

## 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. N.H.G. Baken, voorzitter  
prof.dr.ir. P. Regtien,  
vice-voorzitter

ir. E. Bottelier, secretaris

P.F. Maartense, penningmeester

dr.ir. A.B. Smolders,  
tijdschrift-manager

ir. B. Dunnebie,   
programma-manager

ir. R.J. Kopmeiners, web-beheer

ir. F. Speelman,  
onderwijs-commissaris  
vacature, ledenwervings-manager

### 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 ver-

leend. 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,  
BL RF-modules, 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@astron.nl](mailto:kant@astron.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)

ir. M. Arts, redactielid  
ASTRON, Dwingeloo  
E-mail: [Arts@astron.nl](mailto:Arts@astron.nl)

Deze uitgave van het NERG wordt geheel verzorgd door:

**Henk Visscher, Zutphen**



## INHOUD

Van de redactie . . . . . 124  
*Huib Visser*

Voedsel conserveren met  
elektrische pulsen . . . . . 125  
*Erik van den Bosch*

Don't say 'No',  
just say 'Oh' . . . . . 128  
*Peter van der Wurff*

Toestandsafhankelijk  
onderhoud van generator-  
isolatie . . . . . 129  
*Ir. Harry J. van Breen*

The unexpected impact of  
house- construction on the  
home network. . . . . 135  
*Paul van Wijk*  
*Peter Schoon*

Technet . . . . . 149  
*ir. J. Karel Zelisse*

Proefschriften . . . . . 151



Advertenties: Henk Visscher  
tel: (0575) 542380

E-mail: [henk.v@wx.nl](mailto:henk.v@wx.nl)

ISSN 03743853

# Van de redactie

Huib Visser

E-mail: [redactie@nerg.nl](mailto:redactie@nerg.nl)



Na een lange periode waarin de NERG themabijeenkomsten ernstig in het slop dreigden te raken, doet het de redactie deugd te zien dat er een sterke opleving van deze bijeenkomsten gaande is. Met name doet dit ons deugd omdat dit voor ons een welkome en - naar het zich nu laat aanzien - constante bron van kopij oplevert. Dat is in dit laatste nummer van 2003 zichtbaar door de bijdragen welke zijn voortgekomen uit de themabijeenkomst "Hoogspanningstechnologie & Management", welke 3 juni 2003 plaats heeft gevonden in het hoogspanningslaboratorium van de Technische Universiteit Delft.

Hoogspanningstechniek is de laatste tijd weer volop in het nieuws. Recent zijn in de kranten artikelen verschenen over de afnemende betrouwbaarheid van de elektriciteitsvoorziening ten gevolge van het vermindende preventieve onderhoud als resultaat van de liberalisering. Aan de hand van ervaringen uit de USA, waar de installaties gemiddeld tien jaar

ouder zijn, kan worden voorspeld wat ons te wachten staat. De groep Hoogspanningstechnologie & Management doet onder meer onderzoek naar slimme meetmethodieken om vast te stellen waar er in de infrastructuur problemen zullen gaan optreden. Doel is alleen onderhoud te plegen waar het echt nodig is, in plaats van het gehele netwerk te inspecteren.

In het kader hiervan vindt u in dit nummer een bijdrage van Harry van Breen, getiteld "Toestandsafhankelijk onderhoud van generatorisolatie". In het kader van dezelfde themabijeenkomst treft u ook een bijdrage aan van Erik van den Bosch, welke een niet voor de hand liggende toepassing van hoogspanning beschrijft: "Voedsel conserveren met elektrische pulsen". Van de dagvoorzitter van deze themabijeenkomst, Karel Zelisse, tevens voorzitter van Technet, treft u verder in dit nummer een kort artikel aan over Technet en Kennistelefoon.

Dit laatste nummer van het jaar is traditiegetrouw het zogenaamde 'proefschriftennummer' met daarin opgenomen een overzicht van de proefschriften welke het afgelopen jaar zijn verdedigd aan de Technische Universiteit Delft, de Technische Universiteit Eindhoven en de Universiteit Twente. Er dient hierbij opgemerkt te worden dat ondanks dat we leven in het internettijdperk, het dit jaar wederom moeilijker is geworden de gewenste informatie boven tafel te krijgen. Wij kunnen u dus helaas geen volledigheid garanderen.

Last but certainly not least wil ik u wijzen op een bijdrage van Paul van Wijk en Peter Schoon waarin wordt beschreven hoe sterk de invloeden van de bouw van een huis kunnen zijn op het functioneren van een WLAN, een aspect wat misschien wel aangevoeld wordt maar wat naar mijn weten niet eerder zo uitvoerig onderzocht en in kaart gebracht is.

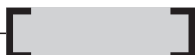


# Voedsel conserveren met elektrische pulsen

Erik van den Bosch

Delft University of Technology, The Netherlands

e-mail: H.F.M.vandenBosch@ewi.tudelft.nl



## Inleiding

Een bijzondere nieuwe toepassing van hoogspanning is het conserveren van vloeibare voedingsmiddelen zoals vruchtensappen of melk. Tussen twee elektroden in een continu doorstroomde kamer wordt de vloeistof met elektrische pulsen behandeld. Twee basiseenheden van de faculteit EWI zijn betrokken bij het PEF (Pulsed Electric Field) project van een Nederlands consortium. Naast de TUD werken ook de onderzoeksorganisaties TNO-PML, TNO-Voeding, ATO Wageningen en de bedrijven Unilever, Friesland Coberco Dairy Foods (FCDF) en Stork Food & Dairy Systems mee aan het onderzoek. Er zijn verschillende testopstellingen in gebruik, waarvan de twee grootste momenteel bij ATO in Wageningen en bij Stork in Amsterdam staan. De laatste is voor microbiologische testen afgelopen jaar van Delft naar Amsterdam verplaatst. In Delft zijn uitgebreide metingen gedaan aan de behandelkamer om meer inzicht te krijgen in alle fysische processen die daar optreden.

## conservering

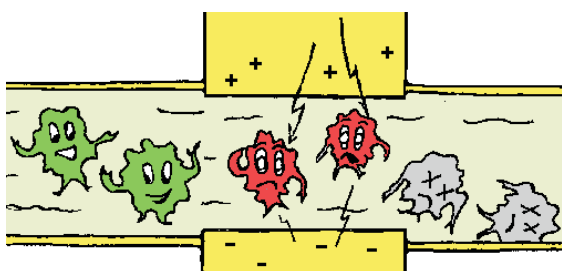
Bij traditionele methoden voor het houdbaar maken van voedsel worden hoge temperaturen gebruikt om micro-organismen te inactiveren. Het verhitten van voedsel verandert de smaak, de geur en de kleur van het voedsel. De nieuwe conserveringstechniek heeft minder invloed op deze direct

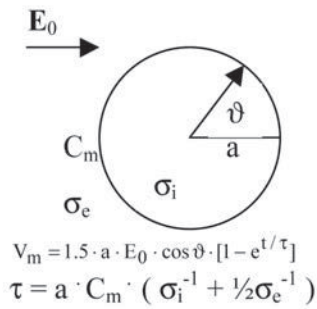
waarneembare eigenschappen van het voedsel, dat bij de consument dus beter in de smaak zal vallen. Bij de thermische conserveringstechnieken wordt onderscheid gemaakt tussen pasteurisatie en sterilisatie. Bij pasteurisatie vindt alleen inactivering plaats van bacteriën in hun vegetatieve fase, waarin groei, deling en dus stofwisseling met hun omgeving plaats vindt. Bij sterilisatie vindt ook inactivatie plaats van de bacteriën in hun spore-fase, een rusttoestand zonder duidelijke interactie met de omgeving, die op een later tijdstip weer overgaat in de vegetatieve fase. In de wetenschappelijke literatuur wordt veelvuldig melding gemaakt van succesvolle pasteurisatie met 'Pulsed Electric Fields' (PEF) maar nauwelijks van sterilisatie met PEF. Voor zowel thermische als elektrische inactivatie geldt dat een aantal veranderingen van de bacterie bekend is, maar dat niet exact vast staat welke mate van verandering voldoende is voor inactivatie. De industrieel toegepaste thermische conserveringsmethoden zijn hoofdzakelijk empirisch ingericht om de negatieve effecten te minimaliseren, waarbij de voeding met voldoende zekerheid de houdbaarheidsdatum haalt.

## 'Pulsed Electric Field' behandeling

Voor een PEF behandeling is het nodig dat de vloeistof gedurende 1 tot 50 microseconden wordt blootgesteld aan een elektrische veldsterkte van ongeveer 3 kV/mm. Deze waarden zijn afhankelijk van de temperatuur, elektrische geleidbaarheid en zuurgraad van het voedsel, alsmede van de soort bacterie en zelfs de omstandigheden waaronder de aanwezige bacteriën gegroeid zijn. De meest in het oog springende verandering van een cel na een elektrische puls is perforatie van de celwand. Na het inschakelen van het veld zorgt de elektrische stroomverdeling bij de cel dat het isolerende celmembraan als een elektrische condensator opgeladen wordt met de spanning  $V_m$  zoals in figuur 2

Figuur 1





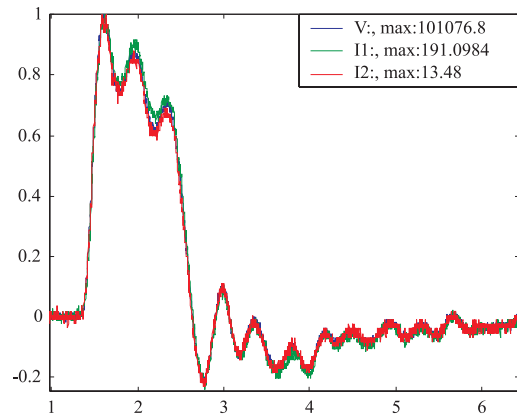
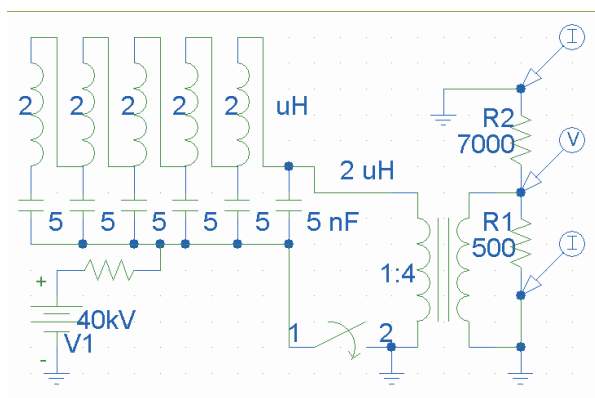
Figuur 2

aangegeven. Als echter de algemeen aanvaarde maximale membraanspanning van 1 Volt overschreden wordt, zal een elektrische doorslag leiden tot perforatie van de celwand, die in veel gevallen ook weer herstelt. Dit is nuttig voor een beperkte uitwisseling van celmateriaal voor biologische experimenten. In een aantal gevallen zal de beschadiging te groot zijn, of zal de cel te veel belangrijk materiaal verliezen, zodat hij niet meer functioneert, wat in dit project de doelstelling is.

## Pulsbron

De kleinere opstellingen zijn uitgerust met een groot aantal halfgeleiderschakelaars die binnen bepaalde grenzen pulsen van willekeurige duur en spanning kunnen leveren, al dan niet met gebruikmaking van een transformator. Voor de twee grootste opstellingen is de elektrische-pulsbron opgebouwd uit de volgende componenten: een gelijkspanningsbron, een pulsvormend netwerk (PFN), een schakelaar, en een pulstransformator. Het pulsvormend netwerk bestaat uit een aantal condensatoren en zelfinducties (lumped transmissionline) die de pulsvorm bepalen als de transformator kern niet verzadigt raakt. De gelijkspan-

Figuur 3: Schema van het pulsvormend netwerk (PFN) met schakelaar, transformator en ohmse weerstanden van de kamer.



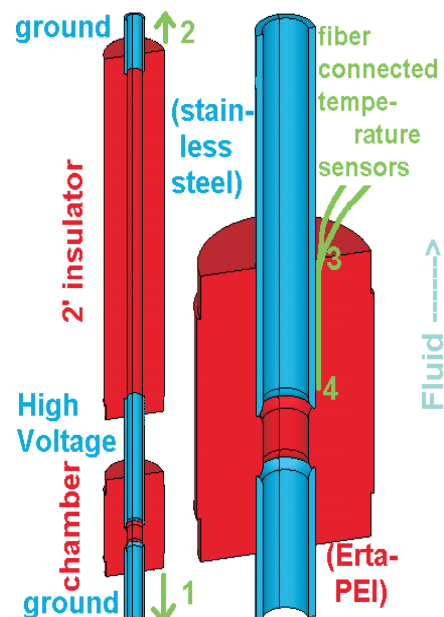
Figuur 4: Gemeten spanning en stromen als functie van de tijd (micro-seconden).

ningsbron moet in de rustperiode tussen twee pulsen de condensatoren in het PFN opladen. De schakelaar is een deuterium thyatron, oftewel een elektrodenbuis gevuld met gas dat na triggering in plasma overgaat en weer dooft als het PFN ontladen is.

## Behandelkamer

Steriele condities zijn in een continu systeem makkelijker dan in een batch opstelling. Voor een continu doorstroomde behandelkamer zijn twee keuzes mogelijk t.a.v. de globale richtingen van de vloeibare voedingsstroom en de elektrische stroom. In de meest gebruikte 'cofield' geometrie zoals in figuur 5 getoond zijn deze stromen parallel. Aan deze kamer zijn ook de uitgebreide metingen gedaan waarbij als functie van de vloeistofsnelheid en puls frequentie temperaturen

Figuur 5: Behandelkamer met extra isolator en temperatuur sensors



gemeten zijn. Dit is gedaan voor verschillende afrondingsstralen van elektrode en isolator. De inwendige diameter van de kamer is 13 mm en elektrode-afstand is 17.5 mm. De meeste experimenten zijn gedaan met een PFN van 24 J zoals in figuur 4 gegeven, resulterend in een spanning van maximaal 100 kV en stroom van 200 A gedurende 1.2 microseconde. De capaciteit van het vloeistof-systeem in de testopstelling was 160 cc/s. De maximale puls frequentie was 440 Hz. Een groter PFN van 120 J leidde voor de hier gegeven kamer-geometrie bij de maximale spanning en voldoende pulsen tot doorslag. Inmiddels zijn deze condities in een verbeterde geometrie wel mogelijk zonder doorslag. Een 'cross-field' geometrie waar stroming en veldlijnen loodrecht staan zoals in het introductieplaatje met isolerende zijwanden is ook getest met minder gunstige resultaten.

## Temperatuur

De verhouding tussen puls frequentie en snelheid van de vloeistof moet zodanig zijn dat ieder vloeistofelementje aan voldoende pulsen blootgesteld wordt. Bij iedere puls wordt de vloeistof een beetje opgewarmd, zodat een trapsgewijs temperatuurprofiel in de stromingsrichting ontstaat. Omdat de vloeistof tegen de wanden een veel lagere snelheid

heeft dan in het midden zal de temperatuur daar hoger worden zodat ook een temperatuurprofiel loodrecht op de wanden ontstaat. De elektrische geleidbaarheid en de viscositeit van vloeistoffen hangen af van de temperatuur. Dit betekent dat de elektrische opwarming en de stroming de temperatuur niet alleen beïnvloeden maar er ook van af hangen. Het elektrisch veld en de vloeistofstroming zijn dus gekoppeld via de temperatuur.

## Simulatie

Met een eindige elementen methode die zowel elektrische als stromings- berekeningen kan uitvoeren is deze situatie ook gesimuleerd. Deze simulaties worden gebruikt om het effect van verschillende geometrien op de maximale temperatuur vast te stellen. Hiermee kan een beter gemotiveerde keuze voor een bepaalde geometrie van de behandelkamer gemaakt worden. Tijdens dit schrijven zijn alleen simulaties uitgevoerd met een stationaire energietoevoer i.p.v. gepulst, waarmee de berekende temperatuurstijging op de plaats van de sensor die het dichtst bij de hot spot is 25% lager is dan gemeten.

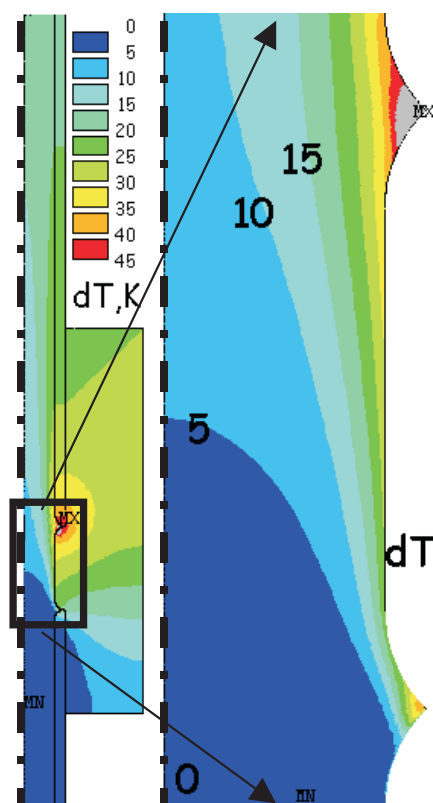
## Electrode-erosie

Er zijn experimenten uitgevoerd waaruit bleek dat de puls vorm van invloed is op de electrode erosie. In een apart experiment is voor een bepaalde puls vorm ook gemeten dat de bijdrage aan het metaalgehalte van een PEF behandeling in een niet zure omgeving klein is t.o.v. de gehalten die al in voedingsmiddelen aanwezig zijn.

## Conclusie

Experimenten om met gepulste elektrische velden bacteriën te inactiveren werden al in de zestiger jaren uitgevoerd. Het genoemde Nederlands consortium had een samenwerkingsverband met een Amerikaans bedrijf dat in de jaren tachtig experimenten met PEF uitvoerde om tot een commerciële toepassing voor deze behandeling te komen, echter zonder hierin te slagen. Inmiddels is er iets meer inzicht in de verschijnselen in de behandelkamer, en in het effect van de puls vorm en andere macroscopische condities op de behandeling. Hoe deze condities de inactivering beïnvloeden is echter nog helemaal niet duidelijk. Net als bij de thermische behandelingen zal wellicht uiteindelijk ook de PEF behandeling stap voor stap geoptimaliseerd worden, zonder dat alle details van de inactivering duidelijk zijn.

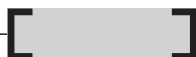
Figuur 6: Berekende temperatuur-verdeling in axisymmetrische behandelkamer die duidelijk een relatief hete wand toont.



## Acknowledgements

The project is supported by the Dutch E.E.T. grant (Economy, Ecology and Technology) from the Ministry of Economic Affairs, the Ministry of Education, Culture and Science and the Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment

Erik van den Bosch  
High Voltage Laboratory, EWI LB 03.840  
Delft University of Technology  
Mekelweg 4  
2628 CD Delft, The Netherlands  
Voice: +31 (0)15 278 6210  
Fax: +31 (0)15 278 8382  
e-mail: H.F.M.vandenBosch@ewi.tudelft.nl



# Don't say 'No', just say 'Oh'

*Peter van der Wurff*



Toen ik bij mijn audio-dealer een nieuwe versterker ophaalde om bij mij thuis uit te proberen, gaf hij me een kabeltje mee voor de verbinding tussen mijn CD-speler en de versterker. "Let even op dat je die kabel goed aansluit", zei hij, "De pijl geeft de richting aan." Inderdaad had de fabrikant om de 15 cm een pijltje op de isolerende mantel van de kabel laten drukken. Mijn wenkbrauwen gingen omhoog. Voor mij is een kabel een volmaakt symmetrische tweepoort. Wat doet de signaalrichting er nou toe? "Dat is de richting waarin de kabel is ingespeeld", kwam de audio-dealer mij tegemoet. "Dit is een ingespeelde kabel"... "Oh", zei ik.

Onderweg naar huis bedacht ik dat mijn audio-dealer eigenlijk had beweerd dat dit kabeltje een geheugen heeft voor de vector van Poynting. De pijltjes op de isolatie stelden heuse Poynting-vectoren voor.

Lezer, lach niet! Ook niet als u elektrotechnicus bent en net als ik opgevoed met de Wet van Ohm, de Wetten van Kirchhoff, de Theorema's van Thévenin en Norton, het Superpositiebeginsel en de Vierpooltheorie. Hij heeft ze niet allemaal op voorraad, maar mijn audio-dealer heeft wel een prijslijst van verbindingskabels. De duurste is

10.000 euro per meter (U leest het goed: tienduizend euro), maar die heeft dan ook geleiders van 24 karaats goud. U weet het toch? Zilver klinkt beter dan koper en goud klinkt beter dan zilver.

Lach niet lezer, vooral niet als u elektrotechnicus bent, die denkt met de Wetten van Ohm en Kirchhoff en de Netwerkteorema's de werkelijkheid in een houdgreep te hebben. De audiofielen lachen u uit! U kunt wel uitrekenen hoeveel ampère een schemerlamp van 40 Watt trekt en u kunt succesvol elektronische schakelingen ontwerpen, maar u kunt met al die Wetten en Theorema's niets zeggen over het subjectieve gevoel van gelukzaligheid dat sommige mensen ondergaan bij het horen van mooi, echt toverachtig mooi, geluid uit een luidspreker. Mensen, die, als dan niet bij toeval, ooit in de ban van die audio-betovering zijn geweest, proberen van alles om die betovering vast te houden of terug te vinden. Men poolt netstekkers om, men bouwt netstoringsfilters in, men plakt folie op CD-plaatjes en plaatst versterkers op absorberende en resonantie-vrije voetstukken. Men behandelt stekkers en contacten met contactvloeistof van vijftig euro per heel klein flesje. (Ja, zegt de audio-dealer, het is een klein flesje, maar je hebt er ook maar weinig van nodig.)

– vervolg op pagina 134 –



# Toestandsafhankelijk onderhoud van generator-isolatie

Ir. Harry J. van Breen  
Hoogspanningstechniek, TU-Delft  
h.j.vanbreen@ewi.tudelft.nl



## Inleiding

Er zijn drie redenen waarom toestandsafhankelijk onderhoud voor grote generatoren gebruikt kan worden. De eerste reden is vanuit economisch perspectief, de tweede vanuit milieutechnisch perspectief en de derde vanuit maatschappelijk perspectief.

1. Economisch perspectief: de kans op een kortsluiting wordt aanzienlijk verlaagd.
2. Milieutechnisch perspectief: een generator gaat langer mee en minder generatoren hoeven geproduceerd worden. Er is dus een lagere milieubelasting.
3. Maatschappelijk perspectief: de kans op uitval van elektriciteitslevering wordt kleiner.

De kans op een kortsluiting in de hoogspanningsisolatie van een generator is zeer klein, ca. 4%. De kosten die uit zo'n kortsluiting voortkomen zijn echter zeer hoog, b.v. 2 miljoen euro voor een 300 MW kolencentrale. Het doel van toestandsafhankelijk onderhoud van de hoogspanningsisolatie van een generator is het verlagen van de kans op kortsluiting en het beperken van de kosten van het reguliere onderhoud.

Door het toepassen van toestandsafhankelijk onderhoud op grote generatoren neemt de economische levensduur toe van ca. 20 naar 30-40 jaar. Dit betekent dat er minder generatoren geproduceerd hoeven te worden om dezelfde hoeveelheid elektriciteit te produceren. En het produceren van een generator is behoorlijk milieubelastend. Een grote generator bestaat immers uit 50 ton aan koper en ijzer.

Dat de kans van het uitvallen van één of meerdere centrales grote gevolgen kan hebben op de betrouwbaarheid van de elektriciteitsvoorziening hebben we kunnen zien in de VS. Daar zaten ruim

50 miljoen mensen zonder stroom. Natuurlijk zijn er reservevoorzieningen, maar deze kunnen niet altijd aangesproken worden. Denk aan de code rood situatie van de afgelopen zomer in Nederland.

## Veroudering van de isolatie

De hoogspanningsisolatie van een generator wordt mechanisch, thermisch en elektrisch verouderd tijdens bedrijfsvoering van de generator. Met name de eis van een hoge thermische geleidbaarheid en goede isolerende elektrische eigenschappen van hoogspanningsisolatie zijn moeilijk te combineren. Dit heeft als gevolg dat de isolatie op de grens van zijn kunnen bedreven wordt.

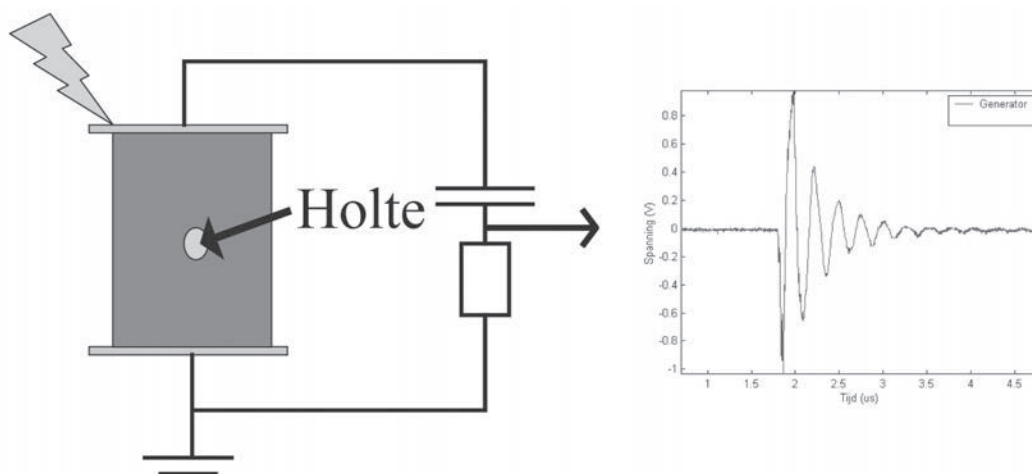
Het mechanisme dat uiteindelijk tot een kortsluiting leidt kan globaal of lokaal van aard zijn. Het isolatiesysteem is ontworpen om globale veroudering te weerstaan. Lokale veroudering is vaak afkomstig van een defect in de isolatiestructuur op één plek. Denk daarbij b.v. aan een scheurtje of een kleine holte in de isolatie. Toestandsafhankelijk onderhoud richt zich dan ook met name op lokale defecten.

## Diagnostiek voor lokale defecten

Voor toestandsafhankelijk onderhoud is het van cruciaal belang om defecten in de isolatie te kunnen

- 1) Detecteren (is er iets mis met de isolatie?)
- 2) Identificeren (is het een ernstig defect?)
- 3) Lokaliseren (waar moet preventief onderhoud plaatsvinden?)

Bij het beantwoorden van deze vragen komt veel elektrotechnische kennis en kunde om de hoek kijken. Het is namelijk mogelijk om lokale defecten in de hoogspanningsisolatie te detecteren met behulp van ontladingsdiagnostiek.



Figuur 1: Detectie van een ontladingspuls. Op een stuk isolatiemateriaal wordt een hoge spanning (b.v. 10.000 V) aangebracht, zodat er deelontladingen ontstaan in de holtes van het isolatiemateriaal. Deze worden dan gedetecteerd via een hoogdoorlaat filter.

## Detectie van defecten

Voor het detecteren van defecten in hoogspanningsisolatie wordt gebruik gemaakt van ontla-dingen. Stel er zit een kleine holte in een stuk isolatiemateriaal (zie Fig. 1). Als er 50 Hz wisselspanning over het isolatiemateriaal wordt gezet zal er in de holte ook een elektrisch veld ontstaan. De lucht die zich in de holte bevindt slaat door op het moment dat de doorslagveldsterkte van lucht is bereikt, ca. 3 kV/mm. Het vonkje dat dan ontstaat noemen we een deelontlading. De grote van dit vonkje hangt af van de grootte en vorm van de holte zelf. Bij vochtig weer doet een vergelijkbaar fenomeen zich voor bij hoogspanningsleidingen. Het dan waarneembare knetteren zijn kleine deelontladingen direct bij de leidingen.

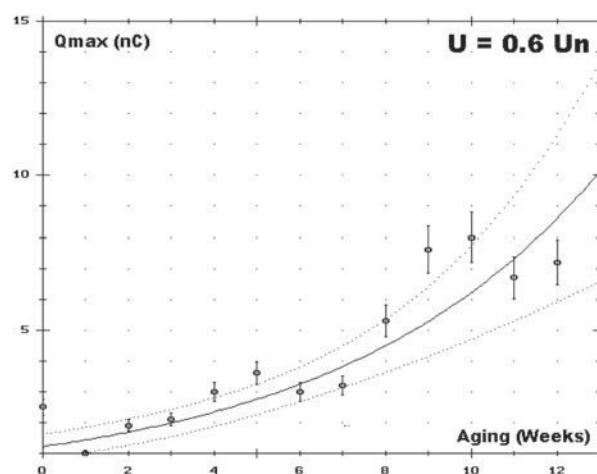
Op het moment dat een deelontlading zich voordoet in de isolatie zal er een klein spanningsdipje zijn op de hoogspanningsgeleider. Het is dit spanningsdipje dat waarneembaar is met behulp van een meetsysteem. De verhouding tussen ontla-dingspuls (b.v. 1 Volt) en de testspanning (10.000 V) is zeer klein, c.a. 0.01%. Met een oscilloscoop is het niet zondermeer mogelijk om zulke kleine spanningsveranderingen waar te nemen. Om de ontla-dingen zichtbaar te maken op de oscilloscoop wordt een hoogdoorlaat filter gebruikt. De 50 Hz testspanning wordt dan effectief gescheiden van de hoogfrequente ontladingspuls.

Hoe groter de holte, hoe groter de gemeten deelontladingspulsen. Staat de wisselspanning langdurig over de isolatie, dan zal het aantal ontla-dingen navenant zeer groot zijn, b.v. 100 per seconde. De ontla-dingen zelf zijn kleine "bliksem-

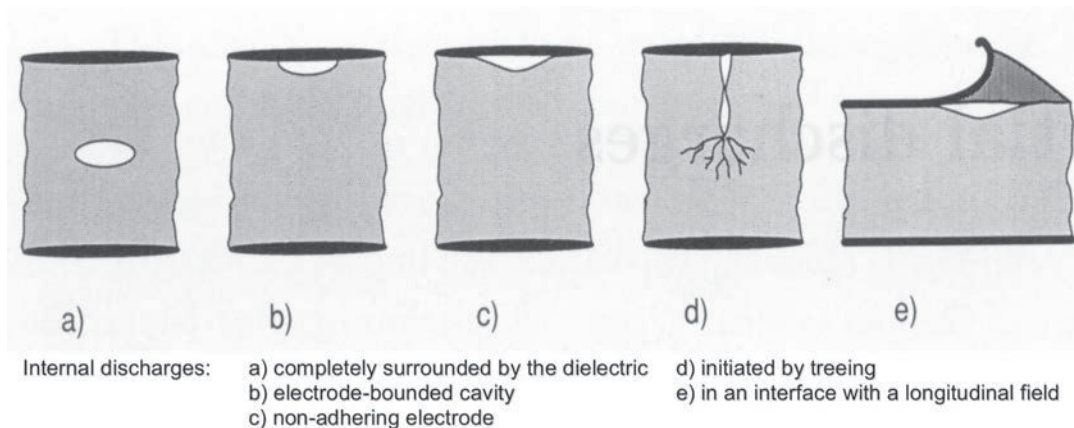
flitsjes" met bijbehorende grote stroomdichtheden en lokaal zeer hoge temperatuur. Ontla-dingen tasten de chemische samenstelling aan van het isolatiemateriaal waar ze zich in bevinden. Door de verandering in de chemische samenstelling verandert ook het gedrag van de ontla-dingen: ze worden groter en komen vaker voor. Bij de TU-Delft wordt onderzoek uitgevoerd naar de relatie tussen ontla-dingsgedrag en veroudering van de isolatie.

Zo is er bij de TU-Delft een bijzonder experiment uitgevoerd om de invloed van veroudering op de isolatie te onderzoeken. Het bijzondere aan de proef is dat een compleet stuk van de stator, het stilstaande deel van een generator, beproefd werd. Het destructief beproeven van een complete stator is onbetaalbaar duur en het is dan ook een eer dat de TU-Delft in de gelegenheid werd gesteld om dat te doen. De stator werd gedurende 13 weken bloot-

Figuur 2: Ontladingsniveau gedurende een elektrische verouderingproef. Op de horizontale as staat de "leeftijd" van het object en op de verticale as de grote van de ontla-dingen.







Figuur 3: Voorbeelden van verschillende type defecten/holtes die voor kunnen komen in de isolatie van generatoren.

gesteld aan 25 kV wisselspanning. In de 13de week hield de isolatie het niet meer en sloeg door. Gedurende de proef werd één keer per week het ontladingsgedrag vastgelegd. Het ontladingsniveau gedurende de duurproef is weergegeven in Fig. 2.

In Fig. 2 is duidelijk een toename te zien in het ontladingsniveau tijdens het verouderen van de isolatie. Deze sterke stijging kan gebruikt worden om defecten te detecteren.

Natuurlijk is de volgende vraag dan hoe ernstig het type defect is dat gedetecteerd werd. Om dit vast te

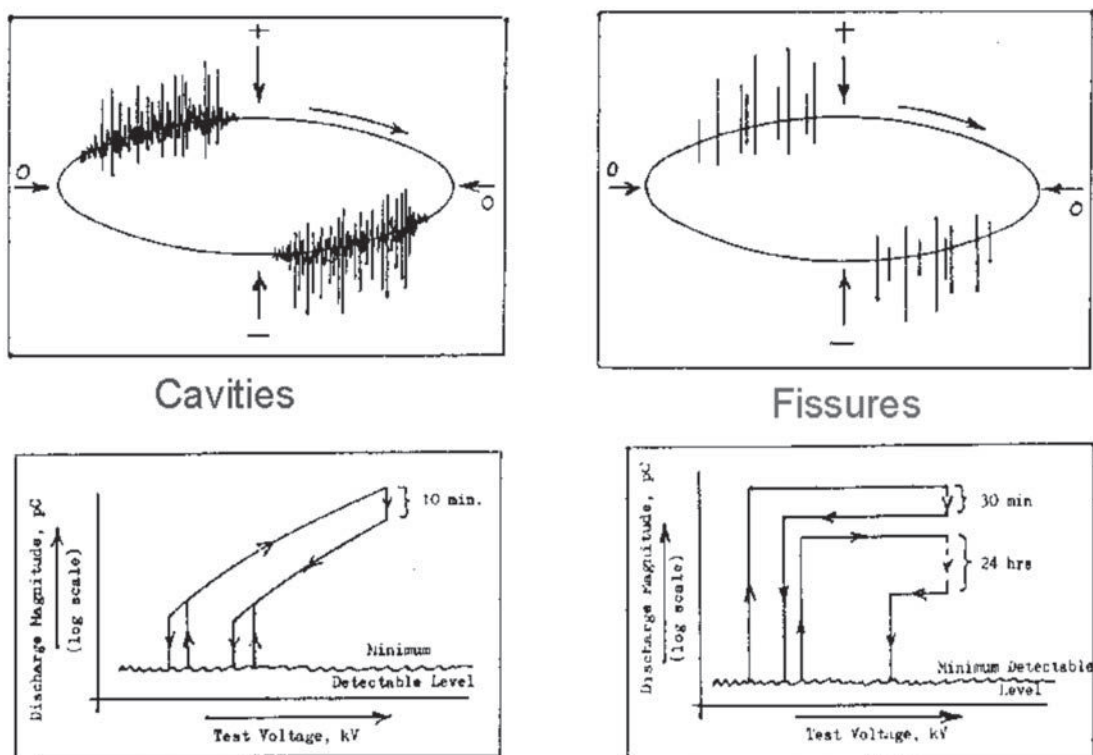
kunnen stellen moet het type defect geïdentificeerd worden.

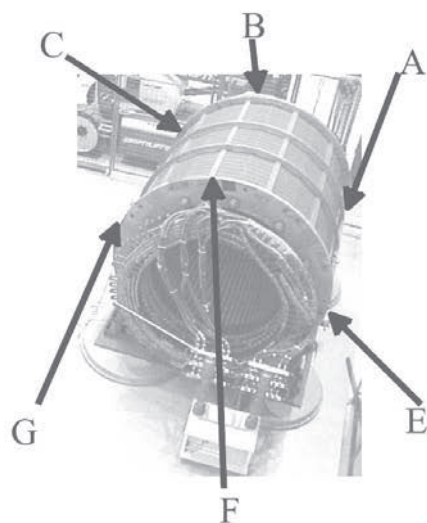
### Identificeren van defecten

Het ontladingsgedrag van een defect wordt niet alleen bepaald door de grootte en veroudering van het defect maar ook door zijn type. Een aantal verschillende defect-typen zijn weergegeven in Fig. 3.

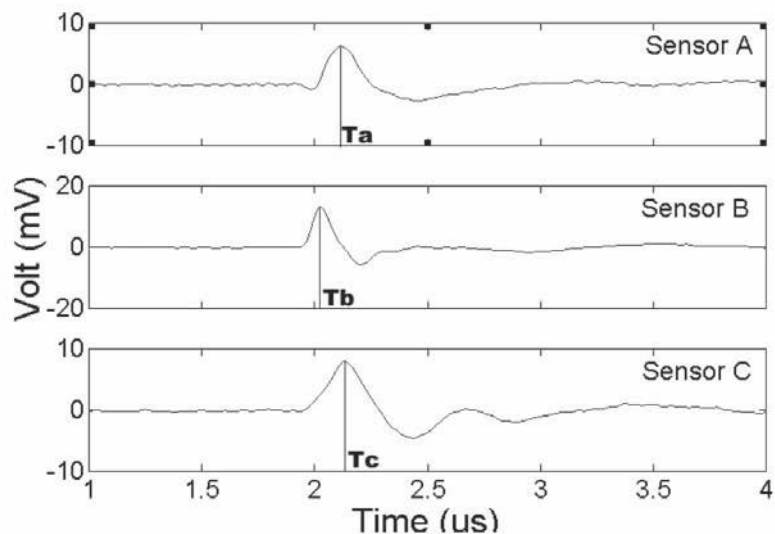
Afhankelijk van het type is het defect in meer of mindere mate schadelijk voor de betrouwbaarheid van de generator. Zo is een kleine holte (Fig. 3a) geen directe aanleiding tot ongerust-

Figuur 4: De invloed van het type defect op zijn ontladingsgedrag. Zowel het gedrag van de ontladingen ten opzichte van de 50 Hz periode (2 bovenste plaatjes) als dat van de ontladingen ten opzichte van de test spanning verschilt aanzienlijk.





a) Locatie van de sensoren



b) Voorbeeld van verschil in aankomsttijd

Figuur 5: Locatie van de PDScanner sensoren op een stator (a) en het gemeten verschil in aankomsttijd aan drie van de sensoren van een ontladingspuls (b).

heid, terwijl elektrische boomgroei (Fig. 3d) een kortsluiting op korte termijn tot gevolg zal hebben.

Bij de TU-Delft wordt onderzoek gedaan naar mogelijkheden om het type defect te herkennen aan zijn specifieke ontladingsgedrag. Zo kan het type effect herkend worden aan zijn specifieke hysteresis tussen ontladingsniveau en testspanning. Ook kunnen ontladingen herkend worden aan het tijdstip, de grootte en de frequentie waarmee ze optreden ten opzichte van een 50 Hz periode. Een voorbeeld van de invloed van het type defect op ontladingsgedrag is weergegeven in Fig. 4.

In deze figuur is te zien dat het ontladingsgedrag van holtes (Cavities) verschilt van dat van barsten of scheurtjes (Fissures). In de bovenste twee figuren is de 50 Hz periode weergegeven als een Lissajous-figuur met daarop gesuperponeerd de ontladingen. De onderste twee figuren laten het hysteresis effect van ontladingen ten opzichte van de testspanning zien.

Dit soort gereedschappen stellen de gebruiker in staat om de defecten te herkennen. Met deze kennis is het mogelijk om een grove inschatting te maken van de ernst van het defect. Een veel betere en directere methode zou het lokaliseren van ontladingen zijn. Dan is niet alleen het type defect bekend, de gebruiker van de machine weet ook direct waar hij preventief onderhoud zou moeten uitvoeren.

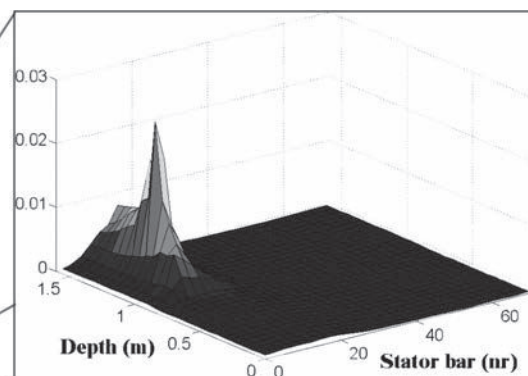
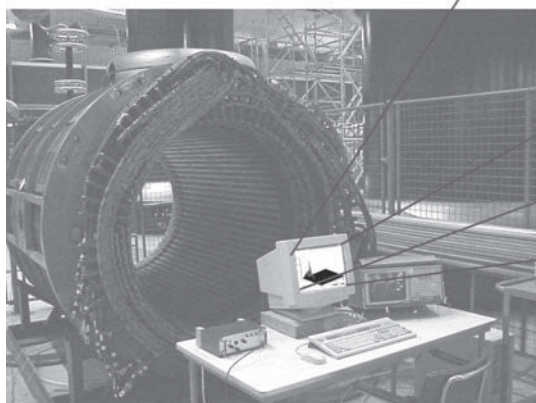
## Defect-lokalisatie

Het is mogelijk om de plaats van eventuele defecten te lokaliseren door de bijbehorende ontladingen te lokaliseren. Het lokaliseren van de defecten is van cruciaal belang bij het toepassen van toestandsafhankelijk onderhoud aan een machine. De gebruiker wil immers niet alleen weten of en wat voor defect in zijn machine zit, maar ook waar het defect zich bevindt.

Bij de TU-Delft is een gepatenteerde methode ontwikkeld om ontladingen in de hoogspanningsisolatie van generatoren te lokaliseren. Deze methode werkt op dezelfde manier als het uitpeilen van een radiozender met meerdere antennes.

De ontladingspulsen worden op verschillende locaties gemeten aan de buitenkant van de generator. Door de sensoren strategisch te plaatsen is het mogelijk om het verschil in aankomsttijd van de signalen te gebruiken om de locatie van de bron uit te peilen. Fig. 5 toont waar de sensoren op de stator worden geplaatst. Ook is het verschil in aankomsttijd van de propagerende ontladingspuls gevisualiseerd als er een ontlading in de isolatie plaatsvindt.

Voor het uitvoeren van lokalisatiemetingen beschikt de TU-Delft over een 23 MW stator. Om een defect te simuleren is in één van de geleiders een gaatje geboord. Het is nu mogelijk om de invloed van een defect in de isolatie na te bootsen. Het resultaat van een lokalisatiemeting op deze stator is terug te vinden in Fig. 6.



**PDScanner Result:**  
**Defect found in stator bar 10 at 1.1**  
**meter from head of stator.**

*Figuur 6: Lokalisatie van een defect in de isolatie van een generator. In de foto is het proefobject te zien dat bij de TU-Delft in het hoogspanningslaboratorium te vinden is. De grafiek rechts geeft het resultaat van een meting aan dit object weer.*

Op dit moment bevindt de lokalisatietechniek zich nog in de laboratoriumfase. Er wordt dan ook nationaal en internationaal gezocht naar mogelijkheden om dit soort type metingen "on-line" uit te voeren, d.w.z. op draaiende machines.

## Conclusies

Toestandsafhankelijk onderhoud voor grote machines is altijd te adviseren. Met name de economische winst die behaald kan worden met behulp van toestandsafhankelijk onderhoud is aanzienlijk.

Om lokale defecten te herkennen zijn deelontladingsmetingen zeer geschikt. Niet alleen is het mogelijk om defecten te detecteren, deelontladingsmetingen stellen de gebruiker ook in staat om defecten te identificeren en zelfs te lokaliseren. Met behulp van ontladingsdiagnostiek heeft een machinegebruiker alle gegevens in handen om zelf tot weloverwogen beslissingen te komen omtrent het onderhoud van zijn machine.

## Verder onderzoek

Er is al jaren ervaring in het detecteren en identificeren van defecten in generator-isolatie met behulp van deelontladingsmetingen. Het lokaliseren van defecten staat echter nog aan het begin van zijn ontwikkelingstraject. Wanneer het lokaliseren van ontladings on-line kan worden uitgevoerd dan zal dit een ware revolutie in het onderhoud van generatoren betekenen. Dit is dan ook het onderzoeksgebied waarmee de TU-Delft zich momenteel intensief bezighoudt.

## Samenvatting in het engels:

**Abstract:** This paper gives an introduction on the usage of partial discharge diagnostics on large generators. It explains why condition based maintenance is a very attractive maintenance tool for the high voltage insulation of large generators. Since an insulation system is as strong as its weakest spot, the goal of condition based maintenance is to repair only those locations where possible breakdown might occur. Localized defects in generator insulation give rise to small electrical sparking, called partial discharges. Using advanced diagnostic techniques it is possible to detect, identify and localize weak spots in the high voltage insulation system of large generators. Each of these aspects of detection, identification and localization will be shortly discussed in this paper.

## CV auteur:

Heden: CEO IntraScan en promovendus bij de TU-Delft.

In 1999 is Harry van Breen afgestudeerd bij de vakgroep hoogspanningstechniek van de TU-Delft. Tussen 1999 en 2003 was hij parttime werkzaam als promovendus bij de TU-Delft en parttime werkzaam als expert generator diagnostiek bij KEMA in Arnhem. Tevens is hij lid van IEEE en actief binnen Cigré voor WG D1.07 "Generator Insulation Diagnostics" en voor WG D1.18 "Emerging Technologies in Power Generation".

## Contact gegevens:

Ir. H.J. van Breen  
Hoogspanningstechniek  
TU-Delft  
Postbus 5031  
2600 GA Delft  
h.j.vanbreen@ewi.tudelft.nl  
Tel: 015-2789042  
Fax: 015-2788382



– vervolg van pagina 128 –

Don't say 'No', Just say 'Oh', want wie van ons zal er oordelen over de geluksbeleving van iemand die met dit soort onzin de ultieme audio-betovering heeft bereikt, ook al is het maar tijdelijk? De weerzin van de elektrotechnicus tegen dit soort zaken is te vergelijken met de weerzin die een wetenschapper bekruipt als het gaat om homeopathie. Ook daar valt wetenschappelijk weinig of niets te bewijzen, maar er zijn artsen en vooral veel patiënten, die zich er wel bij voelen.

Natuurlijk, ik weet het. Daar waar een wetenschappelijke verklaring ontbreekt, staat de deur wagenwijd open voor gewiekste charlatans en kwakzalvers, die de goedgelovige menigte graag een hoop geld ontfutselen in ruil voor gebakken lucht en suggesties. Het gaat mij echter te ver elke fabrikant van exotische audio-spullen een bedrieger te noemen en elke audio-dealer, die deze spullen aan de man

brengt (vrouwen lijken wat nuchterder als het om audio-spullen gaat) te zien als een hypnotiserende handelaar in illusies. Er worden zoveel 'ingespeelde' kabels en zilveren of gouden verbindingssnoeren verkocht, dat je niet kunt blijven volhouden dat de 'werking' uitsluitend op suggestie berust. Juist een elektrotechnicus zou tegen deze verschijnselen niet 'No' moeten zeggen vanuit de hoogmoed van zijn vakkennis. Alleen als we 'Oh' zeggen, zetten we de deur op een kier naar onbevooroordeeld onderzoek van al deze verschijnselen. Misschien wordt er ooit een nieuwe theorie gevonden, die elektrische signalen als dragers van geluidsinformatie en hun voortplanting door metalen geleiders op een andere manier beschrijft. Niet ter vervanging van onze Geliefde Wetten en Theorema's, maar als uitbreiding daarvan. Wie gaat ons voor?



# The unexpected impact of house-construction on the home network.

Paul van Wijk, TNO Telecom.  
Peter Schoon, TU Eindhoven.  
p.vanwijk@telecom.tno.nl



*In 2000 KPN Research (nowadays TNO Telecom) started a field trial in Rotterdam with nine home networks. During installation of the networks considerable deviation from the original architecture concept was needed for all kinds of practical reasons. Some Residential Gateways could not be placed in the metering cupboard; WLAN did not always cover the house; residents wished to hold on to existing facilities and so on. The trial ended with nine individual networks, adapted to their particular circumstances.*

*One of the conclusions was that houses, and their existing technical installations, greatly influence the network architecture needed. Up to now, this topic has been neglected in research and literature. As the majority of home networks in the near future will be installed in existing houses, this is of great importance.*

*This field trial led, among other things, to the survey of building techniques and technical installations this article is based on. It is basically aimed at Dutch houses. The technical development over the past hundred years has been huge. We assume that houses in the surrounding countries are similar, as the differences in regulations and local culture are minimal compared to this technical development.*

## Introduction

For the installation of home networks it is practical to distinguish between existing houses and new to be built houses. We assume that do-it-yourselfers will install the majority of installations in existing houses. In new projects the builder may include a home network in the house for sale. In that case a professional installer will do the implementation. The infrastructure of newly built houses may more easily be tailored to special needs for the network.

An interesting commercial aspect is the difference in financial planning. The network in the existing home will be bought straightaway out of the owner's pocket. The network installed in a new house may be part of the mortgage and can be paid for over a period of up to 30 years. (The mortgage may last longer than the network)

This article investigates the construction of existing houses from the home networking point of view. It looks for hurdles and opportunities, without exploring the actual networks themselves.

Only part of the information is based on public sources. The rest was acquired in private libraries (e.g. from industrial boards), interviews with senior employees and additions from reviewers.

After a short introduction of home networks in general, an inventory of the Dutch housing stock will be made. The building techniques and regulations from over the years will be analysed, followed by an inventory of the existing electrical networks.

## Home Networks

Every home has networks for mains, gas, water, telephone, television and front door bell. Domotics and "infotainment" networks offer attractive new services that will gradually become just as common. Domotics is the name for services related directly to the house, e.g. sunscreens that go down automatically in sunny weather. Most of these services utilise a low data rate. "Infotainment" networks include the home office, Internet access, audio and video streams. They are characterised by higher bitrates and often streaming data transport.

In the implementation of home networks there are choices to be made. The main technology category



ries are transmission by wire, by mains or wireless. The use of POF (plastic optical fibre) may be added to this choice in the future. Often the network will utilise more than one technology. A “Residential Gateway” will not only serve for access to the house, but also for interfaces between different technologies. All have their advantages and disadvantages. Currently both the sellers and the consumers select a technology based on price, quality and services on offer. They hardly ever consider the existing installation in the house. We have seen poor performance of home networking technologies, or in some cases no performance at all. Wireless doesn’t work through certain floors and there may not be a path between mains outlets. Consumers seek solutions for their problems. The author has seen a cable taped over a staircase. It had to be removed before Christmas as grandmother came to stay, to avoid her falling over it.

A far better home network can be achieved when the house is being taken into consideration. These days people that move house also take the network equipment to their new home. This does not make sense, as the new house poses new hurdles and options for the networking technologies. Therefore, a different approach to moving your home network to another house may be needed. It is up to the home networking industry to develop interfaces and standards that enable maximum flexibility for the peripheral equipment to continue working over a different network. If you move house, your computer, printer and webpad should ideally be connected in the new house just as easily as today’s telephone, TV and vacuum cleaner.

## The castles people consider their home.

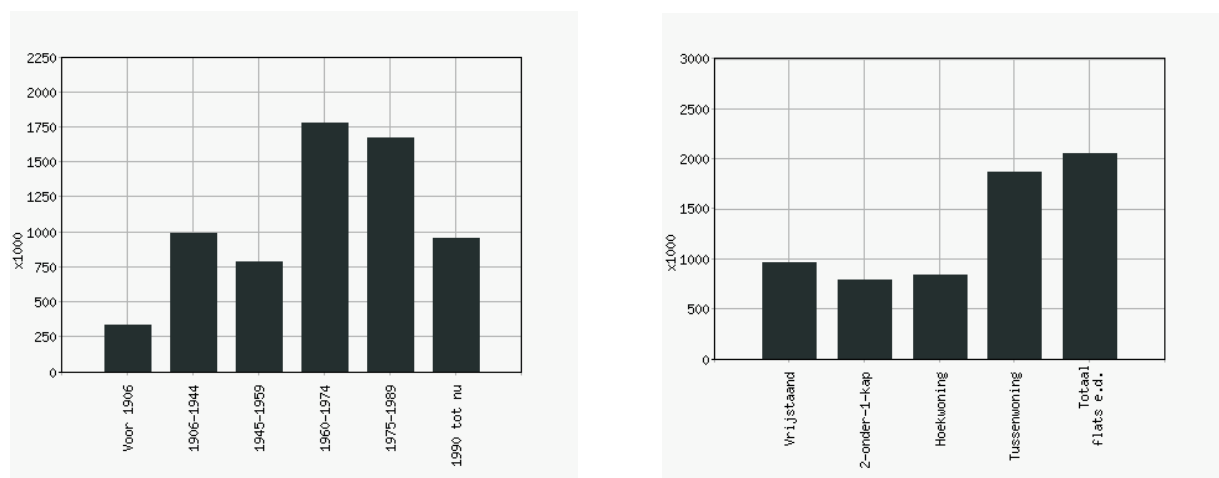
Houses live some 100 years. The average house is 39 years old [Ref 1]. Consequently the age of houses is not equally spread. During the Second World War building activities stopped and homes were demolished. In the second half of the fifties and during the sixties more houses than average were built. A lot of them were built in a uniform way to reach maximum production speed. And still the demand at that time could only be partly fulfilled. So compromises in building quality were made. Over the later decades the major demand gradually shifted from quantity to various aspects of quality. This resulted in more variety in building: cheaper dwellings, larger rooms and more comfort [Ref 2]. Fig. 1 shows the composition of the Dutch housing stock [Ref 3].

At the end of 2002 the Netherlands had just over 6.7 million homes. In 2001, 67.000 new houses were completed. This building rate is expected to be continued to a total of some eight million in 2030 [Ref 4].

Several demographic aspects influence the type of houses built. Over the last decades the number of singles has risen rapidly, partly due to the social acceptance of divorce, partly due to the growing group of elderly widowed women. The age group 65+ grew from 8,5% in 1951 up to 13,6% in 2001 [Ref 5]. In the centre of the major cities close to half of the homes are occupied by singles.

Almost 70% of the Dutch housing stock are single-family, mostly terraced, houses. 40% houses, 25% corner houses or end houses and the remaining 25% vary from semi-detached to detached. Some 25% of the total stock is flats [Ref 2]. Detached

Figure 1: Distribution and segmentation of Dutch houses up to the year 2000.



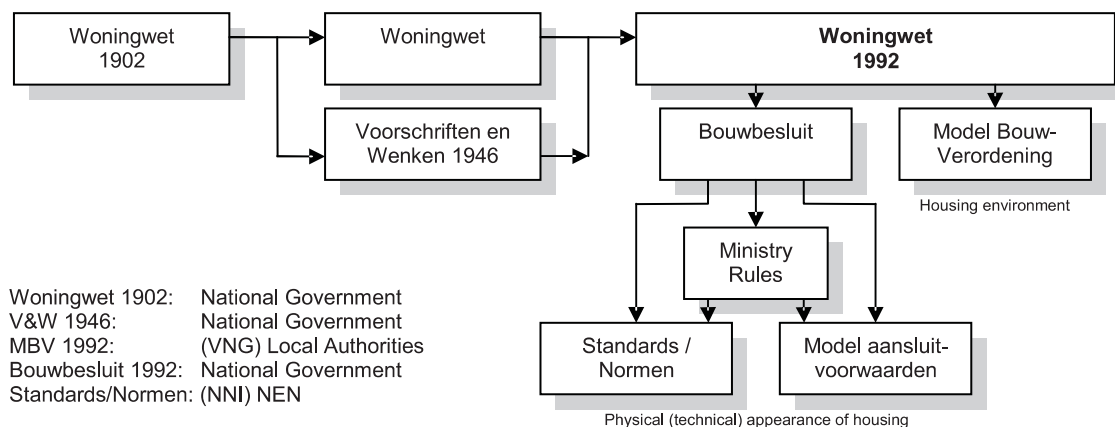


Figure 2: Building regulations evolution.

houses were mostly built pre-war. Most of the flats are located in the “Randstad” as a result of restrictions on space.

The average Dutchman moves house every eleven years [Ref 6]. Over the years this has varied slightly with the political and economic situation. The inventory made in this article may show the potential for both new services and the techniques of home networking.

### Building regulations

In 1902 the Dutch government introduced the Housing Act (“Woningwet”). These technical regulations applied both to existing and newly to be built houses. The Dutch building industry has had a long tradition in experiments and innovations from the 19<sup>th</sup> century on. The Housing Act was based on this. The purpose was to avoid the building of houses below a minimum level of quality. Because of technical progress these regulations have many times been updated over the years [Ref 18]. In 1946 the V&W (“Voorschriften and Wenken”) were introduced in addition to the Building Act. The process of adapting the V&W was much easier than updating the law. The V&W exerted great influence on the building quality of the Dutch housing stock.

In 1992 the constructional regulations of the Housing Act were included in the Building Decree (“Bouwbesluit”). The Housing Act remained in use as a lawful base for special purposes such as the re-allocation of land and the issue of building permits. Requirements with respect to the use of the regulations were adopted into the “Modelbouwverordening”. The introduction of the Building Decree also implied a step up to higher demands

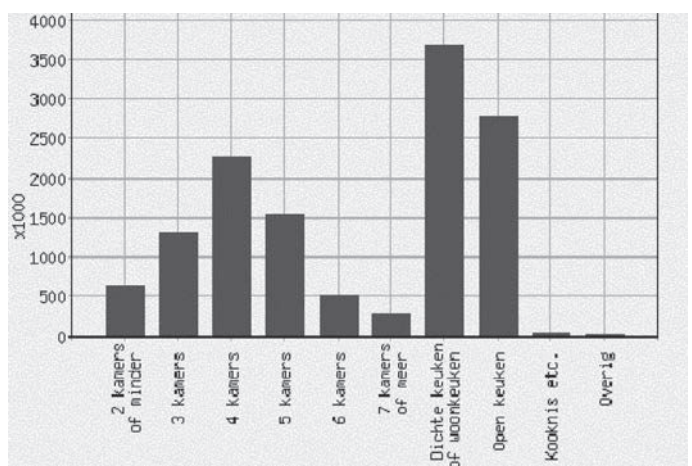
on safety, health and comfort. The latest revision was in January 2003. Figure 2 shows the composition of the Dutch building regulations [Ref 7]. The Building Decree refers to standards, defined by the Dutch Normalization Institute (NNI).

As the authorities check, that the builders apply these rules, we may expect houses to be built according to these regulations.

### Layout of Dutch homes

The number of rooms in percentage of the housing stock is given in fig 3 [Ref 3]. The ground floor of terrace houses mostly has three areas: the living room, the kitchen, a hallway with toilet and often a scullery or storage area. The upper floors consist of bedrooms and a bathroom, accessible through a landing that is reachable by stairs. The attic is mostly used to place the central heating boiler, washing machine and drier. It may be used for different purposes too.

Figure 3: Distribution characteristics of Dutch houses.



The floor area of the kitchen together with the living room is roughly 50% of the total living area [Ref 4]. The arrangement of ground floors was formerly appointed by NEN 2320 (1983).

Number of rooms	Percentage of total 6,5M houses
2 rooms or less	9,8 %
3 rooms	19,9 %
4 rooms	34,6 %
5 rooms	23,7 %
6 rooms	7,7 %
7 rooms and more	4,3 %

Figure 4: Number of rooms per house.

Concerning home networks this gives an idea of distances to cover for both the wired and wireless technologies. For services over wired technologies it may give an idea of the required number of access points.

## Building materials

In general the regulations only outline the specifications that building materials need to meet. They don't require the use of certain materials. In practice this leads to a long list of materials that are in use and have been used over the years [Ref 8]. The choice of materials is in the hands of architects or builders. Information on how often certain materials have been chosen is not available. Especially after the mid 80s it seems that hardly anything has been recorded. The only thing available is the general opinion of building experts.

Because of the risk of fire spreading, wooden houses for permanent (full year) residence are forbidden in the Netherlands. Therefore, there are hardly any wooden houses left. Only holiday resorts may be built up from wood. Wooden skeletons (HSB, Hout SkeletBouw) are permitted. This supporting construction needs to be covered in nonflammable materials, like brick walls, or plaster or gypsum board. Note that HSB may utilise steel beams in the construction. HSB houses are mostly detached and to be found in VINEX locations. In the Netherlands some 80.000 to 100.000 have now been built and this number grows with 5 % (2500 houses) a year [Ref 9]. Some 10 to 12% of the new houses are part HSB. The ground floor has a con-

crete skeleton and the upper floors are of the HSB type.

For wired networks further study of building materials is needed. Both reflection and penetration of signals are of interest. These may differ for the various frequency bands. For the installation of wired networks the feasibility of installation by do-it-yourselfers can be estimated. This may also require further study of these installers and the tools that are usually available.

## Floors

Most experience with reinforced concrete originates from the building of bunkers during the Second World War. Before the Second World War the great majority of floors was made of wood, both in apartments and in terrace houses. After the war apartment floors were almost exclusively made of concrete. To achieve larger spans and stiffer constructions, meshed iron mats always reinforced this concrete. Both shingle and the iron mat make drilling in the floor very hard. Currently they can be found in 50% of the existing terrace houses and 70% of the existing apartments. 80% of the new terrace houses and all new apartments have reinforced concrete floors [Ref 10]. The rest is still wood.

Floors may contain all kinds of materials. Iron, copper and plastic tubes, to carry water electricity, gas or e.g. floor heating. Floors of small rooms, like the toilet and bathroom, may use dovetail steel plates to carry a tiled floor. This construction can be recognized because its elevation, which is nearly inevitable in this construction. If this construction is not being used, the floor of a bathroom will need an earth grid with a 10 x 10 cm mesh.

In general, reinforced concrete floors form a shield for wireless transmission and are hard to penetrate with drilling machines used by do-it-yourselfers. Other types of floors pose fewer problems.

## Walls

Apart from bricks, from the 60s on concrete and in some towns reinforced concrete was also used for supporting walls.

For non-supporting walls, all kinds of mixtures of concrete, plaster, pumice powder and similar materials have been used over the years. The aim was to find a strong, sound insulating and

lightweight material, cheap in both production and installation. In modern houses plaster blocks (70 - 100mm width) are most widely used [Ref 11]. Also metal-stud walls with light iron beams and gypsum board have been used for partition walls.

For wooden kitchen walls sometimes reinforced construction materials are used to enable support of heavy cabinets.

Except for concrete walls most walls attenuate radio signals, but generally allow transmission of the current home networks wireless. Drilling holes in most walls is possible, but we do see reluctance in do-it-yourselfers.

### Other materials

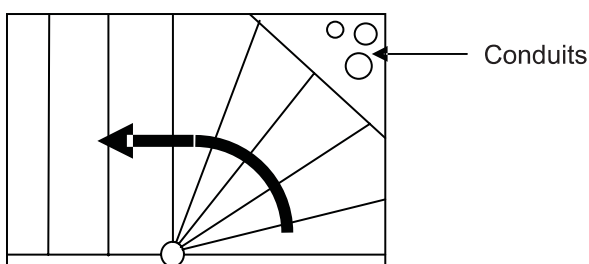
Insulation materials are in use to achieve energy savings and noise reduction. For fire resistance in single-family dwellings a thickness of 30 mm is used, whereas in apartment buildings 40 mm is required [Ref 11]. Mostly rock wool is applied, in the form of plates or blankets. This material may be built up with an aluminium top layer for moisture protection [Ref 12].

### The staircase, an opportunity

Multi-storeyed houses often have a staircase that bends 90 degrees (fig. 5). The left over corner is a channel that may run from the attic to the basement. It often holds pipes for plumbing and other facilities. There is always enough space for additional wiring. This is not only true for new houses but can quite often also be accessed in existing houses. It offers an excellent opportunity for do-it-yourselfers.

Concrete floors may seriously attenuate the transmission of LANs. The staircase bursts through this barrier. An option to achieve LAN coverage for both storeys using a single base station is placing it in the well hole.

Figure 5: The staircase in multi-storeyed houses.



### The metering cupboard

Since 1924 a drinking-water supply is required when a house is within a range of 30 meters from the public utility conduits. The introduction of electricity and urban gas in the 1930's required meters and a fuse box in the house. Two 'inspectors', one for gas and one for electricity laid down the locations. The fuse box and electricity meter were most of the times placed against the wall in the hallway or corridor and sometimes in the living room. For electricity a cupboard was seldom required. However, it was required for gas. This box was normally installed in the kitchen, living room or even in the bedroom, as most often there was no space in the corridor. The initial capacity of these utilities was limited as gas was only used for cooking and electricity only for lighting one lamp per room.

The merging of electricity and gas companies into one public utility led to the metering cupboard and its regulations, as we know them today. Most of these cupboards were spacious and with small measuring equipment and installations. The space was needed to achieve easy access. Nowadays, the additional space is often used to store household equipment like the vacuum cleaner and the ironing board. However, this use is against the directives stated by the public utility companies [Ref 14].

According to the V&W of 1965 metering cupboards do have minimum inner dimensions of 31 x 75 x 210 cm (depth x width x height) [Ref 15]. (For one family housing smaller cupboards were permitted.) [Ref 16]. Of the percentage of houses built since, we can estimate that 60% of the current metering cupboards satisfies this guideline. Later the arrangements within the cupboard became subject to requirements: NEN 3679 (1980), NEN 3678 (1985), NEN 2768 (1991; 1998) [ref 17].

The position of the metering cupboard has been established through the Building Decree. It must not be accessible from the living areas and/or bathroom or toilet. It must be within three meters behind the main entrance to the house. For these reasons, this cupboard can mostly be found in the hallway or corridor, behind the front door. According to NEN 2678 it must be located between the outer dividing construction to keep out the rain.

According to NEN 2768 different requirements apply for stacked apartments. Often the public utilities enter the building at a central point and are

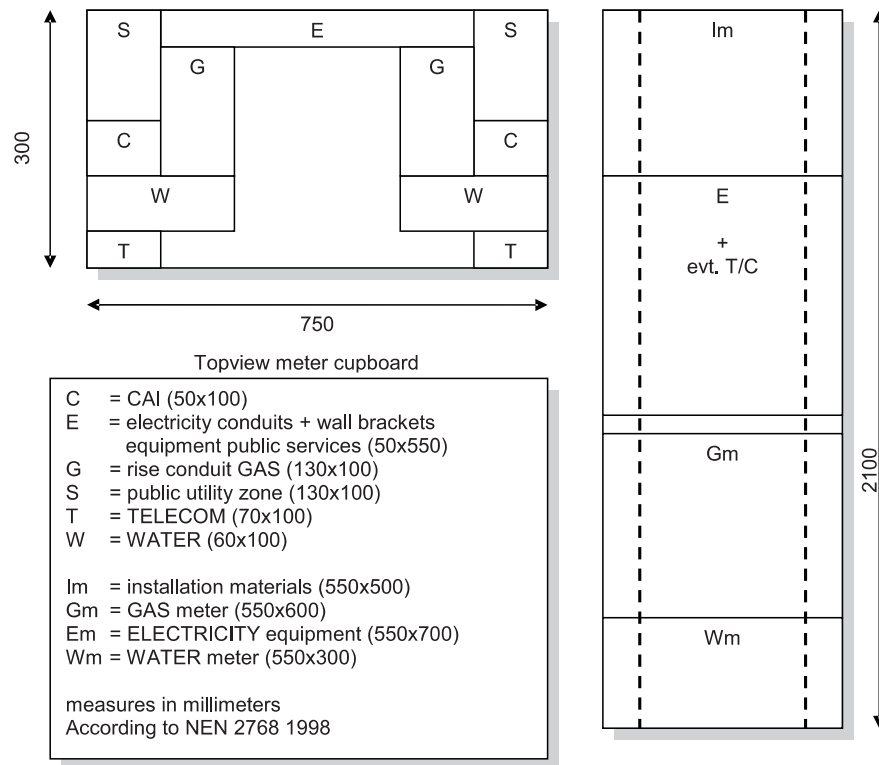


Figure 6: Metering cupboard according to NEN 2768 (1998).

distributed from there to the individual homes. When metering cupboards are above each other, they are located perpendicularly. In this case the cupboards are also used to transport the vertical piping for gas and electricity. In case the cupboards are not in line an external, separate shaft must be used to put the rise conduits through to the next floor.

In the home networks profession, an often-heard opinion is that the Residential Gateway, the heart of the home network, should be placed in the metering cupboard. After all most houses do not have a domotics cupboard. Others note that adding private equipment is against the current regulations. At the moment we do not see a best solution for this issue. In our field trial in Rotterdam we have seen that it was often impractical to place the Residential Gateway in the metering cupboard. However, a remark must be made about this field trial. There we used simple, temporary solutions. For a permanent network, a board with equipment under the couch e.g. is not acceptable [Ref. 12].

### Mains distribution within the house

Up to the 1920s the houses for the upper classes were equipped with a gaslight installation. During electrification many of these pipes were used for

electrical wiring. By now these pipes and wires are left unused. When found the pipes may be used to carry parts of a home network. The houses for the lower class did not have a gas installation. The tenants used oil lamps for lighting. When water and electricity supply came, iron and lead pipes were mostly mounted onto the walls instead of laid down in the walls. These pipes could later easily be removed.

For electricity an ad hoc lay out was used [Ref 19]. In 1934 the requirements of the NEN 1010 standard (safety regulations for low-voltage) came into force. As materials improved these requirements have changed many times since.

Over the years three types of distribution networks for electrical mains wiring have been used:

- Traditional system
- Central box system
- Modified central box system

The traditional system originates from before the standardization. The connection boxes were mostly installed in the main conduit, which was positioned in the corridor or hallway. At that time the electrical installation was quite sober, and in



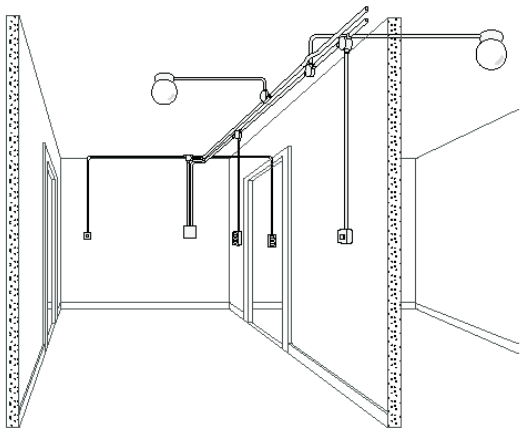


Figure 7: Mains wiring according to the traditional system.

general existed of a power point per room and a switch, sometimes combined with a wall socket.

From 1950, the NEN 1010 required the central box system to have better-organized installations [Ref 19]. In the central box system every room gets a central connection box in the middle of the ceiling. These boxes are daisy chained per group. In the classic central box system the junction boxes are installed above each lighting point. Besides the clarity another advantage is the convenient way to pull the wires. The additional cost, disadvantage of the system, was accepted.

The aim to reduce the costs has led to the modified central box system. The main difference is the location of the central box. In order of preference this can be:

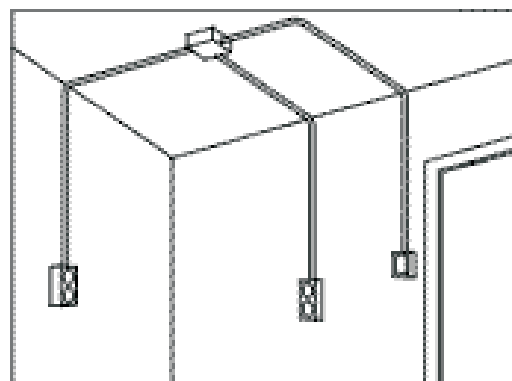
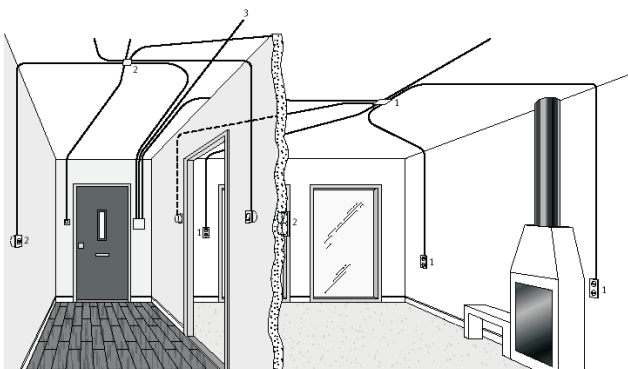
- Above the lighting points;
- Behind the wall sockets and/or switches;
- In closets or other places, where boxes can be put out of sight without objection and recovered and accessed quite easily.

In both the central box system and the modified central box system, the central boxes of several rooms are cascaded and form one group. Each group has an individual fuse in the metering cupboard. For washing machines, electric cookers etc. additional groups are installed. In these cases an individual tube runs directly from the metering cupboard to the individual socket for this device. Most houses have three to seven groups. In houses connected to more phases, each phase feeds one or more groups. (The meaning of the phases will be explained in the next paragraph). Any tube or box is only allowed to carry wires belonging to one group. Phase and return wire need to be in the same tube (to reduce the external electrical and magnetic fields) [Ref 20].

The minimum number of sockets and lighting points required by NEN 1010 has increased with every new version. The position of switches and sockets on the wall was never a subject of regulation. In the older installations, the switches whether or not combined with an outlet, were placed at 150 cm above floor level. Outlets without switch were placed at 80 cm above floor level. Later, apart from practical and safety reasons, aesthetics played a part in this positioning as well. Built-in equipment came into fashion and everything had to be either at one height, or outlets had to be placed just 20 to 30 cm above floor level to keep unused outlets out of sight and avoid flying leads.

Many additional extensions made by do-it-yourselfers are not in compliance with the rules. Dramatic faults can be seen, like poor quality flex in vulnerable places and even bypassing the fuse in the metering cupboard [Ref 21].

Figure 8: Mains wiring according to the central box system.



## Modification in mains wiring

In newly built houses additional empty pipes (tubes) may be available for future applications. In practice some pipes may be hard to use. The joints in the pipe between the wall and the floor may have leaked while filling the formwork with concrete. If this is being noticed before the house is surrendered, the joint can easily be opened. Later, as the house is occupied, no drawings are available; wallpaper, paint and floor are in perfect condition, and then this may be a very unappealing option.

In practice adding a wire requires good fortune. The flexible pipe, used in the joints between the wall and ceiling of modern houses has a smaller inner diameter than the standard pipe (5/8 inch). In addition, the pipe is built from ribs rectangular to the direction of the wires. The tension spring, used when installing, has difficulty passing this. Quite often the only way solution is removing the existing wire and installing a total group of new wires. By doing this it is quite usual for the electrician to hang on the pulling cord with his full weight. Standard installation wire has been designed to withstand these forces [Ref 23].

Reinstallation of the electrical wiring should always be possible according to NEN 1010. All boxes should remain reachable. In practice boxes may be hidden behind wallpaper or panels, only reachable at considerable costs. Another risk may occur within wooden floors. During renovation the always hasty electrician has filled the pipes with wires and then screwed the pipes against the wood for beams. When he has not done this firmly the joints between the sections of pipes may slide out during reinstallation. Then removing the floor covering and opening up the floor becomes unavoidable.

POF (Plastic Optical Fibre) may be added to existing tubes to provide a transmission path between

rooms. Fibre is an electrical insulator so safety with respect to the mains is guaranteed. One way of using these fibres is to feed wireless base stations. This way wireless transmission overcomes walls or floors that block the signal. Moreover, this solution does not require any drilling of holes. We do have, however, doubt about simple installations by the do-it-yourselfer.

## Mains distribution to the house

Neighbourhoods are powered by 10 kV to 230 V transformers. This is achieved in a three-phase system on four wires. The neutral (0) wire is grounded at the transformer, and in some networks again in every house. The other wires each carry the 230 V, 50 Hz sinus voltages, whereby the sinus of each phase is shifted over 120 degrees. These are called the R, S, and T phases.

Most houses are supplied over one of the three phases of the power distribution system. Streets are generally laid out like drawn below. The first house has been connected to phase R, the second to phase S and the third to phase T. This is repeated again and again. Exceptions may occur when houses were merged in the past, when they have been split up or when additional houses were built in the extreme large gardens of old houses.

Only in large villas and on special request a three-phase installation was installed. The reason for this was the need for more power, mostly used for electric heating, cooking or machinery requiring a rotary motor. Pottery (electrical oven) and e.g. hobbies that require a lathe make that three-phase installations can even be found in apartments.

Figure 9 shows why baby alarms, that use the mains for the audio connection, often do not work in the adjacent house, while they do work with some other houses in the street.

Figure 9: Common power supply lay out on street level.



The power suppliers do not permit private communication over the mains network. In some systems high frequency sinus tones have already been in use for decades to switch on and of night rate electricity. Tests have been done to provide Internet access over the mains, whereby RF radiation turned out to be a major problem. The future of this transmission path is still unclear.

## High frequency transmission on mains wiring.

Mains wiring provides a high frequency transmission path with vague parameters (fig. 10 is an example). The impedance of the line may be several ohms to several kilo ohms. It may behave capacitively or inductively. And all parameters will change every time a household device is switched on or off.

The high frequency attenuation over the mains between the houses is firstly determined by this phase configuration. The second aspect is the attenuation inserted by the power meter. Up to now almost all meters are of the electromechanical type. They contain a coil inserted in the line, see figure 11. Together with the capacity of the wiring inside the house and outside the house a low pass filter with unknown properties is formed.

It is obvious that the insulation between two houses on the same phase is two cascaded filters, whereby one capacitor is shared. New electronic meters, not containing this coil, have hardly been used yet, but are coming.

The high impulse noise caused by the switching causes a problem. Appliances need to meet requirements, but switches do not, and old or equipment often does not either. The noise suppression of a device may be defective, while the user doesn't notice anything. The main problem, however, and the hardest to solve, is RF radiation from the

Figure 10: Example of a line transfer function.

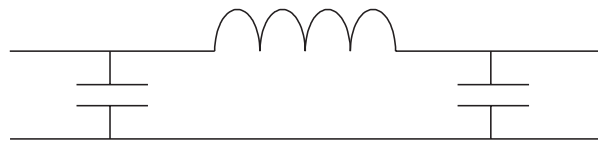
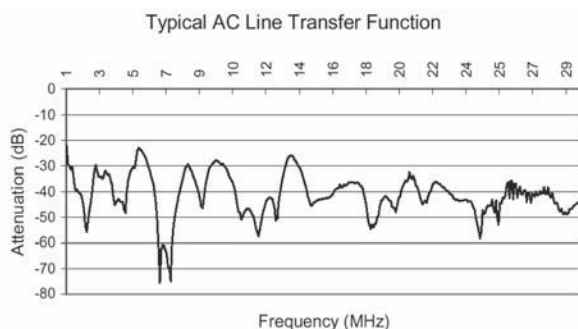


Figure 11: Coil inserted in line.

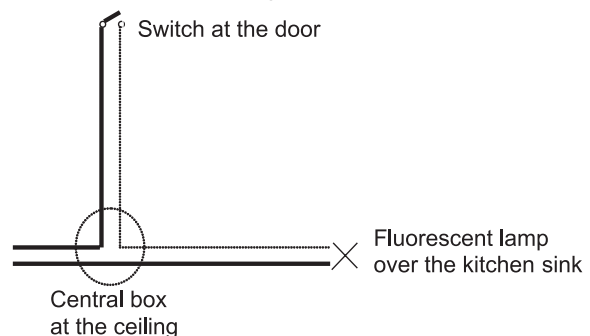
wiring, as this interferes with radio systems. To meet the CIPR 16 requirement the power of the transmission system needs to be very low. Due to the same problem, the aerial function, the HF noise induced by RF systems will be very high. Both effects multiply. The signal to noise ratio decreases quadratically with a linear increase of the antenna function. Serious interference can be seen for example near radio and TV transmitters.

Both wires in the system always need to be in the same pipe to reduce the antenna effect. However, in spite of that there is always an antenna effect that increases with frequency. Real problems occur in for instance the following situation. Consider an application that has high impedance for all frequencies while it is in the "off" state, e.g. a fluorescent lamp. As long as the switch is open the two wires to the switch and to the lamp go separate ways and form an excellent antenna for a broad frequency spectrum.

The acceptable radiation is still a topic of discussion. In spite of all proposals for requirements (like the CIPR 16 mentioned) a good overall view of interference problems in daily life is still missing.

Mains outlets are available everywhere and many domotics and home networking applications have a power cord anyway. This is the major advantage of using the mains for the data network. On the other hand, using the mains is not without hurdles especially for appliances that require streaming audio and video.

Figure 12: The wires to the fluorescent lamp over the kitchen sink and to the switch next to the floor door form approximately a Yagi antenna.



## Telephony wiring

Up to the 1950s the telephone was a wall-mounted device, often placed in the hall way or in the corridor. Telephony was considered to be a replacement for receiving people at the door. In old houses termination of the ground cable is often still found in the hall or corridor [Ref 24].

In the 1950s and 1960s the use of telephony gradually changed from a concise to the social function it has today. This also led to a table model telephone placed in the living room. Consequently, in many houses built in that period the ground cable ends in the living room or under the floor. The phone was permanently connected to a box in the wall. You could not disconnect it. And it was prohibited for the telephony subscriber, to make any changes to the wiring.

Up to 1958 a telephone line was only installed on request of the subscriber. With the introduction of the new process STAPN58 (STandaard AansluitPunten 1958) all newly built homes got a line pre-installed. Wiring for a connection to rediffusion (draadomroep) was included in this system [Ref 25].

From the early 1970s the PTT has recommended the metering cupboard as the entry point for the telephone cable into terrace houses. Here the well-protected ground cable was connected to a thinner home cable. In apartment buildings this function is realised for all telephone lines together somewhere in the basement of the building. The line enters the home through a pipe in the living room. From 1972, building requirements have demanded an additional telephone tube from the living room to the main bedroom, to allow for a second telephone [Ref 26]. These tubes can also be utilised for additional home network cables.

On average, European homes have 1.7 fixed phone access points [Ref 27].

With respect to home networks we see two approaches for telephony. It is technically possible to include telephony in the network. In this case the existing telephony cable will be superfluous. However, currently the reliability cannot meet that of the existing telephone. An example is the ability of a telephone to function during a power failure.

There is another approach to the use of the existing telephone as part of the home network. HomePNA is currently the dominating company offering this technique.

Although it is not forbidden anymore, it is not recommended to apply unused wires in telephone cables for home networking. The crosstalk between the wires may cause interference. However, often telephone cables run through tubes, holes and other spaces that are wide enough to carry an additional cable. This poses an excellent opportunity.

## Aerials for Radio and Television

In the 1930s radios were still expensive. In those days private companies started with the exploitation of wired radio distribution systems. A single radio could feed loudspeakers in many houses. During the war these systems were nationalized by the German occupying force (together with the telephone networks) and given in exploitation to the PTT. Radio distribution functioned up to 1968. Switches, boxes and wiring can still be found, especially from the 1958 to 1968 period, when the system was integrated with telephony [Ref 25]. The telephony part is still in operation.

Television was introduced in October 1948. Flat antenna cables were installed along the outside of houses and antennas were mounted against chimneys. Around 1956 the medium became popular and the number of aerials on rooftops increased rapidly. During every storm many aerials and brickwork of chimneys were damaged.

In new apartment buildings a common antenna system (GAIN, Gemeenschappelijke Antenne Inrichting) was installed [Fig.13]. These GAIN were illegal according to the "Telegraaf- en Telefoonwet 1904" but in spite of that officially regulated by the PTT [Ref. 25]. Since 1978 these systems have been prohibited for new installation. By now they are all out of service, but most are still present. They are coaxial daisy chained networks. The pipes offer a great opportunity for data network.

In the fifties and sixties the great demand for new houses led to new building sites surrounding the old towns. High apartment buildings screened the centre of the towns from good television reception. To solve this central antenna systems (CATV, in Dutch CAI: Centrale Antenne Inrichting) as we know them now were introduced. About 96% of

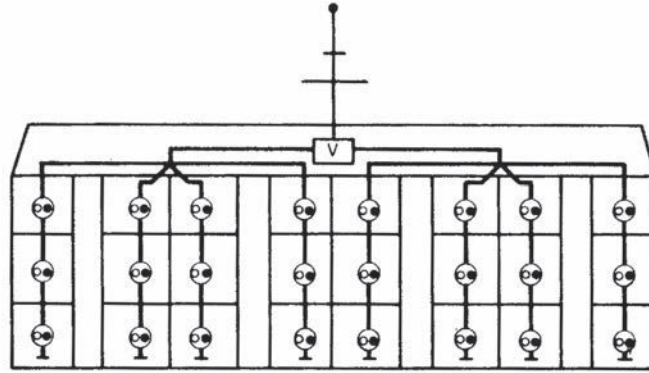


Figure 13: A GAI (Gemeenschappelijke Antenne Inrichting).

the Dutch families have nowadays a CATV subscription [Ref 28].

CATV was designed to service existing houses. Due to attenuation in the coaxial cables, these cables needed to be as short as possible. Therefore, they were put in ducts on the outside of the living room of the existing apartment buildings. From a common star point individual cables were installed to the various floors. A hole in the wall then led directly to the corner of the living room that is most suitable for the television. Newly built houses were wired using the same configuration with pipes inside the walls. In today's up-market apartment buildings the CATV cable enters the house in the metering cupboard. The cost of additional wiring and amplification is accepted. Most rooms are equipped with two tubes, one for telephony and one for CATV leading to several points in the rooms. For more than two outlets an additional amplifier is needed in the metering cupboard.

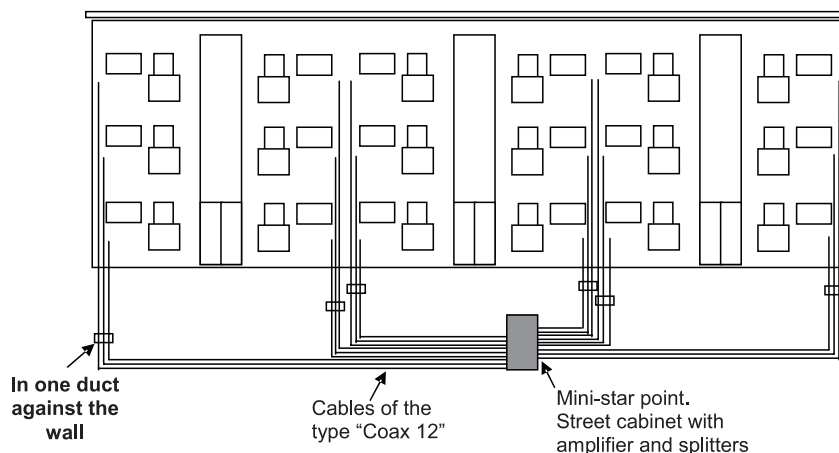
The same principles are applicable to terraced houses. In older houses the cable runs via the shor-

test possible route to the outside of the living room and enters the house through a hole in the wall behind the television. Nowadays the cable enters the house in the metering cupboard.

The concept of individual cables from the street cabinet to the living room of the homes is called the mini-star concept. It is legally required in most of Europe. It allows for one passive signal splitter and ten meters of coaxial cable behind the AOP (Abonnee Overgave Punt, subscriber transfer point). A second outlet can be connected using a cable running from the place of the main TV. The cable is thick and stiff and therefore hard to install if invisibility is desired. (Cable using the original spec has a bending radius of 12 cm). Installation in most houses is very amateurish. When this cable is used in pipes there is generally no space left for additional cables.

Cable television companies offer additional services (telephony, internet access) on top of the television service. If there is no need to transport this throughout the house, certain frequency bands

Figure 14: CAT in apartments.





may be made available to transport data for the home network. HomePNA is the main company that has this on offer. There is, however, a snake in the grass. The signal may leave the home over the entering coax cable. Especially in daisy chained networks undesired reception in adjacent houses is feasible. An appropriate filter at the entry point in the house can avoid this.

### Miscellaneous networks.

In a terrace house the doorbell is connected to a button and a transformer. In apartment buildings this is an extensive network that also includes a door opener, a voice connection and sometimes a video link.

The burglar alarm is often a network completely separated from all other networks. This is required by the insurance companies to qualify for a reduced contribution. However, in practice these requirements are known to be negotiable [Ref 29].

Fire alarm in private buildings has been regulated by NEN 2555 [Ref 30] since 2002. The access areas on all floors should be equipped with a smoke detector. These detectors are interconnected and should be powered from the mains. Any detector can switch on all the alarms. One of the requirements is that this network must be completely separated from all other networks.

All these independent networks seem an ineffective use of materials. This could be re-arranged more cheaply with preservation of the reliability. However all the involved tubes pose an option for additional home network cables, because the required separation is only at the level of electrical interconnection.

### Conclusion

Home networking offers attractive services and may therefore become very popular in years to come. In new to be built houses the contractor may offer the home network. It will be part of the building plan and implemented by a professional installer. However, the great majority of networks will be installed in existing houses by do-it-yourselfers.

Currently consumers select the technology for their home network on services, quality and price the products offer. They hardly ever consider the house to install it in. This may yield to a poor per-

formance, or the chosen technology does not work at all.

This article shows an enormous variety in building techniques. They all have their possibilities and limitations in relation to the available home networking technologies. There is no simple solution that fits all circumstances. On the one hand statistical information in this article may help to analyse the feasibility of certain home products or technologies. On the other hand the information may offer guidelines for the consumer to buy the most suitable equipment.

In general reinforced concrete walls and floors pose most problems, both for wireless systems as for cable installation by the do-it yourselves. POF (Plastic Optical Fibre) is a technology in which an additional fibre is installed in tubes of the mains. It is not on the market yet. We assume installation of this fibre may be quite hard in many cases. In most houses, however, empty tubes and existing holes are to be found or tubes that only carry a thin low voltage cable. These pose ad hoc solutions for the home network cables.

The metering cupboard is generally regarded as the place to put central network equipment like the Residential Gateway. But first of all, this is against the current regulations and secondly it may not be the most practical place. When TV-antenna and telephone for instance enter the house in the living room (behind the television), the Residential Gateway may well be positioned on top of the video recorder. Not to mention the option to integrate both devices. There is still a lot of useful research to be done in this field.

### Acknowledgements

This article contains a lot of information that could not be compiled without the help of many organisations and their specialists. There are too many to mention them all. However, the authors wish to express special thanks to the library of TU Eindhoven and the review of this article by Karel Dekker, TNO Bouw.

### References

- Ref 1 Mares, A.  
*Woningbouw trends*, Centraal Bureau voor de Statistiek, Zoetermeer; index no. 6, juli 2001.

- Ref 2 Bruggeman, L.A.  
*Kwalitatieve Woningdocumentatie (KWD) 1948-1980*, Ministerie van Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening, Zoetermeer; december 2001.
- Ref 3 Faessen, W; e.a.  
*Woningen en Woningkenmerken*, Centraal Bureau voor de Statistiek, Zoetermeer; Statline Database; index no. 6, juli 2001
- Ref 4 Koffijberg ea.  
*Woontechnische kwaliteit van de voorraad*, Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu; december 2001.
- Ref 5 Boer, J. den  
*Vergrijzing in Nederland*, Centraal Bureau voor de Statistiek, Zoetermeer; CBS Statline, juni 2002.
- Ref 6 Scholten, H.J.  
*Verhuisprocessen op de Nederlandse woningmarkt*, Rijksuniversiteit Utrecht, Geografisch Instituut; Utrecht, januari 1988.
- Ref 7 Veek, J.H. van der.  
*Checklist Bouwbesluit woningen en woongebouwen*, Stichting Bouw Research; Rotterdam, mei 2000.
- Ref 8 Venemans, A. en Berg, N. van den.  
*Sectie Bouwmaterialen*, Nederlands Normalisatie Instituut, Delft. Sectie Bouwmaterialen, juni 2003.
- Ref 9 Graaff, de.  
*Houtskeletbouw documentatie*, Vereniging voor Hout Skelet Bouwers; Delft, juli 2003.
- Ref 10 Dekker, K.  
*Toelichting bouwkundige aspecten Nederlandse woningvoorraad*, TNO Bouw, april 2003.
- Ref 11 Schaafsma, S.H; Tol, A. van. ea.  
*Scheidingsconstructies*, Uitgeverij Waltmann Delft, derde druk, 1982.
- Ref 12 Aasman, J; a.o.  
*The mobile in-home user experience*, Boom Publishers the Netherlands; Trends in communication, Sept 2002, p 31-49
- Ref 13 Tijmesen, W.  
*Rockwool product informatie*, Rockwool Benelux Holding, Roermond; e-mail juli 2003.
- Ref 14 Zwan, J. van der; Smies, K.  
*Over meterkasten in het verleden*, NNI en Nuon Warmte/T&P/SMS, Delft; document sms03113, 21 mei 2003.
- Ref 15 NEN 2768 (1998)  
*Meterkasten en bijbehorende bouwkundige voorzieningen voor leidingaanleg in woningen*, Nederlands Normalisatie Instituut, Delft; Sectie Meterruimten; 1998.
- Ref 16 Cañete, Francisco Javier; a.o.  
*Modeling and Evaluation of the Indoor Power Line Transmission Medium*, IEEE Communications Magazine, April 2003. p.41-47
- Ref 17 Diversen NEN normen  
*Technische ruimten in woningen en woongebouwen*, Nederlands Normalisatie Instituut, Delft; Sectie Meterruimten; 1998.
- Ref 18 Bussy, J.H. de; e.a.  
*Normalisatie in de woningbouw*, Het Nederlandsch Instituut voor Volkshuisvesting in zake normalisatie in den woningbouw; Amsterdam, 1920.
- Ref 19 Wijngaarden, R. van; Borgman, O.J.  
*Technische installaties*, Stam technische boeken, Culemborg; 1975, first published 1954.
- Ref 20 NEN 1010 (2000)  
*Veiligheidsbepalingen voor laagspanningsinstallaties*, NNI, Delft; Sectie Elektriciteitsvoorziening; first published 1934; 2000.
- Ref 21 anon.  
*Kwaliteit elektrische installaties*, Dutch Consumer Association, Den Haag; 1995.
- Ref 22 Pavlidou, a.o.  
*Power line communications: Stat of the Art and Future Trends*, IEEE Communications magazine, April 2003, p34-40.
- Ref 23 TKF Produkt Information  
*Installatie draad voor laagspanningsinstallaties*, Twentsche Kabel Fabriek, Haaksbergen; 1999.
- Ref 24 Knot, H.  
*Radio door een draadje*, Museum voor communicatie, den Haag; 2000.
- Ref 25 Schrijver, F.J.  
*De invoering van kabeltelevisie in Nederland*, Wetenschappelijke Raad voor het Regeeringsbeleid; Voorburg, 1983.
- Ref 26 Bakker, Th.  
*De Woningwet*, <http://home.hccnet.nl/th.bakker/Amsterdamseschool/woningwt.html>
- Ref 27 Tongeren, T. van  
*European homes need network help*, Consumer Technographics Europe; Forrester, June 2003.

Ref 28 Eenhoorn, B.J.  
*Telecommunicatie infrastructuur de "missing link"*, Nederlandse vereniging van bedrijfstelecommunicatie grootgebruikers, 2002.

Ref 29 anon.  
*Praktische toepassingen en regelgeving*, Nationaal Centrum voor Preventie, Houten; Ten Hagen Stam, December 2001.

Ref 30 NEN 2555 (2002)  
*Brandveiligheid van gebouwen – Rookmelders voor woonfuncties*, Nederlands Normalisatie Instituut, Delft; Sectie Brandveiligheid, 2002.

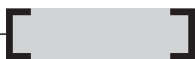
## Authors

Paul van Wijk is one of the managers in the Home Networks section of KPN Research. Starting in the Dutch PTT in 1980, he has been involved in both technical and commercial aspects of the cable television and telephony (POTS, ISDN, ADSL) network. He works nowadays as a specialist in the measurement system of the telephony exchanges. He was manager of the Home Networks field trial in Rotterdam and is currently involved in research on several aspects of home networking and access to the house. Standardization, plug and play installation and human factor aspects are his main interests. He worked as a consultant in home metering and in commercial chances of domotics. His interest in architecture and building techniques has also resulted in him designing his own home.



Peter Schoon is a student at the Technical University of Eindhoven, Department Building Services Engineering. He started studying Mechanical Engineering on high school and got interested in Building Services during his work placement. After finishing high school he decided to study Building Services Engineering combined with a part time job at a local Consumer Electronics distributor, Martek Electronics. Here e.g. he undertakes technical support on X-10 power line carrier installations and Xantech InfraRed signal processing systems. Domotics, custom installations and the affects of developments in home automation on human behavior are his main interests. Therefore, "how elderly care can take profit out of home automation and domotics?", is one of the issues he would like to treat during the rest of his study activities.





Technet is een vereniging van voornamelijk academici die in de hightech industrie werkzaam zijn in Delft, Leiden en Rotterdam. Iedere maand –op de derde dinsdag– organiseert Technet een themabijeenkomst of een bedrijfsbezoek. De bijeenkomsten duren in de regel van 17.00 tot 21.30 en zijn inclusief een maaltijd en een afsluitende borrel. Van de tachtig leden komen per bijeenkomst tussen de 25 en 40 personen.

Negentig procent van de leden komt meer dan drie maal per jaar naar een bijeenkomst.

## Een greep uit recente onderwerpen:

- Praktische toepassingen van DNA, van forensisch onderzoek tot genomics;
- Brandstofcellen en de waterstofeconomie;
- Bezoek aan TNO/TPD;
- Antibiotica, Delfts pionierswerk en de stand anno 2003
- Zonder techniek staat alles stil, Arie Kraaijveld, vz FME

## De komende maanden staat op het programma:

- di 21 okt Bezoek aan Priva Hortimation in De Lier, De Nederlandse Tuinbouw in 2015;
- di 18 nov Stabilisatie van emulsies in de levensmiddelenindustrie;
- di 16 dec Scile Experiments, Montague Keen en Bewustzijn in de materiële wereld - Door meten weten, prof Dick Bierman;
- di 20 jan Avond georganiseerd door nieuwe leden;
- di 17 feb Bijeenkomst samen met het NERG in de regio Delft.

De bijeenkomsten hebben een aantal vaste elementen: produkt van de maand, een presentatie van vier minuten over een recent projekt van één van de leden, elevator pitches: voor degenen die voor het eerst komen, in zestig seconden jezelf

introduceren voor de groep en iets verrassend vertellen.

Het doel van Technet is dat personen werkzaam in de hightech industrie elkaar op informele wijze leren kennen. Het bestuur faciliteert hierin door kwalitatief hoogwaardige avonden te organiseren en regelmatig met andere organisaties samen te werken (VNO, NERG, Stichting Delft Kennisstad, ICT Kring Delft). Eind dit jaar zal er een Jaarboekje worden gepubliceerd met een overzicht van alle bijeenkomsten van het afgelopen jaar en een uitgebreide ledenlijst.

De leden van Technet zijn automatisch aangesloten bij de Kennistelefoon.

## Interesse?

U kunt zich aanmelden op de website, lidmaatschap [na strenge ballotage....] kost € 350/jaar, een keertje een avond bijwonen [mèt elevator pitch] kan ook: € 35.

W: [www.technetdelft.nl](http://www.technetdelft.nl)

T: 015 268 25 99

E: [zeltse@delftmeasurementsystems.nl](mailto:zeltse@delftmeasurementsystems.nl)

## Kennistelefoon

Gratis ½ dag research en in 48 uur antwoord 'DELFT' beantwoordt innovatie-vragen MKB

Delft, 22 september - Hoe bevestig je aluminium aan koper? Hoe kun je voedsierkonijnen storingsvrij elektronisch identificeren? Innoverende ondernemers in het midden- en kleinbedrijf kunnen met natuurwetenschappelijke vragen voortaan in Delft terecht. De site [www.kennistelefoon.nl](http://www.kennistelefoon.nl) garandeert binnen 48 uur antwoord van een gezaghebbende specialist en stelt vragenstellers - voor de rest van dit jaar - een halve dag research gratis beschikbaar. Delft wil door een beter contact met het MKB de Nederlandse kenniseconomie helpen stimuleren.

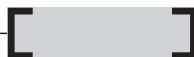
Ook het ministerie van Economische zaken heeft plannen voor een innovatiesite.

Bij [www.kennistelefoon.nl](http://www.kennistelefoon.nl) zijn ruim tachtig hightech instellingen en bedrijven uit de regio Delft aangesloten, waaronder TU Delft, TNO, IHE, het Nederlands Normalisatie Instituut, Deerns en het WL (voorheen Waterloopkundig Laboratorium). Innoverende MKB-ers kunnen daardoor een beroep doen op de kennis van ruim honderd specialisten op de gebieden biotechnologie, elektrotechniek, industrieel ontwerpen, klimaatbeheersing, natuurkunde, meetsystemen, offshore, optica, productontwikkeling, scheikunde, software-ontwikkeling en werktuigbouwkunde. De Kennistelefoon wil producten en productiemethoden helpen verbeteren maar kan ook speur- en ontwikkelingswerk doen. In de aanlooperperiode (juli en augustus) werden behalve bovenstaande, vragen beantwoord over de mogelijkheid GPRS-berichten door te sturen naar een taxise telefoon, een manier om tijdens het brouwen van bier de suikerconcentratie in de gisttank te monitoren en de ontwikkeling van een beter koffieconcentraat. De Kennistelefoon is

een initiatief van Technet, vereniging van Delftse, Leidse en Rotterdamse hightech instellingen en bedrijven, en wordt financieel gesteund door de gemeente Delft en de stichting Delft Kennisstad.

Het ministerie van Economische Zaken en innovatienetwerk Syntens zijn in augustus een proef gestart voor een vergelijkbare website: Innovatienet. Deze site wordt gedurende twee jaar ontwikkeld en getest in samenwerking met de Metaalunie, de Nederlandse Rubber- en Kunststoffindustrie (NRK), de grafische industrie (OPPD) en de FOCWA en gaat medio 2005 officieel de lucht in. Ir. Karel Zelisse, voorzitter van de Kennistelefoon, is verbaasd dat dit twee jaar moet duren en drie miljoen euro moet kosten. "Daarvoor krijg je dan straks een database aan de lijn, terwijl de Kennistelefoon je direct met een expert in contact brengt."

W: [www.kennistelefoon.nl](http://www.kennistelefoon.nl)





# Proefschriften



## Voorwoord van de redactie

Hieronder treft u een overzicht aan van de proefschriften behorende bij de promoties in 2002 en 2003 aan de Technische Universiteit Eindhoven, de Universiteit Twente en de Technische Universiteit Delft. Hoewel de redactie heeft gestreefd naar volledigheid, kan zij niet garanderen dat de hier gegeven informatie volledig is. Het blijkt namelijk ieder jaar weer moeilijker te zijn de gewenste informatie boven tafel te krijgen. Desalniettemin hopen wij u met dit overzicht van dienst te zijn. Wanneer u geïnteresseerd bent in een proefschrift dan verwijzen wij u graag door naar de bibliotheek van de universiteit waar de promotie heeft plaatsgevonden. Onderstaand vindt u de adressen: Voor verdere informatie verwijzen wij u door naar de bibliotheek van de universiteit waar de promotie heeft plaatsgevonden. Onderstaand vindt u de adressen:

Centrale Bibliotheek TUE  
Postbus 513  
5600 MB Eindhoven  
<http://vubisweb.tue.nl/N/scripts/mgwms32.dll?TS=LD&LOC=BSE>

Bureau Universiteitsbibliotheek Twente  
Postbus 217  
7500 AE Enschede  
<http://www.el.utwente.nl/onderzoek/promoties.shtml>

Centrale Bibliotheek TUD  
Afdeling Periodieken en Ruil  
Schuttersveld 2  
2611 WE Delft

## Technische Universiteit Eindhoven

### *Digitale systemen en digitale schakelingen*

FORMAL TECHNIQUES FOR VERIFICATION  
OF COMPLEX REAL-TIME SYSTEMS

M.C.W. Geilen  
8 oktober 2002  
Promotors: prof.ir. M.P.J. Stevens  
prof.dr. J.C.M. Baeten  
Copromotor: dr.ir. J.P.M. Voeten

## ON DIAGNOSING FAULTS IN DIGITAL CIRCUITS

S.C. Hora  
25 november 2002  
Promotors: prof. ir. M.T.M. Segers  
prof. ir. M.P.J. Stevens

## CONSTRUCTIVE TOOL DESIGN FOR FORMAL LANGUAGES FROM SEMANTICS TO EXECUTING MODELS

L.J. van Bokhoven  
28 november 2002  
Promotors: prof.ir. M.P.J. Stevens  
prof.dr.ir. J.E.Rooda  
Copromotor: dr.ir. J.P.M.Voeten

ARCHITECTURE DESIGN OF VIDEO  
PROCESSING SYSTEMS ON A CHIP

E.G.T. Jaspers

24 april 2003

Promotors: prof.dr.ir. P.H.N. de With prof.dr.ir.  
J.L. van Meerbergen Copromotor:  
dr.ir. J.T.J. van Eijndhoven

---

*Meet- en Regeltechniek*

COMPUTER ASSISTANCE IN ORTHOPAEDIC  
SURGERY

R.J.E. Habets

4 november 2002

Promotors: prof.dr.ir. A. Hasman  
prof.dr.ir F.A. Gerritsen  
Copromotor: dr.ir. J.A. Blom

---

MODEL-BASED PRODUCT QUALITY CON-  
TROL APPLIED TO CLIMATE CONTROLLED  
PROCESSING OF AGRO-MATERIAL

G.J.C. Verdijck

28 januari 2003

Promotors: prof.dr.dipl.-ing. H.A. Preisig  
prof.dr.ir. G.van Straten

---

GUIDELINE-BASED DECISION SUPPORT IN  
MEDICINE. MODELING GUIDELINES FOR  
THE DEVELOPMENT AND APPLICATION OF  
CLINICAL DECISION SUPPORT SYSTEMS

P.A. de Clercq

24 juni 2003

Promotors: prof.dr.ir. A. Hasman  
prof.dr. H.H.M. Korsten  
Copromotor: dr.ir. J.A. Blom

---

*Elektronica*

HIGH-FREQUENCY OSCILLATOR DESIGN  
FOR INTEGRATED TRANSCEIVERS

J.D. van der Tang

4 december 2002

Promotors: prof.dr.ir. A.H.M. van Roermund  
prof.dr.ir. W.M.G. van Bokhoven  
Copromotor: dr.-ing. D. Kasperkovitz

---

*Telecommunicatie*

TIMING RECOVERY TECHNIQUES FOR  
DIGITAL RECORDING SYSTEMS

J. Wang

5 december 2002

Promotors: prof.dr.ir. J.W.M. Bergmans  
prof. D.S.H. Chan  
Copromotor: prof. T.C. Chong

---

WEIGHTING TECHNIQUES IN DATA  
COMPRESSION : THEORY AND ALGORITHMS

P.A.J. Volf

13 december 2002

Promotors: prof.ir. M.P.J. Stevens  
prof.dr.ir. J.P.M. Schalkwijk  
Copromotor: dr.ir. F.M.J. Willems

---

A TWO-WIRE ANTENNA SYSTEM FOR  
DETECTING OBJECTS IN A HOMOGENEOUS  
DIELECTRIC HALF SPACE

S.H.J.A. Vossen

23 april 2003

Promotors: prof.dr. A.G. Tijhuis  
prof.dr.ir. H. Blok  
Copromotor: dr.ir. E.S.A.M. Lepelaars

---

**Universiteit Twente**

*Digitale systemen en digitale schakelingen*

REAL-TIME MULTIPROCESSOR ISO SURFACE  
VOLUME RENDERING

M.J.S. van Doesburg

9 mei 2003

Promotor: prof.dr.ir. C.H. Slump

---

FULL SCAN TESTING OF HANDSHAKE  
CIRCUITS

F.J. te Beest

21 mei 2003

Promotors: prof.dr.ir. T. Krol  
prof.dr.ir. C.H. van Berkel

---

### *Meet- en Regeltechniek*

#### THE RETRIEVAL OF GEOMETRICAL 3-D EDGES FROM MULTIBAND CAMERA IMAGES

J.C. Glas

13 september 2002

Promotor: prof.dr.ir. P.P.L. Regtien

---

#### FINGERPRINT IDENTIFICATION - FEATURE EXTRACTION, ELASTIC MATCHING AND DATABASE SEARCH

A.M. Bazen

18 september 2002

Promotors: prof.dr.ir. C.H. Slump  
prof.dr.-ing. O.E. Herrmann

---

#### VIBRATION CONTROL OF HIGH-PRECISION MACHINES WITH ACTIVE STRUCTURAL ELEMENTS

J. Holterman

27 september 2002

Promotor: prof.dr.ir. J. van Amerongen

---

#### POSTURAL STABILITY AND MOVEMENT CONTROL IN PARAPLEGIA

J.H. van der Spek

30 oktober 2002

Promotors: prof.dr.ir. P.H. Veltink  
prof.dr. H.B.K. Boom

---

#### INERTIAL SENSING OF HUMAN MOVEMENT

H.J. Luinge

30 oktober 2002

Promotors: prof.dr.ir. P.H. Veltink  
prof.dr.ir. P. Bergveld

---

#### DISTRIBUTED THERMAL MICROSENSORS FOR FLUID FLOW

J.J.J. van Baar

13 november 2002

Promotors: prof.dr. M.C. Elwenspoek  
prof.dr.ir. P.P.L. Regtien

---

#### ANGIOGRAPHIC IMAGE ANALYSIS TO ASSES THE SEVERTY OF CORONARY STENOSES

M. Schrijver

4 december 2002

Promotor: prof.dr.ir. C.H. Slump

---

#### ULTRASONIC DISTANCE DETECTION IN SPINAL CORD STIMULATION

E.A. Dijkstra

27 februari 2003

Promotor: prof.dr.ir. P. Bergveld

---

#### MOTION DETECTION AND OBJECT TRACKING IN IMAGE SEQUENCES

Z. Zivkovic

5 juni 2003

Promotor: prof.dr.ir. P.P.L. Regtien

---

### *Elektronica*

#### SYSTEM-LEVEL TESTING OF EMBEDDED ANALOGUE CORES IN SOC

L. Fang

12 juni 2003

Promotor: prof.dr.ir. T. Krol

---

### *Telecommunicatie*

#### NOVEL METHODS TO CALCULATE GUIDED & RADIATION MODES IN SLAB & CHANNEL WAVEGUIDES

S.B. Gaal

19 december 2002

Promotors: prof.dr. Th. Popma  
prof.dr. P. Richter

---

#### POLYMERIC COMPONENTS FOR OPTICAL COMMUNICATIONS

M.B.J. Diemeer

14 februari 2003

Promotor: prof.dr. Th. Popma

---

TOWARDS AN ALL-OPTICAL WDM SLOTTED  
RING MAN

D. Dey  
19 juni 2003

Promotors: prof.ir. A.C. van Bochove  
prof.ir. A.M.J. Koonen

---

*Halfgeleidertechniek*

PASSBAND FLATTENED BINARY-TREE  
STRUCTURED ADD-DROP MULTIPLEXERS  
USING SiON WAVEGUIDE TECHNOLOGY

C.G.H. Roeloffzen  
25 september 2002

Promotor: prof.dr. Th.J.A. Popma

---

ELECTROSTATIC DISCHARGE EFFECTS IN  
THIN FILM TRANSISTORS

N. Golo-Tosic  
2 oktober 2002

Promotors: prof.dr.ir. F.G. Kuper  
prof.dr.ir. A.J. Mouthaan

---

MICROMACHINED FLUIDIC CHIPS FOR  
HYDRODYNAMIC CHROMATOGRAPHY

M.T. Blom  
13 december 2002

Promotors: prof.dr.ir. A. van den Berg  
prof.dr. R. Tijssen

---

SILICON LIGHT EMITTING DEVICES FOR  
INTEGRATED APPLICATIONS

P. Le Minh  
31 januari 2003

Promotors: prof.dr. H. Wallinga  
prof.dr.ir. A. van den Berg

---

ECR PLASMA DEPOSITED Si<sub>2</sub> AND Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>  
LAYERS ; A ROOM TEMPERATURE  
TECHNOLOGY

I.G. Isai  
27 juni 2003

Promotors: prof.dr. H. Wallinga  
prof.dr. P.H. Woerlee

---

**Technische Universiteit Delft**

*Overige onderwerpen*

RENEWAL PROCESSES AND REPAIRABLE  
SYSTEMS

Suyono  
3 februari 2003

Promotor: prof.dr. F.M. Dekking

---

TRAIN-INDUCED GROUND VIBRATIONS:  
MODELING AND EXPERIMENTS

A. Ditzel  
26 mei 2003

Promotor: Prof.dr.ir. A.J. Hermans

