

NEVAC **BLAD**

jaargang 56 / nummer 1 – maart 2018

De Einstein Telescope: werken aan de grootste vacuüminstallatie

Geschiedenis:
Radiobuizen



NEDERLANDSE
VACUÛMVERENIGING

NEVAC-dag
vrijdag 20 april
Universiteit Twente

The new Laboratory Whisperers

©BICOM_205660_02 01.02.2018



Applications from analytics and physics laboratories require reliable vacuum components with outstanding product features. Leybold vacuum components and system solutions have shown their benefits in major research centers worldwide.

We are able to design a complete vacuum system perfectly matching your individual application. Within just a few minutes - thanks to our smart state-of-the-art simulation software. Highly flexible and absolutely precise. Choosing a new vacuum system has never been easier.

Smart vacuum solutions for laboratory and industry use

Shop our products online:
www.leyboldproducts.com

 **Leybold**

Leybold Nederland B.V.
Floridadreef 102
NL-3565 AM Utrecht
T +31 (30) 242 63 30
sales.ut@leybold.com
www.leybold.com

Colofon

Redactie

Claud Biemans, eindredacteur
 Bas Dielissen
 Hans van Eck, hoofdredacteur
 Ad Ettema
 Rients de Groot
 Karine van der Werf

Web-adres

www.nevac.nl

Redactiesecretariaat

NEVAC
 Delftechpark 26
 2628 XH Delft
 redactie@nevac.nl

Abonnementenadministratie

NEVAC
 Delftechpark 26
 2628 XH Delft

Abonnementen

Binnenland € 25,- per jaar
 Buitenland € 100,- per jaar

Advertentie-exploitatie

NEVAC
 Delftechpark 26
 2628 XH Delft
 penningmeester@nevac.nl

Grafische vormgeving

Claud Biemans
 www.frontlinie.nl

Verschijningsstijdstippen 2018

Maart
 Juli
 December

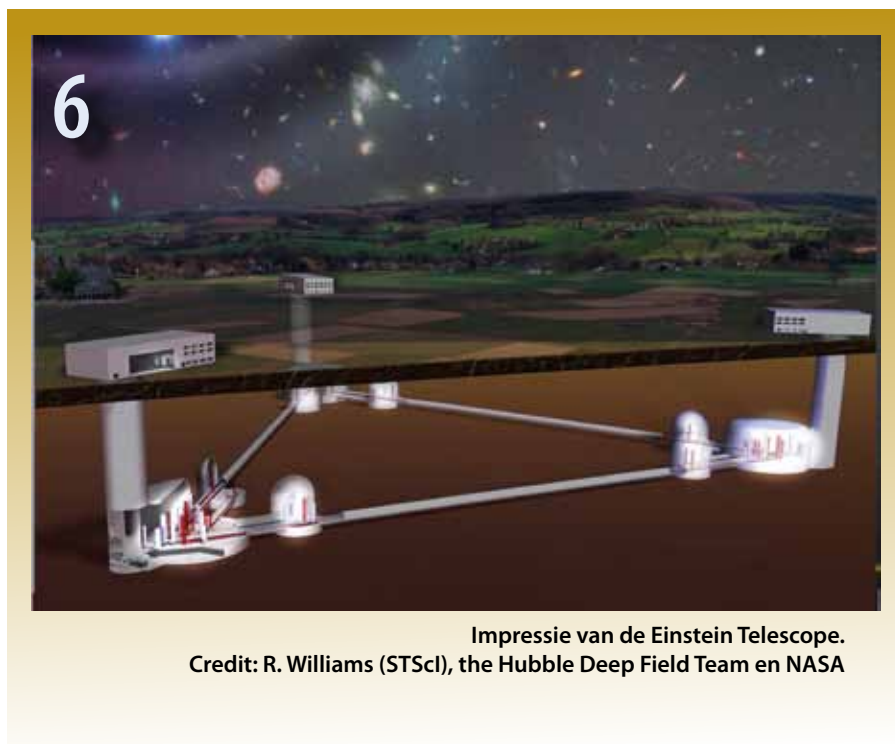
Kopij inzenden naar het redactiesecretariaat. Lidmaatschap opgeven bij de ledenadministratie. Abonnementen opgeven bij de abonnementenadministratie.

Vergoeding kopij

Artikelen in het Nederlands over vacuümtechniek en haar toepassingen in de wetenschap en industrie worden door de redactie zeer op prijs gesteld. Voor studenten en promovendi is een vergoeding van € 250,- per gepubliceerd artikel beschikbaar.

ISSN 0169-9431

Bij de omslag



- 5 **Van de redactie:** Trotse terugblik *Bas Dielissen*
- 6 **Interview:** Het ontwerp van de grootste vacuüminstallatie op aarde: de Einstein Telescope *Claud Biemans*
- 11 NEVAC day 2018
- 12 Programme and abstracts NEVAC day 2018
- 17 ECN gaat samen met TNO
- 18 Notulen NEVAC ALV 2017
- 18 Agenda ALV 2018
- 19 Jaarverslag 2017 van de Commissie Opleidingen NEVAC
- 19 Bericht van de Excursiecommissie
- 20 Financieel jaarverslag 2017
- 21 Verslag van de kascommissie
- 21 Adriana Creatore AVS-fellow en AVS-prijs voor Janneke Zeebregts
- 22 **Geschiedenis:** Diode- en trioderadiobuizen *Theo Mulder*
- 27 Agenda

De sluitingsdatum van kopij voor het tweede nummer van het *NEVAC blad* 2018 is 15 mei 2018

Kompleet, vertrouwd, betaalbaar

ELD500 Helium lekzoeker

- *Stabiele en nauwkeurige meting*
- *Droge voorpomp*
- *Volledig automatische bediening*
- *Snelle opstart tijd*
- *Draadloze afstandsbediening*



iXL120 & iXL200 droge pomp

- *Grote pompcapaciteit*
- *Hoge compressie voor lichte gassen*
- *Diep eindvacuüm*
- *Compact en lage verbruikskosten*
- *Gunstige prijs*



Vacuüm sensoren

- *Digitaal of analoog*
- *Inclusief display*
- *Piezo / pirani / penning / hete kathode*
- *Koffer en software*
- *Flenzen NPT / KF / CF*





Verenigingsgegevens

Ereleden

L.G.J.M. Hassink, Stibbe 23,
2421 MR Nieuwkoop
G. Ikking, Artemisstraat 34,
2624 ZN Delft
† Prof.dr. J. Kistemaker
† Ir. J.H. Makkink
Th. Mulder, Ambachtsheerelaan 60,
3481 GM Harmelen
Dr.ir. E.P.Th.M. Suurmeijer, Elzenlaan 11,
9321 GL Peize
Prof.dr. J. v.d. Veen, Schubertlaan 8,
1411 HZ Naarden
Dr.ir. J. Verhoeven, Kon. Julianaweg 23,
3628 BN Kockengen

Bestuur

Dr. I. Swart, voorzitter
Dr. S.J. van der Molen, vicevoorzitter
J.W.M. van Kessel, secretaris
Dr. A.R.H.F. Ettema, penningmeester

Verenigingssecretariaat

Jan W.M. van Kessel
jwmvankessel@gmail.com of
secretaris@nevac.nl

Adres ledenadministratie

p/a Dr. A.R.H.F. Ettema
NEVAC, Delftechpark 26,
2628 XH Delft, The Netherlands
Telefoon: +31 15 2600406
Fax: +31 15 2600405
e-mail: penningmeester@nevac.nl

Inlichtingen over opleidingen en examens

Dr. A.D. van Langeveld
Gageldonk 12, 4854 LH Bavel
GSM: 06-29561797
e-mail: advanlangeveld@gmail.com

Penningmeester NEVAC

IBAN: NL50 INGB 0001 8515 29 o.v.v.:
Penningmeester NEVAC,
t.a.v. Dr. A.R.H.F. Ettema,
Delftechpark 26,
2628 XH Delft

Contributies

Contributie € 20,- per jaar
Studenten/promovendi € 5,- per jaar
Bedrijfsleden € 150,- per jaar

Trotse terugblik

In mijn laatste redactionele stuk zou ik even terug willen kijken naar mijn tijd als redactielid. Het begon allemaal in 2012 waar ik, als verse schoolverlater, onderdeel werd van de redactie samen met Hans van Eck en Fred Schenkel tijdens het jubileumjaar. In dat jaar waren er veel ingezonden artikelen om het blad mee te vullen. Het jaar erna begonnen we met het *NEVAC blad* nieuwe stijl: een heel nieuwe look van het blad. Een hele verbetering die nodig was om met de tijd mee te gaan.

Met de nieuw gevormde redactie gingen we door met het lobbyen voor nieuwe artikelen om het blad goed te vullen met interessante verhalen. Het was taak voor de redactie allerlei bronnen aan te wenden om de lezers van goed leesvoer te voorzien. In dat jaar zijn we derhalve bij het lectoraat van de Fontys hogeschool Toepaste Natuurwetenschappen in Eindhoven langsgeweest. We konden studenten zien die spoortjes van verschillende materialen hadden gedeponeerd met verschillende technieken om uiteindelijk een werkende led te maken. Ook kregen we een rondleiding langs alle apparatuur van het lectoraat. Dit was een stuk waar ik persoonlijk trots op ben dat we het in het *NEVAC blad* hebben mogen vertellen.

De focus ligt tegenwoordig meer op interviews en het verslag doen van de interessante technologische ontwikkelingen. In de laatste nummers hebben we een mooie nieuwe rubriek. 'De geschiedenis van het vacuüm', waarmee we in dit nummer natuurlijk ook weer verder gaan. We zien als redactie dat er de laatste jaren veel ontwikkeling is op het gebied van vacuüm, alleen is het soms moeilijk hierbij aan te klampen en de juiste mensen te vinden voor het schrijven van artikelen, maar we vinden dat dit wel nodig is. Hier moeten we nog aan de bak. Resumerend, in mijn periode als redactielid zijn er 17 bladen uitgekomen, van in totaal 508 bladzijden met 31 ingezonden artikelen. We hebben verslag gedaan van meer dan 4 workshops, hebben veel mensen geïnterviewd en zijn we heel de wereld over geweest.... Zelf ben ik getrouwd, verhuisd, van baan gewisseld, en ik heb twee mooie meisjes gekregen. Al met al is er veel gebeurd in de afgelopen 5,5 jaar, maar nu is het tijd voor iets nieuws.

Met mijn afscheid wil ik wel nog een oproep doen. Mocht je het leuk vinden om deel uit te maken van de redactie, stuur dan een berichtje of spreek een van de redactieleden aan op de komende NEVAC-dag.

Bas Dielissen



Het ontwerp van de grootste vacuüminstallatie op aarde: de Einstein Telescope

Op 17 augustus 2017 werden de zwaartekrachtsgolven van de samensmelting van twee neutronensterren gemeten door zowel de twee LIGO-interferometers in de Verenigde Staten als de toen net vernieuwde Advanced Virgo-detector in Italië. Een wetenschappelijk succes, na eerdere waarnemingen van het signaal van samensmeltende zwarte gaten door LIGO. Rainer Weiss, Kip Thorne en Barry Barish werden vorig jaar bekroond met de Nobelprijs voor de natuurkunde voor hun bijdrage aan de ontwikkeling van de LIGO-detector. De eerste directe waarnemingen van ‘rimpelingen van de ruimtetijd’ geven een boost aan het bouwen van nieuwe interferometers met nog meer resolutie. De groep van Jo van den Brand op het Nikhef in Amsterdam speelt een zeer belangrijke rol bij het onderzoek naar zwaartekrachtsgolven en de technische ontwikkeling van de interferometers. Martin Doets werkt aan het ontwerp van de Einstein Telescope: de grootste vacuüminstallatie op aarde, die mogelijk gebouwd wordt in Zuid-Limburg.

Claud Biemans

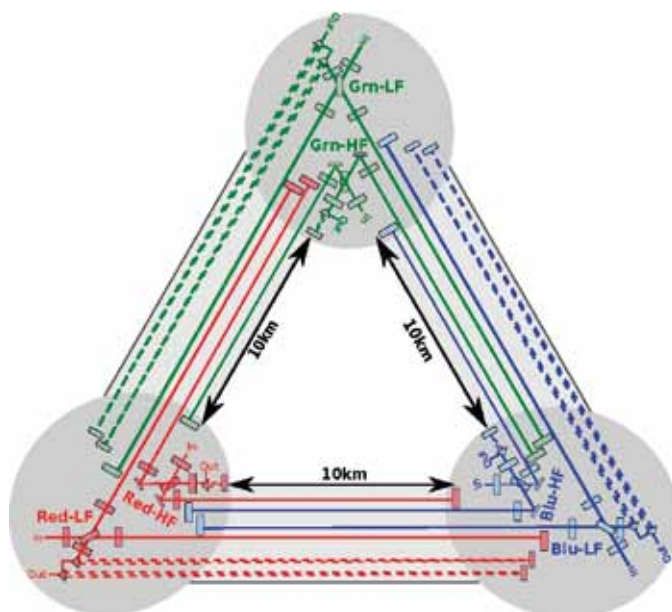
De Einstein Telescope wordt een opstelling van drie ondergrondse interferometers (zie kader) die als een driehoek in elkaar passen (figuur 1). Elke interferometer heeft twee armen: ultrahoogvacuümbuizen (10^{-9} mbar) van tien kilo-

meter lang. Door de extreme resolutie en het grote volume van het heelal dat met de Einstein Telescope onderzocht kan worden, zullen jaarlijks de signalen van honderdduizenden versmeltende zwarte gaten en neutronensterren te zien zijn.

De verwachting is dat zwaartekrachtsgolven veel nieuwe kennis gaan opleveren over de aard van de zwaartekracht, het ontstaan en de evolutie van het heelal en over de toestand waar we nu vrijwel nog niets van weten: donkere energie. De installatie wordt genoemd naar Albert Einstein, die in 1916 het bestaan van zwaartekrachtsgolven voorspelde. LIGO, met armen van 4 kilometer, en Virgo met armen van 3 kilometer, zijn op dit moment, samen met de LHC bij Cern, de grootste vacuümsystemen op aarde.

Trillingsvrij

Omdat er relatieve lengteverschillen tussen de armen gemeten worden van de orde van 10^{-23} m/m, is het van groot belang dat in een interferometer alle trillingen uit de omgeving worden onderdrukt. De Einstein Telescope wordt daarom 200 meter onder de grond gebouwd. Dat is een verbetering ten opzichte van de bovengrondse LIGO en Virgo, maar de

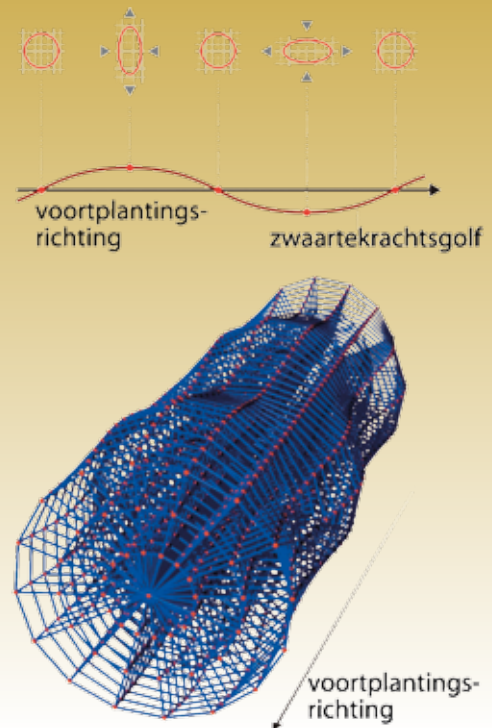


Figuur 1 Ontwerp van de Einstein Telescope met drie interferometers.

De werking van een interferometer

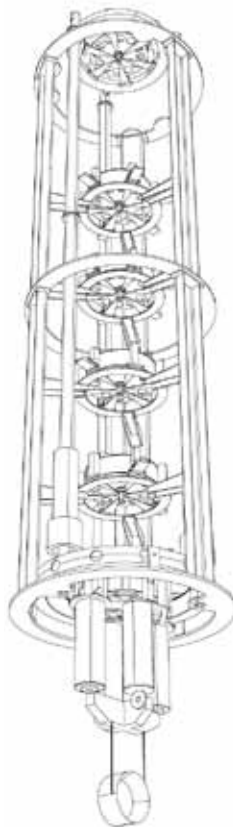
Zwaartekrachtsgolven worden veroorzaakt door samensmeltende, zeer zware en compacte objecten in de ruimte, zoals zwarte gaten en neutronensterren. Hierbij wordt de ruimte periodiek in twee polarisaties uitgetrokken: afwisselend in de ene richting, dan weer in de andere (figuur 2). Met zeer nauwkeurige interferometers kan dit effect op aarde gedetecteerd worden. In een interferometer wordt een laserstraal in tweeën gesplitst door een bundelsplitser. De twee bundels gaan vervolgens kilometerslange vacuümbuizen in. Spiegels in de armen weerkaatsen de stralen meerdere keren, waarna ze uiteindelijk weer samenkomen bij een fotodetector. Als er geen zwaartekrachtsgolf passeert, dan doven de twee laserstralen elkaar uit door destructieve interferentie ter plaatse van de fotodetector. Als er wel een zwaartekrachtsgolf passeert, ontstaat er kort een golfpatroon door een zeer kleine verandering in de lengte van de armen. De lichtflitsen worden door de fotodetector vastgelegd. Met meerdere interferometers kan de plaats van de bron van de zwaartekrachtsgolven in het heelal nauwkeurig worden vastgesteld.

Figuur 2 Het effect van een passerende zwaartekrachtsgolf op de ruimte.

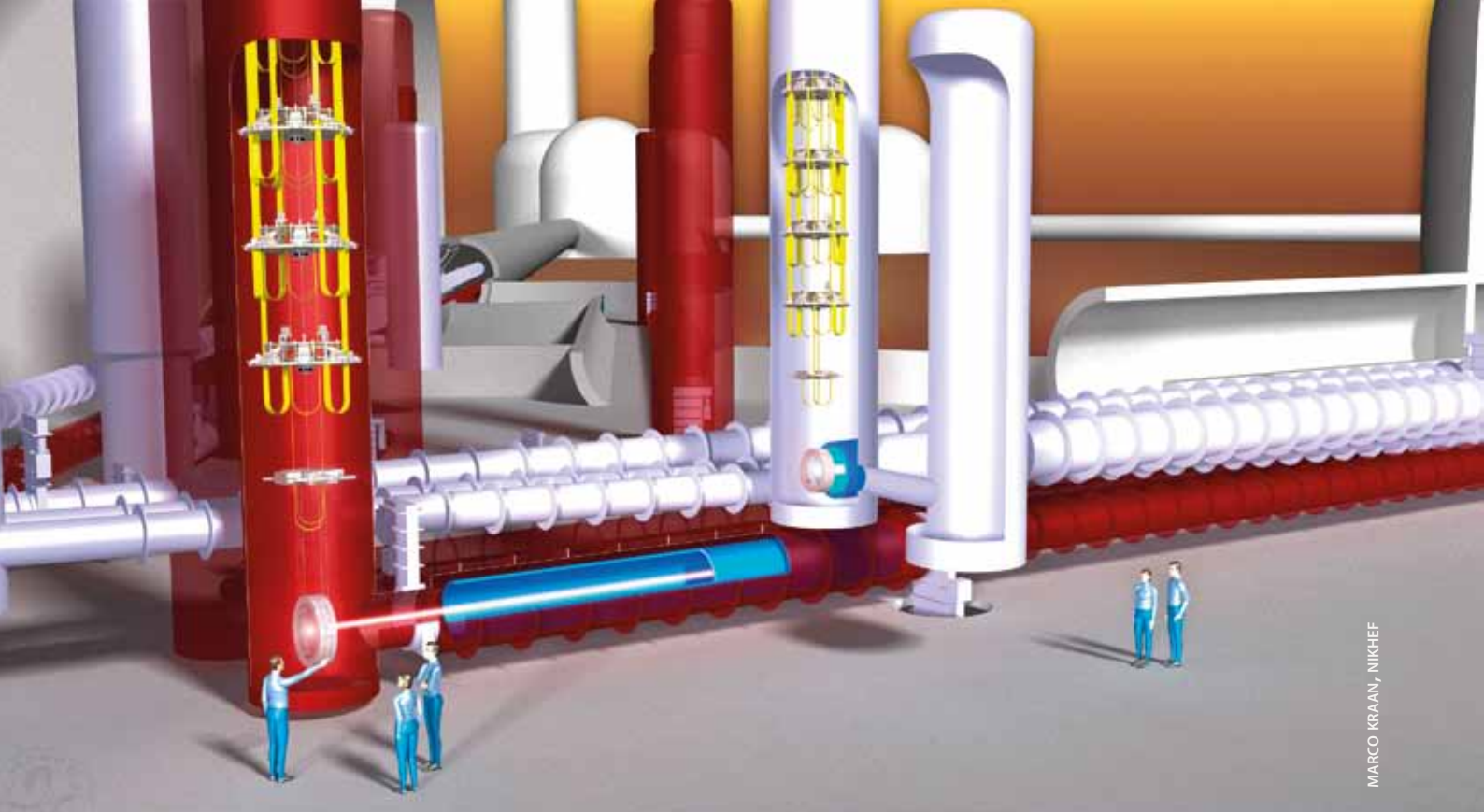


MARKUS PÖSSEL/EINSTEIN-ONLINE.INFO

beweging onder de grond is altijd nog in de orde van nanometers. De groep van Jo van den Brand ontwierp daarom systemen voor het wegfilteren van trillingen, waaraan optische tafels worden opgehangen in een toren boven het optische element. Dat geheel bevindt zich in vacuüm van 10^{-6} mbar. De filters die bij Nikhef gemaakt zijn, worden inmiddels gebruikt in Advanced Virgo (figuur 3). Op het Nikhef laat Martin Doets de vacuümpostelling zien die onder andere gebruikt is voor de ontwikkeling van de bewegingsfilters voor Advanced Virgo. De Nikhef-groep is ook verantwoordelijk voor het zoeken van de beste plek in Europa voor de Einstein Telescope. Doets: "Een van mijn collega's heeft daarvoor uitgebreide seismische tests gedaan door heel Europa. Belangrijk is natuurlijk hoe goed je kunt boren in de grond. Bij slappe grond of grind in de bodem gaan de kosten voor het maken van tunnels enorm omhoog. En je wilt 200 meter onder de grond ook niet graag een breukvlak tegenkomen, want 200 meter waterkolom is 20 bar."



Figuur 3 Links: Schematische tekening van een antibewegingsfilter, gebruikt in Advanced Virgo. Rechts: Martin Doets bij de vacuümpostelling in het Nikhef, waarin de trillingsvrije ophanging van de optiek ontwikkeld is.



MARCO KRAAN, NIKHEF

Figuur 4 Artistieke impressie van de antibewegingsfilters voor injectie en detectie van laserlicht.

Een van de locaties die in de picture kwam was Zuid-Limburg, waar de ondergrond relatief trillingsarm is. Doets: “Een aardbeving interesseert ons niet, maar er zijn bijvoorbeeld continue trillingen die erg vervelend kunnen zijn. Windmolens bijvoorbeeld draaien continu in de rondte en via de paal op de grond koppelen ze trillingen de bodem in. De

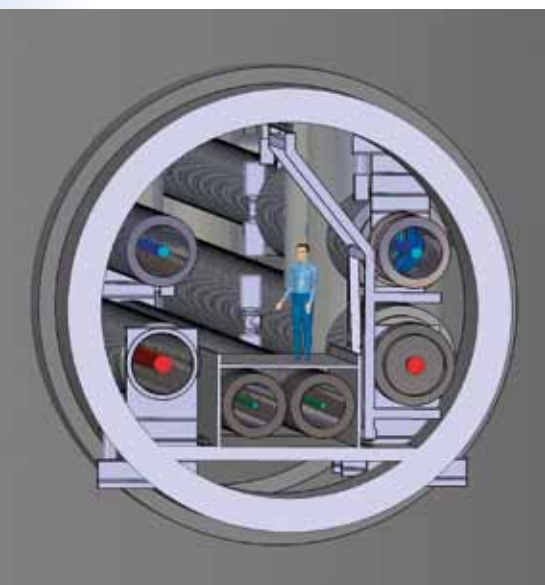
trillingsfrequentie valt hierbij precies in onze gevoelige detectieband. Een groot voordeel van Zuid-Limburg is dat het landschap beschermd is. Daarom willen ze daar onder andere geen windmolens en is het een beschermd stilte gebied. En de provincie Limburg is erg gecharmeerd van het plan. Het betekent natuurlijk ook een economische boost voor de regio. De Universiteit Maastricht gaat nu ook een groep opzetten voor onderzoek naar deeltjesfysica en gravitatiegolven.”

kracht uitoefenen op de in vrijeval zijnde spiegels. Doordat je de spiegels niet voor dit effect kan afschermen moeten we hier een truc uithalen. Nikhef ontwikkelt geavanceerde sensornetwerken waarmee we de bodemgeologie en trillingen nauwkeurig in kaart kunnen brengen. In combinatie met geavanceerde simulatiemodellen kunnen we de newtoniaanse krachten op de spiegels voorspellen en daarmee corrigeren.”

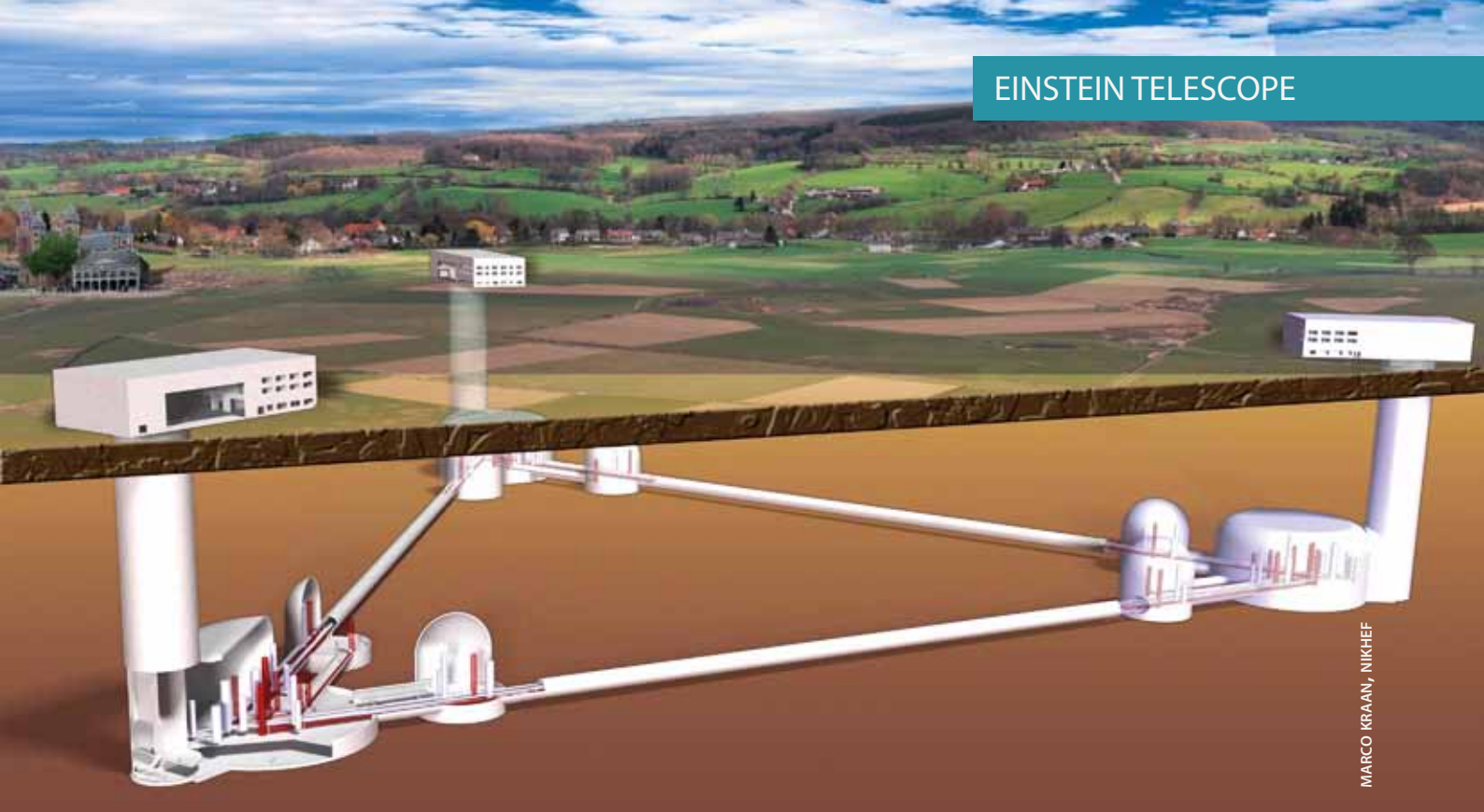
“Voor we de definitieve locatie voor de Einstein Telescope vast kunnen stellen willen we een nauwkeurig beeld hebben van de geologische ondergrond. Momenteel vinden er proefboringen plaats en kunnen we met de meetdata de uiteindelijke ruisachtergrond nauwkeurig vaststellen. De spiegels van de interferometer zijn zodanig opgehangen dat ze als het ware in vrije val zijn. Hierdoor speelt een bijkomend effect van bodemtrillingen een belangrijke rol, de zogenaamde newtoniaanse ruis. Doordat er trillingen door de bodem voortbewegen zorgen ze ook voor plaatselijke dichtheidfluctuaties van de grond. Van de weten van Newton weten we dat massa’s andere massa’s aantrekken. Hierdoor zal een dichtheidsfluctuatie van de omgeving een (onzichtbare)

Het maken van 180 km vacuümbuis

Met de Einstein Telescope kunnen zwaartekrachtsgolven worden waargenomen met een frequentie tussen enkele Hz en 10 kHz. Er zijn drie detectoren en elke detector heeft twee interferometers, een voor lage, de ander voor hoge frequenties. Doets: “De UHV-buizen hebben een grote diameter van 90 en 75 centimeter omdat je last hebt van fotonen die uit de bundel treden en weerkaatsen op de wand van de vacuümpijp. In elk van de drie tunnels van de Einstein Telescope lopen twee buizen van twee detectoren. Verder worden er zogenaamde optische filtercavities gebruikt. In elke tunnel bevinden zich dus zes vacuümbuizen (figuur 5), in totaal is dat 180 km. Daarbij komt nog het vacuüm in alle torens.”



Figuur 5 Doorsnede van de tunnel van een arm van de Einstein Telescope met links en rechts twee UHV-buizen (blauw en rood) van twee detectoren en onderin twee referentiebundels (groen).



Figuur 6 Overzichtstekening van de Einstein Telescope met blokkendozen in het Limburgse landschap.

De vacuümtechniek voor de Einstein Telescope op zich is bewezen techniek, alleen in het groot. Doets: “Het voor-evacueren van de buizen gaat gebeuren met grote rootspompen en turbopompen, daarna denken we aan getterpompen. Het is ook belangrijk dat de tunnels en de vacuümbuizen kaarsrecht zijn, want licht gaat nou eenmaal rechtuit en we kunnen onderweg niet bijsturen.”

De UHV-buizen worden gemaakt van stukken rvs-pijp. Doets: “Tussen twee stukken pijp brengen we een balg aan, want als je de buis uitstookt, maar ook bij normale temperatuurschommelingen, moet je rekening houden met de uitzettingscoëfficiënt. Bij Virgo hebben ze voor stukken pijp van 15 m gekozen, ik denk dat dat te maken heeft met het transport. Je kunt de stukken buis ook zelf maken van roestvast staal, een mm of 4,5 dik. Er bestaan machines om staal in een spiraal te walsen en dat meteen te lassen. Dan rol en las je die pijp en chop je ze af. Vervolgens las je de balgen eraan en de ribben erom, want je moet natuurlijk zorgen dat die buis niet implodeert. En dan gaan die pijpen in secties omlaag. Ze worden naar hun plek gebracht en gelast. Ik heb in het ontwerp van de Einstein Telescope aan het eind van elke arm een grote schacht

gemaakt en een grote hal getekend, met het idee om die pijpen ter plekke te fabriceren en UHV-schoon te maken. Je kunt het materiaal op een grote rol aanvoeren. Er moeten dan ontsluitingswegen komen naar de boor- en bouwlocaties.”

“De Limburgers waren niet zo blij met mijn ontwerp. Ze schrokken van de gebouwen die ik getekend had in hun mooie landschap (figuur 6). Ze zeiden: wat heb je nou neergezet in ons mooie landschap? Ik ben natuurlijk een Noord-Hollander, en bij ons is alles vlak. Zij waren niet zo gecharmeerd van mijn blokkendozen... Voor een deel integreren in het landschap is zeker ook een mogelijkheid. Je kunt ook op een andere plaats pijpen van bijvoorbeeld 15 meter maken, dan kun je uitrekenen hoeveel vrachtauto's je nodig hebt voor het vervoer van 180 km rvs-pijp. Je kunt in Limburg natuurlijk een eind over de rivier, dat is een voordeel.”

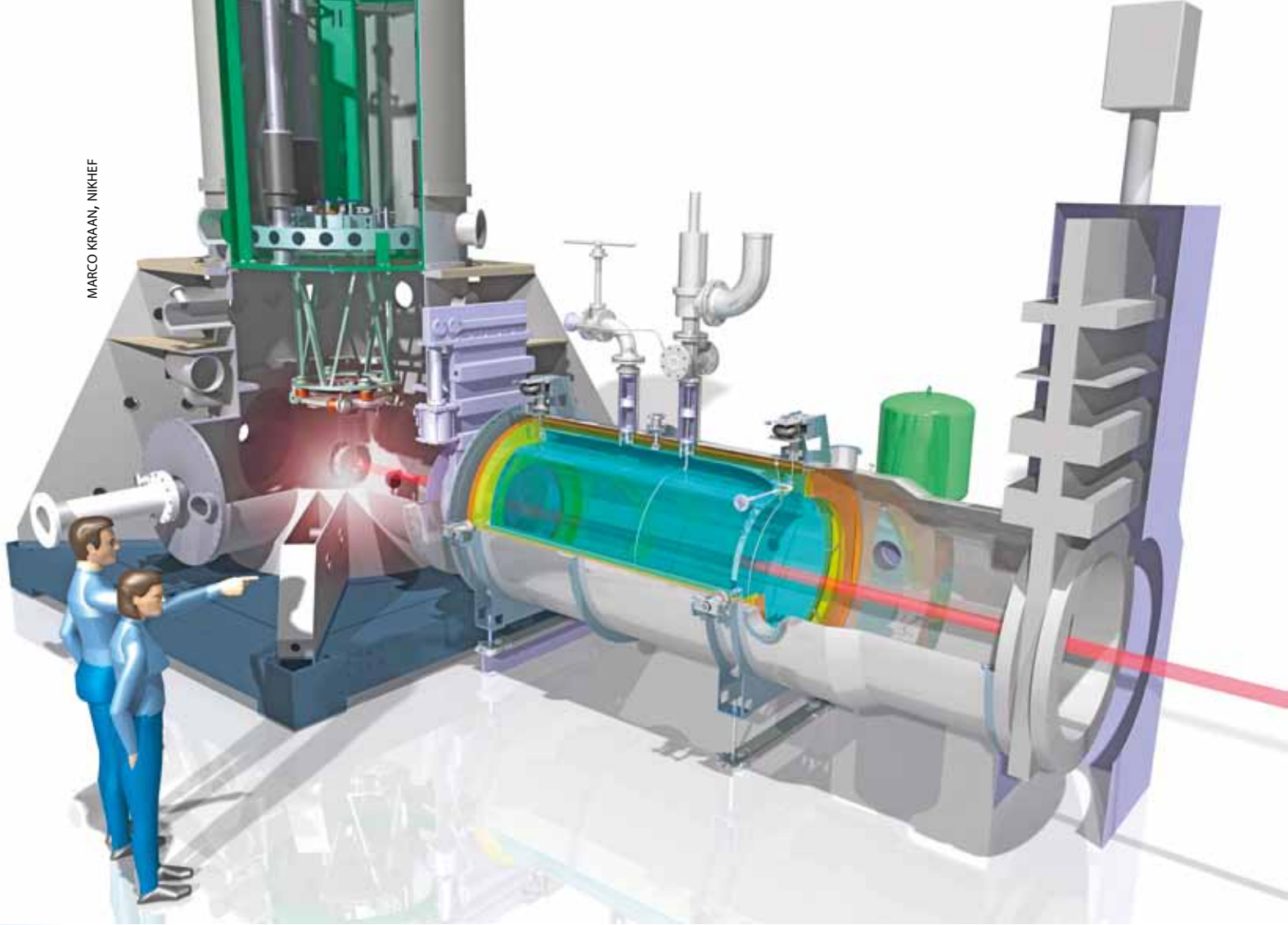
Uitstoken

De vacuümbuizen van Virgo en Ligo zijn uitgestookt bij ongeveer 400 graden in lucht om van de bulk van het waterstof af te komen dat in het materiaal zelf zit. Zo wordt meteen een oxidelaag op het staal aangebracht, die de opname en het

afstaan van waterstof vertraagt. In de hallen waar de pijpen gelast worden kan het staal eerst door een oven heen gehaald worden.

Als de lange buizen in de tunnel zijn aangebracht, is water op de wand voor UHV-vacuüm een probleem. Doets: “Om daarvan af te komen moet je het hele systeem uitstoken, liefst bij 150 graden, maar dat is niet mogelijk bij de spiegels en de apparatuur die daaromheen zit. De lange vacuümbuizen kun je wel uitstoken door middel van *joule heating* (weerstandverwarming). Je verhit dan een stuk pijp door er stroom doorheen te laten lopen. Daarvoor is ook isolatiemateriaal nodig rond die pijp om de warmte tijdens dat proces binnen te houden. Toch heb je daarvoor behoorlijk wat vermogen nodig. Voor een buis van 3 km is dat al een uitdaging, voor 10 km is dat helemaal bevoerd. Je kunt wel stukje voor stukje uitstoken, maar dan moet je overal kleppen plaatsen. Het aanbrengen van een klep betekent dat je op die plaats door de tunnelwand heen gaat. Daar moet je dan een uitsparing in de grond maken en dus ook beton aanbrengen.”

Voor Advanced Virgo heeft de Nikhef-groep cryolinks gemaakt. Dat zijn grote cryopompen, geplaatst tussen de torens



Figuur 7 Cryolinks zijn een essentieel onderdeel voor het in stand houden van het ultrahog vacuüm in een interferometer. Dit is een artistieke impressie van een cryolink van Virgo die geïnstalleerd is tussen de 3 km lange vacuümbuis en de torens waarin de spiegels zijn opgehangen.

voor de antibewegingsfilters en de lange pijp. Deze hebben een diameter van zo'n 80 cm en een lengte van een meter of twee (figuur 7). Doets: "Als we in de torens moeten sleutelen, dan sluiten we twee kleppen om de arm te isoleren. Tijdens het werk in de toren flushen we met droge lucht. Als je de toren daarna weer afpompt naar 10^{-6} mbar dan zit daarin toch water op het oppervlak en vanwege de apparatuur is uitstoken hier geen optie. Na het bereiken van een redelijke druk in de toren kan de klep naar de arm weer open. Als we die cryolinks niet zouden hebben, is er een behoorlijke waterbelasting op het UHV-deel."

Cryogeen

Een van de twee interferometers is geoptimaliseerd voor metingen in het lage frequentiebereik en is cryogeen. Doets: "De spiegels koelen we tot ongeveer 10 K

zodat we de thermische ruis minimaliseren. Je hoeft natuurlijk niet de hele arm te koelen, alleen de optica. We denken aan *pulse tube cryocoolers* voor de spiegels en vloeibare stikstof voor de stralingsschermen. Hiervoor moet nog een ontwerp gemaakt worden. Een uitdaging daarbij is om niet de spiegel of de omgeving in trilling te brengen door het koelsysteem." De definitieve locatie voor de Einstein Telescope zal over een paar jaar bekend zijn. Twee andere plaatsen worden ook nog onderzocht, in Hongarije en op Sardinië. Het uiteindelijke ontwerp is dan ook nog lang niet klaar. Doets: "Het ontwerp dat er nu ligt is onder andere gemaakt om te inventariseren hoe de armen in elkaar passen in een tunnel. En al die torentjes kun je ook niet willekeurig plaatsen. De ondergrondse hallen met daarin de torens zijn ook enorm groot getekend. Of dit nodig is en kan valt nog

te bezien. In Japan wordt op dit moment een andere ondergrondse interferometer gebouwd, KAGRA, met buizen van 3 km. Daar komen op de plaats van de optiek twee tunnels boven elkaar, waar de torens doorheen steken. In de bovenste tunnel kun je bij de top van de torens komen. De groepen die werken aan de detectie van zwaartekrachtsgolven zijn niet in competitie, maar doen het onderzoek samen. Wij doen sowieso het werk voor de Einstein Telescope, ook al zou er voor een andere locatie gekozen worden. Maar we zijn natuurlijk wel teleurgesteld als het niet Zuid-Limburg wordt."

Meer informatie:

- www.nikhef.nl/zwaartekrachtgolven-2016-2017/
- www.nikhef.nl/wetenschap-techniek/astrodeeltjesfysica/zwaartekrachtsgolven/

NEVAC DAY 2018

Vacuum-related science and technology



Speakers: Christoph Tegenkamp (Universität Chemnitz, Universität Hannover) – Konstantinos Gkrekos (Thermo Fisher Scientific) – Pantelis Bampoulis (University of Twente) – Floris Kalff (Technical University Delft) – Kai Sotthewes (University of Twente) – Bart Kooi (University of Groningen)

Student poster session – NEVAC prize winner – Industrial exhibition – NEVAC meeting – Lunch and drinks

Registration (until 13 April): www.nevac.nl

Student and postdoc poster session registration: use the form at www.nevac.nl

Industrial exhibition contact: pieter@hositr.nl or penningmeester@nevac.nl

Organisation: Arie van Houselt, a.vanhouselt@utwente.nl

**Friday, April 20
University of Twente
Waaier 3 (Van Hasseltzaal), Enschede**

UNIVERSITY OF TWENTE.



Programme NEVAC day 2018

Friday 20 April, University of Twente, Waaier 3 (Van Hasseltzaal), Enschede



9.30 Registration

Morning session

10.00 Welcome and opening

10.10 **Christoph Tegenkamp**

(Universität Chemnitz, Universität Hannover):

Ballistic transport channels in functionalized graphene nanostructures

11.00 **Konstantinos Gkrekos** (Thermo Fisher Scientific):

Vacuum Spikes

11.30 NEVAC prize presentation

11.50-12.15 General meeting NEVAC

11.45-13.30 Student and postdoc poster session, exhibition, lunch

Afternoon session

13.30 **Pantelis Bampoulis** (University of Twente):

Structural and Electronic Properties of Germanene on Ge_2Pt and MoS_2 substrates

14.00 **Floris Kalff** (Technical University Delft):

A kilobyte rewritable atomic memory

14.30 **Kai Sothewes** (University of Twente):

A new approach to measure spatially resolved thermovoltage

15.00 Coffee break

15.30 **Bart Kooi** (University of Groningen):

Synthesis and characterization of nanostructured chalcogenides

16.15 Conclusion

16.30 Reception, drinks

Registration

Please register (and announce your poster) by filling out the online form (until 13 April) at www.nevac.nl

Industrial exhibition participants: please use the online form at www.nevac.nl to register.

Information:

Pieter Heidema, pieter@hositr.nl

Ad Ettema, penningmeester@nevac.nl

Organisation:

Arie van Houselt

a.vanhouselt@utwente.nl

NEVAC prize extended deadline

The deadline for NEVAC prize for the best Master/PHD-student article related to vacuum is 1 April. Share your research and knowledge on vacuum related science in a clearly written 2000 word paper. More information: www.nevac.nl

NEVAC poster prize

Junior researchers are invited to present advances in science and technology on A0 portrait-oriented posters. The best poster will be awarded a prize, consisting of a certificate and 100 euro. Please register your poster via the NEVAC website www.nevac.nl

NEVAC day lectures

Ballistic transport channels in functionalized graphene nanostructures

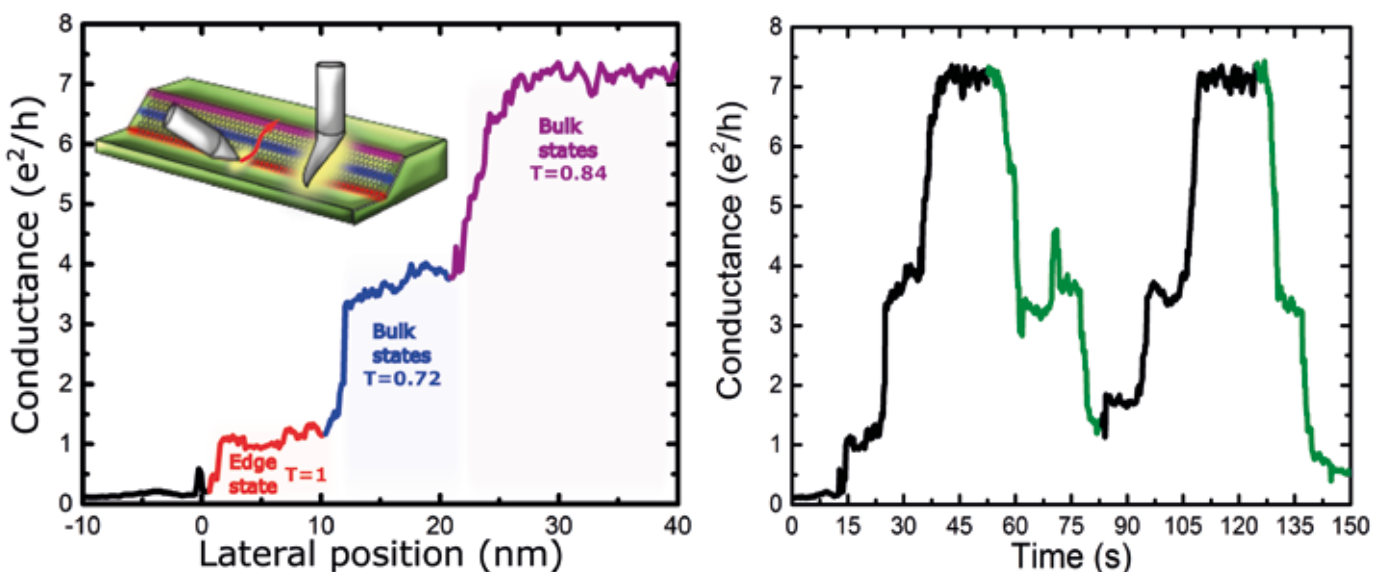
Christoph Tegenkamp, Universität Chemnitz, Universität Hannover, christoph.tegenkamp@physik.tu-chemnitz.de

Functionalization of graphene is an essential task for any future carbon based electronics. In this respect, epitaxially grown graphene on insulating SiC supports are very promising. By means of adsorption and intercalation the chemical potential in graphene can be tuned via doping or interface state engineering, respectively [1,2]. Based on these concepts, lateral npn- and pnp-heterostructures with Klein tunneling barriers were realized by functionalizing the buffer layer via Ge-intercalation. The length of a single pn-junction is around 5 nm as revealed by spatially resolved STS measurements and therefore, significantly lower than those induced by field effects [3]. Moreover, the concept of epitaxial graphene allows also to grow nanostructures with defined edges in a self-assembled manner. Such graphene ribbons grown on pre-structured SiC(0001) surfaces are around 40 nm in width and exhibit promising transport properties, e.g. robust ballistic transport channels with mean free path lengths up to 16 μm at 300 K [4].

By means of a 4-tip STM technique we recently further characterized these ballistic ribbons with respect to the electric contacts and transport channels. The functionalization of

the voltage probes allowed us to tune the contact resistances and consequently the invasiveness of the probes such that the 4-point probe resistance (R_{app}) revealed values between $\sim 0 \Omega$ and 25 k Ω . Within the invasive 2-point probe regime we performed spatially resolved transport measurements. While a blunt tip was used to contact the entire ribbon, a sharp tip was used to cross the ribbons, while recording the conductance. A typical result is shown in the figure below. Besides the robust e^2/h edge channel, when entering the edge of the ribbon, also bulk channels are found at probe distances below 100 nm. Details will be discussed in terms of a lateral band bending across the ribbons induced by the different edge terminations.

- 1 C. Coletti et al. *Phys. Rev. B*, **81**, 235401 (2010).
- 2 J. Ristein, S. Mammadov, and Th. Seyller, *Phys. Rev. Lett.*, **108**, 246104 (2012).
- 3 J. Baringhaus, A. Stöhr, S. Forti, U. Starke, and C. Tegenkamp, *Sci. Rep.*, **5**, 9955 (2015).
- 4 J. Baringhaus, M. Ruan et al., *Nature*, **506**, 349 (2014).

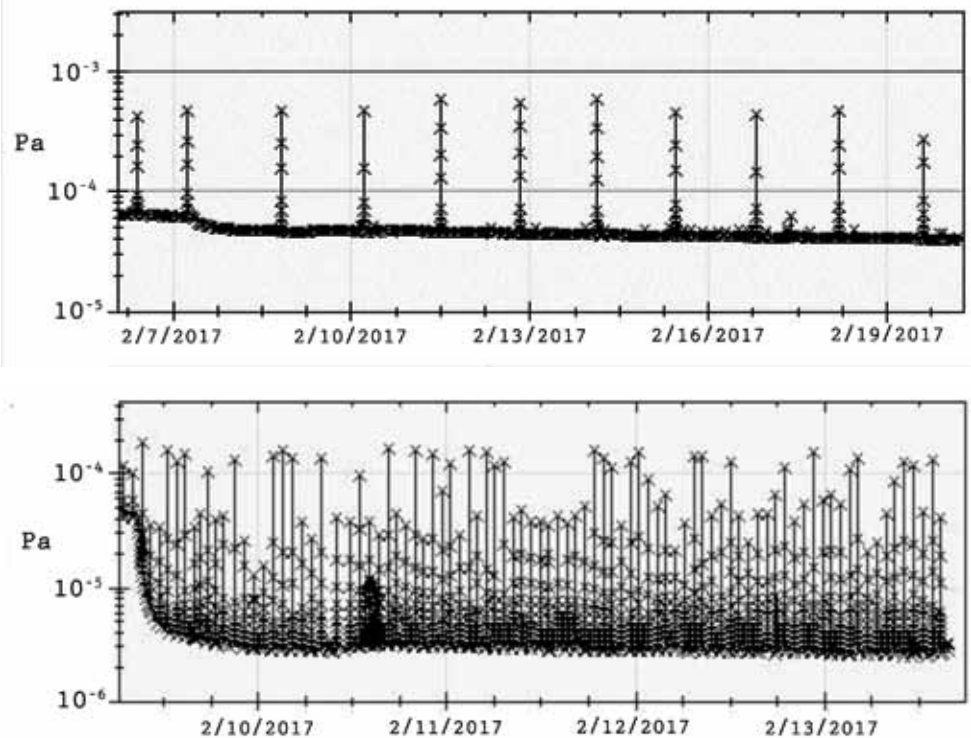


Conductance measured on 40 nm wide sidewall graphene nanoribbon. The distance between the blunt tip and the sharp STM tip, which gradually crosses the ribbon, was below 100 nm. The black and green colours of the right curve denote where the sharp tip was moved forward and backward, respectively.

Vacuum Spikes

Konstantinos Gkrekos, Thermo Fisher Scientific

The occurrence of sudden vacuum pressure bursts, so-called Vacuum Spikes, have been investigated. With this we refer to the sudden rise of pressure and subsequently fast drop of it, within a vacuum system and as recorded by a measuring device. The investigation has been executed under controlled laboratory conditions and we especially focused on elastomeric seals. From this we found that the contamination of the elastomeric seal is an important factor in the occurrence of vacuum spikes. This contamination is caused by the combination of grease and dirt on the sealing surface.

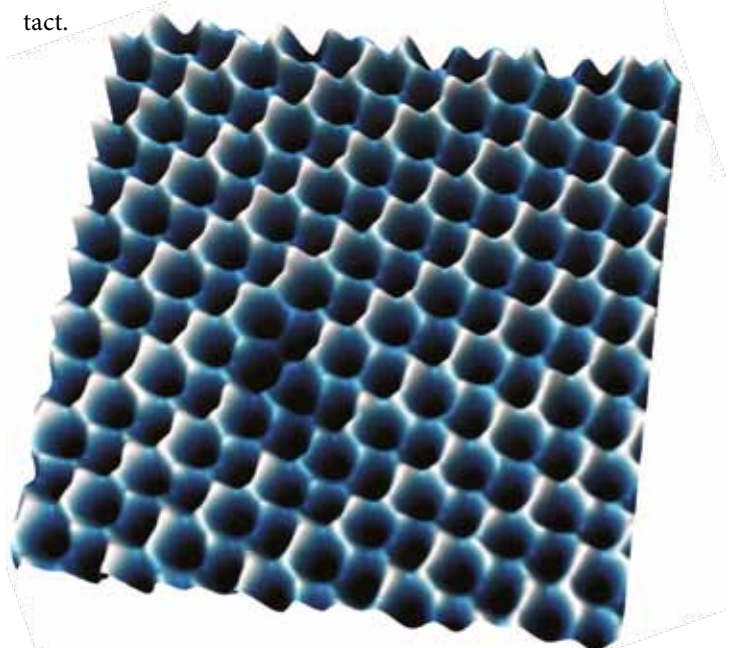


Structural and electronic properties of germanene on Ge_2Pt and MoS_2 substrates

Pantelis Bampoulis, University of Twente

Germanene is a single layer of germanium atoms in a honeycomb configuration. The honeycomb lattice of germanene is buckled and composed of two vertically displaced sub-lattices. Free-standing germanene is a 2D Dirac fermion system with very appealing properties. For instance, the spin-orbit gap in germanene is ~ 24 meV, making it the ideal candidate to exhibit the quantum spin Hall effect at experimentally accessible temperatures. Additionally, the germanene lattice offers the possibility to open a band gap via for instance an externally applied electrical field, adsorption of foreign atoms or coupling with a substrate. This opening of the band gap paves the way to the realization of germanene based field-effect devices. Here, we have investigated the growth of germanene on two model substrates the Ge_2Pt alloy and MoS_2 . In both systems, the germanene sheet exhibits a buckled honeycomb structure with a lattice constant and buckling that strongly depends on the underlying substrate. In addition, the differential conductivity of the interior of the germanene sheet has a V-shape, reminiscent of the density of states of a two-dimensional Dirac system. The

growth of germanene on MoS_2 is beneficial since the important electronic states near the Fermi level of germanene remain intact.



A kilobyte rewritable atomic memory

Floris Kalff^{1*}, Marnix Rebergen¹, Nora Fahrenfort¹, Jan Girovsky¹, Ranko Toskovic¹, Jose Lado², Joaquín Fernández-Rossier², Sander Otte¹

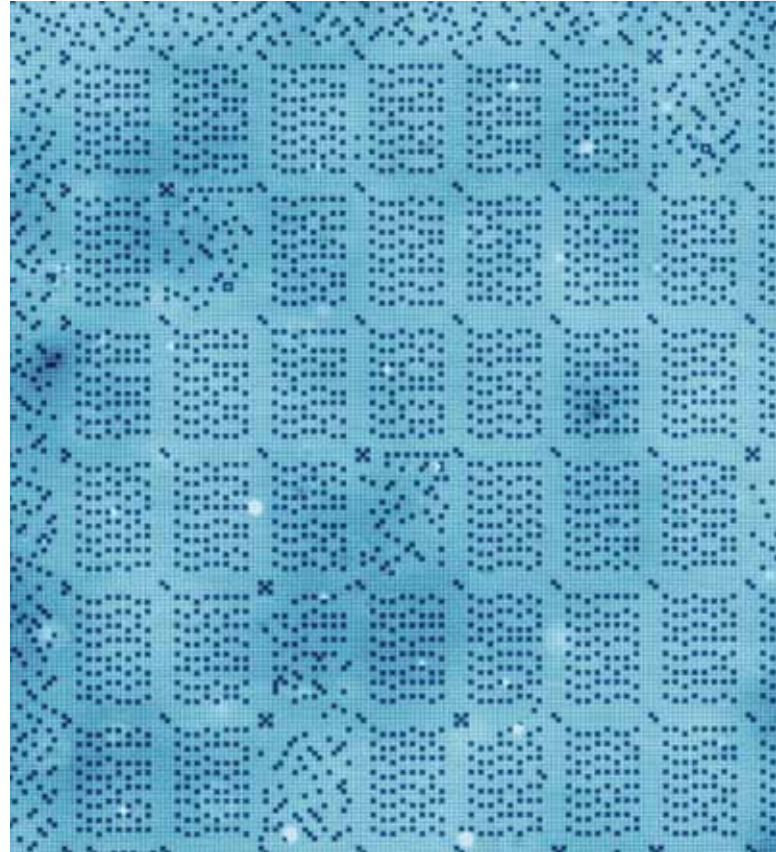
¹ Department of Quantum Nanoscience, Kavli Institute of Nanoscience, Delft University of Technology, Delft

² International Iberian Nanotechnology Laboratory (INL), Avenida Mestre José Veiga, Braga, Portugal

*f.e.kalff@tudelft.nl

The ability to manipulate individual atoms by means of scanning tunneling microscopy (STM) opens opportunities for storage of digital data on the atomic scale. Recent achievements in this direction include data storage based on bits encoded in the charge state (1), the magnetic state (2), or the local presence (3) of single atoms or atomic assemblies. However, a key challenge at this stage is the extension of such technologies into large-scale rewritable bit arrays. We demonstrate a digital atomic scale memory of up to 1 kilobyte (8000 bits) using an array of individual surface vacancies in a chlorine terminated Cu(100) surface. The chlorine vacancies are found to be stable at temperatures up to 77 K. The memory, crafted using scanning tunneling microscopy at low temperature, can be read and re-written automatically by means of atomic scale markers, and offers an areal density of 502 terabits per square inch, outperforming state-of-the-art hard disk drives by three orders of magnitude.

- 1 J. Repp, G. Meyer, F. E. Olsson, M. Persson, *Science*. **305**, 493-5 (2004).
- 2 S. Loth, S. Baumann, C. P. Lutz, D. M. Eigler, A. J. Heinrich, *Science*. **335**, 196-9 (2012).
- 3 R. Bennewitz et al., *Nanotechnology*. **13**, 499 (2002).

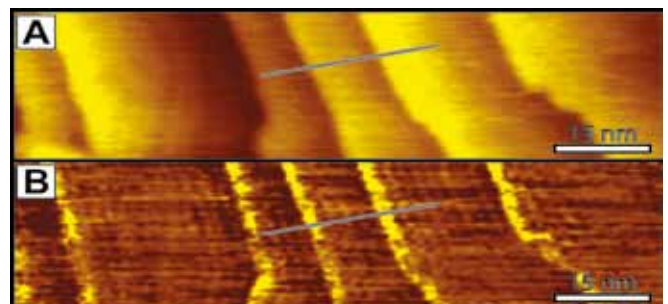


A new approach to measure spatially resolved thermovoltage

Kai Sotthewes, Martin H. Siekman, and Harold J.W. Zandvliet

Physics of Interfaces and Nanomaterials, MESA⁺ Institute for Nanotechnology, University of Twente

We have recorded spatial maps of the thermovoltage of a Au(111) surface with a scanning tunneling microscope using a novel approach. The novel approach relies on a method where we record simultaneously the normal topography as well as the thermovoltage by switching the feedback and sample bias on and off. The thermovoltage, which arises from a temperature difference between the scanning tunneling microscope tip and sample, is very sensitive to small variations of the local electronic density of states in vicinity of the Fermi level. Near step edges and defects we have observed well-defined Friedel oscillations.



(a) STM image ($100 \times 25 \text{ nm}^2$) of Au(111) recorded at a sample temperature of $\sim 100 \text{ K}$, a sample bias of 0.4 V , and a setpoint current of 400 pA . (b) The thermovoltage image of the same area as in (a). The tip is brought 5 \AA closer to the surface relative to the setpoint current.

MOORFIELD

NANOTECHNOLOGY

Moorfield Nanotechnology Systems Range

Bespoke systems available

nanoPVD-S10A / nanoPVD-S10A-WA

High-performance RF/DC magnetron sputtering in a benchtop package.



Physical Vapour Deposition

Moorfield provide a wide range of physical vapour deposition (PVD) systems, with designs for all budgets and applications including; thermal evaporation, low-temperature evaporation (LTE), electron-beam evaporation and magnetron sputtering.



nanoPVD-T15A

Research-grade thermal evaporation for metals and organics.

MiniLab 026

Two-piece chambers for evaporation and sputtering.



nanoEM

Electron microscopy (EM) coating tool with a full research-grade feature set.

Glovebox Compatible

MiniLab 090

Glovebox-compatible box-type chamber with front and rear access.



Glovebox Compatible

MiniLab 080

Tall D-shaped chambers, ideal for evaporation.



MiniLab 060

Box-type chambers for PVD techniques, ideal for magnetron sputtering.



MiniLab 125

Larger chambers for multiple substrates and pilot-scale processing.

Graphene & 2D Materials

Moorfield were early in recognising the potential of graphene and 2D materials and have been supplying R&D systems for their synthesis and manipulation for over 10 years.

nanoCVD-8N

Compact, turn-key and scalable CVD system for high-throughput carbon nanotube synthesis.



nanoCVD-8G

Benchtop CVD system for rapid, on-demand synthesis of high-quality graphene.



ANNEAL

High-temperature substrate annealing up to 1000 °C, with controlled gas pressure conditions.

nanoETCH

Compact soft-etching system for graphene manipulation. Suitable for benchtop location.



To discuss your project, and for quotations, contact our approved distributor...

CALL +31-(0) 184 - 640000

info@stinstruments.com

ST Instruments
When Technology Matters

Synthesis and characterization of nanostructured chalcogenides

Jamo Momand¹, Bin Chen¹, Paul Vermeulen¹, Lijuan Xing¹, Gert ten Brink¹, George Palasantzas¹, Marcel Verheijen², Bart J. Kooi¹

¹ Zernike Institute for Advanced Materials, University of Groningen

² Eindhoven University of Technology, Department of Applied Physics

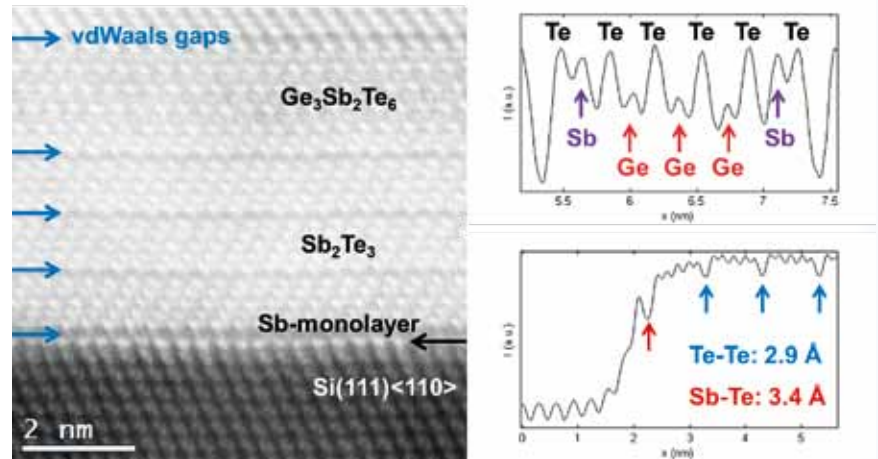
b.j.kooi@rug.nl

Materials containing a high density of boundaries, interfaces or internal surfaces are of particular scientific and technological interest, because they often show size dependent properties different from the ones of bulk materials, e.g. due to quantum confinement, the large surface/interface to volume ratio and/or the special properties of the interfaces. The overarching aim of our research is understanding structure-property relationships and micro- and nano-structural evolution of functional materials in order to ultimately improve materials performance or to develop new materials with tailored properties.

For the synthesis of the materials we employ (1) a dedicated nanocluster source based on magnetron sputtering and gas phase aggregation and (2) a pulsed laser deposition (PLD) system containing reflective high energy electron diffraction (RHEED) control. For the structure characterization we have advanced electron microscopy tools (SEM, FIB-SEM, TEM), where in particular aberration corrected scanning transmission electron microscopy (STEM) currently allows atomic resolution Z contrast imaging at accelerating voltages as low as 30 and 40 kV. In addition, large area energy dispersive X-ray spectrometry (EDX) detectors allow efficient recording of atomic resolution chemical maps. These two developments are of paramount importance for materials that become damaged during mapping at the more traditional voltages of 200 or 300 kV.

All the equipment we employ for the synthesis and characterization of materials (thus) heavily rely on vacuum technology. In the presentation examples will be provided of the synthesis of materials using the nanocluster source and PLD and their characterization using aberration corrected STEM [1-6]; an example is given in the figure below. Main focus is on chalcogenides which display unique properties for instance in phase-change materials (for memory applications), thermoelectric materials, topological insulators and in 2D materials such as transition metal di-chalcogenides.

- 1 J. Momand, R. Wang, J. E. Boschker, M. A. Verheijen, R. Calarco and B. J. Kooi, *Nanoscale* **7**, 19136 (2015).
- 2 Bart J Kooi, Beatriz Noheda, Ferroelectric chalcogenides - materials at the edge, *Science* **353**, 221 (2016).



Aberration corrected STEM image of a cross-section of an GeTe-Sb₂Te₃ superlattice grown on Si(111); the transition from the Si substrate to the superlattice is shown also highlighting the van der Waals epitaxy.

- 3 L. Xing, G.H. ten Brink, B. Chen, F.P. Schmidt, G. Haberfehlner, F. Hofer, B.J. Kooi, G. Palasantzas, *Nanotechnology* **27**, 215703 (2016).
- 4 Bin Chen, G.H. ten Brink, G. Palasantzas, B.J. Kooi, *Scientific Reports* **6**, 39546 (2016).
- 5 J. Momand, R. Wang, J. E. Boschker, M.A. Verheijen, R. Calarco and B.J. Kooi, *Nanoscale* **9**, 8774 (2017).
- 6 P.A. Vermeulen, J. Mulder, J. Momand and B.J. Kooi, *Nanoscale* **10**, 1474 (2018).

ECN gaat samen met TNO

ECN wordt per 1 april opgenomen in TNO onder de naam 'ECN part of TNO'. De samenvoeging is in september 2016 in gang gezet door toenmalig minister Henk Kamp. NRG, dat onderdeel was van ECN, gaat zelfstandig door met de productie en innovatie van medische isotopen. ECN part of TNO wordt het nieuwe centre of excellence voor energievraagstukken gericht op een CO₂-vrije energiehuishouding.

Notulen NEVAC ALV 2017

12 mei 2017, DIFFER, Eindhoven

Aanwezig: Ingmar Swart (voorzitter), Sander Otte (vicevoorzitter) Ad Ettema (penningmeester), Dick van Langeveld (Commissie Opleidingen), Jan van Kessel (secretaris), en ca 30 leden.
Afwezig: Rob Klöpping (excursies).

1. Opening

Voorzitter Ingmar Swart opent de vergadering om 12:00 uur en heet allen welkom.

2. Vaststellen agenda

Er worden door de aanwezigen geen veranderingen of aanvullingen op de agenda gedaan zodat deze wordt vastgesteld.

3. Mededelingen

Er zijn geen mededelingen van het bestuur.

4. Conceptnotulen van de Algemene Leden Vergadering 2016 in Leiden

De conceptnotulen van de Algemene Leden Vergadering 2016 in Leiden worden zonder wijzigingen aangenomen en bij deze vastgesteld.

5. Jaarverslagen van de commissies

- Commissie Opleidingen

Dick van Langeveld meldt dat hij voortaan penningmeester is voor de Commissie Opleidingen.

De examens zijn goed verlopen: alle kandidaten zijn geslaagd: 4 EVT en 9 VT.

- Excursiecommissie

Het afgelopen jaar is er geen excursie georganiseerd. Er zijn plannen om komend jaar weer een excursie te plannen.

- Redactie NEVAC blad / website

Hans van Eck meldt dat er vier artikelen voor de NEVAC-prijs zijn ontvangen. De artikelen waren van zeer goede kwaliteit. Stein van Eden is uiteindelijk als winnaar uit de bus gekomen. Verzoek aan studen-

ten: schrijf een artikel voor in het NEVAC blad; je kunt hiervoor (bij plaatsing) ook nog € 250,- ontvangen!

6. Financieel overzicht 2016 en begroting 2017

Ad Ettema licht het in het NEVAC blad (no. 1 2017) gepresenteerd financieel jaarverslag 2016 en de begroting 2017 nader toe.

7. Verslag van de Kascommissie

- De kascommissie heeft de boekhouding en administratie gecontroleerd en in goede conditie aangetroffen. Het verslag van de controle is opgenomen in het NEVAC blad en de kascommissie adviseert de leden het bestuur de dechargeren van haar verantwoordelijkheden betreffende het boekjaar 2016. Voor de nieuwe kascommissie hebben zich beschikbaar gesteld: Bas Dielissen en Jac Franken. Beiden worden door de ALV benoemd als kascommissie voor het nieuwe jaar.

- Decharge van het bestuur

De algemene ledenvergadering gaat akkoord met de decharge van het bestuur betreffende het jaar 2016.

8. Bestuursmutaties

Sander Otte treedt reglementair af. Als opvolger wordt Sense Jan van der Molen voorgesteld. Er zijn geen tegenkandidaten zodat hij vanaf nu de vicevoorzitter van de NEVAC zal zijn.

9. Rondvraag

- Gerrad Beukema vraagt waarom de examens niet meer in het NEVAC blad worden gepresenteerd. Dick van Langeveld meldt dat dit toetsmateriaal is en geen oefenstof.

- Erwin Kessels stelt voor om uit te zoeken of het mogelijk is een speciale vacuüm cursus te verzorgen voor studenten en promovendi. Het bestuur gaat uitzoeken wat de mogelijkheden zijn.

- André Latenstein van Voorst tot Voorst vraagt of er iets is gedaan met het verzoek van DSPE voor plaatsen van informatie over vacuümtechniek. Ingmar antwoordt dat daar nog niets aan gedaan is.

10. Sluiting

Ingmar Swart sluit de vergadering om 12:20 met dank aan de aanwezigen.

Jan W.M. van Kessel, Secretaris NEVAC

Conceptagenda NEVAC ALV 2018

1. Opening
2. Vaststellen van de agenda
3. Mededelingen
4. Notulen van de Algemene Ledenvergadering 2017 in Eindhoven
5. Jaarverslagen van de commissies
 - Commissie Opleidingen
 - Excursiecommissie
 - Redactie NEVAC blad / Website
6. Financieel overzicht 2017 en begroting 2018
7. Verslag van de kascommissie
 - Decharge van het bestuur
8. Bestuursmutaties
9. Rondvraag
10. Sluiting

Jaarverslag 2017 van de Commissie Opleidingen NEVAC

Commissieleden:

A.D. van Langeveld (voorzitter), C.W. Hagen (TUD), J.W.M. van Kessel, Th. Mulder, H.J.M. Oerbekke (UT), D. Schijve (Vactec) en J.B.A. van Zon (Philips Nat.Lab.).

In 2017 zijn M. van Oossanen (TUD) en E.P.T.M. Suurmeijer teruggetreden uit de Commissie; de financiën van de Commissie worden vanaf medio juni beheerd door J.B.A. van Zon en A.D. van Langeveld.

NEVAC-examens:

De schriftelijke examens 2017 werden op maandag 10 april op twee niveaus afgenomen, te weten Elementaire Vacuümtechniek (EVT) en Vacuümtechniek (VT). Voor het examen EVT verschenen 10 kandidaten; waarvan er 9 zijn geslaagd. Van de 5 kandidaten voor het examen VT zijn er 4 geslaagd.

De schriftelijke NEVAC-examens EVT en VT 2018 zijn gepland op maandag 9 april. Er worden in 2018 geen examens VTPlus afgenomen.

A.D. van Langeveld
Voorzitter

Bericht van de Excursiecommissie

We hebben de begroting voor de excursie naar Japan in september rond en de kosten zullen op 1800,- per deelnemer uitkomen. Het NEVAC-bestuur heeft besloten om de studiereis niet te sponsoren voor deelnemers die de reis van hun werkgever vergoed krijgen. Diegenen die wel zelf betalen kunnen, mits ze dat aannemelijk maken, 750,- NEVAC-subsidie krijgen. Dit is een breuk met het verleden. Die situatie is voor iedereen verschillend en is dit het moment om te bepalen of je tegen deze prijs mee wil. De deelnemersbijeenkomst stellen we opnieuw één maand uit naar woensdag 21 maart. We hebben besloten om nu eerst af te wachten wie er afzien van deelname. Intussen gaan we gewoon verder met het uitwerken van het programma. Dat is de afgelopen weken flink opgeschoten. Bij minimaal 20 deelnemers gaat het door. Na de deelnemersbijeenkomst wordt begin april je deelname definitief. Zie voor het conceptprogramma en meer info www.nevac.nl

Rob Klöpping

PFEIFFER  VACUUM



HIPACE[®] 300 H

The turbopump with highest compression for light gases

- Specifically designed for light gases
- Ideal for HV and UHV applications
- Best UHV pressures even in combination with diaphragm pumps

Are you looking for a perfect vacuum solution? Please contact us:
Pfeiffer Vacuum Benelux B.V. · T +31 345 478 400 · F +31 345 531 076 · office@pfeiffer-vacuum.nl
www.pfeiffer-vacuum.com



Financieel jaarverslag 2017

Resultaatrekening

Inkomsten			Uitgaven		
Contributies			Bestuurskosten	€	1.083,92
<i>studentleden</i>	6	€ 20,00	Bank- en administratiekosten	€	822,92
<i>gewone leden</i>	219	€ 3.678,15	IUVSTA	€	750,00
<i>bedrijfsleden</i>	60	€ 8.300,00	Excursies	€	-
BBVT	22	€ 2.935,00	BBVT	€	464,38
NEVAC blad		€ 2.500,00	NEVAC blad	€	15.578,05
NEVAC-dag		€ 4.550,00	NEVAC-dag	€	3.339,35
Opleidingen		€ 1.270,51	NEVAC-prijs	€	1.000,00
Renten		€ 223,46	Website	€	538,45
			Conferentiebijdragen	€	1.000,00
			Cie opleidingen	€	1.251,74
Tekort		€ 3.622,20			
Inkomsten totaal		€ 25.828,81	Uitgaven totaal		€ 25.828,81

Balans per 31 december 2017

Activa			Passiva		
Kas	€	-	Crediteuren	€	3.517,75
Betaalrekeningen					
ING	€	4.818,73			
Spaartegoeden	€	90.092,07			
Kas Cie Opleidingen	€	7.472,26			
Debiteuren	€	1.258,69			
			Eigen vermogen	€	103.746,20
BBVT in voorraad	342				
			Saldo resultaat 2016	€	-3.622,20
Totaal Activa		€ 103.641,75	Totaal passiva		€ 103.641,75

Begroting 2017

Inkomsten			Uitgaven		
Contributies			Bestuurskosten	€	500,00
<i>studentleden</i>	6	€ 30,00	Bank- en administratiekosten	€	500,00
<i>gewone leden</i>	230	€ 3.400,00	IUVSTA	€	750,00
<i>bedrijfsleden</i>	60	€ 9.000,00	BBVT	€	500,00
BBVT	25	€ 1.625,00	NEVAC blad	€	13.000,00
NEVAC blad		€ 7.500,00	NEVAC-dag	€	7.500,00
NEVAC-dag		€ 3.500,00	NEVAC-prijs	€	1.000,00
Opleidingen		€ 1.250,00	Website	€	500,00
Renten		€ 225,00	Conferenties	€	500,00
			Saldo	€	780,00
Inkomsten totaal		€ 26.530,00	Uitgaven totaal		€ 26.530,00

Begroting 2018

Inkomsten				Uitgaven	
Contributies				Bestuurskosten	€ 1.000,00
<i>studentleden</i>	6	€	30,00	Bank- en administratiekosten	€ 1.000,00
<i>gewone leden</i>	220	€	4.400,00	IUVSTA	€ 750,00
<i>bedrijfsleden</i>	60	€	9.000,00	Excursies	€ 10.000,00
BBVT	80	€	6.000,00	BBVT	€ 500,00
NEVAC blad		€	9.000,00	NEVAC blad	€ 15.000,00
NEVAC-dag		€	3.000,00	NEVAC-dag	7.500,00
Opleidingen		€	-	NEVAC-prijs	€ 1.000,00
Renten		€	250,00	Website	€ 1.500,00
				Saldo	€ -6.570,00
Inkomsten totaal		€	31.680,00	Uitgaven totaal	€ 31.680,00

Roermond 22 februari 2018

Aan de leden van de NEVAC

De kascommissie heeft de financiële administratie van de NEVAC in goede staat aangetroffen.

Op 22 februari heeft de kascommissie de financiële administratie gecontroleerd. Het jaar 2017 is afgesloten met een negatief saldo. Alle uitgaven zijn door nota's gedekt.

Ook 2017 kent een aantal niet-betalende gewone leden, de vraag rijst of het ledenbestand actueel is. Het gaat hier om 219 leden tegenover 134 betalingen. De kascommissie adviseert een striktere controle uit te voeren op de contributie voor gewone leden en hier ook rekening mee te houden in de begroting.

Voor de begroting van 2017 was rekening gehouden met verminderde contributie-inkomsten. Het bestuur gaat bij de begroting van 2018 ervanuit dat alle leden betalen.

Ook adviseert de kascommissie een kritische blik te werpen naar de uitgaven aangezien er een groot gepland tekort is voor de begroting van 2018.

De kascommissie adviseert de financiële afrekening vast te stellen en het bestuur decharge te verlenen van zijn verantwoordelijkheid over het boekjaar 2017.

De Kascommissie

Jac Francken

Bas Dielissen

Adriana Creatore AVS-fellow en AVS-prijs voor Janneke Zeebregts

Tijdens het AVS International Symposium & Exhibition in Florida vorig jaar heeft de AVS (American Vacuum Society) Adriana Creatore (Plasma and Materials Processing-groep, TU/e) benoemd tot AVS Fellow voor haar wetenschappelijke prestaties en bijdragen aan de AVS-activiteiten. Zij zal dit jaar ook vicevoorzitter zijn van de programmacommissie van het AVS International Symposium & Exhibition in oktober in

Long Beach, Californië, en voorzitter van de programmacommissie in 2019 in Columbus, Ohio. Janneke Zeebregts (technicus bij de Plasma and Materials Processing-groep) kreeg tijdens de bijeenkomst in oktober vorig jaar de AVS Thin Film Division Distinguished Technologist Award toegekend voor haar belangrijke technische bijdrage aan het werk van de PMP-groep gedurende de afgelopen tien jaar.



Adriana Creatore.

Diode- en trioderadiobuizen

De vorige aflevering van deze rubriek eindigde met de ontdekking door Thomas Edison dat er in een gloeilamp een stroom kan lopen tussen de positieve pool en een metalen strip, die geplaatst is in het vacuüm tussen de twee poten van de gloeidraad. Edison vroeg in 1884 patent aan op deze vinding, maar hij onderzocht het effect niet verder en hij had er ook geen verklaring voor. Die kwam pas vijftien jaar later, na de ontdekking van het elektron door J.J. Thomson. Het principe van dit 'Edison-effect' werd aan het einde van de negentiende eeuw toegepast bij de ontwikkeling van radiobuizen voor ontvangers van elektromagnetische signalen.

Theo Mulder

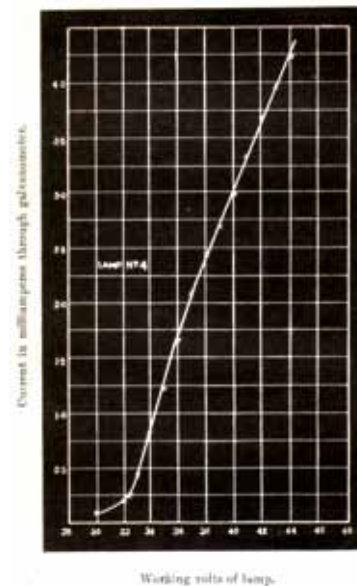
Sir William Preece (1834-1913), een ingenieur en uitvinder uit Wales, deed wel experimenten met het Edison-effect in gloeilampen. In maart 1885 kon hij de Royal Society in Londen berichten dat wanneer de plaat in een rechte lijn verder van de gloeidraad was verwijderd, hij nog steeds een stroom kon meten. Maar als de rechte uitstulping van de glazen buis werd omgebogen dan liep er geen stroom.

John Ambrose Fleming (1849-1945), professor in de elektrotechniek aan het University College in Londen, herhaalde deze proeven en toonde met een goudblad-elektrometer aan dat deze stroom een negatief karakter had. In juli 1896 maakte hij met de schakeling van Edison een grafiek met horizontaal de spanning

over de gloeidraad en verticaal de stroom tussen de metalen plaat en de pluspool.

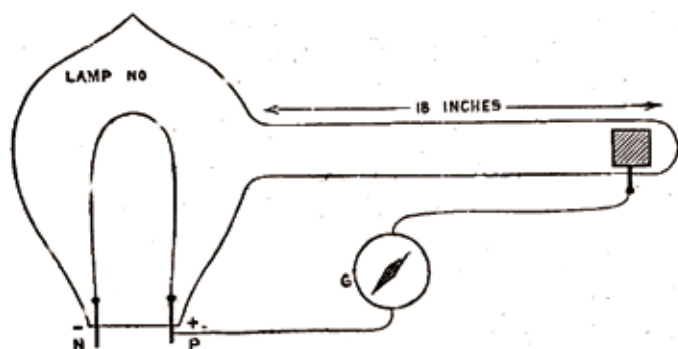
De ontdekking van het elektron

In de tweede helft van de negentiende eeuw hebben verschillende onderzoekers als Julius Elster (1854-1920), Hans Geitel (1855-1923), Sir William Crookes (1832-1919), en Johann Willhelm Hittorf (1824-1914) experimenten gedaan op het gebied van het geleiden van elektriciteit door gassen, ook in verdunde vorm. In die tijd zijn ook de betere vacuumpompen van Johann Geißler (1814-1879), August Toepler (1836-1912) en Hermann Sprengel (1834-1906) beschikbaar. Het zijn experimenten met twee vlakke geleiders in een vacuüm, waartussen een hoogspanning werd aan-

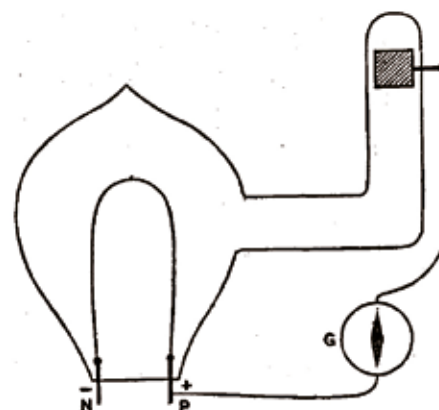


Grafiek van het Edison-effect, gemeten door J.A. Fleming in 1896.

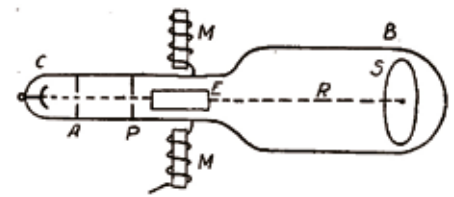
gelegd teneinde een gasontlading te verkrijgen. Door een gaatje te maken in de positieve plaat kon men aantonen dat er zogenaamde kathodestrallen doorheen kwamen. Zodoende is de kathodestraalbuis aan het begin van 1897 ontdekt door Karl Ferdinand Braun (1850-1918) aan de Universiteit van Straatsburg. Hij liet deze stralen op een fosforiserend scherm vallen en hij kon aantonen dat deze onder invloed van een magnetisch veld van baan veranderden.



Een metalen plaat in een rechte lijn: wél stroom.



Een metalen plaat 'om de hoek': geen stroom.



Schema van de kathodestraalbuis van Thomson: C = kathode, A = anode, P = versnelanode, E = elektrostatische afbuiging, M = magnetische afbuiging, R = elektronenstraal, S = scherm, B = omhullende glazen buis.

Links: Sir J.J. Thomson bij zijn kathodestraalbuis (rechtsvoor).

Dit was voor Sir Joseph John Thomson (1856-1940), professor natuurkunde aan de universiteit van Cambridge, aanleiding dit verder te onderzoeken. In 1897 bouwde hij direct de kathodestraalbuis van Braun na en kon aan de hand van de elektrostatische en magnetische afbuiging bepalen dat de kathodestrallen bestonden uit negatieve deeltjes met een gewicht van circa een 1800^{ste} deel van het gewicht van een waterstofatoom. Dit deeltje werd later een *elektron* genoemd.

Elektromagnetische straling

Op een ander gebied stonden de ontwikkelingen ook niet stil. De proeven van Heinrich Hertz (1857-1894) toonden aan dat signalen draadloos konden worden overgebracht door elektromagnetische golven en het was Guglielmo Marconi (1874-1937) die dit in 1896 in Italië in de praktijk wist te brengen. Bij gebrek aan interesse van de Italiaanse regering vertrok Marconi naar Engeland om zijn uitvinding daar te gelde te maken. Het opwekken van de elektromagnetische straling gebeurde toen nog op een relatief eenvoudige manier met een vonkgenerator, maar het detecteren van de zwakke signalen was een andere zaak. Aanvankelijk werd de coherer gebruikt, een glazen buisje gevuld met kleine nikkel-zilver korreltjes, die onder invloed van elektromagnetische golven aan elkaar kleefden, waardoor de weerstand afnam. Maar zulke buisjes moesten voortdurend door een tikker geschud worden om de niet-verkleefde toestand te herstellen.

Ze waren bruikbaar, maar erg gevoelig voor atmosferische storingen. Een betere oplossing was de magnetische detector, ontwikkeld door Ernest Rutherford, E. Wilson en Marconi. Hierin veroorzaakt een radiosignaal een verandering in de magnetische flux in een bewegende ijzeren draad, die op zijn beurt in een spoel een wisselspanning induceert die hoorbaar wordt in een hoofdtelefoon. Als derde werd een radio-ontvanger met een siliciumcarbidekristal (carborundum) als voorloper van de diode gebruikt, maar de werking daarvan werd ook door atmosferische storingen beïnvloed zodat zeer regelmatig het kristal opnieuw ingesteld moest worden. Door echter aan de zendkant steeds grotere vermogens te gebruiken, slaagde Marconi er in 1901 in een transatlantische verbinding te maken tussen Cornwall en New Foundland.

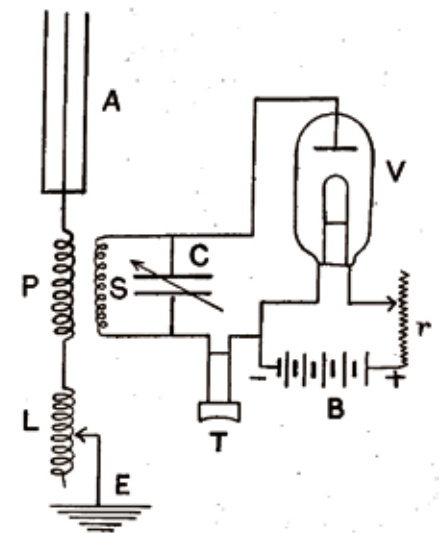
Een betere detector, de diode

Professor J.A. Fleming was in die tijd wetenschappelijk adviseur bij de Edison Electric Light Company in Londen en kon daardoor gemakkelijk beschikken over gloeilampen, al of niet voorzien van een extra plaat, ofwel anode. Hij probeerde de gloeilamp met extra plaat als detector te gebruiken voor de draadloze telegrafie. Dit was een doorslaand succes. De werking van deze gloeilamp als diode was in de periode van 1884 tot 1904 uitvoerig door een aantal wetenschappers onderzocht, maar geen van hen had een praktische toepassing bedacht. Op de toepassing als detector van hoogfre-

quente trillingen heeft Fleming in 1904 octrooi aangevraagd en gekregen. De hoogfrequente trilling is een wisselspanning. Als de anodespanning positief is, geleidt de diode de stroom. Is deze negatief, dan zal de diode niet geleiden. Het resultaat is dus dat er alleen een stroom door de hoofdtelefoon loopt als de anodespanning positief is.

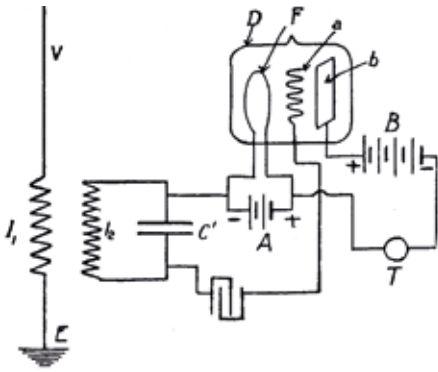
De triode

Praktisch tegelijkertijd was de gepromoveerde fysicus dr. Lee de Forest (1873-1961) in Amerika ook bezig met on-



De diodedetector van J.A. Fleming.

A = antenne, P = primaire wikkeling van de afstemspoel, L = variabele spoel om de antenne met de spoel P in resonantie te brengen, E = aardverbinding, S = secundaire wikkeling van de afstemspoel, C = afstemcondensator, T = hoofdtelefoon, B = batterij voor de gloeispanning, V = diode buis, R = variabele weerstand.



De triode van Lee de Forest als detector geschakeld.

V = antenne, I_1 = primaire wikkeling van afstemspoel, I_2 = secundaire wikkeling van afstemspoel, E = aardverbinding, C' = afstemcondensator, A = batterij voor de gloeistroom, D = glazen vacuümbuis, F = gloeidraad of kathode, a = rooster, b = anode, B = batterij voor de anodespanning, T = hoofdtelefoon.

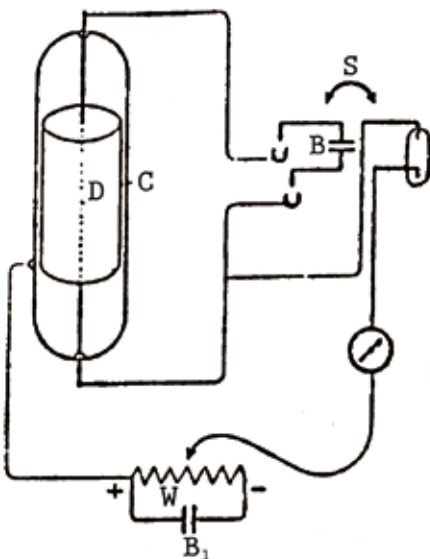
derzoekingen aan gloeilampen met een extra plaat. Hij had heel slimme ideeën, maar hij was geen handelaar. Er is een jarenlange juridische strijd geweest over wie de diodedetector heeft uitgevonden, maar uiteindelijk is beslist dat Fleming de eerste was. Echter, Lee de Forest heeft in de gloeilamp met een extra plaat

nog een derde (koude) elektrode aangebracht, waardoor hij wel erkend is als de uitvinder van de triode. Deze derde elektrode heeft de vorm van een rooster en is tussen de gloeidraad en de anode geplaatst. Door dit rooster een kleine positieve of negatieve spanning te geven, kan de elektronenstroom naar de anode zeer sterk worden beïnvloed. Er treedt dus versterking op. Op 29 januari 1907 verkreeg De Forest in Amerika patent op deze uitvinding onder de naam: *Audion valve*. Onder een Britse wet verliep het Amerikaanse patent van De Forest al in 1911 en kon Marconi van deze uitvinding gebruikmaken. Overigens gaf Lee de Forest geen verklaring over de werking van zijn uitvinding.

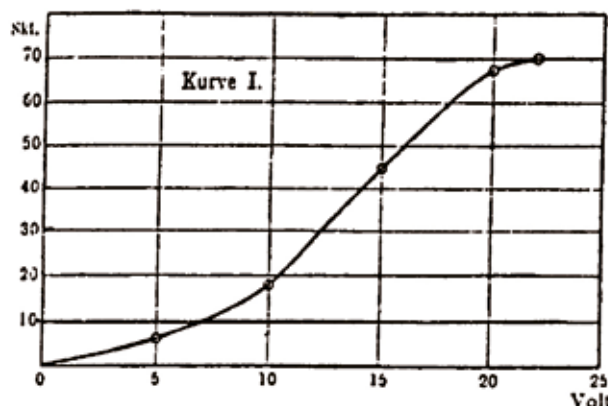
Ontdekkingen in Europa

Deze ontdekkingen drongen ook door tot Europa waar diverse wetenschappers zich inspanden om de eigenschappen van deze buizen te verklaren. Een van hen was Otto von Baeyer van de Universiteit in Berlijn. Hij ontdekte dat de relatief langzame beweging van de elektronen in de diode en triode niet overeenkwam met die van de veel snellere elektronen in de kathodestraalbuis van J.J. Thomson. Deze elektronen worden immers door een hoge spanning van enkele kilovolt versneld, terwijl de anodespanning op de diode en triode slechts vele tientallen volt bedraagt. Von Baeyer besloot hier extra aandacht aan te schenken en bouwde een schakeling voor het meten van de eigen-

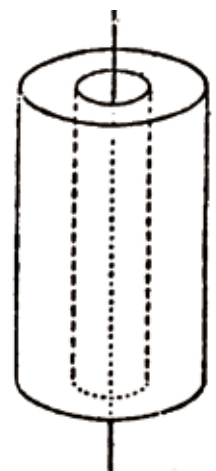
schappen van de elektronen in de diode. De diode bestond uit een glazen buis met een lange gloeidraad concentrisch geplaatst in een metalen anode. De buis was goed uitgestookt en met een Kaufmannpomp via een met vloeibare stikstof gekoelde val aangesloten, teneinde de kwikdampen van de Kaufmannpomp tegen te houden. Het bereikte vacuüm was dan ook zeer goed en daarmee werd de verstoring van de meting door geïoniseerde restgasdeeltjes voorkomen. Omdat de gloeidraad met een batterij wordt gevoed en er dus een stroom doorheen loopt, ontstaat om de gloeidraad een magnetisch veld dat de beweging van de langzame elektronen kan beïnvloeden. Von Baeyer gebruikte in zijn schakeling (linksonder) een commutator (S). Dit is een schakelaar, door een elektromotortje bediend, die beurtelings de gloeidraad verbindt met de gloeistroombatterij (B, via de linker twee contacten) óf de galvanometer (via de rechter twee contacten). Zodoende kon hij de gloeistroom onderbreken (met als gevolg dat er geen elektromagnetisch veld is dat de loop van de elektronen kan beïnvloeden) en tijdens de onderbreking de stroom van de elektronen naar de anode meten. De snelheid waarmee dit gebeurde, was 5 tot 10 keer per seconde, zodat de gloeidraad niet afkoelde en deze zijn elektronenemissie behield. De gemeten curve van de elektronenstroom als functie van de anodespanning is weergegeven in de diodecurve van Von Baeyer.



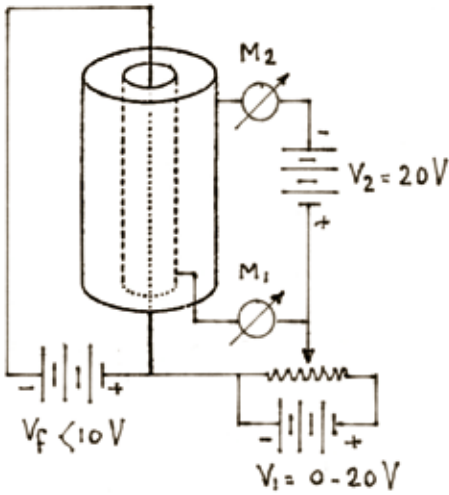
Schakeling van Otto von Baeyer voor het meten van de eigenschappen van elektronen in de diode. D = gloeidraad, C = anode, B = batterij voor gloeispanning, S = commutator, B₁ = batterij voor anodespanning, W = variabele weerstand.



Diodecurve van Otto von Baeyer.

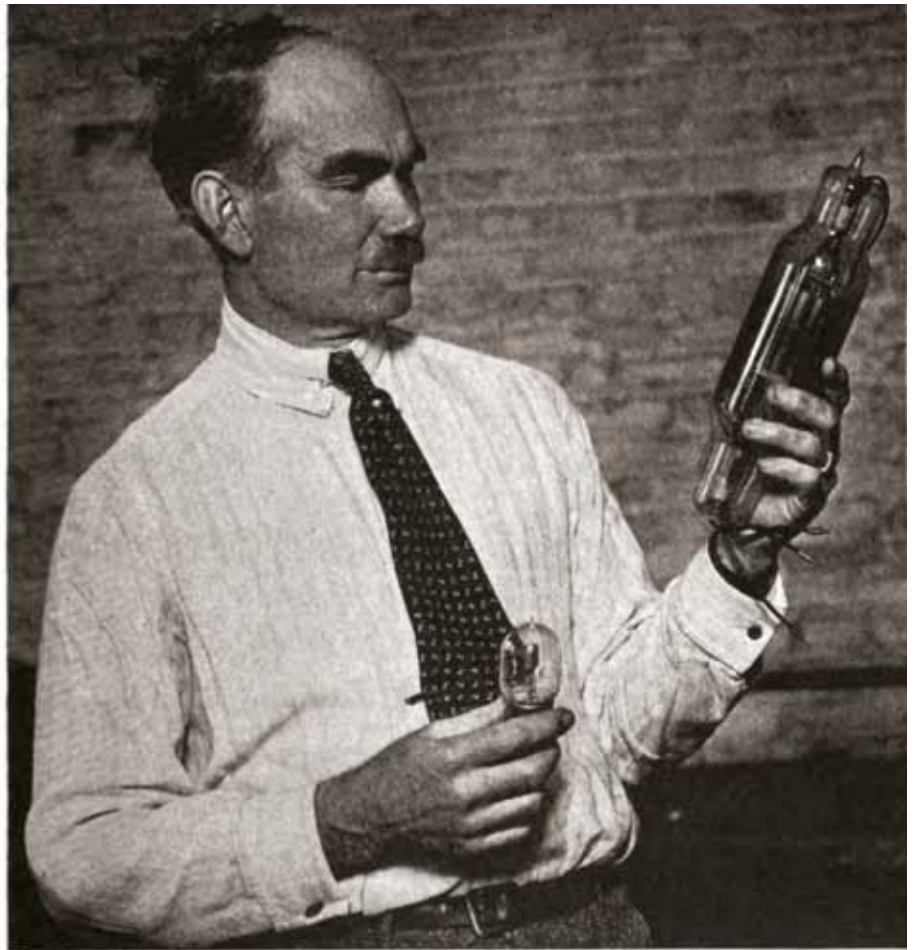


Triode van Von Baeyer.



Schakeling met de triode van Von Baeyer.
 M_1 = rooster- of elektronenstroom I^-
 M_2 = ionenstroom I^+

Von Baeyer wilde ook de ionisatie van gasdeeltjes in een dergelijke buis onderzoeken. Daartoe bouwde hij een triode volgens de schets linksonder. De rechte gloeidraad is omgeven door de binnenste cilinder met een diameter van 1 cm. Deze was gemaakt van messing gaas (draaddiameter 0,1 mm, maaswijdte 0,3 mm) en werd het rooster genoemd, de buitenste cilinder was van een dunne messing plaat met een diameter van 2 cm en werd anode genoemd. Het geheel werd aangesloten volgens het schema hierboven. In deze schakeling zijn de meters M_1 en M_2 galvanometers van Siemens en Halske met een gevoeligheid van $5 \cdot 10^{-10}$ ampère per schaaldeel. Voor grotere stromen wordt een shuntweerstand gebruikt. De elektronen afkomstig van de gloeidraad worden door het rooster aange trokken en gaan door de mazen van het rooster heen. Zij kunnen echter de anode niet bereiken omdat deze negatief is ($V_2 = -20$ V). Er moet een positieve lading lopen van het rooster naar de anode als het gas tussen het rooster en de anode wordt geïoniseerd. Het moet mogelijk zijn deze ionenstroom met een galvanometer te meten als die aangesloten is tussen het rooster en de anode en als er genoeg gasmoleculen worden geïoniseerd door de in die tussenruimte aanwezige elektronen.

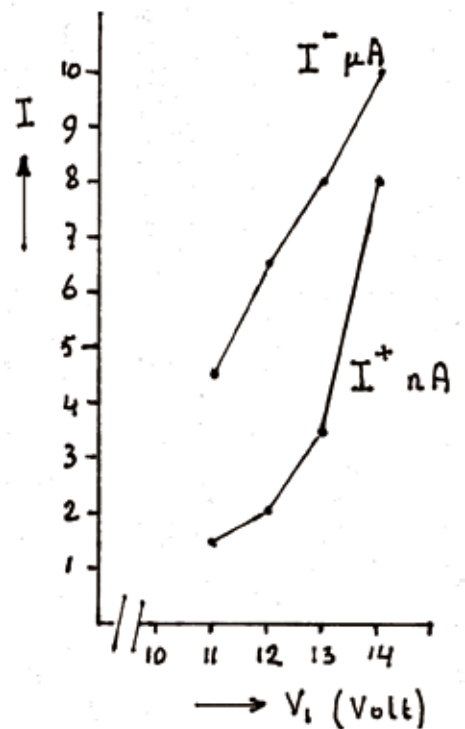


Lee de Forest met zijn Audion valve.

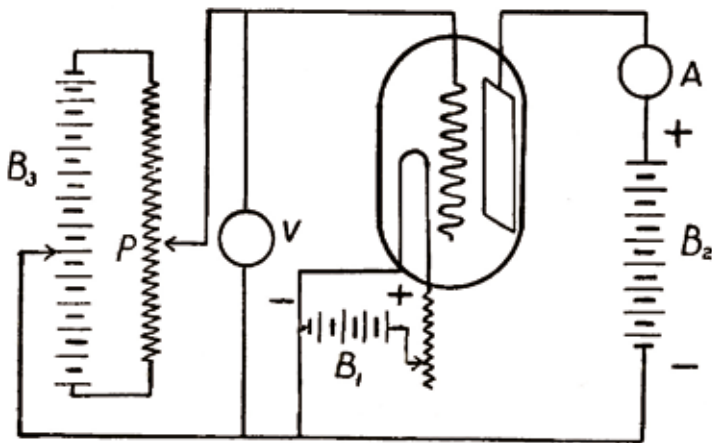
Er kon geen ionenstroom I^+ worden gemeten bij een roosterspanning $V_1 = 0$ tot 10 volt. Pas bij een iets hogere roosterspanning steeg de ionenstroom I^+ steil, terwijl natuurlijk de roosterstroom I^- ook steeg.

Von Baeyer deed de metingen bij een druk van ongeveer 10^{-2} Torr. Hij schrijft dat een nauwkeurige drukmeting niet kon worden uitgevoerd bij een gloeiende kathode door de continue ontgassing van de gloeidraad en de altijd aanwezige adsorptie door de omgeving (het grotere glazen oppervlak van de omhulling, hoogstwaarschijnlijk op kamertemperatuur). Zijn belangrijkste conclusie is dat als de spanning op het rooster onder de 10 volt is, er geen ionisatie optreedt van het gas in de buis.

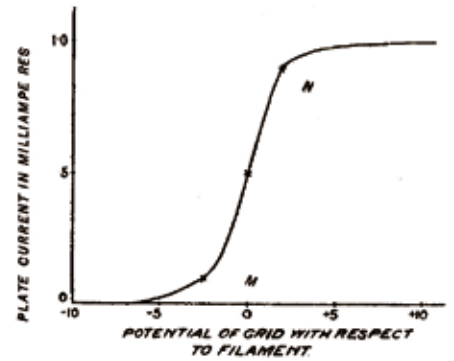
Zijn bevindingen heeft hij in oktober 1908 gepubliceerd. Hij was dicht bij de ontdekking van de ionisatiemanometer voor het meten van hoogvacuüm, maar dat was nu eenmaal niet zijn doelstelling.



Gemeten ionenstroom I^+ in nA en roosterstroom I^- in μA met de triode van Von Baeyer.



Schakeling voor de meting van de $I_A - V_g$ curve van Armstrong.



De $I_A - V_g$ curve van Armstrong.

Ontwikkelingen in de VS

Omdat Lee de Forest geen verklaring had voor de werking van zijn *Audion valve*, werd deze het onderwerp van verder onderzoek. Het was Edwin Armstrong (1890-1954) die aan de hand van bovenstaand schema de werking van de *Audion valve* doorgrondde.

Met bovenstaande schakeling kon hij de belangrijke $I_A - V_g$ curve optekenen en daarmee de werking van vele schakelingen verklaren. Zo kan deze drie-elektrodenbuis worden gebruikt als detector voor ontvangst van radiotelegrafie, maar ook als versterker waarbij het uitgaande signaal een getrouwe kopie is van het inkomende signaal, echter versterkt in grootte. Door een deel van het uitgaande signaal weer terug te voeren naar de roosteringang ontstaat een zelf-oscillerende schakeling, die de basis vormt voor zenders.

Met deze drie-elektrodenbuizen zijn ontvangers te bouwen die vele malen gevoe-

liger zijn dan de eerste detectoren zoals de coherer, magnetische detector en de kristaldetector. Bovendien zijn atmosferische storingen niet van invloed op de werking van de drie-elektrodenbuis, hetgeen wél het geval was bij de andere detectoren.

Op 12 december 1914 schreef Armstrong een artikel in de *Electrical World of New York* getiteld 'Operating Features of the Audion'. Hij heeft vele schakelingen met deze Audion-triode gemaakt en was daarmee een pionier op het terrein van de radio-ontvangst.

Serieproductie

Bij de productie van de drie-elektrodenbuizen heeft men geleerd dat het vacuüm zeer goed moet zijn, anders treedt er ionisatie op van het restgas hetgeen een blauwachtig licht geeft in de buis. Goed uitstoken van zowel de gloeidraad, het rooster als de anode is dan ook een eerste vereiste. Maar voor serieproductie is

ook een goede en snelwerkende vacuümpomp noodzakelijk. De Sprengelpomp kan weliswaar een goed vacuüm bereiken, echter de pompsnelheid is beperkt. Gelukkig kwamen andere uitvindingen net op tijd: in 1905 wist Wolfgang Gaede (1878-1945) uit Keulen een kwik-rotatiepomp te maken waarmee hij in 10 minuten een vacuüm kon bereiken waar de Sprengelpomp vele uren over deed. Tegelijkertijd ontwikkelde Carl Hoffmann (1844-1910), een Siemens-medewerker uit Berlijn, de eerste oliegesmeerde draaischuifpomp die, enigszins verbeterd door Gaede, in 1907 op de markt kwam en als voorvacuümpomp diende voor de kwik-rotatiepomp. Enkele jaren later, in 1911, kwam de door Gaede ontwikkelde moleculaire dragpomp op de markt, in 1913 gevolgd door de kwikdiffusiepompe. Beide pompen zijn in staat een hoogvacuüm te bereiken, uitermate geschikt voor de productie van de drie-elektrodenbuizen.

De volgende aflevering van deze serie gaat over de productie en verdere ontwikkeling van radiobuizen door het Duitse bedrijf Telefunken tijdens de Eerste Wereldoorlog

Literatuur:

- J.A. Fleming, *The Thermionic Valve and his Developments in Radiotelegraphy and Telephony*, The Wireless Press (1919).
- O. von Baeyer, *Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft* (1908).



Radio-ontvanger met Audion-buis.

Agenda

13 april 2018
Fysica 2018, Utrecht

20 april 2018
NEVAC-dag 2018, Universiteit Twente, Enschede

17-22 juni 2018
European Vacuum Conference EVC-15, Genève,
Zwitserland

1-5 juli 2018
86th IUVSTA Workshop Nanoscale Oxides in Physics
and Chemistry
Avila, Spain

29 juli - 1 augustus 2018
18th International Conference on Atomic Layer De-
position (ALD 2018), Incheon, South Korea

13-16 augustus 2018
The 9th Vacuum and Surface Science Conference of
Asia and Australia, Sydney, Australië

26-31 augustus 2018
34th European Conference on Surface Science
Aarhus, Denemarken

2-5 september 2018
84th IUVSTA Workshop Surface Micro-Spectroscopy
and Spectro- Microscopy of Electrical Phenomena
Weizmann Institute of Science, Rehovot, Israel

2-6 september 2018
83rd IUVSTA Workshop: New Horizons in Boron-
Containing Coatings, Vadstena, Sweden

14-19 oktober 2018
85 IUVSTA Workshop on Nanoporous Materials for
Green Energy Conversion and Storage, Seggau,
Oostenrijk

21-26 oktober 2018
AVS 65th International Symposium & Exhibition,
Long Beach, CA, VS

18-22 februari 2019
17th IUVSTA School, Nano-Optics
Braga, Portugal

1-5 juli 2019
21st International Vacuum Congress, Malmö,
Zweden

Links naar websites: zie de agenda op www.nevac.nl



Wordt nu NEVAC-lid
en ontvang drie maal per jaar het
NEVAC blad

Andere voordelen

Contact met vakgenoten

Vakexcursies

Symposia

Voor bedrijfsleden:
vermelding op de NEVAC-website

Kosten per jaar

Gewone leden € 20,-

Studenten en promovendi € 5,-

Bedrijfsleden € 150,-

U kunt zich aanmelden met het formulier op

www.nevac.nl

Design in Vacuum

Op 29 juni vorig jaar organiseerde de Dutch Society for Precision Engineering, DSPE, een kennissessie over *Design in vacuum*. Er waren bijdragen van Gerrit van der Straaten (Settels Savenije), Maurice Teuwen (Janssen Precision Engineering), Ronald Sheriff (Pfeiffer Vacuum), Tijs Teepen (Vernooy Vacuum Engineering), en Rients de Groot (Thermo Fisher Scientific). In *Mikroniek* nummer 5 van 2017, het blad van DSPE, staat een uitgebreid verslag van deze bijeenkomst. Ook de andere artikelen in dit nummer zijn gewijd aan vacuümtechniek. Rond de zomer komt dit nummer digitaal beschikbaar op de website van DSPE:

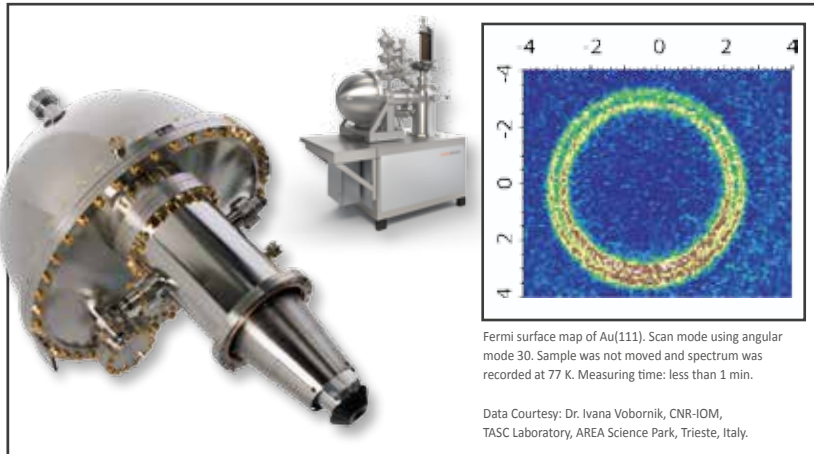
<http://www.dspe.nl/mikroniek/archive/>



Ideal for Topological Insulator Research

DA30-L Analyser & DA30 ARPES System

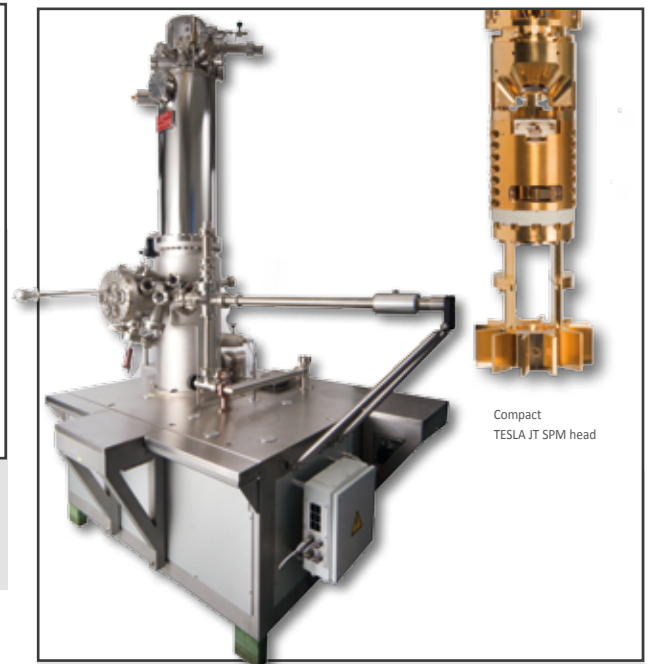
The Top End Solution for ARPES



- Fermi surface mapping made easy
- Detect the smallest of variations using highest angular and energy resolution
- Electric deflection for high precision and accuracy one spot measurements

Tesla JT SPM

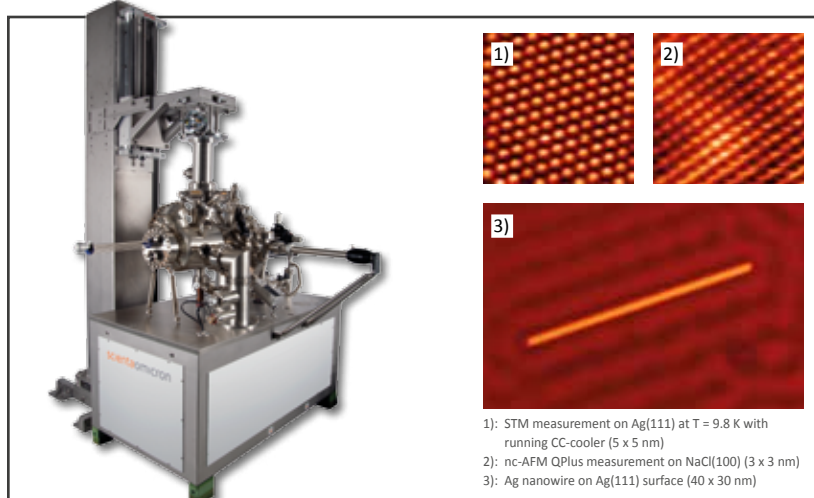
STM & QPlus AFM in High Magnetic Fields at $T < 1.4$ K



- > 5 days uninterrupted measurement time in magnetic fields
- Base temperature $T < 1.4$ K with 4He
- Dry UHV magnet $B_z > 3$ T
- Optical access & ease of use
- STM and advanced spectroscopy and leading QPlus AFM

Fermi DryCool™ SPM

Infinite Measurement Time & Convenient Cooling below $T = 10$ K



- Cryogen-free cooling for unlimited operation at low & variable temperatures
- Independent tip & sample temperature control from LT to above RT
- Ultra-low noise level below 1 pm with active cooling
- Superior drift performance
- Scienta Omicron's leading QPlus AFM technology

