee een gegeneraliseerde functie in het algemeen vermenigvuldigd kan worden. Uiteraard mag ieder zijn eigen notatie voor " $\delta'(t)$ " gebruiken, dus ook WURF( $t$ ) of zelfs  $\delta(t)/t$ , maar dat zijn dan wel onverbreekbare eenheden, d.w.z. steeds één enkel

symbool. Het maakt dan formeel niets uit of geschreven wordt

$$\begin{aligned} t \cdot \frac{\delta(t)}{t} &= -\delta(t) \quad \text{of} \\ t \cdot \text{WURF}(t) &= -\delta(t) \quad \text{of} \\ t \cdot \delta'(t) &= -\delta(t) \end{aligned} \quad (6)$$

Fout is dus  $t \cdot \text{WURF}(t) = t \cdot W \cdot \text{URF}(t)$ . Toch gebeurt dat als  $1/t$  als factor gezien wordt

$$t \cdot \frac{\delta(t)}{t} = \frac{t}{t} \cdot \delta(t) = \delta(t) \quad (7)$$

Niets aan de hand, dus? Maar met evenveel recht zouden we de laatste relatie kunnen schrijven als

$$t \cdot \frac{1}{t} \delta(t) = \frac{1}{t} \cdot t \delta(t) = 0 \quad (8)$$

Vermenigvuldigingen die bij gewone functies commutatief zijn, moeten dat ook bij gegeneraliseerde functies zijn.

#### 3-A De kernpunten in de redenering van van Odenhoven

Het eerste kernpunt in de redenering van van Odenhoven is, dat hij in zijn vergelijkingen (13) en (14) gebruik maakt van deze laatste relatie. In feite laat hij zien, dat

$$\frac{1}{j\omega} + \pi\delta(\omega) = \frac{1}{j\omega} [1 + \pi j\omega\delta(\omega)] = \frac{1}{j\omega} \quad (9)$$

en dus

$$\delta(\omega) = \frac{j\omega}{j\omega} \delta(\omega) = \frac{1}{j\omega} \cdot j\omega\delta(\omega) = 0 \quad (10)$$

Een tweede kernpunt in de redenering is, dat hij in de vergelijkingen (13) en (14) selectief is in het toepassen van het buiten haakjes halen van  $1/j\omega$  in de eerste factor. Maar er is geen reden hetzelfde proces niet ook bij de tweede factor uit te voeren; als we dat bij formule (14) wel doen, volgt

$$\begin{aligned} \left[ \frac{1}{j2\pi f} + \delta(f) \right] \cdot \left[ \frac{1}{j2\pi f} + \delta(f) \right] &= \\ \frac{1}{j2\pi f} [1 + j2\pi f\delta(f)] \cdot \frac{1}{j2\pi f} [1 + j2\pi f\delta(f)] &= \\ \frac{1}{(j2\pi f)^2} & \end{aligned} \quad (11)$$

Met dezelfde redenering is er dus ook een ander antwoord te verkrijgen (in het tijdgebied een niet goed gedefinieerde convolutie van twee halve signum-functies, via de differentiatie-regel ( $t/2$ ) · sign( $t$ )).

### 3-B Fourier- en Laplace-transformatie

Van Odenhoven schrijft

$$Y(j\omega) = \lim_{s \rightarrow j\omega} Y(s) \quad (12)$$

daarmee argeloze lezers op de gedachte brengend, dat een Fourier-transformatie in het algemeen ontstaat uit een Laplace-transformatie door  $s$  naar  $j\omega$  te laten gaan. Echter, pas als de imaginaire as tot het convergentiegebied van de Laplace-integraal behoort, is dit gegarandeerd juist. De Laplace-getransformeerde van de stapfunctie is  $1/s$ , voor  $\text{Re}(s) > 0$ . De imaginaire as behoort dus niet tot het convergentiegebied en

$$\lim_{s \rightarrow j\omega} \frac{1}{s} = \frac{1}{j\omega} \neq \frac{1}{j\omega} + \pi\delta(\omega) \quad (13)$$

Het oorspronkelijke probleem is dat de Fourier-getransformeerde van een convolutie van twee stapfuncties een product oplevert dat niet gedefinieerd is, omdat er een product van Dirac-functies optreedt (een  $\delta$ -functie is geen multiplicator). De oplossing van het probleem is niet door één van de Dirac-functies op verkeerde gronden weg te praten (de Fourier-getransformeerde van een stap heeft nu eenmaal een Dirac-functie in zich), maar door te voorkómen dat zo'n product optreedt. Dat kan door één van de stapfuncties (of beide) te vervangen door een benadering

$$\tilde{u}(t) = u(t) \exp(-\varepsilon t), \quad \varepsilon > 0, \quad (14)$$

waarin  $u(t)$  de eenheidsstapfunctie is. Het product van de Fourier-getransformeerden van  $\tilde{u}$  en  $u$  is nu wel gedefinieerd en levert

$$\begin{aligned} \frac{1}{j2\pi f + \varepsilon} \left[ \frac{1}{j2\pi f} + \frac{1}{2}\delta(f) \right] &= \\ \frac{1}{(j2\pi f + \varepsilon) \cdot j2\pi f} + \frac{1}{j2\pi f + \varepsilon} \frac{1}{2}\delta(f) & \quad (15) \\ = -\frac{1}{\varepsilon} \frac{1}{j2\pi f + \varepsilon} + \frac{1}{\varepsilon} \frac{1}{j2\pi f} + \frac{1}{2\varepsilon}\delta(f) & \end{aligned}$$

Terugtransformatie levert

$$\begin{aligned} -\frac{1}{\varepsilon} u(t) \exp(-\varepsilon t) + \frac{1}{2\varepsilon} \text{sign}(t) + \frac{1}{2\varepsilon} &= \\ -\frac{1}{\varepsilon} u(t) \exp(-\varepsilon t) + \frac{1}{\varepsilon} u(t) &= \\ \frac{u(t)}{\varepsilon} \left\{ 1 - \left[ 1 - \frac{\varepsilon t}{1!} + \frac{(\varepsilon t)^2}{2!} + \dots \right] \right\} & \quad (16) \\ = t \cdot u(t) - \varepsilon \frac{t^2}{2!} u(t) + \dots & \end{aligned}$$

Als we nu in de hele redenering  $\varepsilon \rightarrow 0$  laten gaan, is het schijnbare resultaat dat

$$\frac{1}{j2\pi f} \left[ \frac{1}{j2\pi f} + \frac{1}{2}\delta(f) \right] \leftrightarrow t \cdot u(t) \quad (17)$$

Dan lijkt het alsof er Fourier-transformatie toegepast is, maar eigenlijk is er deels Laplace-transformatie toegepast, waarbij ten onrechte de suggestie gewekt wordt, dat de limiet van een Laplace-getransformeerde voor  $\text{Re}(s) \rightarrow 0$  voor  $\varepsilon \rightarrow 0$  altijd de Fourier-getransformeerde oplevert. In feite zou de eerste factor geschreven moeten worden als

$$\frac{1}{j2\pi f + 0} \quad \text{i.p.v.} \quad \frac{1}{j2\pi f} \quad (18)$$

en zo vinden we de relatie (zie ook [10, pag. 99])

$$\frac{1}{j2\pi f + 0} = \frac{1}{j2\pi f} + \frac{1}{2}\delta(f) \quad (19)$$

Het zal nu ook duidelijk zijn, dat we voor het product van de Fourier-getransformeerden van twee stapfuncties ook mogen schrijven

$$\frac{1}{j2\pi f + 0} \cdot \frac{1}{j2\pi f + 0} \quad \text{i.p.v.} \quad \frac{1}{j2\pi f} \cdot \frac{1}{j2\pi f} \quad (20)$$

## 4 Conclusie

Als we studenten op eigen kracht hun weg in een nieuwe situatie willen laten vinden, is het principieel het beste de basis-definities goed aan te brengen. Als daar geen tijd voor is, of als het te moeilijk of te abstract is, resteert:

- zonder motief aangeven, dat sommige dingen nu eenmaal niet mogen (geen producten van Dirac-functies bijvoorbeeld);
- aangeven van alternatieven (Laplace-transformatie of tijddomein-beschrijving).

Het lijkt ons echter niet verstandig onze studenten op een spoor te zetten waardoor ze tot onterechte generalisaties uitgenodigd worden. Alternatief is ze de fouten laten maken, indachtig de uitspraak die Feynman eens gedaan zou hebben: "Een goede fysicus is een fysicus die elke denkbare fout een keer gemaakt heeft!"

Wij zijn van der Wurf en van Odenhoven erkentelijk voor de discussies met betrekking tot het probleem rond de impedantie van de condensator, maar menen dat de discussie over dit onderwerp nu beëindigd kan worden; we moeten verre blijven van de uitdrukking  $\delta(t)/t$  en niet de suggestie wekken, dat altijd een Laplace-transformatie overgaat in een Fourier-transformatie als  $\text{Re}(s) \rightarrow 0$ .

Kortom, eigenlijk blijkt er niets aan de hand als we maar terugvallen op de basisdefinities!

## Referenties

- [1] P. van der Wurff,  
"Over condensator-impedanties en andere ongerijmdheden",  
*Tijdschrift van het NERG*, Jaargang 64, no. 2,  
pp. 82-83, 1999.
- [2] G. Heideman, R. Brink and W. van Etten,  
"De condensator-impedantie nader beschouwd",  
*Tijdschrift van het NERG*, Jaargang 64, no. 4,  
pp. 162-169, 1999.
- [3] F. Neerhoff,  
"Gegeneraliseerde functies en Fourier-transformaties met een introductie tot tijdvariante circuits",  
*Tijdschrift van het NERG*, Jaargang 64, no. 4,  
pp. 170-177, 1999.
- [4] P. van der Wurff,  
"Condensator-impedanties en gegeneraliseerde functies",  
*Tijdschrift van het NERG*, Jaargang 65, no. 2,  
pp. 80-81, 2000.
- [5] F. Neerhoff,  
"Nogmaals gegeneraliseerde functies",  
*Tijdschrift van het NERG*, Jaargang 65, no. 2,  
pp. 82, 2000.
- [6] W. van Etten, R. Brink en G. Heideman,  
"Reactie op 'Condensator-impedanties en gegeneraliseerde functies'",  
*Tijdschrift van het NERG*, Jaargang 65, no. 2,  
pp. 83-84, 2000.
- [7] R. Boute,  
"Transformaties en impedanties: over formeel rekenen en fysisch interpreteren",  
*Tijdschrift van het NERG*, Jaargang 65, no. 5,  
pp. 200-216, 2000.
- [8] F. van Odenhoven,  
"Impedantie van de ideale condensator",  
*Tijdschrift van het NERG*, Jaargang 66, nr. 2,  
pp. 44-46, 2001.
- [9] P. van der Wurff,  
"Gevaarlijk terrein!",  
*Tijdschrift van het NERG*, Jaargang 66, nr. 2,  
pp. 47-50, 2001.
- [10] I.M. Gelfand en G.E. Shilow,  
*Vergemeinerde Funktionen (Distributionen) I*,  
VEB Deutsche Verlag der Wissenschaften, Berlin 1967.

# Reactie

Jacob Gestman Gerardts  
La Serre, France  
E-mail: CreaFrance@aol.com

---

Met interesse heb ik het artikel over de complexe rekenwijze in het onderwijs van ir. P. van der Wurff gelezen. Zelf heb ik tien jaar in het hoger beroeps-onderwijs gewerkt als docent electronica en meet-en regeltechniek en kan mij redelijk vinden in de strekking van het artikel. Met een gevreesde teruggang in de interesse in het elektrotechnisch onderwijs is het ook een actueel en belangrijk onderwerp. Indien de mening van de onbekende reviewer correct is weergegeven, lijkt het mij dat de redactie het artikel aan iemand met weinig affiniteit met het probleem heeft voorgelegd. De mening dat "de kracht van formules erin gelegen is dat het beroep op het voorstellingsvermogen overbodig wordt", is op zichzelf wel juist, maar nauwelijks aan de huidige generatie 18 jarige studenten te verkopen en vroeger eigenlijk ook al niet, alhoewel het toen wellicht meer geaccepteerd werd. Het is dezelfde onverwoestbare mening die ik mij van mijn studie elektrotechniek aan de toenmalige TH Delft herinner in de vroege jaren '70 dat de wiskunde de enig zaligmakende poort naar de elektrotechniek zou zijn. Ik herinner mij van toen dat praktisch elk college en elke vraag om nadere uitleg begon met de zin; "Om dat te begrijpen neem je de integraal van.....". Soms kon dat voor de verandering ook een lijnintegraal of een cirkelintegraal zijn. De uitleg was afgelopen als de integraal de juiste uitkomst gaf. Hoewel wiskundig allemaal zeer juist en correct, heb ik deze benadering ook toen al didactisch als een ware ramp ervaren. Er is didactisch niets op tegen om de uitleg zo dicht mogelijk bij de spreekwoordelijke "taartpunten en knikkers" te houden. Men kan een weerstand presenteren als een soort van verstopte tuinslang of als een complexe impedantie waarvan het imaginaire deel op nul wordt gesteld. Ik heb zowel als student als in mijn functie van docent gemerkt dat men meer aandacht weet op te roepen en vast te houden met de eerste benadering. Het is duidelijk dat niet ieder natuurkundig fenomeen zo dicht bij een bekende analogie te brengen is, maar het omgekeerde is ook

niet waar. Wie durft te zeggen dat hij of zij de onlangs gevoerde wiskundig volledig juiste onderbouwing van de condensatorimpedantie heeft begrepen en zou kunnen reproduceren? Zowel de wiskundig correcte als de houtje-touwtje-uitleg kennen beide hun tekortkomingen.

Van der Wurff probeert op zijn manier de invloed van de wiskunde op de elektrotechniek tot een op dat moment noodzakelijk minimum terug te brengen, wat een lovenswaardig streven is. Ik wil hierbij toch nog wel enige kanttekeningen plaatsen, ofschoon ik wel begrijp dat hij niet zijn hele didactische aanpak in 1 artikel heeft kunnen verklaren. Wat bij in mijn ogen in de aanpak van Van der Wurff ontbreekt, is de wens om de uitleg zo dicht mogelijk bij de bekende stof te houden. In mijn ogen heeft het relatief weinig zin (wel een beetje) om de stroom als een complexe e-macht weer te geven, waarin de term (j $\omega$ t) ontbreekt omdat de frequentie constant wordt genomen (zijn formule 2). Mijn ervaring is dat niet zozeer de frequentiecomponent een probleem vormt, maar het algehele werken met de complexe e-machten. Als men dit begrijpt, dan maakt het niet uit of er nu twee termen in voorkomen of maar eentje. Als men het niet begrijpt, dan is de stroom in de vorm van een complexe e-macht met alleen een fasecomponent een vrijwel even groot probleem gebleven.

Uit de praktijk is gebleken dat relatief goed een eenvoudig is uit te leggen dat een 90 graden faseverschuiving bij sinusvormige signalen overeenkomt met het getal j, de wortel uit -1. Met twee 90-graden fasedraaiende netwerken H1 die in serie staan wordt de totale overdracht H1 x H1. Met een totale faseverschuiving van 180 graden moet H1 x H1 gelijk zijn aan -1 en H1 dus gelijk aan de wortel uit -1. Hiervoor krijgt men bij de studenten de handjes redelijk snel op elkaar.

Middels een orthogonaal coördinatenstelsel van een horizontale Re-as en een verticale Im-as is ook snel te bepalen dat de cosinuscomponent overeenkomt met het reële deel en de sinusvormige component met het imaginaire deel, mits men weet wat een cosinus en een sinus is, wat over het algemeen het geval is. Ik ben het met de auteur eens dat hiervoor in het geheel geen uitleggen over transformaties en toevoegen van complexe spanningen nodig is. Dit is slechts potjeslatijn om redelijk goed te begrijpen zaken onnodig ingewikkeld te maken.

Zoals de auteur terecht stelt, treedt de moeilijkheid dan ook pas op bij de formule van Euler (bij een vluchtig bezoek van diverse internet sites overigens praktisch overal de formule van De Moivre genoemd). Deze formule geeft het verband aan tussen de cos/sin-ontbinding van de stroom en de notatie in een complexe e-macht:  $e^{ix} = \cos(x) + j\sin(x)$ . Wat een docent graag zou willen hebben, is een aansprekend verhaal of een afbeelding waarmee de juistheid van deze formule zich in het netvlies van de student brandt, zodat hij/zij dit bij ieder probleem onmiddellijk voor de geest kan roepen. Ik heb zo'n hulpmiddel persoonlijk nooit gevonden en een internet-site met overigens voortreffelijke uitleg van wiskundig ingewikkelde zaken, kwam hierin ook niet heel erg ver.

Eenzijds heb je de reeksontwikkeling van de e-macht, waarin de even machten met een j een plus of min 1 opleveren en de oneven termen imaginair blijven. Hark je de reële en imaginaire termen in twee groepen bij elkaar dan blijkt dat de imaginaire reeks overeenkomt met de sinusreeks en de reële reeks met de cosinusreeks. De omweg via de reeksontwikkeling is mijns inziens dermate groot dat deze methode didactisch min of meer onbruikbaar is. Een iets leukere uitleg, maar ook geen perfecte, loopt via de afgeleide van de functie  $e^{ix}$ .

Als we de functie  $e^{ix}$  veralgemeniseren tot een willekeurige complexe functie van de vorm  $g(x) + jh(x)$ , dan is hiervan de afgeleide  $g'(x) + jh'(x)$ , waarin  $g'$  en  $h'$  de afgeleiden van  $g$  en  $h$  voorstellen.

Omdat de afgeleiden van  $e^{ix}$  de functie  $je^{ix}$  wordt (er komt dus alleen een vermenigvuldiging met j bij), moet de veralgemeende afgeleide functie van  $e^{ix}$  daarmee gelijk zijn aan  $j(g(x)+jh(x)) = jg(x) - h(x)$ .

Er geldt dus  $g'(x) + jh'(x) = jg(x) - h(x)$ , ofwel  $h' = g$  en  $g' = -h$ .

(Voor een volledige uitleg, bezoeke de question corner van <http://www.math.toronto.edu/mathnet/mathnet.html>)

Bij studenten die de afgeleiden van sinus en cosinus kennen en inmiddels weten dat een vermenigvuldiging met j overeenkomt met een faseverschuiving van 90 graden, is eenvoudig te zien dat het verhaal klopt als h de sinus is en g de cosinus. Dat er nog andere functies zijn die aan deze eis voldoen, sluit deze afleiding niet uit, maar de afleiding is kort en krachtig en er is relatief weinig wiskundige kennis voor nodig. Van der Wurff verwijst in zijn artikel naar de behandeling van de imaginaire e-macht middels de reeksontwikkeling en wel door de wiskundedocent. Ik ben het met hem eens dat hier een bottleneck in het begrip ontstaat en pleit ervoor dat deze formule ook op de hier gegeven simpeler methode via de afgeleiden wordt behandeld. Hij is wiskundig minder fraai, maar men wint er wellicht enkele zieltjes mee, die nu wel met een complexe e-macht kunnen leven.

Veel bij de complexe berekening van stromen in de elektrotechniek, hangt af van de manier waarop de diverse wiskundige representaties en hun onderlinge relaties aannemelijk worden gemaakt. De studenten moeten een zeker gemak hebben om de ene notatie in de andere om te zetten. Ontbreekt die, dan blijft ook de frequentieloze notatie van Van der Wurff voor de studenten een probleem. (autorijden wordt er niet echt veel gemakkelijker op als je niet in 2 verschillende, maar slechts in 1 en dezelfde auto hoeft te rijden. Je beheerst iets of je beheerst het niet) In zekere zin wordt het probleem er nog wat groter door, want wat moet men met een stroom en een spanning waaruit de frequentie verdwenen is terwijl de impedanties wel een frequentie-afhankelijkheid hebben (zijn formules 7 en 8). Een zekere tegenspraak zal daarin toch niet ontkend kunnen worden.

Het is ook in tegenspraak met punt twee van zijn samenvatting: "Impedantie wordt bij vaste frequentie  $\omega$  gedefinieerd als het complexe getal Z dat het quotient is van de fasor van de spanning en de fasor van de stroom". Hoe verklaart hij dat er een  $\omega$  in de impedanties (formules 7 en 8) verschijnt als hij zijn fasoren daarvoor juist van elke  $\omega$  heeft ont-  
daan?

Punt 7 waarin wordt gesteld “de frequentie-afhankelijkheid van impedantie... leidt tot het begrip impedantiefunctie, genoteerd als  $Z(\omega)$ ” maakt de verwarring alleen maar groter. In zijn eerder betoog rondom formules 7 en 8 waarin frequentie-afhankelijke impedanties voorkomen is daarentegen in het geheel geen sprake van ‘impedantiefuncties’ maar domweg van impedanties.

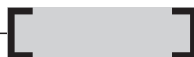
Het punt 6 over het werken met complexe spanningen en stromen ontgaat me, voornamelijk omdat dit slechts zeer summier wordt uitgewerkt. In de begeleidende tekst lezen we: “Wie met deze formule differentiaalvergelijkingen van netwerken gaat doorrekenen, komt terecht bij algebraïsche vergelijkingen van fasoren en impedanties. Daarna zal, na het opdoen van enige routine bij het berekenen aan netwerken, de overbodigheid van de tweede term blijken. Op een factor 0,5 na, rekenen we dan met de complexe stroom, die de meeste auteurs al laten optreden in hun eerste hoofdstuk over de complexe rekenwijze,” Of dit inderdaad zo is, kunnen we pas nagaan als Van der Wurff wat meer moeite neemt om dit wat nader toe te lichten.

Samenvattend stel ik dat de titel van Van der Wurff’s artikel niet geheel juist is. Vrijwel het gehele betoog draait om het zo lang mogelijk weglaten van de frequentiecomponent in de stromen en spanningen. Een betere titel had kunnen zijn: “Complex rekenen met zo weinig mogelijk frequentiecomponenten”. Hoewel ik het streven van vereenvoudiging van Van der Wurff van harte onderschrijf, meen ik dat niet zozeer de frequentiecomponenten bij de studenten tot verwarring leiden. Ik denk zelfs dat het schadelijk is om over fase(verschillen) te spreken als er een soort taboe rust op het verschijnsel frequentie. Tevens denk ik dat het praktisch onmogelijk is om met frequentie-afhankelijke impedanties te werken als de stromen en spanningen geen frequentiecomponent mogen bezitten.

Ik denk wel dat Van der Wurff de vinger op de zere plek heeft gelegd met zijn “Na de introductie van de formule van Euler.... wordt theoretische elektro-

techniek een wiskundig en abstract vak, dat voor veel jongerejaars een onoverkmelijk struikelblok vormt. De vraag is of daar iets aan valt te doen.” Ik meen dat daaraan inderdaad iets valt te doen, namelijk door het reduceren van de benodigde wiskunde in de leerstof, zoals reeksontwikkelingen en onnodige transformaties. Het zou geen kwaad kunnen stilaan te erkennen dat er naast het kunnen doorwerken van een sluitend stelsel van wiskundige vergelijkingen een groot aantal andere methoden bestaat om tot een zeker begrip van de elektrotechniek te komen.

Om een van de vele voorbeelden te noemen: Tijdens mijn studie heb ik vele uren moeten slijten aan het exact oplossen van de meest exotische integralen. De toen heersende mening was dat je dit nooit iteratief mocht doen via een computerprogramma omdat je op onverwachte singulariteiten zou kunnen stuiten die de uitslag zouden kunnen beïnvloeden en omdat de computermethode als zodanig intrinsiek onprecies zou zijn. Afgezien van het feit dat deze singulariteiten zich meestal duidelijk aandienen, gooit men hiermee het kind met het badwater weg. Slechts een klein gedeelte van de integralen zijn niet met computerbenaderingen op te lossen en deze is dan stilaan ook de meest gebruikte methode geworden, waarvoor goede programma’s bestaan en waarvan de precisie in de praktijk ook voldoende is gebleken. Op dit terrein heeft men de wiskundige exactheid wel durven inwisselen voor snelheid en gemak. Voor de keren dat het niet werkt en er behoefte is aan een exacte oplossing kan de elektrotechnicus altijd nog de hulp inroepen van de wiskundige. Bij het complexe rekenen zou zo iets dergelijks ook kunnen gebeuren: minder nadruk op de wiskundige juistheid, met als voordeel een groter gemak van alle dag. Van der Wurff kiest een andere weg: de wiskundige juistheid blijft gehandhaafd en hij zoekt zijn voordelen in een vereenvoudiging van de elektrotechnische fenomenen, mijns inziens niet de handigste weg voor een beter begrip van de elektrotechniek.





# Concurreren met kennis

## verslag van het VEV-congres

prof. ir. J.H. Geels  
(afgevaardigde van NERG)



Datum: 1 november 2001 n.m.  
Plaats: 'Hart van Holland' te Nijkerk  
Aanleiding: het 85-jarig jubileum van VEV  
Deelnemers: ongeveer 400 relaties van VEV  
Dagvoorzitter: drs. H. Malestijn (algemeen directeur VEV)

Inleider: ir. P. Carrière (voorzitter VEV)  
*"Ontwikkelingen in de maatschappelijke positie van VEV"*

Spreekers: drs. A. Kraaijeveld (voorzitter en algemeen directeur van FME-CWM)  
*"Kennismanagement vanuit de koepels"*

dhr. H. Kleiweg (algemeen directeur van Croon Elektrotechniek b.v.)  
*"Kennismanagement in het bedrijfsleven"*

prof. dr. G.L. Lucardie (CEO Knowledge Economies)  
*"De link tussen bedrijven, koepels en VEV"*

Teksten: zie: [www.vev.nl/congressen](http://www.vev.nl/congressen)  
/presentaties

### Algemeen

De Vereniging Elektrotechnisch Vakonderwijs (VEV) heeft haar 85-jarig jubileum willen vieren met een feestelijk congres in een daarvoor zeer geschikt gebleken congrescentrum.

Als congressthema werd gekozen het belang dat moet worden gehecht aan beschikbare kennis voor de positie van onderneming en overheid, en hoe daarmee moet worden omgegaan. De drie sprekers behandelden dit thema vanuit hun onderscheidelijke invalshoeken: het landelijk beleid, het beleid binnen de onderneming en de kenniseconomie.

De uitgeschreven tekst van de inleiding is te vinden op de website van VEV, van de sprekers zijn daar alleen de bij hun voordracht gebruikte dia's opgenomen.

Het jubileumcongres werd afgesloten met een spetterend optreden van het cabaret 'Chicago Boom', waarin ook - deels improviserend, deels voorbereid - op ludieke wijze verbanden werden gelegd tussen elektrotechnische begrippen, VEV en de inhoud van het congres.

De daarna volgende uitstekend verzorgde jubileumreceptie werd druk bezocht. De als zodanig aangezochte afgevaardigde heeft namens het NERG de VEV gelukgewenst met haar jubileum.

Er werd volop genetwerkt: een goed benutte gelegenheid om zaken te doen, maar ook voor de ontmoeting van oude bekenden en het ophalen van oude herinneringen.

Kortom: een zeer geslaagd congres, in al zijn aspecten.

### Resumé van de inleiding

De VEV-voorzitter ir. P. Carrière memoreerde dat VEV is opgericht in 1906 om te voorzien in de vraag naar vakkundig geschoold personeel en dat sindsdien die behoefte steeds is blijven bestaan. VEV is daarbij aanvankelijk aangestuurd door een aantal bedrijven in de energiesector, maar ook door de PTT en de vakbonden. Later is die taak toebedeeld aan de sociale partners: de werkgevers- en werknemersorganisaties in pariteit.

VEV heeft zich ontwikkeld tot de huidige echte onderneming met ruim 200 medewerkers, met in het jaar 2001 als doelstelling: 'het bevorderen en verbreiden van kennis en vaardigheden in de elektrotechniek en informatie- en communicatietechnologie en verwante gebieden, alsmede in de beroepsuitoefening op al deze gebieden, zonder daarbij het maken van winst te beogen.' VEV heeft zich in de afgelopen jaren ontwikkeld tot een kenniscentrum voor beroepsonderwijs en bedrijfsleven, niet alleen nationaal maar ook internationaal zoals te zien is op [www.vev.nl](http://www.vev.nl).

Door de jongste technologische ontwikkelingen is de samenleving ingrijpend veranderd. We zien de

grenzen tussen branches vervagen, omdat enerzijds branchespecifieke technologieën geïntegreerd worden en anderzijds brancheoverschrijdende kennis en competentie verlangd wordt van werknemers. VEV moet antwoord geven op tal van nieuwe vragen.

Haalt VEV de honderd jaar? Er is recent een haalbaarheidstudie afgerond over een mogelijke fusie tussen de drie collegiale organisaties Intechnum, SOM en VEV. Als de laatste plooitjes worden gladgestreken, kan die fusie er in 2002 komen. Dat betekent dat VEV dan niet langer zelfstandig zal doorgaan, maar zal opgaan in een nieuwe grotere organisatie die - daarbij aangestuurd door de sociale partners - kwalitatief beter aan de behoefte aan vakkundig en competent geschoolden voor onze kennisintensieve samenleving kan voldoen.

## Resumé van de voordrachten

### Kennismanagement vanuit de koepels

Drs. A. Kraaijeveld begon met de stelling dat het in de kenniseconomie niet gaat om kennis alleen, maar om kennis en vaardigheid en het vermogen om talent aan te boren. Hij prefereert daarom de term 'talenteconomie' en wijst daarbij op de mijlpalen in de ontwikkelingsgeschiedenis van techniek en wetenschap, afkomstig van grote talenten. Spreker somde enkele maatschappelijke trends op: kennisintensievere economie, toenemende behoefte aan gekwalificeerd personeel, en meer van ambachtelijk naar procesmatig werken. Dit houdt in dat de competentie van medewerkers verschuift van 'specialist' naar 'breed inzetbaar en/of specialist' in steeds veranderende functies met grotere samenwerkingsbereidheid.

Het grote economisch belang van de bedrijfstak 'Metaal en Elektro' blijkt uit de totale jaarlijkse omzet van € 55 miljard en de omvangcijfers van de vereniging FME-CWM: 3.000 lidbedrijven (80% met minder dan 100 medewerkers), 275.000 vaste medewerkers en 60.000 flexwerkers, omzet van leden € 50 miljard (waarvan 60% export).

Het grote maatschappelijke belang van een goed kennismanagement vanuit de koepels van werkgevers- en werknemersorganisaties volgt uit de ruwe cijfers van de personele samenstelling van de bedrijfstak 'Metalektro': een arbeidsmarkt van laaggeschoolden 20%, technici (vaklieden) 50%, middelbaar en hoger geschoolden 30%, waarbij de procentuele behoefte aan technici en hoger geschoolden toeneemt.

Kenmerken van succesvolle ondernemingen zijn: een organisatie met zowel kwalitatieve als kwantitatieve flexibiliteit, bemand door breed inzetbare medewerkers met adaptief vermogen en bereidheid tot een leven lang leren. Kwalitatieve flexibiliteit hangt af van medewerkers die kunnen meegroeien met de onderneming, hetgeen van hen een combinatie eist van inzetbaarheid, veranderingszin en ontwikkelingszin.

In de Miljardennota 2002 wordt gewezen op demografische veranderingen: minder nieuwe kennis via instroom in ondernemingen en afnemende inzetbaarheid van oudere werknemers. Dat heeft tot gevolg dat bedrijven steeds meer verantwoordelijk worden voor de scholing van medewerkers en dat men zich overal moet inspannen ter vermindering van het enorm grote aantal vroegtijdige schoolverlaters (40 à 50 %) die een kansarme toekomst krijgen.

Voor het beleid in het beroepsonderwijs volgen daaruit de prioriteiten: verbetering van het onderwijsaanbod, vermindering van de uitval van leerlingen, betere stroomlijning van de weg VMBO → MBO → HBO, meer aansluiting van het onderwijs op de arbeidsmarkt en bevordering van centra voor een leven lang leren bij de beroepsonderwijsinstellingen.

Dit beleid steunt in de scholen op middelen zoals: werkplekkenstructuur (VMBO), probleemgestuurd onderwijs (MBO) en 'integrated product & process development'-onderwijs (HBO).

Dit beleid wordt in de bedrijven ondersteund met middelen zoals: het proces van werken en leren (dual onderwijs), stages waarin een reëel beeld wordt gegeven van de beroepsdynamiek, en het bieden van arbeidservaringen en begeleiding.

VEV speelt daarbij ook in de toekomst een belangrijke rol mits als elastische organisatie met een Janusgezicht: open voor vernieuwing en lettend op de regelgeving van de overheid.

Tenslotte de opmerking: "Wie op een koepel zit heeft uitzicht en wie daaronder zit, ziet niets".

### Kennismanagement in het bedrijfsleven

Dhr. H. Kleiwegt gaf als zijn visie dat de bekwaamheid en deskundigheid van een bedrijf om 'organisatorische kennis' te creëren, de sleutelfactor zal zijn in de concurrentiestrijd van de 21-ste eeuw. Onder het creëren van organisatorische kennis verstaat hij het vermogen van een bedrijf als geheel om kennis te creëren, deze kennis overal in de organi-

satie te laten doordringen en tot uitdrukking te laten komen in producten, diensten en systemen. Uit een onderzoek (oktober 1999) van Cap Gemini over de trends in kennismanagement bij 50 ondernemingen uit de Nederlandse top 500 blijkt dat 84% kennismanagement van cruciaal belang vindt, 36% zegt met kennismanagement de klant sneller te willen bedienen, 44% is van mening dat specifieke kennis niet alleen beschikbaar voor één individu moet zijn doch voor de gehele organisatie, 40% wil daarmee de wensen van de klant beter leren kennen.

Onder 'Business Intelligence' wordt verstaan: de competentie om gegevens uit de omgeving (markt, klant, klantbehoefte, concurrentie, leveranciers, partners) om te zetten tot waardevolle informatie en kennis. Daarvoor zijn volgens de spreker vier soorten kennis nodig: vakkennis, organisatiekennis, ondersteunende kennis en omgevingskennis.

Onder 'vakkennis' (know-how) wordt begrepen: technologie, productkennis, productietechnieken, risicokennis.

Onder 'organisatiekennis' (know-what) vallen zaken als: organisatiestructuur, regels, richtlijnen, procedures, waarden, normen, cultuur, missie, doel, strategie.

Onder 'ondersteunende kennis' (know-who) wordt gerangschikt: communicatie, human relations management, competentieprofielen.

Onder 'omgevingskennis' (know-why) vallen: klanten, ontwikkelingen, concurrentie.

Bij het invoeren van kennismanagement moeten een aantal natuurlijke remmingen worden overwonnen. Medewerkers zijn namelijk terughoudend bij het beschikbaar stellen van hun kennis aan collega's. Bovendien zijn ze onvoldoende gemotiveerd hun eigen kennis prijs te geven. Voornaamste reden is onduidelijkheid over wat het hun oplevert. Bij 50% van de Nederlandse ondernemingen blijkt dit een groot struikelblok te zijn. Voor effectief kennismanagement is vereist dat de bereidheid aanwezig is voor het onderhouden van kennisstromen. Een kennisstroomvriendelijke organisatie rust op vijf te stimuleren activiteiten: delen van, investeren in, verbeteren van, samenwerken met en gebruiken van kennis.

De vraag is: welk klimaat in de organisatie biedt de beste basis voor medewerkers om actief te kunnen en willen deelnemen aan de processen in de kennisstroom? Daarbij spelen factoren: als missie/strategie, structuur, cultuur en systemen.

Als voorbeeld de missie van Croon Elektrotechniek: Croon wenst zich te onderscheiden op basis van *duurzaamheid* (in relatie met klanten, medewerkers, partners, omgeving), *technologie & innovatie* (toepassing van duurzame technieken en hoogwaardige technologie, innovatieve oplossingen, vermogen om kennis binnen organisatie om te zetten in innovatie van producten en diensten, business intelligence is essentieel) en *dienstverlening* (diensten gericht op total life cycle, in samenwerking met en gebaseerd op kennis van de processen van de klant).

In de structuur van het kennismanagement binnen Croon worden vijf ambitieniveaus onderscheiden:

1. het veiligstellen van belangrijke kennis,
2. de best aanwezige kennis toepassen,
3. nieuwe kennis opbouwen met oriëntatie op taken,
4. kennis opbouwen over processen en werkomgeving met verbetering van systemen,
5. kennis opbouwen over klanten, concurrenten, markten, technologie, nieuwe producten en diensten.

In de cultuur van Croon zijn nieuwe normen nodig die een medewerker motiveren om deel te nemen aan de vier fasen (absorptie, generatie, diffusie en exploitatie) van de kennisstroom, als de hoekstenen van de cultuur.

Het kennismanagement systeem van Croon bevat subsystemen en aspectsystemen zoals: data warehousing, data mining, EDM, workflow management, groupware, knowledge retrieval en expert databases. De informatie- en communicatietechniek speelt een steeds belangrijkere ondersteunende rol in kennismanagement.

Voor het innovatieproces voor het kennismanagement binnen Croon wordt het 'Model i2i' gebruikt. Er zijn daarbij speciale groepen gevormd, gericht op business development en business intelligence, die op projectbasis kennis uitwisselen. Er is een innovatiebudget beschikbaar voor de ontwikkeling van nieuwe producten en diensten.

Het i2i model is een op toenemende betrokkenheid gericht cyclisch proces met drie fasen:

1. de idee fase (creativiteit, stimulatie, korte doorlooptijd),
2. de innovatie fase (structurering, businessplan, prototyping) en
3. de implementatie fase (launching customers, projectteams, targets/follow up). De inputs komen van afdelingen, klanten, leveranciers en overheden.

## De link tussen bedrijven, koepels en VEV

Prof. dr. G.L. Lucardie ving zijn betoog aan met een blik op de historische ontwikkelingen in de economie: van landbouw (land + arbeid) naar industrie (kapitaal + arbeid) en vervolgens naar diensten (kapitaal + kennis): de 'nieuwe kenniseconomie'.

De opkomst van de kennisintensieve weborganisatie is het gevolg van het ontstaan van toegenomen afhankelijkheid van kennis en het internet naar optimale benutting van kennis en internet voor strategische doelstellingen en prestatievermogen. Deze organisaties ontwikkelen zich stapsgewijs van informatiegebaseerd naar kennisgebaseerd, oftewel van 'kennisintensief doch informatiegebaseerd' naar 'kennisintensief én kennisgebaseerd'.

De invloedfactoren van kennismanagement zijn: strategie, technologie, processen, human resources management & cultuur.

Aan de hand van een rekenspel legt de spreker het verschil tussen informatiegebaseerde en kennisgebaseerde presentatie uit. Onder 'kennis' verstaat hij de relevante (op een doel gerichte) overeenkomst (match) van een zeker object en het objecttype. Dit wordt gedemonstreerd met een raadsel.

Een schets wordt gegeven van VEV en haar relaties in de kennisinfrastructuur. De omgeving van VEV (de Stichting LOB-E/ICT inbegrepen) is de elektrotechnische bedrijfstak, bestaande uit werknemersorganisaties (FNV, CNV) en werkgeversorganisaties (EnergieNed, FME/CWM, Uneto, Vereniging Nederland ICT).

Het kennismanagement van VEV c.s. is gericht op innovatie. Uit de omgeving stroomt kennis binnen die door VEV c.s. moet worden vertaald naar een kwalificatiestructuur, daarbij nieuwe ontwikkelingen gebruikend als X-Internet en E-Learning.

E-learning biedt educatieve gereedschappen online, te weten *leermanagementsystemen* (administratieve gereedschappen voor het registreren en monitoren van studenten), *leverantie van leermateriaal* (huur of verkoop van webgebaseerd leermateriaal), *presentatiemiddelen* (virtuele ontmoetingsplaatsen zoals chat, online whiteboards en presentatiesoftware) en *webconferentie* (real-time video en audio op desktops).

De voordelen van E-learning volgens het Forrester-rapport '*Online Training Needs a New Course*' (augustus 2000) zijn: kostenbesparing 67%, beschikbaarheid (altijd, overal) 36%, aanbieder 'just-in-time-learning' 28%, verbetering beschikbaarheid leraar 21%, gebruikersgemak 18%, snelle verspreiding 13%, mogelijkheid voor eigen studietempo 13%, gemakkelijke inhoudverandering 10%.

De conclusies van dit opinieonderzoek zijn dat het enthousiasme voor E-learning hoog is, maar dat de resultaten onduidelijk blijven en dat organisaties worstelen met statische inhoud en culturele barrières.



# Elektrotechnische historische verzamelingen

ir. W.W. Schongs Pr. Eng.

ITS, Subfaculteit Elektrotechniek TUD

De belangrijkste reden om aan een ingenieursstudie te beginnen is, dat men zich aangetrokken voelt door de moderne techniek en niet zozeer door de historie. Bovendien wordt opgedane ervaring meteen al in nieuwe producten verwerkt, zodat techniekgeschiedenis wellicht meer als een cultuurwetenschap moet worden gezien. Maar bestudering van de geschiedenis van de techniek draagt niet alleen bij tot de algemene ontwikkeling, het kan ingenieurs de socio-technische achtergrondkennis verschaffen, die hen helpt bij het maken van afwegingen en het nemen van praktische besluiten. Dan blijkt tevens, dat door de jaren heen de ingenieurs tot taak hadden het oplossen van uit de samenleving voortkomende problemen. Hun beroepsgilde was en is dus sterk maatschappelijk geëngageerd en draagt veel verantwoordelijkheid, daarbij bestaat het werk in essentie nog steeds uit *scheppend denken en schouwend doen*, ofwel analyseren en synthetiseren. Ingenieurs en technici worden dikwijls geïdentificeerd met hun beroep. Als zódanig zijn ze kwetsbaar en moeten zij zichzelf bevestigen. Hun beroepsprestige is er zeker bij gebaat, als ze beter bekend zijn met de historie van hun vak. De daartoe benodigde kennisbronnen bevinden zich in de bibliotheken, terwijl technische artefacten in musea en collecties tastbare steun- en oriëntatiepunten vormen. Wat dit laatste betreft, tonen objecten op voetstukken of in vitrines meestal weinig concreet verband. Complete, tot museum verheven fabrieken daarentegen, zullen wel heel goede, doch in de regel veel te dure projecten zijn. Trouwens, mensen uit het vak hebben veel minder behoefte aan *exhibition art*, zij kennen reeds de samenhangen en voor meer detail kijken ze de boeken na. Voor hen lijkt een chronologische ordening voldoende en een summier uitleg zelfs verkieslijk, want opsmuk en verheerlijkende clichés worden door deze groep als storend ervaren. Het grote publiek vraagt echter geen objectiviteit, het wil vooral sfeer en beleving. Als

men om bezoekers te trekken hieraan te veel zou toegeven, bestaat het gevaar van een vertekend beeld. Maar de *low-budget* bedrijfs- en privé-verzamelingen hebben daar niet eens de middelen toe en tonen daarom vooral de feiten. Zo is technische perfectie altijd een resultaat van *trial & error*. Wil men het objectieve beeld weergeven, dan moet men ook minder geslaagde of zelfs mislukte ontwerpen laten zien, iets wat bij deze kleinere collecties dus niet uit de weg wordt gegaan. Maar helaas is het voortbestaan van veel van deze, en toch vooral voor insiders bedoelde verzamelingen, niet

Affiche 100 jaar elektriciteit in huis in het Teylers Museum te Haarlem.



TEYLERS MUSEUM *toont*  
**het technisch  
paradijs** 100 JAAR  
ELEKTRICITEIT  
IN HUIS

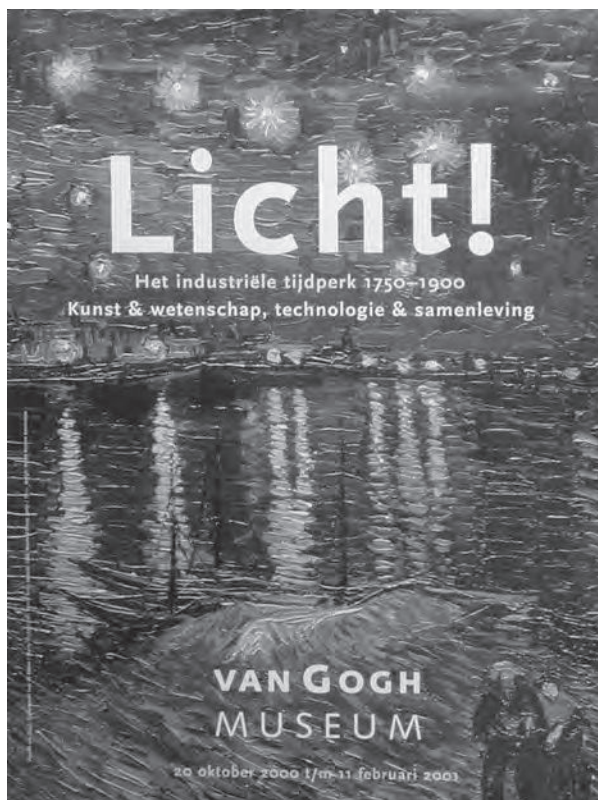
HAARLEM Holland 8 JULI - 17 SEPTEMBER 2000  
Spaanse 16 - Haarlem - Telefoon 0211 531 90 10 - Openingstijden: dinsdag 10.00 - zaterdag 10.00 - 17.00 uur; don- en feestdagen 11.00 - 17.00 uur

NWO

altijd voldoende gewaarborgd. Als in het meest ernstige geval sluiting dreigt, zal voor de waardevolle stukken een zorgzame omgeving elders moeten worden gezocht. Als echter een inventaris te éénzijdig wordt of te groot, kan men voorwerpen ruilen of ze permanent in bruikleen geven. Een veel verdergaande onderlinge samenwerking lijkt evenwel niet eens zo wenselijk. Behalve angst voor verlies van zelfstandigheid bestaat er gerede twijfel aan het nuttig effect van zo'n samengaan. Zo kent ruiling ethische bezwaren, indien de betreffende goederen door legatering of schenking zijn verkregen. Bovendien zal een nauwere samenwerking wellicht tot een wat strakkere interne structurering dwingen, wat gevolgen kan hebben voor het draagvlak van de vele onbezoldigde deskundigen, die graag volle vrijheid behouden voor hun persoonlijke specialisme. Gelukkig neemt één en ander niet weg, dat momenteel nog steeds op veel plaatsen in Nederland aan het verre of recente verleden van de elektrotechniek wordt gewerkt.

De rijksuniversiteiten van Groningen en Utrecht, de musea Boerhaave en Teylers, het Museum voor Communicatie, het Techniek Museum en het Omroep Museum, alle conserveren en tonen ze natuurwetenschappelijke en elektrotechnische artefacten en behandelen soms speciale onder-

*Affiche thema-tentoonstelling LICHT in het Van Gogh Museum te Amsterdam.*



werpen. Met zo'n thema-tentoonstelling wist het Amsterdamse Van Gogh Museum onlangs succesvol in te spelen op de relatie tussen kunst en techniek.

De elektrotechnische verzamelingen van de TU Delft en van de Universiteit Twente daarentegen, zijn in de eerste plaats bedoeld als hulp bij de vakstudie, hoewel andere belangstellenden eveneens welkom zullen zijn.

Vervolgens zijn er een aantal bedrijfsmusea, zoals TNO-museum Waalsdorp bij Den Haag, waar experimentele radars voor 's lands defensie staan opgesteld en het Hengelose Signaalmuseum, dat vuurleidingsystemen herbergt. Het Museum Verbindingsdienst te Ede stelt historische militaire apparatuur ten toon en de Stichting Luchtvaartcollectie te Rhenen beheert verbindings- en navigatie-apparatuur, die van 1940 tot heden bij de Koninklijke Luchtmacht in gebruik was. In Scheveningen is de signaalkamer van mijnenveger H.M.S. Mercur voor bezoekers opengesteld en zijn er de antennes van Scheveningen Radio te zien. Radio Holland Maritiem te Rotterdam, dat zelf geen collectie beheert, biedt wel de faciliteiten voor het restaureren van historische scheepsradio's.

Ook kent Nederland kleine musea waar vooral techniek en nostalgie de sfeer bepalen. Dat zijn de particuliere collecties van WO2-apparatuur en van radio/tv-toestellen en waarvan er enkele tot belangrijke historische bakens zijn uitgegroeid. Teneinde de inventaris ook in de toekomst beter te kunnen beschermen, heeft men veelal voor de stichtingsvorm gekozen. De Stichting Signals Collection '40-'45 te Deventer en Fort Veldhuis te Heemskerk richten zich beide op geallieerde WO2-elektronica, terwijl de Stichting Centrum voor Duitse Verbindings- en aanverwante Technologieën in Diemen het publiceren en demonstreren tot haar taken rekent. Zendmuseum Jan Corver in Budel toont kortegolf-sets gebouwd met onderdelen uit de geallieerde dump. De Stichting Radio Amateur Museum in Reusel is gespecialiseerd in radio's, die in de periode 1920-1930 door allerlei hier bestaande éénmans-fabriekjes werden geproduceerd. De Nederlandse Vereniging voor de Historie van de Radio verzorgt een tijdschrift met artikelen over rechtuit-ontvangers en buizensupers.

In het algemeen bestaat er voor radio/tv en militaire sets meer belangstelling dan voor sterk-



*Een verdwenen technisch historisch monument: het zendstation bij Malabar waarmee de eerste draadloze verbinding Java-Holland tot stand kwam. Naar een onbekende aquarel.*

stroom-objecten. Wat wel altijd goed in de smaak valt bij de bezoekers zijn de vele toestellen, apparaten en machines van het Amsterdamse Energetica. Ook de vaste tentoonstelling bij het NUON over de productie en distributie van gas en elektriciteit weet steeds veel mensen te boeien, terwijl NEMO, eveneens te Amsterdam, aan jong en oud de mogelijkheid biedt om zelf met de (elektro-)techniek te experimenteren.

Een populaire toepassing van krachtstroom is de stadstram. In Amsterdam onderhoudt men de Electriche Tram-museumlijn en in Rotterdam heeft de Rotterdamse Elektrische Tram met haar Tram-museum eveneens een historisch monument.

Een lijst van Nederlandse musea en collecties op het gebied van de elektrotechniek en aanverwante sectoren is te vinden op <http://historia.et.delft.nl>

## Musea en collecties op het gebied van de elektrotechniek, etc.

### Amsterdam

- Energetica: uitgebreide elektrotechnische collectie. 020-4221227.
- Electriche Tram-museumlijn: rijdend materieel. 020-6737538.
- NEMO: bezoekers doen natuurkundige en technische proeven. 020-5313233.
- NUON: productie en distributie van gas en elektriciteit. 020-5973107.

### Arnhem

- Nederlandse Vereniging Historie van de Radio: tijdschrift. 026-4458351.

### Borculo

- Lampen-Radio Museum: radio en tv. Hr. Oudenampsen. 0545-274194.

### Budel

- Zendamateur Museum Jan Corver: eigenbouw. Hr. Moerman. 0495-430342.

### Delft

- Techniek Museum: toegepaste natuurkunde. Dr. Heymans. 015-2138311.
- TU: Elektrotechnische Studieverzameling. Dr. Heymans. 015-2781161.
- TU: Afdeling Geschiedenis van de Techniek. Prof. Lintsen. 015-2783567.
- WO2-gyroscopische navigatie-instrumenten. Hr. De Wilde. 010-4707786.

### Den Haag

- TNO Museum Waalsdorp: experimentele radars voor defensie. 070-3740427.
- Museum voor Communicatie, (het vroegere PTT-Postmuseum). 070-3307500.
- Koninklijke Marine: signaalkamer van H.M.S. Mercur. 070-3540315.

### Deventer

- Signals Collection 40/45: WO2-elektronica. Hr. Bodifee & Zn. 05706-14875.

### Diemen

- Stichting CDV&T 20/45: Duitse technologie. Hr. Bauer. 020-6996262.

### Ede

- Koninklijke Landmacht: Museum Verbindingsdienst. Do:0318-681306.

### Eindhoven

- N.V. Philips, De Salon: radio, TV en meetinstrumenten. 040-2723308.
- N.V. Philips, Gloeilampenfabriekje. 040-2979100.
- N.V. Philips, afdeling bedrijfshistorie. Hr. Blanken. 040-2757486.

- Stichting Historie van de Techniek.  
Hr. Korsten. 040-2475863.
- TU: Sectie Geschiedenis van de Techniek.  
Prof. Lint sen. 040-2472043.

#### Enschede

- TU-Twente: studieverzameling  
elektrotechniek. Hr. Weenink. 06-26566050.

#### Groningen

- Universiteitsmuseum: natuurwetenschap-  
pelijke instrumenten. 050-3635083.

#### Haarlem

- Teylers Museum: natuurwetenschappelijke  
instrumenten. 023-5319010.

#### Heemskerk

- Fort Veldhuis: WO2-militaire elektronica.  
075-6874678.

#### Hengelo

- Stichting Signaal Museum: defensieve  
vuurleidingsystemen. 074-2483500.
- Radio & Nostalgie Museum. Hr.v.d.Zanden.  
074-2919632.

#### Hilversum

- Nederlands Audiovisueel Archief (N.A.A.),  
Omroepmuseum. 035-6885888.

#### Hoenderlo

- Nationaal Elektriciteitsmuseum. Hr.Ritmeester.  
055-3782128.

#### Leiden

- Museum Boerhaave: natuurwetenschappelijke  
instrumenten. 071-5214224.

#### Maasbree

- Stichting De Brede: huishoudelijke apparaten.  
Hr. Henkes. 077-4651705.

#### Nederhorst den Berg

- Studieverzameling Divisie Telecom, Inspectie  
Verkeer en Waterstaat. Hr Wilshaus.  
0294-299701

#### Reusel

- Stichting Het Radio Amateur Museum.  
Hr. Driesens. 0497-644280.

#### Rhenen

- Koninklijke Luchtmacht, Stichting  
Luchtvaartcollectie. 0318-473406.

#### Rotterdam

- Radio Museum: radio- en televisietoestellen.  
010-4618660.
- Museum van de Rotterdamse Electriche Tram  
(RET): trams. 010-4765149.
- N.V. Radio Holland Maritiem: historische  
restauraties. 010-4283344.

#### Utrecht

- Universiteitsmuseum:  
natuurwetenschappelijke instrumenten.  
030-2538008.

#### Veldhoven

- WO2-militaire elektronica. Ing. Caspers.  
040-2533104.

#### Warffum

- Stichting Telefoon Museum: telefonie  
1878-1960. Hr. Knol. 0599-564201.





# Halogeenlampen, Funnyphones, Kacheltjes en Harries

Huib Visser  
Hoofdredacteur  
visser@ieee.org

Een opmerkelijke – niet publiekelijk toegankelijke – technische verzameling bevindt zich in Nederhorst den Berg, binnen de muren van het Districtskantoor Hoofdafdeling Handhaving van de Divisie Telecom van de Inspectie Verkeer en Waterstaat, voorheen de Rijksdienst voor Radiocommunicatie.

De Hoofdafdeling Handhaving is verdeeld over vier districten, waarvan – zoals reeds genoemd – één districtskantoor gevestigd is in Nederhorst den Berg. Op deze locatie treft men ook het Monitoringstation van de afdeling Toegepast Spectrumonderzoek.

## Inleiding

De (studie)verzameling komt voort uit de voormalige groep OCZ (Opsporing Clandestiene Zenders) van de PTT RCD (Radio Controle Dienst) en bestaat uit in beslag genomen highlights en rariteiten, ter beschikking gesteld door het Ministerie van Justitie, later uitgebreid met voorbeelden uit

handel en inspecties. Conservator van de verzameling is Jan Wilshaus, voorheen achttien jaar werkzaam als opsporingsambtenaar en tegenwoordig operationeel manager van het districtskantoor. Veel van de tentoongestelde clandestiene zenders zijn (mede) door zijn toedoen in beslag genomen en hij kan dan ook met verve en enthousiasme vertellen over zowel de technische details als de inbeslagname.

## Geschiedenis van NERA

De geschiedenis van NERA (*NE*derhorst den Berg *RA*dio) gaat terug tot 1919, met de opening van het eerste ontvangstation (Sambek) voor morseberichten uit Oost-Indië. Tweeweg-radiotelegrafie wordt officieel in 1924. In Nederland wordt telegrafie bedreven met zendstation Kootwijk en ontvangstation Sambek, In Nederlands Oost-Indië worden zendstation Malabar en ontvangstation Tjankring gebruikt. In datzelfde jaar wordt het ontvangstation Sambek vervangen door een nieuw

ontvangstation te Meyendel (bij Wassenaar) dat in 1928 verplaatst wordt naar Noordwijk. Na de tweede wereldoorlog gaat de radioverkeersdienst van de PTT op zoek naar een nieuwe locatie. NORA (*NO*ordwijk *RA*dio) kan namelijk niet worden gehandhaafd, vanwege de ingebruikstelling van ruitantennes welke optimaal werken op een sterk waterhoudende bodem hetgeen door de locatie van NORA niet wordt geboden. Een geschikte locatie wordt gevonden in Nederhorst den Berg en in 1948 wordt een aanvang gemaakt met de bouw van NERA. In 1950 wordt NERA, dan het modernste radiostation van Europa, officieel geo-

Jan Wilshaus bij één van de vele vitrines met in beslag genomen zendapparatuur



pend. In 1951 installeert NERA een station voor Ionosfeeronderzoek en Radio Astronomie (IRA) en in 1953 installeert de PTT een Monitoringstation op NERA ten behoeve van de Radio Controle Dienst. In 1954 verhuist de monitoringafdeling van de RCD van Den Haag naar NERA.

Aan het begin van de jaren zestig, na de ingebruikname van transatlantische telefoonkabels en de lancering van de eerste experimentele communicatiesatelliet, wordt duidelijk dat het kortegolf-radioverkeer aan intensiteit inboet. Als gevolg van het snel terugvallende radioverkeer bij NERA worden dan ook in 1972 de voorspellende activiteiten van het IRA station gestaakt. In datzelfde jaar wordt echter door het Dr. Neher Laboratorium (Leidschendam) op NERA een experimenteel grondstation voor satellietcommunicatie in gebruik genomen. In 1974 – het jaar waarin de laatste radio-telegrafie en –telefonieverbinding (met Pari-maribo) plaatsvindt – worden de afdelingen OCZ, Storingen, Peilgroepen, Controle en KBR van de Radio Controle Dienst verhuisd van Den Haag naar NERA. In 1979 krijgt de RCD het beheer over NERA.

In 1989 besluit de beheerder van het grondstation, het PTT Dr. Neher Laboratorium, na een mislukte schilderbeurt, het station te ontmantelen. Met de ingebruikname van het Burumse grondstation voor operationeel satellietverkeer in 1973, was al duidelijk geworden dat er voor NERA als ontvangstation geen toekomst meer was. In datzelfde jaar (1989) privatiseert de PTT en komen de RCD-taken voortaan voor rekening van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat. Eén van de activiteiten van NERA in de nieuwe organisatie is de ontwikkeling van een landelijk vast meetnet', waarvan de realisatie in de jaren (negen)negentig een aanvang neemt. In 2000 viert NERA haar vijftig-jarig bestaan.

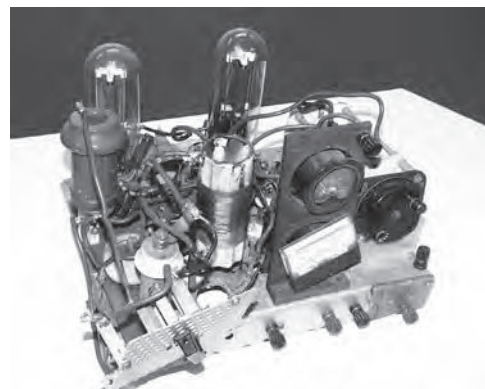
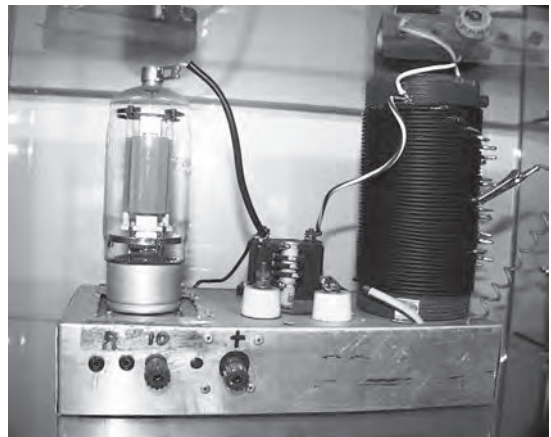
### Illegale radio-omroepzenders

Al in de jaren twintig en dertig van de vorige eeuw, begon – met het populairder worden van de radio – de clandestiene uitzending door particulieren. Wat veel mensen niet weten is dat het in Nederland de Radiocontroledienst van de PTT is geweest die, aan het einde van de jaren dertig, de aanzet heeft gegeven tot de ontwikkeling van de mobiele telefonie. Om een efficiënte communicatie tussen de peil-auto's te bewerkstelligen werd de opdracht tot de ontwikkeling van een draagbare zend-ontvanger (mobilofoon) uitgezet. Tot die tijd vond de communicatie tussen de peil-auto's plaats via tele-

fonisch contact op vooraf afgesproken tijden, waarbij menigmaal een beroep werd gedaan op particulieren.

De reden toen en nu om de clandestiene zenders op te sporen en in beslag te nemen is, afgezien van het illegale karakter, dat zij dikwijls niet storingvrij zijn en dientengevolge het legale radioverkeer hinderen.

In de periode van economische groei na de tweede wereldoorlog, neemt het aantal clandestiene zenders toe. Sommige van de in beslag genomen apparaten zijn met kennis, kunde en vaardigheid gemaakt, velen ook niet, zoals uit de foto's moge blijken.



*In beslag genomen zendinstallaties. De vaardigheid en nauwgezetheid van de makers verschilt aanzienlijk.*

Ook wordt veel gebruik gemaakt van apparatuur uit de dump.

De opsporing van illegale zenders vindt aanvankelijk plaats met door medewerkers van de RCD zelf vervaardigde (draagbare) apparatuur. Pas later komt er commercieel apparatuur beschikbaar welke geschikt is of geschikt gemaakt kan worden voor de opsporingsactiviteiten van de RCD.

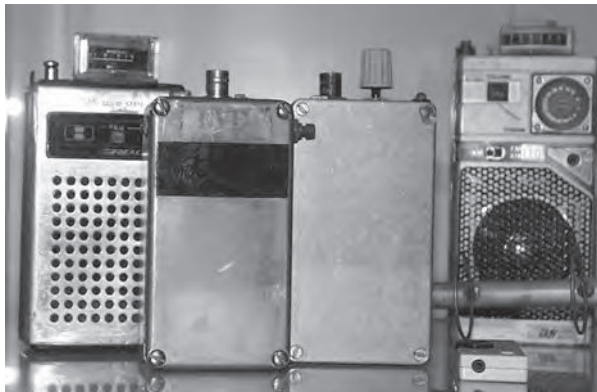


Amerikaanse zend-ontvangers uit Franse dump.



Op 19 augustus 1989 werd het schip *Ross Revenge*, dat de zender *Radio Caroline* huisvestte, in een gezamenlijke actie van de Engelse en Nederlandse opsporingsautoriteiten geënterd en werden de zendactiviteiten gestaakt alsmede de zendapparatuur in beslag genomen. Voorkomen werd dat de kristaloscillator in zee verdween. Het internet ([www.mediapages.nl/caroline](http://www.mediapages.nl/caroline)) weet te vermelden dat in oktober van dat jaar de zender, op zeer laag vermogen, weer terug was in de lucht. In 1990

werden de uitzendingen gestaakt en in 1991 sloeg de *Ross Revenge* van zijn ankers en strandde op een zandbank.

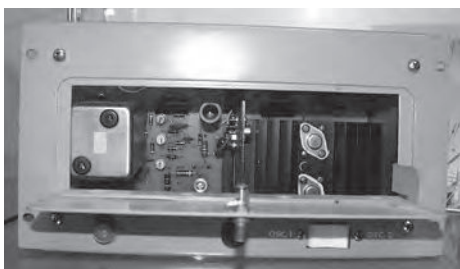


Enkele van de door de RCD in de jaren tachtig vervaardigde en gebruikte frequentietellers.

Het is van belang dat de opsporingsapparatuur niet opvallend is, want de Nederlandse wet schrijft voor dat een illegale zender slechts in beslag genomen mag worden als hij operationeel is en intact! Naast het heimelijk benaderen van een illegale zenderlocatie betekent dit voor de opsporingsambtenaren dat zij er tevens voor moeten waken dat bij een inval geen onderdelen van de zender verdwijnen.

In dit opzicht vormt een pronkstuk van de collectie de kristaloscillator van de voormalige zeezender *Radio Caroline*.

Kristaloscillator van de in 1989 uit de lucht genomen zeezender *Radio Caroline*.



Voordat de commercie (reclame) op grote schaal zijn intrede deed in het illegale omroepcircuit, werden de zenders veelal vanuit huis bediend. De vormgeving van deze zenders, met het doel ze aan het oog van opsporingsambtenaren te onttrekken, was dan ook vaak opmerkelijk zoals blijkt uit de getoonde voorbeelden.



Vermomde zenders. Linksboven: zender in stofzuiger. Rechtsboven: zender in snoepblik. Onder: zenderbehuizing door moeder des huizes beschilderd in Hindelopens motief.

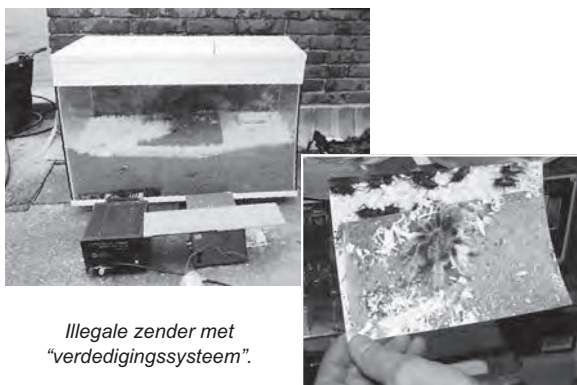
Het is niet ongebruikelijk dat illegale zenders meerdere malen uit de lucht gehaald worden. Vele van de huidige commerciële omroepbedrijven zijn ooit als illegale omroep begonnen. Hun histories verhalen niet zelden over meer dan 75 maal te zijn opgespoord en opgepakt! (bijvoorbeeld *Radio*

Freewave, zie [www.hollandcentraal.nl/radio/algemeen](http://www.hollandcentraal.nl/radio/algemeen)). Het werd dan ook een veelvoorkomende praktijk om onbemande zenders en opgenomen programma's te gebruiken. Van enige sportiviteit was echter wel sprake, getuige de flessen wijn en felicitaties welke bij vijftiengste invallen naast de onbemande zender werden aangetroffen.



*Felicitaties en geschenken aangetroffen bij "jubileuminvallen".*

Minder sportief en sympathiek zijn de methoden welke door sommigen werden toegepast om de onbemande zender te bewaken en te voorkomen dat deze door opsporingsambtenaren van de RCD in beslag werd genomen. Jan Wilshaus heeft ooit een zender aangetroffen op het dak van een gebouw in Amsterdam, geplaatst in een terrarium, bewaakt door een Tarantula! Deze bewakingsmethode heeft hem er overigens niet van weerhouden deze zender in beslag te nemen. Ook is het voorgekomen dat een zelfde bewakingstactiek werd toegepast met een slang waarvan aanvankelijk werd aangenomen dat een Zwarte Mamba betrof (later bleek het gelukkig om een onschuldiger soort te gaan).



Met de introductie van de onbemande zender ontstond tegelijkertijd het probleem van het verwisselen van tapes. Uit de in beslag genomen apparatuur kan opgemaakt worden hoe men het

probleem van zolang mogelijk in de lucht blijven zonder menselijke interactie heeft aangepakt. Eén methode was om een bandrecorder te gebruiken met cassettape (dat dunner is dan bandrecorder-tape). Dit vereist wel enige aanpassing van de koppen en het loopwerk. In onderstaande foto is een bijzondere oplossing gevonden, waarbij met name het gebruik van kristallen als afstandsbusen opvalt en het niet aan duidelijkheid te wensen overlaat welke bedieningsorganen van de bandrecorder niet meer gebruikt mogen worden.

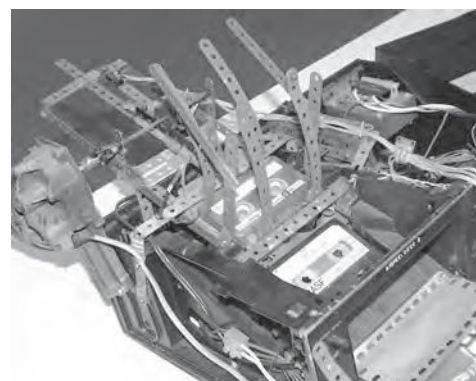


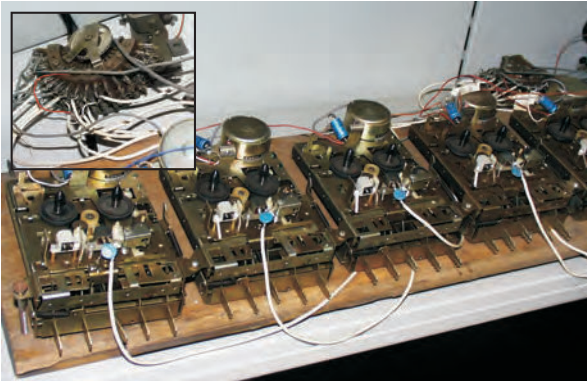
*Gemodificeerde bandrecorder voor langdurige uitzending.*

Een mechanisch bijzonder fraaie oplossing is de cassetwisselaar vervaardigd met ruitenswissermotoren en Mecano-onderdelen. Minder fraai, maar wel doeltreffend is de zogenaamde "cassette-estafette", bestaande uit 11 cassettespelers, geschakeld met een kamrelais.

Door toenemende commercialisering werd het mogelijk voor de illegale omroepen om zenders in serie te laten vervaardigen, waardoor – ondanks herhaaldelijke opsporing en inbeslagname – de continuïteit van de uitzendingen gewaarborgd

*Mecano-cassettewisselaar*





Cassette-estafette (inzet: kamrelais)

bleef. Berucht bij de RCD waren in Den Haag de zogenaamde "Harries". De Harry was van oorsprong een door Rode & Schwarz gefabriceerd luchtvaartbaken dat in Duitsland werd toegepast. Omdat met deze bakens ook de FM omroepband afgedekt werd, werden deze tweedehandsbakens erg populair bij commerciële etherpiraten. Er schijnen drie typen van dit baken in omloop geweest te zijn: Een hoog model, welke bekend stond als *Harry*, een ander hoog model, welke bekend stond als *Harry De Luxe* en een laag model, de *Harriëtte*.

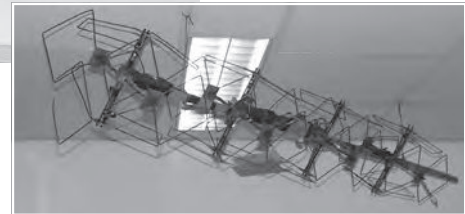
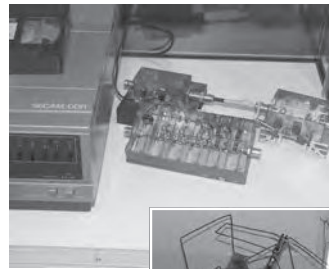


*Harry De Luxe en niet mis te verstane mededeling op een in beslag genomen zender.*

### Illegale Televisie-omroepzenders

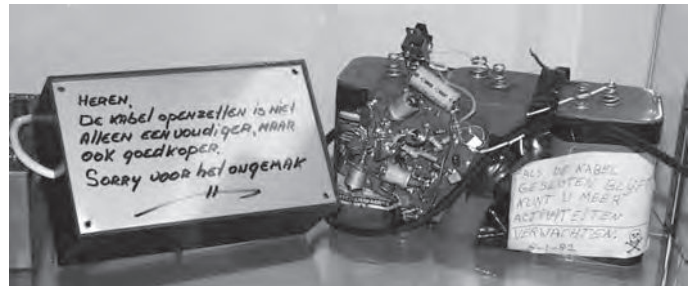
Met de komst van de kabeltelevisie nam ook de illegale televisie-omroep een vlucht. In principe is er niet meer nodig dan een videospeler een versterker en een antenne om in te stralen op een ontvangst-antenne van een kabeltelevisie-exploitant om een grote kijkersschare te voorzien van datgene wat je wilt uitzenden. Een veel gebruikte antenne was de zogenaamde "roomklopper"; een markant gevormde antenne en dientengevolge een uitstekend baken voor de RCD opsporingsambtenaar.

Omdat vanwege het grote bereik over de kabel de reclamegelden een bijzonder grote invloed



Televisiezender en Roomklopper-antenne.

hadden, werd de "strijd" tussen etherpiraten enerzijds en kabelexploitanten en RCD anderzijds behoorlijk grimmig toen op verzoek van de RCD de kabelexploitanten de kabel afsloten na de reguliere televisie-uitzendingen. Veelvuldig werd gebruik gemaakt van stoorzenders om de kabelexploitanten te dwingen de kabel weer open te stellen, zoals blijkt uit de getoonde stoorzenders met weinig subtiele mededelingen.



Stoorzenders en hun beoogde doel.

### 27 Mc

De 27 Mc rage uit het begin van de jaren tachtig schijnt in Nederland zijn oorsprong te hebben in de Rotterdamse havens. 27 Mc setjes waren in gebruik bij kraandrijvers en personeel op de kade voor onderlinge communicatie en werden 's avonds en in het weekend mee naar huisgenomen om diefstal te voorkomen. Het illegale gebruik van de zogenaamde "bakkies" buiten het havenbedrijf nam, met de grootschalige invoer van apparatuur uit de USA, een dusdanige vorm aan dat het gebruik van de 27 MHz in 1980 werd gelegaliseerd. MARC-gecertificeerde apparatuur (MARC = Machtigingsregeling Algemene Radio Communicatie), gebruikmakend van 22 kanalen FM gemoduleerd in de 27 MHz band met een maximaal



*Illegale 27 Mc set met "legaal" voorzetfront voorzien van certificaat.*

vermogen van 0,5 Watt werd toegestaan. Uiteraard werden de regels overtreden met illegale apparatuur. Geliefd waren de apparaten met maskerende fronts en het gebruik van versterkers om met meer vermogen uit te zenden, de zogenaamde "kacheltjes".

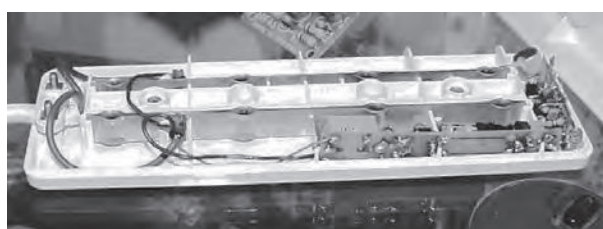


*"Kacheltje"*

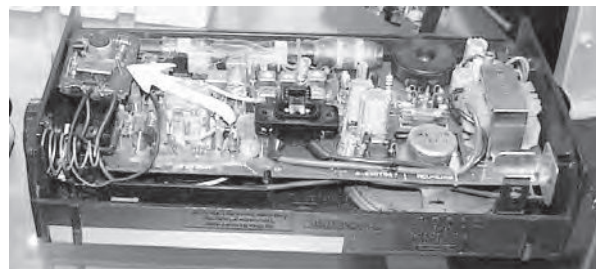
## Afluisterpraktijken

Niet alleen bij storing van radio- of televisie-ontvangst veroorzaakt door andere effecten dan kabel, technische defecten of atmosferische omstandigheden verricht de Divisie Telecom onderzoek; ook bij vermeende elektronische afluisterpraktijken wordt een onderzoek ingesteld. De verzameling bevat dan ook, naast de min of meer voor de hand liggende "bugs" als geprepareerde telefoons, enkele opvallende items gebruikt voor het afluisteren van personen. Zo is er een contactverdeeldoos te zien voorzien van microfoon en zender, aangetroffen in het huis van een gescheiden vrouw, wier ex-man in de auto voor het huis werd aangetroffen met de bijbehorende ontvanger. Ook

*Contactverdeeldoos voorzien van zender.*



opmerkelijk is de transistorradio voorzien van microfoon en zender welke in beslag is genomen bij een gedetineerde die het apparaat gebruikte om vanuit de gevangenis leiding te blijven geven aan zijn criminele organisatie.



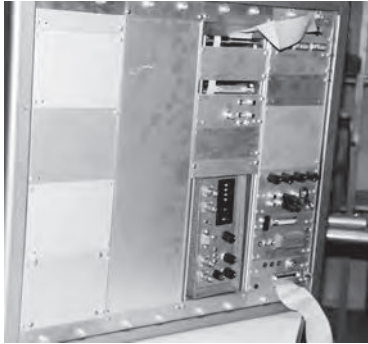
*Transistorradio voorzien van zender.*

## Autotelefoon

Eind jaren (negentien)tachtig rondde de RCD een grootscheeps onderzoek af naar fraude met de toen nog bestaande autotelefoon. Het autotelefonienet (ATF) bleek niet 100% fraudebestendig te zijn. Met name in het criminele circuit werd hiervan gebruik gemaakt door te bellen (naar het buitenland) met gebruikmaking van illegaal verkregen nummers of met bestaande nummers van te goeder trouw zijnde gebruikers. Eerst werden om nummers te genereren bestaande apparaten omgebouwd, later werd gebruik gemaakt van hiaten in het ATF beveiligings-systeem. Met de inbeslagname van een apparaat om het ATF beveiligings-systeem te omzeilen, werden voor het eerst de hiaten in dit systeem duidelijk. Het apparaat was ontworpen en gemaakt door een technisch getalenteerde, maar sociaal wat minder sterke MTS-student die de consequenties van zijn activiteiten niet ten volle overzag.

*Omgebouwde ATF-unit.*





*Apparaat om ATF beveiliging te omzeilen.*

### **Noodbakens, funnyphones, halogeenlampen en swingende kerstbomen**

Een tegenwoordig veel voorkomende bron van storing en ergernis is het "afgaan" van scheeps-noodbakens onder omstandigheden en op plaatsen waar dit niet dient te gebeuren. De oorzaak kan zijn dat een bakken uit de houder verwijderd wordt voor bijvoorbeeld schilderwerkzaamheden, of omdat de scheeps-inventaris van een aan de ketting gelegd schip geveild is. In dat laatste geval is een noodbakken wel eens uiteindelijk getraceerd in de kofferbak van de auto van één van de kopers

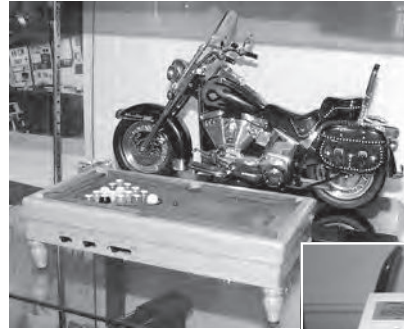


*Diverse ten onrechte geactiveerde noodbakens.*

Naast de storing veroorzaakt door illegale omroepzenders treedt de Divisie Telecom ook op tegen onbewust veroorzaakte illegale uitzending en storing. Hierbij moet dan gedacht worden aan keuring van apparaten als spaar- en halogeenlampen, swingende kerstbomen en de vele telefoons die tegenwoordig verhandeld worden. In dit geval wordt dus niet de argeloze consument die deze producten gebruikt opgespoord.

Wat storing betreft zijn vooral de vele telefoons, waarvoor uitvoeringsvorm belangrijker is dan correcte werking, de zogenaamde "funnyphones" berucht. Ernstiger waren de eerste generaties (illegale) looptelefoons, geïmporteerd uit de USA,

welke gretig aftrek vonden bij een groot publiek dat deze telefoons al kende uit de diverse Amerikaanse soapseries. Berucht waren de Jetfon, die met hoog vermogen uitzond in de banden toegewezen aan de Koninklijke Marechaussee en de luchtvaart en de Panasonic welke op 900 MHz uitzond. Deze laatste is vanzelf, met de vlucht van de mobiele telefonie, van het toneel verdwenen.



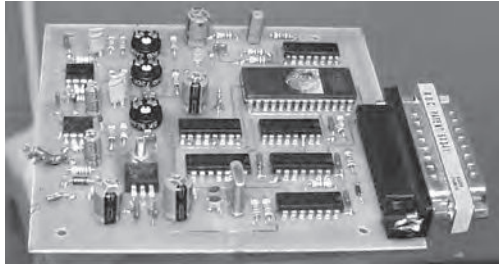
*Links: Funnyphones. Rechts: Jetfon*

Tegenwoordig meer en meer voorkomend is het illegale gebruik van onder andere luchtvaart- en hulpverleningsbanden met commercieel verkrijgbare handheld zend-ontvangers. Deze apparaten kunnen, door gebruik van de juiste toetsencombinatie, toegang krijgen tot de officieel in Nederland niet toegankelijke banden. Het bewust hinderen van luchtvaart en hulpdiensten (o.a. door het doen van valse bedreigingen en meldingen) treedt steeds vaker op en omdat het om kortstondige uitzendingen gaat is het traceren van de personen die hier een merkwaardig genoeg in scheppen een uiterst moeilijke aangelegenheid.

Zoals uit de collectie blijkt zal het altijd zo zijn dat elke telecommunicatiedienst die ontstaat vroeg of

*In beslag genomen commercieel verkrijgbare handheld zend-ontvanger*





Illegale RDS zender

laat illegaal gebruikt zal worden. Een typisch voorbeeld hiervan wordt getoond met de in beslag genomen RDS (Radio Data System) zender.

---



## Cursusaanbod PATO voorjaar 2002

---



Hieronder vindt u een greep uit het cursusaanbod van de Stichting Post Academisch Technisch Onderwijs (PATO). Voor meer informatie kunt u contact opnemen met:

Stichting PATO, Postbus 30424,  
2500 GK Den Haag  
Tel: 070 - 3644957, Fax: 070 - 3562722  
e-mail: [info@pato.nl](mailto:info@pato.nl), url: <http://www.pato.nl>

### Digitale Beeldverwerkings- en Video-compressietechnieken

*Inleidende cursus voor beleidsmakers en gebruikers*

Datum/plaats: 16 mei 2002 in Utrecht

Cursusleiding: dr. E. Hendriks en prof. dr. ir. R.L. Lagendijk (TU Delft)

### Elektromagnetische Velden

*Gezondheid, veiligheid en meten*

Data/plaats: 22-23-24 mei 2002 in Eindhoven

Cursusleiding: dr. ir. P.A. Beekman (Philips Consumer Electronics)

### Audio and Speech Coding

*Theory and application*

Data/plaats: 10-11-12 en 17-18 juni 2002 in Delft

Cursusleiding: dr. ir. Heusdens (TU Delft)

### Landmobiele Radiocommunicatie

*Overzicht van de technische ontwikkeling van bestaande en toekomstige radiocommunicatiesystemen*

Data/plaats: 20-21 en 27-28 juni 2002 in Eindhoven

Cursusleiding: prof. dr. ir. G. Brussaard en dr. ir. M.H.A.J. Herben (TU Eindhoven)

### Condition Monitoring

*Sensoren, meet- en dataverwerkingstechnieken t.b.v. de toestandbewaking van systemen*

Data/plaats: 3 dagen in het voorjaar van 2002 in Delft

Cursusleiding: prof. dr. ir. H. Hellendoorn (TU Delft / Siemens Nederland)

