

NEVAC

jaargang 61 nummer 3 december 2023



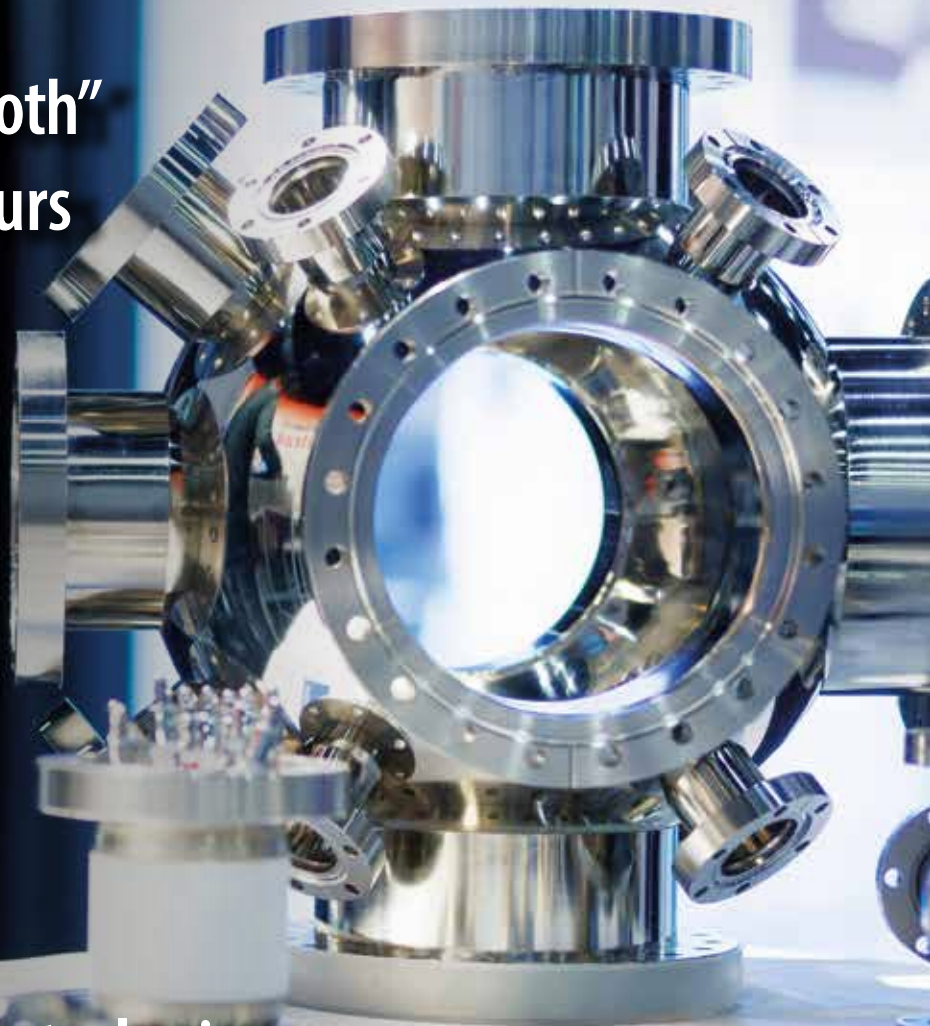
NEDERLANDSE
VACUÛMVERENIGING

blad

Met "Ask the Expert Booth"
present op Precisiebeurs

Impact van vacuÛmetrologie
op research en industrie

70 Jaar vacuÛmervaring in
machinebouw en verkoop





Verenigingsgegevens

Ereleden

L.G.J.M. Hassink
G. Ikking
† Prof.dr. J. Kistemaker
† Ir. J.H. Makkink
Th. Mulder
Dr.ir. E.P.Th.M. Suurmeijer
Prof. dr. J.F. van der Veen
Dr.ir. J. Verhoeven

Bestuur

Prof.dr. S.J. van der Molen, voorzitter
Freek Molkenboer, vicevoorzitter
René Erkelens, penningmeester
Pieter Heidema, secretaris

Verenigingssecretariaat

Pieter Heidema
secretaris@nevac.nl

Ledenadministratie

René Erkelens
penningmeester@nevac.nl

Penningmeester NEVAC

IBAN: NL50 INGB 0001 8515 29
o.v.v. penningmeester NEVAC
René Erkelens
penningmeester@nevac.nl

Contributies

Contributie € 30,- per jaar
Studenten/promovendi € 5,- per jaar
Bedrijfsleden € 175,- per jaar

Inlichtingen over opleidingen en examens

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

Vacuümboeken uitgegeven onder auspiciën van de NEVAC



Primeurs

Deze uitgave van het NEVAC blad heeft een aantal primeurs te bieden. De media, schrijvende pers inclusief, zijn dol op primeurs en de redactie van dit blad is daar geen uitzondering op. Graag wil ik die voor jullie kort op een rijtje zetten, met toch vooral de aansporing om verder te lezen.

De meest prestigieuze primeur is dat de NEVAC samen met TNO de organisatie van een IUUSTA-workshop naar Nederland heeft gehaald; IUUSTA is de internationale unie van nationale vacuümverenigingen zoals de NEVAC. Namens het bestuur (en TNO) heeft Freek Molkenboer daar veel energie in gestoken. De workshop zal gewijd zijn aan de toekomstige behoeften en uitdagingen op vacuümgebied. De NEVAC en TNO organiseren deze vierdaagse workshop in 2025 samen met DSPE, VCCN en Mikrocentrum, hoogstwaarschijnlijk in Delft; de data zijn nog niet bekend. In deze uitgave wordt een tipje van sluier over de inhoud opgelicht.

Nog een internationale primeur is er in de vorm van de eerste overname van een artikel uit *Vakuum in Forschung und Praxis* van onze zusterorganisatie Deutsche Vakuum-Gesellschaft (DVG). De NEVAC en DVG zijn overeengekomen om meer te gaan samenwerken en kennis te delen, onder meer dus door publicaties uit elkaars verenigingsbladen uit te wisselen. Het eerste (vertaalde) artikel in wat hopelijk een lange reeks wordt, gaat – toeval of niet – over toekomstige trends, in dit geval in de vacuümmetrologie en -meettechniek.

Bij het bericht over de Nobelprijs voor Natuurkunde 2023 kun je eigenlijk ook spreken van een primeur, of drie primeurs zelfs. Want uitzonderingen als Marie Curie en Albert Einstein daargelaten, winnen mensen – in dit geval drie natuurkundigen – maar één keer in hun leven een Nobelprijs. Voor de natuurkunde en in iets minder mate ook de scheikunde geldt dat velen de prijs niet gewonnen zouden hebben als ze in hun werk geen beroep hadden kunnen doen op vacuümtechniek.

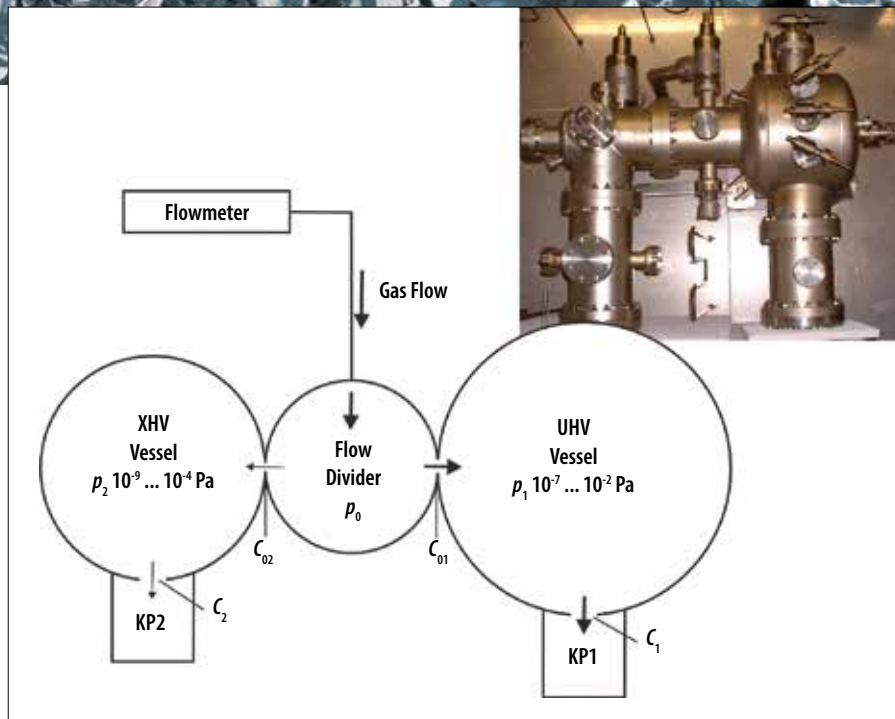
De laatste primeur is hopelijk irrelevant. Deze editie van het NEVAC blad is de eerste onder eindredactie van ondergetekende. Claud Biemans, die dit werk tien jaar met veel succes en prachtig resultaat heeft gedaan, heeft afscheid genomen. Aan mij de taak haar hoge niveau vast te houden. Als dat lukt, is deze primeur 'onzichtbaar' en hebben jullie het meeste leesplezier. Met, wie weet, in de toekomst meer vacuümprimeurs.



Namens de redactie,
Hans van Eerden

Inhoud

- 2 Van de redactie
Primeurs
- 4 Overgenomen uit 'Vakuum
in Forschung und Praxis'
De impact van
vacuüm metrologie
op research en industrie
- 12 Einstein Telescope
Vacuüm technologie
in R&D-regeling
- 15 Nobelprijs voor
Natuurkunde 2023
Vacuüm nodig voor
zichtbaar maken van
elektronen
- 16 Loopbaan in vacuüm
Ronald Sheriff en
Ron van Vossen
(Pfeiffer Benelux)
- 20 Beste geslaagde
Jochem Paalman (UT)



- 22 Van het bestuur
NEVAC-dag
IUVSTA-workshop
Precisiebeurs

- 24 Stel je voor
René Koops

- 25 Agenda

- 27 Nieuws

4 Bij PTB is dit continue-expansiesysteem de primaire standaard voor drukmeting tot 10^{-9} Pa.

Cover

Precisiebeurs 2023, stand Hositrad
(Foto: Bram Saey)

Colofon

Redactie

Rients de Groot
René Koops
Hans van Eerden, eindredacteur

redactie@nevac.nl

Grafische vormgeving

Snep

Druk

Drukkerij Tielen

Verschijningsdata 2024

April
Juli
December

Web-adres

www.nevac.nl

Abonnementen

Binnenland € 35,- per jaar
Buitenland € 120,- per jaar

Advertentie-exploitatie

NEVAC
René Erkelens
penningmeester@nevac.nl

Kopij inzenden naar redactie@nevac.nl.

Lidmaatschap en abonnementen
opgeven bij de ledenadministratie,
penningmeester@nevac.nl.

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

Sluitingsdatum kopij

NEVAC blad 2024 nr. 1:
23 februari

Van state-of-the-art metingen tot toekomstige trends

De impact van vacuümmetrologie op research en industrie

Door nauwkeurige vacuümmetingen is het mogelijk processen in de industrie te beheersen, de vereiste omgevingscondities voor experimenten in wetenschap en onderzoek te waarborgen en de commerciële relatie tussen fabrikanten en gebruikers van vacuümapparatuur te ondersteunen. De hoofdtaak van vacuümmetrologie, de wetenschap van vacuümmeting, is het bieden van traceerbaarheid van vacuümmetingen richting het SI. De afgelopen jaren heeft de vacuümmetrologie zich ook geworpen op de karakterisering van vacuüm door partiële drukanalyse, het meten van de ontgassingsnelheid, en de dynamiek van vacuümmetingen.

Karl Jousten

Over de auteur

Dr. Karl Jousten is hoofd van het 'Fachbereich Wärme und Vakuum' bij de Physikalisch-Technische Bundesanstalt in Berlijn (D). Hij promoveerde in 1987 in de natuurkunde aan de Universiteit van Heidelberg (D) en is redacteur van het *Handbook of Vacuum Technology*, Wiley-VCH (eerste uitgave 2016). Van 2005 tot 2008 was hij voorzitter van DVG. Hij won de Rudolf-Jaekel-Preis 2023 van DVG, met name voor zijn baanbrekende wetenschappelijke bijdragen en fundamenteel onderzoek op het gebied van vacuümdrukmeting.

karl.jousten@ptb.de
www.ptb.de

Uitwisseling artikelen

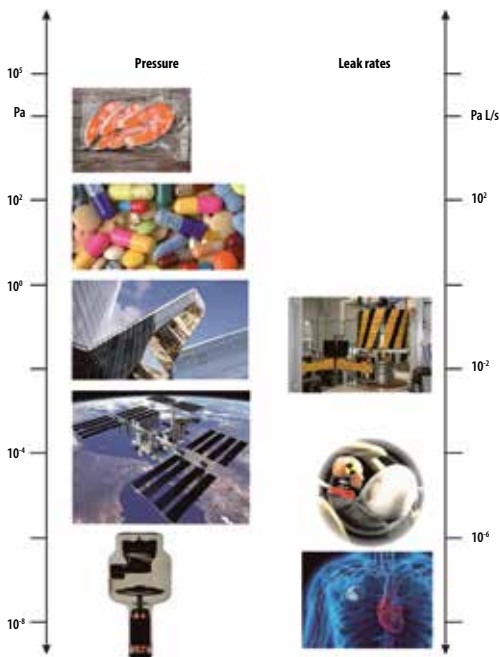
De NEVAC en zusterorganisatie Deutsche Vakuum-Gesellschaft (DVG) zijn overeengekomen om meer te gaan samenwerken en kennis te delen. Dat doen ze onder meer door publicaties uit hun verenigingsbladen, respectievelijk *NEVAC blad* en *Vakuum in Forschung und Praxis*, over te nemen en (na vertaling) te plaatsen, met toestemming van de betreffende auteur(s).

In dit nummer van het NEVAC blad de primeur:

Karl Jousten, "Vacuum metrology and its impact on research and industry – From state of the art measurements to future trends", *Vakuum in Forschung und Praxis*, vol. 31 (4), pp. 16-22, 2019. Reprint in jubileumjaar 2023 (DVG bestaat 60 jaar): *Vakuum in Forschung und Praxis*, vol. 35 (1), pp. 40-46, 2023, <https://doi.org/10.1002/vipr.2023700114>



Figuur 1 Thomas Edison gebruikte deze kooldraadlamp bij de eerste openbare demonstratie van zijn beroemdste uitvinding, de eerste praktische elektrische gloeilamp. Deze demonstratie vond plaats in zijn laboratorium in Menlo Park op oudejaarsavond 1879. Om de buis leeg te maken, werd een Sprengelpomp aangesloten op de open rechterzijde van de buis. (Foto: Smithsonian Institution, www.americanhistory.si.edu)



Figuur 2 Het vacuümdruk- en leksnelheidsbereik voor sommige industriële toepassingen.

Links van boven naar beneden: voedselverpakking, drogen en steriliseren van pillen, glascoating, space-simulatie en halfgeleiderindustrie (zonnecellen, communicatie, computer), röntgenbuis. Rechts van boven naar beneden: testen van aluminiumvelgen (Van der Heyde GmbH), airbag, pacemaker.

Inleiding

Als sleuteltechnologie bestrijkt de vacuümtechnologie tegenwoordig vele sectoren van industrie en wetenschap. Tot ongeveer de jaren tachtig was vacuüm een belangrijke, op zichzelf staande wetenschap, maar nu is de rol ervan vooral die van katalysator of 'enabler' voor andere wetenschappen of, als technologie zelf, een enabler voor veel producten. Het eerste industriële product dat vacuümtechnologie nodig had, was de gloeilamp van Edison, die in 1879 in Menlo Park, New Jersey (VS), zijn fabriek voor gloeilampen opende (Figuur 1). Daar werden honderden Sprengelpompen waarin vallende kwikdruppeltjes het hoge vacuüm genereerden, handmatig bediend. Tegenwoordig is de smartphone waarschijnlijk het meest prominente commerciële product dat vacuümtechnologie nodig heeft bij de productie.

Het meten van vacuüm als onderdeel van vacuümtechnologie wordt vaak als een noodzakelijk kwaad beschouwd en niet zo

belangrijk gevonden. Er wordt daarom vaak minder in geïnvesteerd dan in de opwekking van vacuüm met de pompen en kamers. Het meten is echter een cruciaal onderdeel van vacuümtechnologie, omdat alleen door metingen kopers en gebruikers van vacuümtechnologie bevestiging kunnen krijgen dat fabrikanten apparatuur hebben geleverd die aan hun eisen voldoet. In de huidige tijd, waarin energie-efficiëntie, duurzaamheid en kwaliteitsmanagement belangrijker zijn dan voorheen, krijgt vacuümmetrologie een steeds grotere rol binnen de vacuümtechnologie. Betrouwbare en nauwkeurige vacuümmetingen van de totale en partiële druk kunnen investeringen besparen en de kwaliteit van producten garanderen.

Dit artikel presenteert eerst een dwarsdoorsnede van de toepassingen van vacuümtechnologie en een evaluatie van de verwachtingen die hedendaagse gebruikers hebben van vacuümmetrologie. Vervolgens komen verschillende aspecten van de 'requirements' aan de orde en het antwoord daarop vanuit de vacuümmetrologie. Dit artikel sluit af met trends en hun impact op de toekomst van vacuümmetingen.

Vacuümtoepassingen in industrie en wetenschap

Het meetbereik van vacuümdrukken in de industrie strekt zich uit van atmosferisch ($1 \cdot 10^5$ Pa) tot ongeveer 10^{-7} Pa (Figuur 2). Net zo belangrijk als drukmeting is het kunnen meten van zeer kleine gasstromen, om de lekdichtheid van vele soorten vacuümkamers te controleren. Het meten van lekkages met behulp van vacuümtechnologie is simpelweg de meest gevoelige methode om de leksnelheid van kamers te bepalen. Vanaf de hoogste druk in Figuur 2 is vacuümhandling van objecten door robots of andere actuatoren een belangrijke toepassing. Er is slechts een grof vacuüm nodig, omdat de toepassing van vacuüm mechanisch is. Bij een vacuümniveau van 10 kPa wordt al 90% van de kracht op een oppervlak uitgeoefend door het drukverschil (90 kPa) met de atmosferische druk, wat normaal gesproken voldoende en efficiënt is voor de handling.

Voor het verpakken en drogen van voedsel en farmaceutische producten moet de druk omlaag naar 100 Pa of zelfs 1 Pa. De lagere drukken gelden vooral voor de farmaceutische industrie, die aanzienlijk hogere eisen stelt aan zuiverheid en droogheid dan de voedingsmiddelenindustrie. Het doel van vacuümtoepassing is hier vooral het verwijderen van zuurstof uit het voedsel en/of water uit pillen of koffie. In hetzelfde drukbereik, van 0,1 kPa tot 1 kPa, is bij de productie van staal en andere metaallegeringen vacuüm nodig om gassen uit het gesmolten metaal te verwijderen en directe oxidatie te voorkomen.

Coatingprocessen hebben vacuüm vooral nodig om te zorgen voor de afwezigheid (of beheersing) van waterdamp en zuurstof, en voor een gemiddelde vrije weglengte van moleculen van enkele tientallen centimeters. Er zijn te veel coatingprocessen om hier op te noemen. Hun doeleinden reiken van het verharden van oppervlakken van gereedschappen tot decoratieve coatings voor horloges, van het antireflecterend en UV-bestendig maken van brillen tot het niet-transparant maken van architectonisch glas voor een deel van de zonnestraling.

De productie van dunne films voor de halfgeleiderindustrie is de belangrijkste toepassing van vacuümtechnologie en beslaat ongeveer 40% van het productievolume van alle vacuümapparatuur wereldwijd. De restdruk reikt tot in het ultrahogvacuüm, de operationele drukken liggen in het middenvacuümbe-reik. Met de voortdurende miniaturisatie van halfgeleiderstructuren, die momenteel (2019, red.) de 20 nm heeft bereikt, wordt nu vacuüm toegepast in het lithografieproces met behulp van EUV-straling (extreem ultraviolet)

De ruimtevaartindustrie bedient niet meer alleen de astronomie en ruimte-exploratie, maar via satellieten ook commerciële en door de overheid gefinancierde communicatie- en globale positioneringssystemen (GPS en Galileo). Op de hoogten van satellieten heerst een hoog vacuüm en de apparatuur daarvoor moet vooraf onder dezelfde omstandigheden worden getest. In de medische fysica was de eerste toepassing van vacuüm

waarschijnlijk het genereren van röntgenstraling. Nog steeds worden elektronen onder hoog vacuüm versneld om röntgenstralen te genereren wanneer ze op een metalen anode botsen. De meest uitdagende meting op lektheid in de industrie is die voor een pacemaker. Om de lektester te kalibreren, zijn secundair gekalibreerde lekdebietsnormen van 10^{-7} Pa-ℓ/s nodig. Voor lektesten van airbagreservoirs en aluminiumvelgen zijn respectievelijk ongeveer 10^{-6} Pa-ℓ/s en 10^{-3} Pa-ℓ/s vereist. Als voorbeelden van de onderdelen die onder meer met behulp van vacuüm worden geproduceerd, noemen we de componenten van een smartphone:

- scherm;
- centrale verwerkingseenheid;
- geheugen;
- diverse sensoren;
- communicatiemodule;
- Li-ionbatterij.

Voor de laatste, de batterij, moeten het foliemateriaal en de elektrolyt worden gedroogd onder vacuüm en moet de behuizing worden getest op lektheid tegen vocht uit de lucht. Als de batterij niet lekdicht en voldoende gedroogd is, kan deze exploderen.

De wetenschapsdomeinen die vacuüm nodig hebben, zijn met name:

- elementaire deeltjesfysica;
- plasmafysica, inclusief fusiereactoren;
- zwaartekrachtgolfdetectie;
- fysica met synchrotronstraling;
- oppervlakteanalyse.

Tabel 1 presenteert de belangrijkste uitdagingen voor het meten aan vacuüm.

Begin jaren negentig was er veel belangstelling voor het meten van drukken onder de 10^{-7} Pa, omdat verwacht werd dat de halfgeleiderindustrie deze lage drukken nodig zou hebben voor de chipproductie. Toen er andere oplossingen werden gevonden om de afmetingen van patronen op chips te verkleinen, vervaagde deze interesse.

Om het aantal drukmeters op een vacuümketel te beperken, is het wenselijk om slechts één enkele drukmeter te installeren voor het hele drukbereik dat nodig is voor de toepas-

Tabel 1 Uitdagingen in industrie en wetenschap op het gebied van vacuümmeting (xx = groot belang, x = gemiddeld belang, o = laag belang).

| Uitdaging | Industrie | Wetenschap/ onderzoek | Wie worden uitgedaagd? |
|--------------------------------------|-----------|--------------------------|-------------------------------------|
| Zeer lage drukken (XHV) | o | x | Fabrikanten, metrologie |
| Eén meter voor het hele vacuümbereik | xx | o | Fabrikanten, natuurkunde |
| Gasonafhankelijke aflezing | xx | o | Natuurkunde, technologie |
| Partieeldrukmeting | x | x | Fabrikanten, metrologie |
| Reproduceerbaarheid | xx | x | Fabrikanten, gebruikers, metrologie |
| Nauwkeurigheid | o | x | Fabrikanten, gebruikers, metrologie |
| Robuuste vacuümmeter | xx | x | Fabrikanten |
| Snelle en continue meting | x | o | Fabrikanten, metrologie |

sing, doorgaans 100 kPa tot 10^{-6} Pa.

Tot nu toe is er echter geen fysisch principe voor vacuümmeting gevonden waarmee het hele drukbereik kan worden afgedekt. Om deze reden zijn verschillende meetprincipes in één drukmeter geïntegreerd. Vanwege het verschil in gevoeligheid voor verschillende gassen per meetprincipe is de nauwkeurigheid van dergelijke meters echter tamelijk bescheiden. Gastype-onafhankelijkheid, goede reproduceerbaarheid en een robuuste drukmeter zijn waarschijnlijk de belangrijkste vereisten in industriële toepassingen.

In de laatste kolom van Tabel 1 staat wie wordt uitgedaagd door de verschillende vereisten. Hierna worden de punten behandeld waarop de vacuüm metrologie wordt uitgedaagd in de nationale metrologische instituten (NMI's), die de traceerbaarheid moeten bieden naar het SI (Internationale Stelsel van Eenheden).

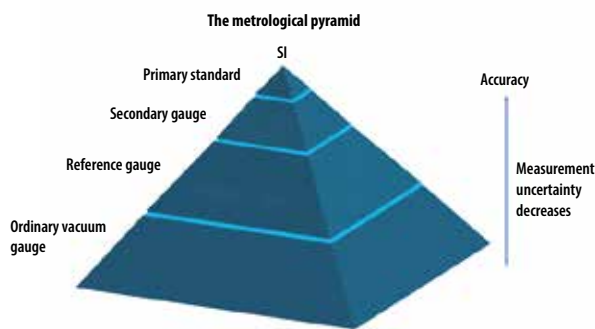
Nauwkeurigheid en zeer lage druk

Nauwkeurigheid is de mate van overeenstemming tussen een gemeten hoeveelheidswaarde en de werkelijke hoeveelheidswaarde van een meetgrootte (gedefinieerd door het SI). Nauwkeurigheid wordt bereikt wanneer een meetresultaat kan worden gerelateerd aan een referentie via een gedocumenteerde ononderbroken keten van kalibraties. Als referentie dienen de zogeheten primaire standaarden, waarin de gemeten grootte kan worden berekend door middel van natuurkundige vergelijkingen. Deze maken de meest directe traceerbaarheid

naar het SI mogelijk. De waarde van elke gemeten grootte heeft enige onzekerheid die kan worden gekwantificeerd. Nauwkeurigheid daarentegen is alleen een kwalitatieve term. Nauwkeurigheid is belangrijk wanneer waarden moeten worden vergeleken: pompsnelheden van vacuümpompen van verschillende fabrikanten, de benodigde partiële drukken voor een coatingproces, ontgassing van materialen, of een gemeten waarde met een waarde verkregen door simulatie. Alle fabrikanten van vacuümmeters kalibreren hun producten met enige vorm van traceerbaarheid naar een referentie (Figuur 3) en geven een meetonzekerheid op het moment van levering. Dergelijke referenties voor vacuüm bestaan op verschillende plaatsen in de wereld (Figuur 4).

Omdat een primaire standaard onafhankelijk is van alle andere, is de enige mogelijkheid om de geldigheid ervan te controleren het vergelijken met een andere primaire standaard. Dergelijke vergelijkingen worden regelmatig uitgevoerd onder leiding van de Meterconventie en de Mutual Recognition Arrangement (MRA). Deze laatste werd opgericht in 1999 en organiseert de wederzijdse erkenning van certificaten voor kalibraties uitgevoerd door NMI's van de 59 (per 2019) aangesloten landen. Drie 'pilaren' ondersteunen de wederzijdse erkenning:

- een kwaliteitsmanagementsysteem volgens ISO 17025;
- een database die de kalibratiemeetmogelijkheden publiceert;



Figuur 3 De metrologische traceerbaarheidsketen.

- een succesvolle deelname aan internationale vergelijkingen.

Een voorbeeld van het resultaat van een dergelijke vergelijking wordt getoond in Figuur 5 [2]. De lijn in het midden geeft het (normaal) gewogen gemiddelde van de resultaten aan, de zogeheten referentiewaarde. De spreidingslijnen tonen de afwijking van de specifieke NMI van de referentiewaarde, de maatstaf voor de onzekerheid die aan de waarde verbonden is. Indien de spreidingslijn overlapt met de referentiewaarde wordt de norm van het betreffende NMI gelijkwaardig geacht aan de internationale referentiewaarde. Alleen dan mag het NMI certificaten afgeven zoals gepubliceerd in de database met kalibratiemeetmogelijkheden.

Bij het NMI in Duitsland, de Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), wordt het meetbereik van 100 kPa tot 10^{-9} Pa gerealiseerd door vier verschillende soorten primaire standaarden (Figuur 6):

- kwikmanometer;
- roteerbare en niet-roteerbare zuigermeters;
- statische-expansiesysteem;
- continue-expansiesysteem.

De pijl in Figuur 6 geeft aan dat voor de drukstandaarden bij hogere druk secun-

daire standaarden moeten worden gekalibreerd voor de standaarden bij lagere druk. Bij het statische-expansiesysteem [4] wordt de druk stapsgewijs verlaagd door expansie van een bekende hoeveelheid gas van een klein volume naar een veel groter volume. De verhouding van de volumes varieert van 1:10 tot 1:10.000, waarbij de druk p_1 dienovereenkomstig wordt verlaagd tot p (Figuur 6). Met het continue-expansiesysteem [4] wordt de druk verlaagd door een bekende gasstroom door twee sterk verschillende geleiders te sturen. De verhouding van de conductanties (inverse fluidische weerstanden) C_1 en C_2 (Fig. 6) is typisch 1:10⁸, waardoor de bekende druk p_1 met deze verhouding tot p wordt verlaagd.

Zeer lage drukken zijn vrij moeilijk te meten. De belangrijkste reden is dat het aantal atomen dat wordt geadsorbeerd op de oppervlakken van een ionisatiemeter het aantal moleculen in de ionisatieka-

mer met vele ordegrottes overschrijdt, typisch 10^6 tot 10^9 (voor 0,001 tot 1 monolaagdekking). Dit maakt het erg moeilijk om de gasdichtheid in de vrije ruimte betrouwbaar te meten met ionenmeters bij zeer lage drukken. Een primaire standaard is in dit bereik daarom erg belangrijk voor de validatie van ionenmeters.

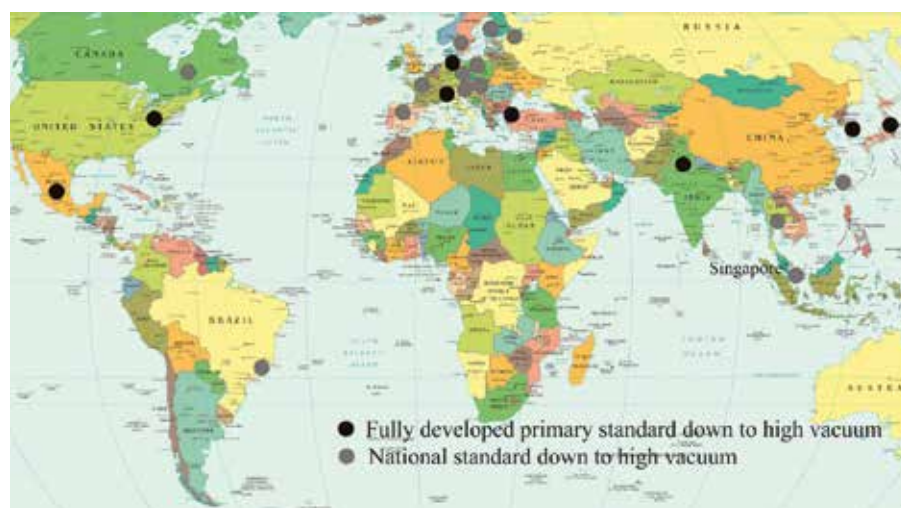
PTB heeft een primaire standaard tot 10^{-9} Pa (Figuur 7) [5]. De door de continue-expansiemethode gegenereerde druk wordt verder verminderd door de 'flow divider method'. Ongeveer 99% van de stroming die het stroomverdelervat binnenstroomt, komt via de kleine fluidische weerstand (grote conductantie) C_{01} het UHV-vat binnen, en slechts 1% via de grote fluidische weerstand C_{02} in het XHV-vat. Cryo-pompen leveren de noodzakelijke lage druk.

Traceerbaarheid voor het meten van de partiële druk en de uitgassnelheid

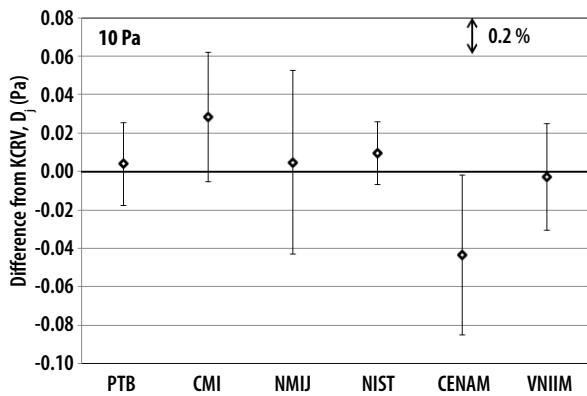
Meting van partiële druk gebeurt tegenwoordig vooral met quadropoolmassaspectrometers (QMS). Ze leveren een breed meetbereik en zijn handig in gebruik. Optische methoden zoals Fourier-transform infraroodspectroscopie (FTIR) kunnen niet alle gassoorten detecteren die van belang zijn voor vacuümtechnologie.

Partiële drukmeting met QMS kent veel issues:

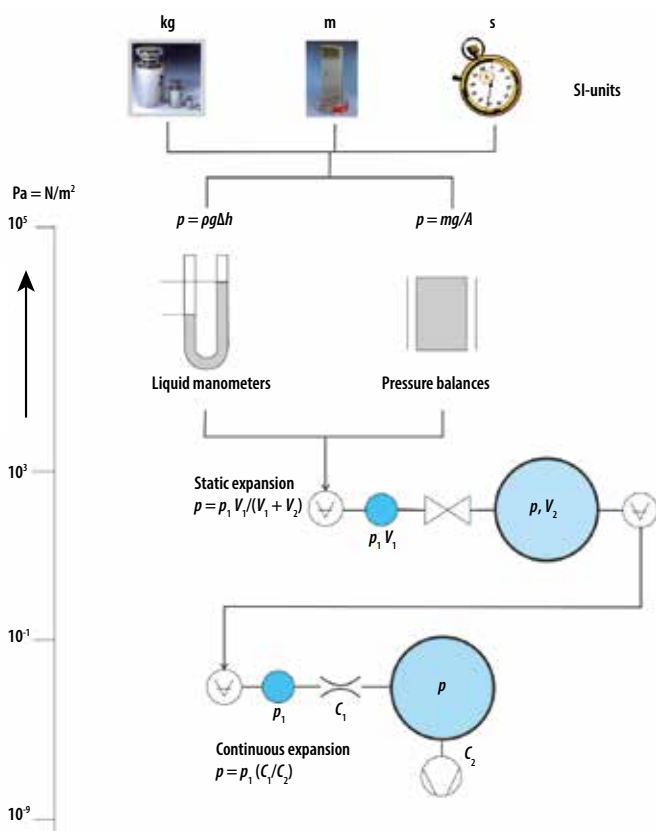
1. De gevoeligheid hangt sterk af van de instellingen van het instrument: emissiestroom, elektronenenergie, ionenenergie, resolutie, scansnelheid, scanmodus, versterking, enz.
2. Er zijn geen algemene regels voor de instellingen. De verschillende typen QMS, en soms zelfs individuele instrumenten van hetzelfde type, reageren anders op wijzigingen in de instellingen.
3. De gevoeligheid is afhankelijk van de totale druk.
4. De gevoeligheid voor de ene gassoort is afhankelijk van de aanwezigheid van een andere gassoort.
5. De relatieve gevoeligheid voor een gassoort vergeleken met die voor stikstof kan niet worden voorspeld.
6. De ionenbron fragmenteert moleculen en genereert meerdere geladen atomen.
7. Een QMS produceert en meet



Figuur 4 Nationale metrologische instituten met primaire of secundaire standaarden voor vacuüm (zoals geregistreerd in de database van BIPM, de organisatie die het SI beheert).



Figuur 5 Resultaat op 10 Pa van de 'key comparison' CCM.P-K4.2012 tussen zes NMI's (PTB, Duitsland; CMI, Tsjechië; NMIJ, Japan; NIST, VS; CENAM, Mexico; VNIIM, Rusland). KCRV: Key comparison referentiewaarde. Getoond worden de verschillen van de 'transfer standard' van de individuele NMI's met de KCRV [1].



Figuur 6 De primaire standaarden voor vacuüm, en hun relaties, bij de PTB.

zelfgegenerateerde massapieken.
8. De reproduceerbaarheid van de gevoeligheid van een QMS is slecht.

Een systematisch overzicht van de metrologische kenmerken van verschillende typen QMS is gegeven in [6]. Hier twee highlights:

- De gedetecteerde ionenstroom is over het algemeen niet evenredig met de emissiestroom.
- De gevoeligheid voor helium in argon kan met een factor 7 veranderen als de argondruk wordt verhoogd van nul naar 10^{-2} Pa.

Concluderend, de ionenstroom- of partiële druksignalen dienen, afhankelijk van het type QMS, met grote voorzichtigheid te worden bekeken. Er moet rekening worden gehouden met grote onzekerheden in de gemeten signalen en partiële drukk.

Vanwege issues 3 en 4 is het niet mogelijk om een QMS op een standaardmanier te kalibreren. Alleen als de gebruiker het gasmengsel en het totale drukbereik kan definiëren, kan de QMS voor dit mengsel wor-

den gekalibreerd binnen het gegeven bereik. Anderzijds hoeft de onzekerheid van een kalibratie vanwege de slechte reproduceerbaarheid (stabiliteit op lange termijn) van de QMS niet erg laag te zijn. Relatieve onzekerheden van 5% tot 10% zijn voldoende.

Om de QMS een nuttiger instrument te maken, heeft de verantwoordelijke Technische Commissie TC 112 van ISO in samenwerking met NMI's de standaard ISO 14291 opgesteld. Daarin worden termen en definities voor een QMS gedefinieerd. Om de specificaties in databladen van verschillende fabrikanten vergelijkbaar te maken, is ISO TS 20175 ontwikkeld (Figuur 8). Daarin wordt beschreven hoe de verschillende parameters, zoals de minimaal detecteerbare partiële druk of de minimaal detecteerbare concentratie, moeten worden gemeten. Naast de algemene karakterisering van een QMS om de specificaties in een datasheet vast te stellen, worden andere procedures beschreven. Die moeten de gebruiker van een QMS in staat stellen traceerbare en kwantitatieve metingen uit te voeren van lekpercentages en ontgassingssnelheden. ISO TS 20177 behandelt het meten van de ontgassingssnelheden (Figuur 8) om een vorm van (voorlopige) traceerbaarheid te verkrijgen. Een belangrijk concept is de definitie van de stikstofequivalente uitgassingssnelheid. Dit concept is om economische redenen ontwikkeld, aangezien alle vacuümdrukmeters zijn gekalibreerd voor stikstof, maar zelden voor enig ander gas. Stikstofequivalente ontgassingssnelheid betekent dat een waarde wordt gemeten alsof alle desorberende en ontgassende moleculen van het oppervlak stikstofmoleculen zouden zijn geweest en gemeten als stikstof. Omdat de metingen worden uitgevoerd onder moleculaire stromingsomstandigheden, is het mogelijk om een werkelijke waarde van de ontgassingssnelheid voor een specifiek molecuul te berekenen, wanneer de gevoeligheid van de QMS en de effectieve pompsnelheid voor dit molecuul bekend zijn.

ISO TS 20177 beschrijft ook verschillende vacuümsystemen en -procedures, waaronder de zeer belangrijke in-situ metingen voor de kalibratie van een QMS.

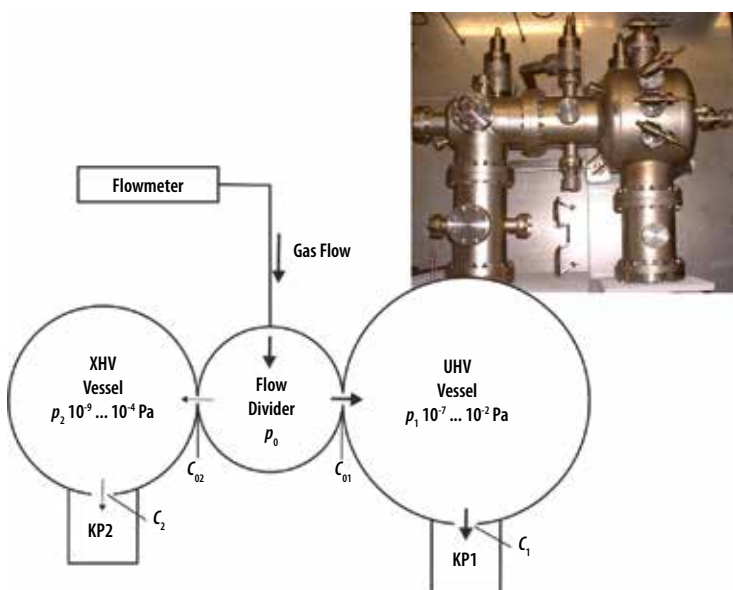
Om de nauwkeurigheid van deze laatste te verbeteren, zijn ionisatiemeters (zie hierna) nodig die voorspelbare gevoeligheidsfactoren hebben voor de gassen die daadwerkelijk ontgassen – in veel gevallen watermoleculen, koolwaterstoffen, koolmonoxide, kooldioxide en waterstof. De standaardisatie heeft alleen zin als de bo-

vengenoemde kalibraties voor speciale gasmengsels op een meetstandaard mogelijk zijn en er enige vorm van traceerbaarheid kan worden geboden (Figuur 8). Het PTB heeft een dergelijke meetstandaard vastgesteld [7]. Met dergelijke meetstandaarden zal het mogelijk zijn de situatie te verbeteren en verder te gaan dan het concept van stikstofequivalentie.

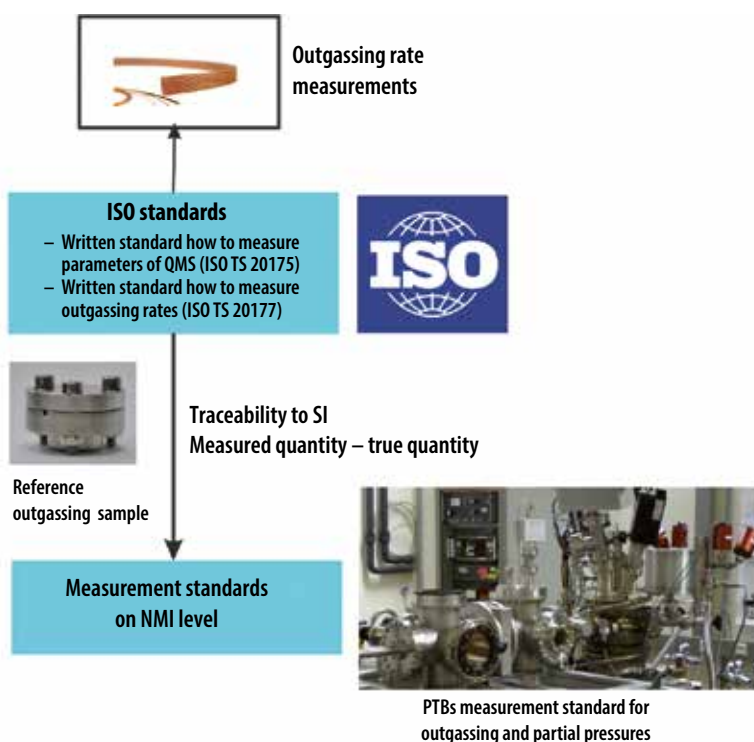
Reproduceerbaarheid en voorspelbaarheid

Een belangrijk aspect van QMS-kalibratie is de in-situ kalibratie met een ionenmeter. In het beste geval wordt die uitgevoerd voor de gassoort die voor de gebruiker het meest interessant is. Helaas hangt de gevoeligheid van een ionenmeter voor een speciaal gas niet alleen af van de waarschijnlijkheid van ionisatie, maar ook van het specifieke ontwerp van de drukmeter en, nog erger, van de individuele meter. Dit als gevolg van significante andere fysische effecten, zoals secundaire-elektronenopbrengst, door elektronen gestimuleerde desorptie, en ruimtelading.

Voor het verkrijgen van een voorspelbare gasgevoeligheid, loopt het Europese project EMPiR 16NRM05 [9] in samenwerking met ISO TC 112 voor standaardisatie van het ontwerp van een ionenmeter. Als dit project succesvol is, kan elke fabrikant van ionenmeters deze gestandaardiseerde drukmeter produceren en zullen de relatieve gasgevoeligheidsfactoren (vergeleken met stikstof) bekend zijn naarmate NMI's of andere kalibratielaboratoria deze factoren in de loop der jaren hebben bepaald. Met een dergelijke meter kunnen ook pompsnelheden voor andere gassen dan stikstof met grotere betrouwbaarheid en nauwkeurigheid worden bepaald. De gestandaardiseerde ionenmeter zal ook reproduceerbaarder zijn dan de huidige commerciële ionenmeters, omdat het elektronenpad duidelijk gedefinieerd zal zijn en minder gevoelig voor vormveranderingen van de drukmeters en oppervlakte-effecten in de meter.



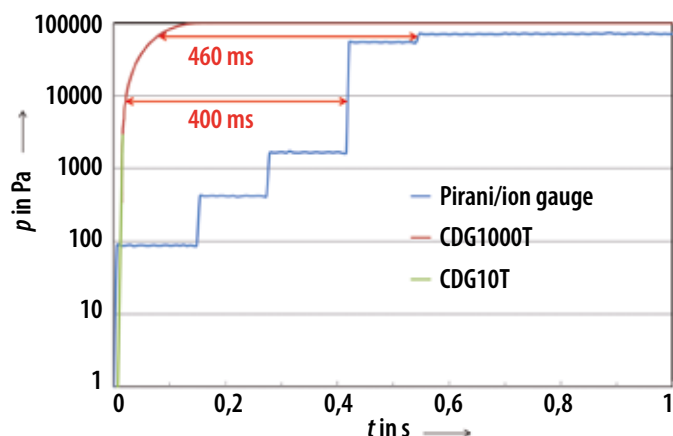
Figuur 7 Het continue-expansiesysteem CE3 in schematische weergave en beeld. KP = cryopomp; C = fluidische weerstand; p = druk.



Figuur 8 Schema voor het bieden van enige vorm van traceerbaarheid voor partiële drücken en ontgassingsnelheden gemeten met quadrupoolmassaspectrometers. Afbeelding boven: vacuümcompatibele kabels (met dank aan Vacom GmbH).

Metrologie voor snelle metingen

Bij loadlocks en lektesten liggen de cycli van pompen en beluchten in de orde van een paar seconden. Vacuümmeters regelen het openen en sluiten van kleppen en moeten onmiddellijk eventuele drukveranderingen volgen. Fabrikanten en gebruikers willen er zeker van zijn dat de meters de zeer snelle drukveranderingen kunnen volgen. Elke vertraging van enkele tienden van seconden in een proces dat slechts enkele seconden duurt, vermindert de productiviteit en de winst.



Figuur 9 Tijdsafhankelijke reactie van drie verschillende vacuümeters op een snelle drukverandering van hoogvacuüm (< 0,1 Pa) naar 100 kPa. CDG: capacitieve membraandrukmeter.

Om de responstijd van vacuümeters in grof vacuüm te meten, heeft PTB een meetstandaard ontwikkeld [10], [11]. Hierbij verandert de druk binnen 20 ms van 100 kPa naar 100 Pa door expansie van een volume van 0,1 l naar een volume van 180 l via de kleinst mogelijke fluïdische weerstand. In de ‘beluchttingsrichting’ is de verandering zelfs nog sneller. Wanneer openingen of nozzles met een grotere fluïdische weerstand tussen de volumes worden gebruikt, is de drukverandering langzamer maar duidelijker tijdens de expansie.

Figuur 9 toont een voorbeeld van wat er voor verschillende vacuümeters kan gebeuren tijdens een beluchting, zoals die plaatsvindt in een loadlock. Terwijl de twee capacitieve membraandrukmeters (CDG’s, Stripe-type van Inficon) de verandering onmiddellijk volgen, vertoont de combinatie van een Pirani- en een hete-kathode-ionenmeter, die beide erg populair zijn voor loadlocks, een aanzienlijke vertraging. De lengte van de drukstappen is te wijten aan de integratietijd, die verkort kan worden. De hoogte van de stappen laat echter zien dat zelfs wanneer de integratietijd zou worden verkort, de drukkindicatie nog vertraagd zou zijn. In dit geval zou bij de CDG’s een loadlock minstens 0,4 s eerder worden geopend dan bij de Pirani-meter.

Samenvatting en vooruitblik

In de afgelopen twintig jaar heeft de vacuüm metrologie verschillende maatregelen genomen om de situatie voor gebruikers van

vacuümtechnologie te verbeteren. Het ondersteunen van de nauwkeurigheid en de traceerbaarheid naar het SI van vacuümeters is een traditionele taak van de vacuüm metrologie, maar is door de MRA uitgebreid om een wereldwijde erkenning van kalibratiecertificaten te verkrijgen. Er is een voorbereidend

onderzoek gedaan naar de onbevredigende meting van partiële druk en ontgassingssnelheid, en de mogelijkheid is gecreëerd om de responstijd van vacuümeters te controleren.

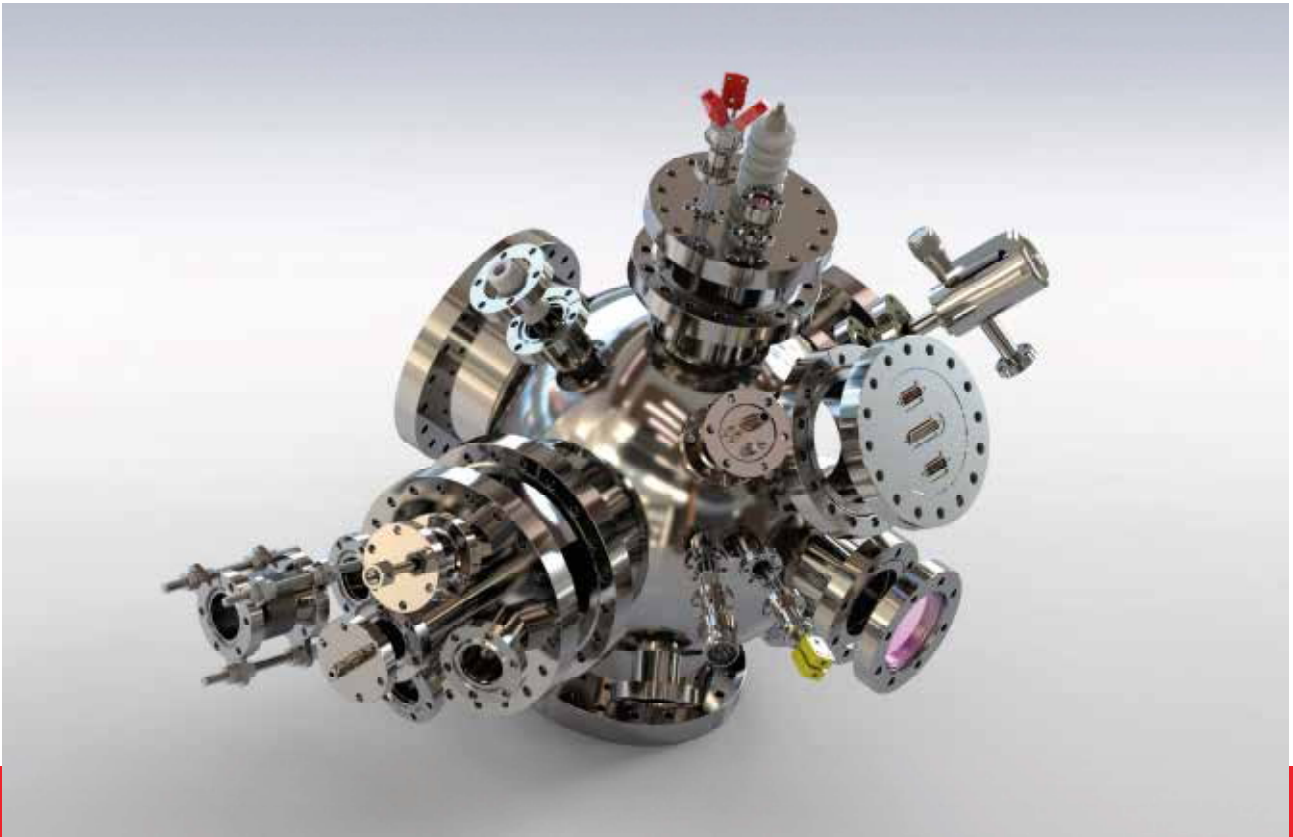
Op het hoogste niveau van de vacuüm metrologie zijn optische manieren van meten in ontwikkeling [12]. Deze gebruiken de bepaling van de brekingsindex om vacuümdrukken te meten van ongeveer 1 Pa tot 100 kPa, de absorptiespectroscopie voor drukken eronder, en magneto-optische ‘traps’ voor drukken in het UHV-regime [13]. Deze methoden zijn merendeels fundamenteel van aard en geschikt als primaire standaard. Er wordt echter onderzoek gedaan naar een miniaturisatie van deze apparaten. Het doel van deze ontwikkelingen is om zelfkalibrerende instrumenten te verkrijgen die normaal gesproken elders niet opnieuw gekalibreerd hoeven te worden. Het valt nog te bezien of ze in de toekomst de huidige vacuümeters in kalibratielaboratoria of zelfs in industriële toepassingen kunnen vervangen.

Omdat alle optische methoden de gasdichtheid als primaire grootte meten, zou dit ook de manier kunnen veranderen waarop vacuüm in de toekomst wordt gemeten. Bij de meeste vacuümtoepassingen is de gasdichtheid een belangrijkere grootte dan de druk, omdat gebruikers behoefte hebben aan een voldoende hoge gemiddelde vrije weglengte van moleculen (bijvoorbeeld in versnellers, coatingprocessen), een

lage gasdichtheid (bijvoorbeeld isolatievacuüm, verwijdering van zuurstof en waterdamp) of een goed gedefinieerde gasdichtheid (bijvoorbeeld coatingprocessen, plasma), en maar zelden aan een bepaalde druk waarbij temperatuur een rol speelt. De vacuüm gemeenschap kan over een tijdje besluiten dat vacuüm wordt gekarakteriseerd door dichtheid in plaats van door druk.

Referenties

- [1] H.J. Gläser (2008), “Vakuumbeschichtung von Architekturglas – Ein historischer Abriss”, *Vakuüm in Forschung und Praxis*, vol. 20 (3), pp. 12-19.
- [2] www.bipm.org/en/cipm-mra
- [3] J. Ricker, et al. (2017), “Final report on the key comparison CCM.P-K4.2012 in absolute pressure from 1 Pa to 10 kPa”, *Metrologia*, vol. 54, Technical Supplement, 07002.
- [4] Hoofdstuk 12 in *Handbook of Vacuum Technology*, 2nd edition (2016), K. Jousten (red.), Wiley-VCH, Weinheim, ISBN 978-3-527-41338-6.
- [5] K. Jousten, et al. (1999), “New, fully automated, primary standard for generating vacuum pressures between 10^{-10} Pa and 3×10^{-2} Pa with respect to residual pressure”, *Metrologia*, vol. 36, pp. 493-497.
- [6] L. Lieszkovsky, A.R. Filipelli & C.R. Tilford (1990), “Metrological characteristics of a group of partial pressure analyzers”, *J. Vac. Sci. Technol. A*, vol. 8, pp. 3838-3854.
- [7] K. Jousten, S. Putzke & J. Buthig (2015), “Partial pressure measurement standard for characterizing partial pressure analyzers and measuring outgassing rates”, *J. Vac. Sci. Technol. A*, vol. 33, 061603, <http://dx.doi.org/10.1116/1.4935432>
- [8] Patent application DE102014200907 A1, 2014-01-20, published 2015-07-23; reference outgassing probe.
- [9] www.ptb.de/empir/16nrm05-home.html
- [10] K. Jousten, et al. (2014), “A standard to test the dynamics of vacuum gauges in the millisecond range”, *Vacuum*, vol. 100, pp. 14-17, <http://dx.doi.org/10.1016/j.vacuum.2013.07.037>
- [11] S. Pantazis & K. Jousten (2014), “Computational and experimental study of unsteady gas flow in a dynamic vacuum standard”, *Vacuum*, vol. 109, pp. 373-384, <http://dx.doi.org/10.1016/j.vacuum.2014.05.005>
- [12] K. Jousten, et al. (2017), “Perspectives for a new realization of the pascal by optical methods”, *Metrologia*, vol. 54, pp. S146-161.
- [13] J. Scherschligt, et al. (2017), “Development of a new UHV/XHV pressure standard (cold atom vacuum standard)”, *Metrologia*, vol. 54, pp. S125-S132.



- Vacuum Components
- Custom Vacuum Chambers
- Custom Manipulators
- Mass Spectrometers and RGAs
- Mass Flow Control
- Plasma Treatment Systems
- PVD/CVD Systems

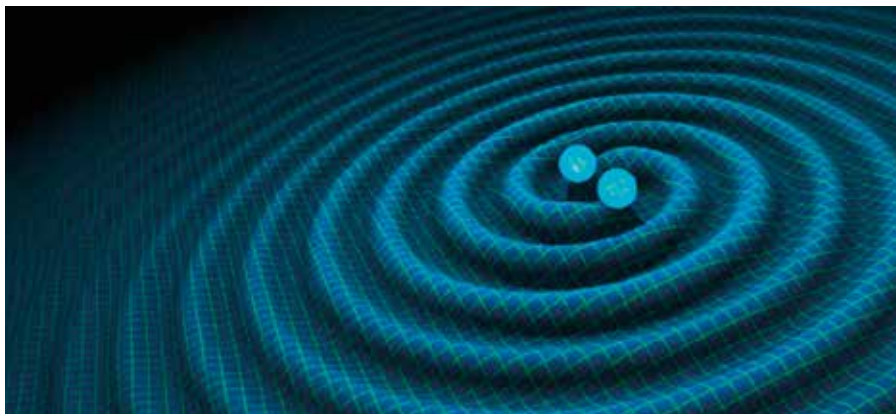
Specialized in Vacuum and Cryogenic Technology
with more than 50 years of experience

Vacuümtechnologie in R&D-regeling voor Einstein Telescope

Voor de Einstein Telescope (ET) is dit najaar een R&D-regeling gelanceerd met ruim twaalf miljoen euro uit het Nationaal Groeifonds. Het geld is bedoeld om innovatie en versnelde ontwikkeling van nieuwe technologieën te stimuleren voor een ondergronds geavanceerd observatorium voor zwaartekrachtgolven. De regeling staat open voor individuele hightech-bedrijven en consortia rondom vijf technologiedomeinen, waaronder vacuümtechnologie. De call hiervoor gaat op 12 februari 2024 open.

Einstein voorspelde ze al, zwaartekrachtgolven als gevolg van extreme gebeurtenissen in het heelal, zoals het samensmelten van twee zwarte gaten. Een eeuw later, in 2015, werden ze voor het eerst waargenomen door de twee LIGO-observatoria in de VS. In 2017 kregen drie onderzoekers van de samenwerkende observatoria van LIGO en Virgo (de Europese detector in Italië) voor de detectie van zwaartekrachtgolven de Nobelprijs voor Natuurkunde toegekend.

Intussen zijn er talloze waarnemingen van 'rimpelingen in het ruimte-tijdweefsel' gedaan en wordt gewerkt aan nieuwe, nog gevoeliger detectoren. Daaronder de Europese Einstein Telescope, voor onderzoek aan het geboorteproses van zwarte gaten, de structuur van neutronensterren en de aard van het heelal direct na de oerknal. Ook willen onderzoekers met ET de voorspellingen van Einstein's relativiteitstheorie testen als nooit tevoren.



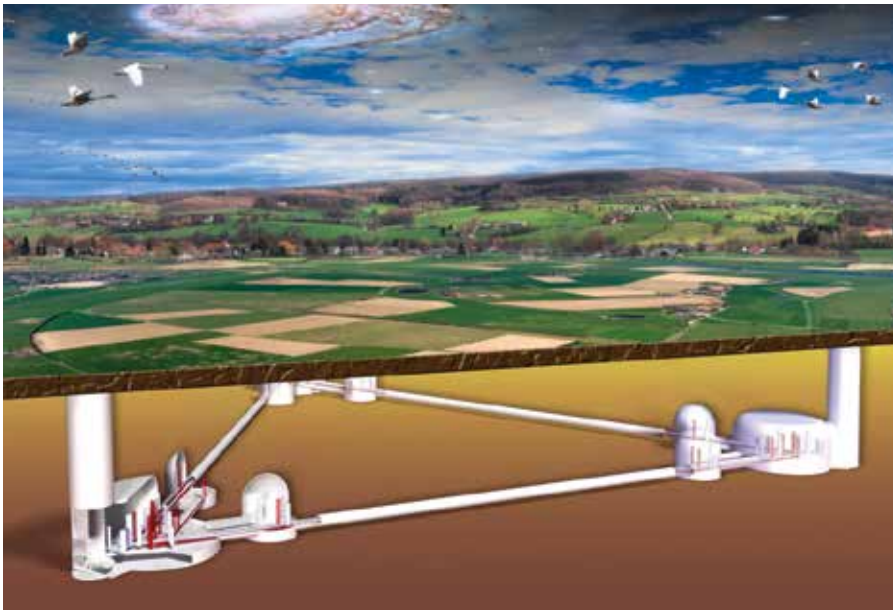
Zwaartekrachtgolven komen voort uit extreem heftige gebeurtenissen in ons heelal, zoals het samensmelten van twee zwarte gaten. (Illustratie: R. Hurt, Caltech/JPL)

Laserinterferometrie

Detectie van zwaartekrachtgolven vindt plaats met laserinterferometrie. Een laserstraal wordt gesplitst in twee bundels die elk een lange arm worden ingestuurd en aan de uiteinden daarvan worden teruggekaatst door spiegels om te worden opgevangen op een detector. Daar vertonen ze interferentie die afhankelijk is van het lengteverschil tussen de armen. Komt er een zwaartekrachtgolf langs, dan vervormt de ruimte-tijd een heel klein beetje, waardoor beide armen elk op hun eigen manier heel iets korter of langer worden. De resulterende verandering van het lengteverschil zorgt voor een signaal dat een soort vingerafdruk van de passerende zwaartekrachtgolf is.

ET-driehoek

ET wordt een geavanceerd ondergronds observatorium met drie armen van elk 10 km lengte in een driehoek. Met deze opstelling is er geen 'dode hoek', want er kunnen in totaal drie metingen worden gedaan, met telkens twee armen, in verschillende detectororiëntaties. In feite zelfs twee keer drie metingen, want er komen aparte interferometers voor lage en hoge frequenties (onder 30 Hz, respectievelijk 10 Hz tot 10 kHz). Een kansrijke locatie voor ET is het grensgebied van Nederland, België en Duitsland. Hier houdt de zachte bovengrond trillingen door menselijke activiteit aan het oppervlak tegen, zodat het ondergrondse observatorium ongestoord kan meten. In 2025 of 2026 wordt bekend



Impressie van ET onder het Nederlands-Belgisch-Duitse heuvellandschap. (Illustratie: Marco Kraan, Nikhef)



Impressie van ETpathfinder: een opstelling met twee armen en meerdere torens met trillingsvrije tafels voor de laser, detector en spiegels, die worden gekoeld tot $-153\text{ }^{\circ}\text{C}$ en in de toekomst wellicht zelfs tot $-263\text{ }^{\circ}\text{C}$.

waar de Europese topfaciliteit komt. Concurrentie is er van Italië, met een locatie op Sardinië, en wellicht het Duitse Saksen. De bouw moet dan rond 2030 starten.

ETpathfinder

Om de Einstein Telescope tot tien keer nauwkeuriger te maken dan de bestaande observatoria, zijn nieuwe en betere technologieën nodig. Die worden voor een deel ontwikkeld in het speciale R&D-lab ETpathfinder in Maastricht, dat twee jaar geleden werd geopend. Hier werken wetenschappers en bedrijven samen aan onder meer vacuüminstallaties,

koeling, spiegels met speciale coatings, trillingsdempers en meet- en regelsoftware. De hoop en verwachting is dat de ontwikkeling van technologie voor zwaartekrachtgolfmetingen nieuwe kennis zal opleveren die breder toepasbaar is.

In de cleanroom van ETpathfinder komen verschillende laserinterferometers te staan. De hoofdopstelling met twee armen van elk 20 meter lang – te weinig om zwaartekrachtgolven te meten – is bedoeld voor het ontwikkelen en testen van allerlei technieken. Want technische

uitdagingen zijn er nog voldoende, zoals het zorgen voor trillingsvrij koelen, het verder verbeteren van sensoren, het ontwikkelen van nieuwe algoritmes om zwaartekrachtgolfsignalen uit ruis te isoleren, en het realiseren van 's werelds grootste ultrahogvacuümsysteem.

Ultrahogvacuümsysteem

In de drie detectorarmen en hoekstations van ET bevinden zich vacuümbuizen en -systemen met een totaal volume in de orde van 10^5 m^3 . Met 10^{-10} hPa moet het vacuüm weer een factor tien beter zijn dan dat in Virgo. Vacuüm is natuurlijk nodig om de spiegels schoon te houden. Maar ook voor het zoveel mogelijk beperken van verstoringen (door thermische en akoestische effecten en restgasfluctuaties) op de verschillende componenten, waaronder de spiegels en hun ophanging.

Regeling in februari 2024 open

De R&D-regeling is onderdeel van het ET-valorisatieprogramma. Daarin werken vier regionale ontwikkelingsmaatschappijen (voor Limburg, Noord-Brabant, Oost-Nederland en Zuid-Holland) samen met de ministeries van EZK en OCW en met Nikhef, het instituut dat ook al een stevige bijdrage aan Virgo heeft geleverd.

De regeling staat open voor individuele bedrijven en consortia van start-ups, mkb'ers, grote bedrijven en kennisinstellingen. Er zijn aparte calls voor vijf technologiedomeinen: trillingsvrij koelen, vacuümtechnologie, trillingsdemping, optica en thermische deformaties. De eerste call (voor trillingsvrij koelen) is inmiddels gesloten, de tweede (voor vacuümtechnologie) gaat op 12 februari 2024 open. Centraal hierin staan kostenbesparingen op het vacuümsysteem en het ontwerp van productiefaciliteit en installatiescenario.

www.et-gw.eu

www.einsteintelelescope.nl

www.einsteintelelescopeforbusiness.nl



Pioneering products. Passionately applied.

Clean, compact & capable

Looking for compact and powerful pumping performance to drive your R&D projects forward?

It's time you discover the advantages of clean, dry, and oil-free scroll technology!

The Leybold SCROLLVAC 3S plus extends the Leybold range of scroll pumps, combining high pumping speed with good ultimate vacuum in a compact, flexible, quiet, and reliable package.

A technology requiring very little maintenance...

The SCROLLVAC 3S plus is as easy to use as it is to integrate in your laboratory setting. As such, it offers a clean alternative to oil-sealed rotary vane pumps and an ideal dry solution for backing the Leybold TURBOVAC i range of turbos.



Leybold Nederland B.V.

Floridadreef 102, NL-3565 AM Utrecht
sales.ut@leybold.com
www.leybold.com



Nobelprijs voor Natuurkunde 2023 voor zichtbaar maken van elektronen

De Nobelprijs voor Natuurkunde 2023 is toegekend aan Pierre Agostini, Ferenc Krausz en Anne L'Huillier. Eerder deze maand ontvingen zij in Stockholm de prijs voor hun werk aan experimentele methoden om attoseconde-lichtpulsen te genereren voor het bestuderen van de bewegingen van elektronen in atomen en moleculen. Vacuüm speelde daarbij een faciliterende rol.



(Foto: Jonathunder, Wikipedia)

Deur openen

In 1987 ontdekte L'Huillier dat er veel verschillende hogere harmonischen ontstonden toen ze infraroodlaserlicht door een edelgas stuurde. In 2001 slaagde Agostini erin om een reeks opeenvolgende lichtpulsen van 250 attoseconden elk (een attoseconde is 10^{-18} s) te produceren en onderzoeken. Tegelijkertijd werkte Krausz aan een ander type experiment, waarin hij een enkele lichtpuls van 650 attoseconden wist te isoleren. De bijdragen van de laureaten hebben het mogelijk gemaakt om processen te onderzoeken die zo snel gaan dat ze voorheen onmogelijk te volgen waren.

Het Nobelcomité voor Natuurkunde zei ter motivatie dat “we nu de deur naar de wereld van elektronen kunnen openen (...) Attoseconde-fysica geeft ons de mogelijkheid om mechanismen te begrijpen die worden bestuurd door elektronen. De volgende stap zal het gebruik ervan zijn.” De technieken die de laureaten ontwikkelden, kunnen onder meer worden toegepast voor onderzoek naar het gedrag van elektronen in materialen en identificatie van moleculen voor medische diagnostiek.

Foto-elektrisch effect

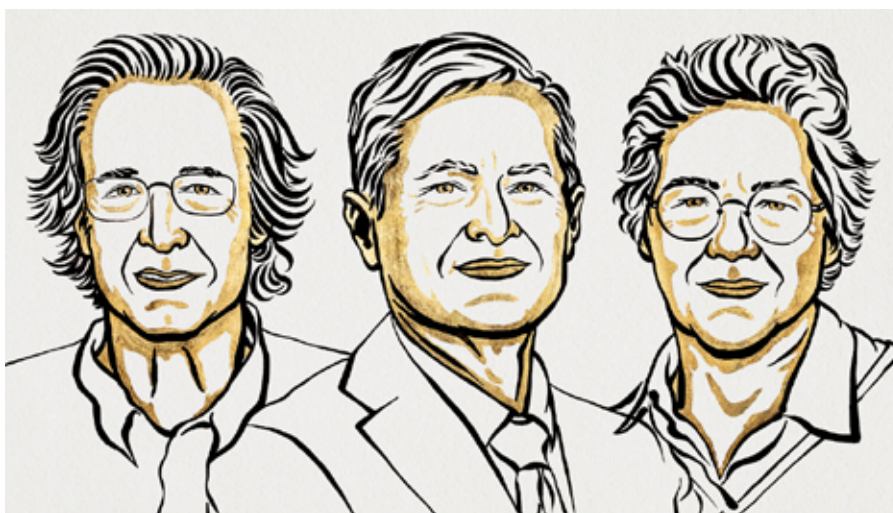
Een fundamenteel proces dat voorheen niet kon worden onderzocht en daarom

als instantaan werd beschouwd, is het foto-elektrisch effect, waarvoor Albert Einstein in 1921 de Nobel voor Natuurkunde ontving. Als een atoom een foton absorbeert, kan het een elektron uitzenden met een kinetische energie die gelijk is aan het verschil tussen z'n bindingsenergie en de fotonenergie. Uit experimenten van de groep van Krausz bleek bijvoorbeeld dat een neon-atoom dat met 100 eV-fotonen wordt geïoniseerd een 2p-elektron 21 attoseconde later uitzendt dan een 2s-elektron. Theoretici kwamen voor dit tijdsverschil uit op de helft. Latere bevindingen van de groep van L'Huillier, die de experimenten op een andere manier inrichtte, waren daarmee beter in overeenstemming. Tien attoseconde is kort, maar niet instantaan.

Vacuüm

Bij deze experimenten werd het gas geïoniseerd in een kamer waar de druk in de orde van 10^{-3} mbar lag. Een 'magnetic bottle electron spectrometer', waarin de optiek zich grotendeels in vacuüm bevond, werd gebruikt voor de spectroscopische metingen. Zo speelde vacuüm ook bij het dit jaar door het Nobelcomité bekroonde fysische werk een cruciale rol.

www.nobelprize.org/prizes/physics/2023/summary



Van links naar rechts Pierre Agostini, Ferenc Krausz en Anne L'Huillier. (Beeld: Niklas Elmehed, © Nobel Prize Outreach)

70 Jaar vacuümervaring in machinebouw en verkoop

Ze hebben samen zeventig jaar ervaring in de vacuümtechniek, waren een tijdje elkaars concurrenten, maar trokken vooral heel lang samen op, eerst bij Balzers en later bij Pfeiffer Vacuum. Nu gaan key accountmanager Ronald Sheriff en regional manager Benelux Ron van Vossen eind dit jaar allebei met pensioen. Ze blikken terug op hun loopbaan en de ontwikkelingen in de vacuümtechniek en hopen dat de sector zich blijft verjongen.

Hans van Eerden

Pfeiffer Vacuum

Pfeiffer Vacuum biedt wereldwijd innovatieve en op maat gemaakte hoogwaardige vacuümoplossingen. Al 130 jaar is het bedrijf actief op het gebied van vacuümtechnologie. Met de uitvinding van de turbopomp, die extreem lage drukken kan halen, heeft het de ontwikkeling van de vacuümindustrie een flinke impuls gegeven. Pfeiffer Vacuum bedient uiteenlopende markten, van halfgeleiders en wetenschappelijke instrumentatie tot R&D en industrie. Het bedrijf levert diverse typen vacuümpompen met toebehoren en vacuümgerelateerde instrumenten zoals heliumlektesters en massaspectrometers voor restgasanalyse. Het hoofdkantoor staat in Asslar (D), Pfeiffer Vacuum Benelux is gevestigd in Culemborg.

www.pfeiffer-vacuum.com/nl

Ronald Sheriff deed HTS Werktuigbouwkunde, vervulde daarna z'n militaire dienst en begon vervolgens bij een engineeringbureau. "Daar kreeg ik al een klein beetje te maken met vacuüm, toen ik tekenwerk moest doen bij GCO (Gemeenschappelijk Centrum voor Onderzoek van de Europese Unie bij ECN

in Petten, red.). Toen collega Louis Has-sink (erelid van NEVAC, red.), die ik privé van de tennisbaan kende, vroeg of ik interesse had in vacuümtechniek, ben ik er echt ingerold. In 1987 ben ik bij Balzers in Utrecht begonnen als constructeur op de afdeling 'Vacuüm specials'. Een groot aantal engineeringprojecten,

voor vacuümkamers op maat, pompstations en massaspectrometersystemen, zijn toen gerealiseerd op specificatie van de afnemers, waaronder Philips, ESA-Estec, Shell en universiteiten."

In die tijd deed Sheriff veel ervaring op waar hij later als verkoper baat bij had. In 1996 ging een deel van Balzers over naar Pfeiffer Vacuum. De machinebouw werd stopgezet in Nederland en voortgezet in Duitsland. "Toen ben ik de binnendienst verkoop ingerold en de grote oem'ers in zuiden van het land gaan bedienen. Al zag ik mezelf daarbij meer als adviseur dan als verkoper."

Nog een carrièreswitch

"Mijn verhaal zit helemaal in dat van Ronald verweven", neemt Ron van Vossen het over. "Na mijn hbo-opleiding Analytische Chemie aan de Laboratoriumschool ben ik ook eerst in militaire dienst gegaan. Daar was ik tandarts-assistent bij de medische dienst en heb ik me regelmatig erg nuttig gevoeld. Mijn eerste baan kreeg ik in 1980 in het Wilhelmina Kinderziekenhuis in Utrecht, waar ik als analist erfelijkheidsonderzoek deed, met grote GC/MS-systemen voor gaschromatografie en massaspectrometrie. Dat was erg leuk; we hebben veel erfelijke afwijkingen ontdekt. Tien jaar heb ik dat gedaan en toen kende ik het kunstje wel. Ik zag een advertentie voorbijkomen van Balzers, dat een verkoper van massaspectrometers zocht. Een enorme carrièreswitch natuurlijk, van het laboratorium naar de commer-



Ronald Sheriff. (Foto: Sabine Nobbe)



Ron van Vossen. (Foto: Sabine Nobbe)

ciële wereld, waar ik wel even goed over moest nadenken. Maar ik raakte overtuigd dat het een goede zet was. Op mijn eerste werkdag leerde ik Ronald kennen en nu vertrekken we samen op onze laatste werkdag, dat is heel bijzonder.”

Adixen en Pfeiffer

Twee jaar lang verkocht Van Vossen massaspectrometers, tot hij door interne omzettingen het rayon Zuid-Nederland voor alle vacuümcomponenten kreeg. “Met onder meer Philips, dat Ronald ook al noemde. In 1994 ben ik weggegaan, toen ik een prachtige aanbieding kreeg van het Franse Alcatel-Lucent, dat in Nederland een kleine organisatie voor vacuümtechniek had, met vijf mensen. Het leek me leuk om die verder uit te bouwen.”

Later werd de naam veranderd in Adixen, omdat de vacuümgroep met 800 medewerkers niet meer paste in het totaalplaatje van Alcatel-Lucent als grote telecomspeler. “Na een paar jaar ging de manager van Adixen Nederland weg en kreeg ik die positie. Soms moet je een beetje geluk hebben om op het juiste moment op de juiste plek te zijn. Ik werd verantwoordelijk voor de Nederlandse organisatie en langzaam groeiden we naar tien, elf medewerkers. Adixen verkocht dezelfde componenten, vacuüm-

pompen, accessoires, meetinstrumenten en totaalpakketten als we vandaag ook doen.” Sheriff: “We waren toen concurrenten. Maar uiteindelijk heeft Pfeiffer Vacuum in 2010 Adixen gekocht en kwamen Ron en ik weer samen.”

Schoon en vuil vacuüm

Adixen was sterk in de halfgeleiderindustrie, Pfeiffer meer in de medische en de analytische (instrumentatie) wereld. Dat waren (en zijn) aparte werelden, leggen Sheriff en Van Vossen uit. “Voor analytische instrumenten zoals massaspectrometers en elektronenmicroscopen moet het vacuüm heel schoon zijn, want elke verontreiniging verstoort de analyse. Hier wil je 10^{-11} - 10^{-12} mbar halen en trillingsvrij werken. In de halfgeleiderindustrie is het vacuüm meestal erg vervuild. Hier gebruikt men corrosieve depositie- of sputterprocessen voor het op elkaar stapelen van dunne laagjes materiaal op een wafer of een ander substraat. De procesdruk ligt bij 10^{-2} - 10^{-3} mbar. De pompen moeten de corrosieve gassen en het stof, dat vaak bij de chemische reacties vrijkomt, wel kunnen verwerken. Bijproducten gaan soms condenseren in de pomp, dus moet je bepaalde plaatsen in de pomp extra verwarmen om dat tegen te gaan. Dit soort trucjes zie je vaak in de halfgeleider- en de coatingindustrie.”

Al gaat de halfgeleiderindustrie met de nieuwe EUV-machines wel naar extreem schoon vacuüm, met nog steeds een vervuilingssuitdaging. Die zit hem in het tin dat gebruikt wordt om het EUV-licht op te wekken, door een hoogvermogenlaser hoogfrequent op tindruppels te laten schieten.

Samengaan en verhuizen

Het Franse Adixen en het Duitse Pfeiffer waren ongeveer even groot in omzet en vulden elkaar mooi aan, zegt Van Vossen. “Adixen was altijd goed in het ontwikkelen van nieuwe dingen, Pfeiffer juist in het vermarkten: perfecte producten in serie bouwen en die weten te verkopen.” Sheriff: “In Nederland zijn we zeer snel geïntegreerd; dat heeft vanaf de eerste dag heel goed gelopen. Wij zaten als Pfeiffer Benelux nog bij onze Duitse collega’s in Aken, nadat ons kantoor in Utrecht was gesloten. Maar Adixen had een kantoor in Culemborg en daar zijn we toen heen verhuisd.”

Van Vossen: “Ik was eerst wel een beetje bang voor mijn positie, want ik leidde alleen de Adixen-tak, terwijl Pfeiffer Vacuum ons overnam. Maar ik had weer geluk en kreeg de verantwoordelijkheid voor de hele Benelux-organisatie. Het pand was geschikt voor tien medewerkers, maar niet voor zestien, dus hebben we toen al snel besloten het pand te bouwen waar we nu nog inzitten. Dat was een belangrijke stap, die ons voldoende ruimte gaf, met ook een mooie werkplaats. Nu zijn we tien jaar verder en is het veel te klein voor de huidige ruim dertig medewerkers. We gaan weer een nieuw pand bouwen, dat in aantal vierkante meters verdubbelt en binnen een paar jaar veertig medewerkers moet huisvesten. Het gaat hard.”

Eigenwijze voorloper en ‘pilot’

Een bekend fenomeen bij internationale concerns is dat de Nederlandse vestiging vaak als een eigenwijze voorloper wordt gezien. Geldt dit ook voor Pfeiffer Vacuum Benelux? Van Vossen vindt van wel. “Wij doen het vaak een beetje anders. Er



De HiPace 30 neo, een van de kleine turbomoleculaire pompen van Pfeiffer.



De adixen ASM 392 lektester van Pfeiffer.

zijn natuurlijk regels, maar wij werken toch op onze manier. Dan zijn we met z'n allen vaak succesvol en dus vinden we dat we recht van spreken hebben." Sheriff: "Toen we een tijdje vanuit Aken werkten, zagen onze Duitse collega-verkopers met verwondering hoe goed wij met onze service-collega's samenwerkten." Van Vossen vervolgt: "We worden vaak als 'pilot' gezien. Bij nieuwe producten of nieuwe software staan we altijd vooraan om het als eerste te implementeren. Klanten komen ook met nieuwe wensen." Sheriff haakt in: "We zitten hier in Nederland ideaal; naar ons hoofkantoor in Asslar is het maar drie, vier uur rijden. Vaak namen we klanten uit Nederland mee voor technische besprekingen en een kijkje in de productie."

Zo zijn er wel nieuwe pompen ontstaan door klantwensen, verklaart Van Vossen. "Een klant had een turbomoleculaire pomp met veel pompsnelheid nodig. De eindruck was niet zo belangrijk, er moest echter wel heel veel stof worden verpompt.

Als je een gewone turbopomp zou toepassen, had je kans dat deze volliep met stof. Door speciale aanpassingen aan de pompte doen, kon dat stof door de pomp heen worden getransporteerd. Daarmee hadden we een prachtige oplossing, die uiteindelijk een standaardproduct is geworden."

Slimmer, compacter, stiller, energie-efficiënter

Gevraagd naar de grote ontwikkelingen in de vacuümtechniek, kunnen de twee geen fundamentele doorbraken noemen. Van Vossen: "Eigenlijk houden we ons bezig met natuurkunde en die verandert niet over de jaren. Het zijn nog altijd dezelfde moleculen die met enorme snelheid rondvliegen en die we moeten vangen. Wel zijn we met z'n allen steeds slimmer en makkelijker gaan verpompen." Sheriff: "De producten zijn wel steeds iets beter geworden. Vroeger was een 500-liter turbopomp een groot ding, tegenwoordig heeft die nog maar een bescheiden formaat. En er zit natuurlijk steeds meer elektronica en software in."

Van Vossen noemt het balanceren van de rotor die in een turbopomp draait met bijvoorbeeld 90.000 rpm. "Vroeger moest je minieme loodjes in de rotor schroeven, zodat je balans kreeg, net zoals je bij autobanden loodjes aan de buitenkant van de velg zette. Nu wordt met een laser een hoeveelheid materiaal op de juiste plaats van de rotor weggehaald. Daardoor krijg je een betere balans en minder trillingen. Analytische klanten zijn daar heel blij mee, want die willen absoluut geen trillingen hebben in hun systemen. Zo zijn er in de loop van de tijd wel enorme verbeteringen gekomen."

Energieverbruik komt ook op als een thema. Pfeiffer is daar geen voorloper in geweest, erkent Van Vossen. "De grofvacuümbedrijven zijn daar al veel langer mee bezig. Omdat een turbopomp geen hoog vermogen nodig heeft, is dat bij ons lang geen issue geweest. Inmiddels zijn we toch meer naar energiereductie gaan kijken en dat vind ik een goede ontwikkeling."

Afscheid

Al met al kijken de twee vacuümveteranen met trots terug op hun loopbaan. Sheriff: “Zeker de laatste tien jaar hebben we veel succes gehad en zijn we enorm gegroeid, met heel goede klanten en goede producten.” Van Vossen: “We zijn met een klein clubje begonnen, tellen inmiddels ruim dertig mensen en hebben het plafond nog niet bereikt. De nieuwe hal staat er over een half jaar, dan kan Pfeiffer Benelux nog weer sprongen maken. Het is daarom een mooi moment om te stoppen, nu mogen anderen het overnemen.”

Van Vossen's opvolger Stephan Hotz, afkomstig van het Duitse moederbedrijf, is dit najaar al aangetreden voor een soepele overdracht. “Hij is zeer gemotiveerd en is al begonnen Nederlands te leren. Dat vind ik belangrijk, want samenwerken is de sleutel tot succes. We hebben hier altijd een opendeurcultuur gehad.” Sheriff heeft zijn accounts al geleidelijk overgedragen aan collega's. Beiden maken zich wel zorgen over de vergrijzing in de technische wereld. Van Vossen: “Sa-

men hebben we zeventig jaar ervaring in de vacuümtechniek en die valt nu in één keer weg. Dat had ik me nog niet eerder zo gerealiseerd. Gelukkig hebben we onlangs enkele jonge mensen kunnen aannemen. Daardoor komt de gemiddelde leeftijd, die op vijftig jaar lag, nu wij ook weggaan opeens een stuk lager te liggen.” Er is dus nog hoop voor de toekomst en alle reden om met een goed gevoel afscheid te nemen. Voor eind december staat een afscheidsfeest gepland.



Ron van Vossen (links) en Ronald Sheriff bij een kalibratieopstelling voor een lektester, in het pand waar Pfeiffer Vacuum Benelux alweer is uitgegroeid.

Jochem Paalman (Universiteit Twente)

“We beschikken hier eigenlijk over een eigen vacuümdivisie”

Als beste cursist behaalde Jochem Paalman een 9 op het NEVAC-examen Elementaire Vacuümtechniek (EVT). Aan de Universiteit Twente (UT) maakt hij deel uit van een team van technische specialisten dat onderzoekssystemen ontwerpt, bouwt en onderhoudt. En daarbij komen vaak ook vacuümtechnieken kijken. “Er werd van mij verwacht dat ik me hierin zou bekwamen.”

Senne Starckx

De UT beschikt met haar MESA+ Institute over een ambitieus nanotechnologie-lab met een state-of-the-art onderzoeksinfrastructuur. Die infrastructuur moet echter worden ontworpen en gerealiseerd, op maat bovendien. En de onderzoeksapparatuur moet worden onderhouden en zo nodig opgewaarderd. Daarvoor doen onderzoeksgroepen een beroep op het Techno Centrum voor Onderwijs en Onderzoek (TCO) van de universiteit. Dat is een team van technische specialisten die dag in, dag uit bezig zijn met onderzoekssystemen, van het ontwerpen en bouwen van de hardware tot het ontwikkelen van besturingen, inclusief de benodigde regelsoftware.

“We vertrekken altijd vanuit de vraag van onze klanten”, zegt Jochem Paalman, die zich anderhalf jaar geleden bij het TCO-team vervoegde als specialist automatisering. “Op basis van hun vraag gaan we aan de slag. Dat doen we samen met hen, want doorgaans beschikken zij al over veel kennis. De vraag is dan of een nieuw idee ook technisch mogelijk is en of we het daadwerkelijk kunnen realiseren. Dat gaan we dan uitzoeken.”

Universitaire klanten

Paalman heeft het over ‘klanten’, omdat hij de TCO-afdeling als een klein bedrijfje ziet binnen het overkoepelende geheel van de

universiteit. Maar eigenlijk gaat het om collega’s verbonden aan de universitaire structuur, zoals onderzoekers werkzaam binnen de faculteit Technische Natuurwetenschappen (waartoe de TCO-afdeling behoort) of aan een van de instituten. Voor het Nanolab van het instituut MESA+ werken Paalman en zijn collega’s trouwens vaak, maar ook menige andere vakgroep is al komen aankloppen. En het gebeurt ook dat dezelfde mensen met verschillende vragen komen, want onderzoekers werken vaak op meerdere projecten. “Daardoor komen we hier alles tegen.”

De 39-jarige Twentenaar geeft het voorbeeld van een recent voltooid project, de realisatie van een systeem dat aangedreven wordt door twintig motoren en dat daardoor de vorm bezit van een dodecaëder (een regelmatig twaalfvlak, een ruimtelijke figuur met twintig hoekpunten). Het werd gebouwd op vraag van de vakgroep Physics of Fluids, die er vloeistofstromingen mee gaat bestuderen (en daarbij komen de twintig onafhankelijk van elkaar bestuurbare motoren van pas).

Specialist automatisering

Paalman studeerde werktuigbouwkunde, maar werd bij de TCO-afdeling in de eerste plaats aangenomen als specialist automatisering. Het afgelopen anderhalf jaar ontwikkelde en onderhield hij er vooral



Jochem Paalman bij de Topdamper, die TCO heeft gebouwd voor physical vapour deposition: “We werken op de afdeling met een heel breed gamma aan vacuüms. (Foto: UT)”

besturingen voor onderzoekssystemen, en schreef hij software hiervoor. Met vacuümtechnieken had hij tot voor kort weinig ervaring. “In mijn opleiding bleef dit al bij al beperkt, en ook bij mijn vorige werkgever (Paalman werkte hiervoor twaalf jaar bij een bedrijf gespecialiseerd in labtechnische systemen, red.) kwam ik er niet echt mee in aanraking.” Sinds hij de NEVAC-cursus vorige zomer voltooide, is dat dus verleden tijd. “Op de TCO-afdeling wordt vaak met vacuüm gewerkt. Momenteel hebben we vijf verschillende projecten lopen met een vacuümcomponent. De cursus was dus welkom voor mij. Sterker, hier wordt eigenlijk van je verwacht dat je jezelf bekwaamt in vacuümtechnieken. Toen ik solliciteerde was dat trouwens een voorwaarde om hier aan de slag te mogen gaan.”

Annealen in waterstofoven

Sinds Paalman slaagde voor de cursus, werkt hij ook mee aan systemen met een vacuümcomponent. Een daarvan is een waterstofoven voor het *annealen* (gloeien, voor nabehandeling) van materiaaloppervlakken, bij temperaturen tussen vierhonderd en duizend graden. De annealing kan gebeuren met moleculaire waterstof (H_2), dat onder hoge druk wordt gebracht, maar ook met atomaire waterstof (H).

Voor dat laatste is een sterk vacuüm nodig, an-



ders reageren de waterstofatomen weg. Maar het benodigde vacuüm in de oven creëren en in stand houden is niet eenvoudig. “De oven zal multifunctioneel worden gebruikt: met verschillende materialen die moeten worden behandeld, en volgens verschillende annealing-methodes. Daardoor kan er na elke annealing contaminatie achterblijven in de oven,

die het verdere gebruik ervan in de weg staat. We lossen dit op door een zeer dunne coating op de binnenwanden van de oven aan te brengen, waardoor mogelijke contaminatie wordt vastgezet. Daardoor is de oven weer schoon voor de volgende gebruiker.” De oven zal worden gebruikt om wafers (bijvoorbeeld van silicium) te annealen, zodat ermee kan worden geëxperimenteerd in het Nanolab.

Breed gamma aan vacuüms

De waterstofoven vereist vanwege de multifunctionaliteit een compleet vacuümsysteem, met alles erop en eraan: een voorpomp, een turbopomp en tal van kleppen en sensoren. Het is een voorbeeld van een systeem waarin een groot deel van de vacuümpertise van de TCO-afdeling samenkomt. “We werken met een heel breed gamma aan vacuüms. Bij sommige systemen gebruiken we enkel een voorpomp. Bij andere is ook een turbopomp nodig, om een ultrahoog vacuüm te verkrijgen. Met zoveel verschillende vacuümtechnieken in huis kun je eigenlijk stellen

dat we hier over een eigen vacuümdivisie beschikken. De cursus komt dus goed van pas, want we zullen binnen de TCO-afdeling nog veel systemen mogen ontwerpen en bouwen waar vacuüm aan te pas komt.”

Tijdens de cursus zag Paalman vooral algemene vaardigheden op het gebied van vacuüm voorbijkomen. “Het voordeel daarvan is dat ze toepasbaar zijn op zowel nieuwe als wat oudere systemen. We hebben hier immers beide in huis, dat is het resultaat van keuzes die ooit zijn gemaakt. Zo onderhouden, repareren en upgraden we vaak systemen, waardoor oudere vacuümconcepten behouden blijven.” De TCO-afdeling beschikt zelfs over een eigen reparatieservice voor vacuümcomponenten. Vacuümpompen en -sensoren kunnen daarvoor binnenshuis worden hersteld, maar de service stelt de afdeling ook in staat om bijvoorbeeld lektesten (zoals met helium) uit te voeren. “Als klein bedrijf binnen de universiteit kunnen we echt meerwaarde bieden voor onze klanten en collega’s.”

Reveal Your Smartness



Our Extremely Quiet and Oil-free Vacuum Pumps of the HiScroll® Series

Your added value

- Lowest operating costs through fully automatic pressure regulation
- Safe due to built-in non-return valve and hermetically sealed pump system
- Optimal process adaptation through intelligent interface technology
- Compact design for use in analysis systems/laboratory equipment
- Low noise, low vibration
- Series consists of three dry scroll pumps with a nominal pumping speed of 6–20 m³/h



NEVAC-dag 2024

Het NEVAC-bestuur is weer begonnen met het organiseren van de NEVAC-dag. Dit jaar bundelen we onze krachten met de Leidse instrumentmakers School (LiS). Aansluitend op de NEVAC-dag organiseert de LiS een van hun inspiratie-avonden (www.lis.nl/over-ons/inspiratie-avonden), waarbij LiS-alumni, studenten

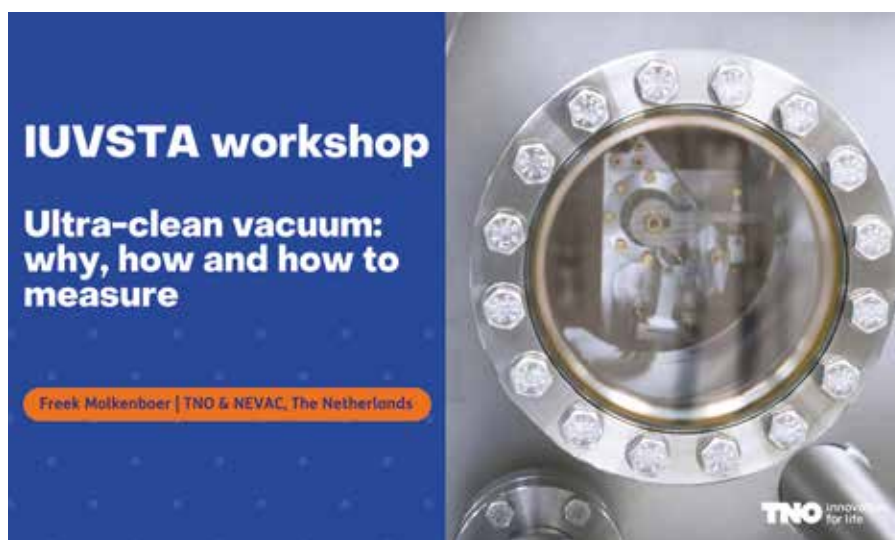
en docenten worden uitgenodigd om technische workshops bij te wonen. Een van de plannen is om een workshop over vacuüm te geven. Deze combinatie met de NEVAC-dag, inclusief de gebruikelijke bedrijvenbeurs, biedt ons de mogelijkheid om jong technisch talent warm te maken voor vacuümtechnologie.

Omdat we de NEVAC-dag in combinatie met een LiS-inspiratieavond organiseren, vindt de NEVAC-dag plaats op donderdag 16 mei 2024. Het volledige programma en meer informatie worden gepubliceerd in het aankomende NEVAC blad en op onze website.



Impressies van de NEVAC-dag 2023 bij ASML.

IUVSTA-workshop 2025: toekomst in vacuüm



Op initiatief van NEVAC en TNO komt er in ons land een workshop van IUVSTA, de internationale unie van nationale vacuümverenigingen. De workshop zal gewijd zijn aan de toekomstige behoeften en uitdagingen op vacuümgebied. De twee partners organiseren de vierdaagse workshop samen met DSPE, VCCN en Mikrocentrum, hoogstwaarschijnlijk op de TU Delft campus. Dat zal begin 2025 zijn; de exacte data zijn nog niet bekend.

Als een van de (negen) grondleggers van IUVSTA neemt NEVAC haar verantwoordelijkheid door een dergelijke workshop

te organiseren. TNO is mede-organisator omdat ultra-schoon vacuüm cruciaal is op gebieden waar de organisatie voor toegepast natuurwetenschappelijk onderzoek actief is. Denk aan EUV-lithografie, quantum computing, zwaar-tektrachtgolfdetectie, dunnefilmtechnologie en oppervlakte-materiaalkunde.

Het thema van de workshop is “Ultraclean vacuum: why, how and how to measure”. Sprekers komen uit de halfge-

leiderindustrie, ruimtevaart, big science, quantum computing en science in brede zin. Alle deelnemers worden geacht een poster over hun werk te presenteren volgens het V-model, de bekende methode voor het structureren van productontwikkeling (van specificatie via implementatie tot verificatie).

De organisatoren mikken op 125-150 internationale deelnemers voor de workshop. Die begint op zondag met een ontvangst en telt daarna vier dagen vol

presentaties, postersessies en labexcursies, aangevuld met sociale activiteiten. Aansluitend kunnen de deelnemers op vrijdag een cursus van VCCN (Vereniging Contamination Control Nederland) volgen. Op de NEVAC-dag komend voorjaar zullen de initiatiefnemers de organisatie en het programma van de workshop uitgebreid toelichten.

Meer informatie

ultracleanvacuum.yellenge.nl

NEVAC's “Ask the Expert Booth” op de Precisiebeurs

De NEVAC heeft als doel kennis uit te wisselen over vacuümtechniek en op gebieden waarin vacuüm een grote rol speelt. Tijdens Clean 2023, georganiseerd door het Mikrocentrum, zijn wij dit voorjaar als vereniging gestart met de “Ask the Expert Booth”. Hier beantwoorden vrijwilligers van NEVAC, de experts, vragen van de bezoekers. Naast het verstrekken van advies leggen de experts ook uit wat de NEVAC doet en vragen zij of mensen lid willen worden van onze organisatie.

Tijdens de Precisiebeurs, half november in de Brabanthallen in Den Bosch, kregen we van organisator Mikrocentrum weer de gelegenheid ons te presenteren. We stonden gedurende de twee beursdagen met vijf vrijwilligers in de stand: Theo Mulder, Norbert Koster, Dick van Langeveld, René Koops en Freek Molkenboer. Net zoals bij Clean 2023 hadden we enkele verrassende en leuke gesprekken met bezoekers. We zien dat de Ask the Expert Booth begint te lopen. We

hopen dat we de komende jaren de mogelijkheid krijgen om de Ask the Expert Booth te blijven organiseren. Wil je nu ook expert worden? Dit kost slechts een paar uurtjes. Laat het ons weten!



Vacuüm is nooit ver weg op de Precisiebeurs. (Foto: Bram Saeys)



Drie experts op de NEVAC-stand, van links naar rechts Norbert, Freek en Theo.

Stel je voor: René Koops

Hij is redactielid geworden van het NEVAC blad en werkt bij TNO Technical Sciences in Delft. Daar is hij op de afdeling Nano-Instrumentation grotendeels actief voor de halfgeleiderindustrie. "Mijn functie is het beste te omschrijven als onderzoeker/vacuümspecialist, al ben ik niet zo van de hokjes." René Koops stelt zich voor.

"Tijdens mijn master Experimentele Fysica aan de Vrije Universiteit heb ik slechts een deelvak Vacuümtechniek gevolgd, dus daar is mijn vacuümcarrière niet echt begonnen. Na mijn master heb ik een jaar of twee bij een klein bedrijfje geknutseld aan prototypes voor diverse apparaten, van multifunctionele babyfoon tot inname- en uitgiftekasten voor OV-fiets sleutels. Hier heb ik op aandringen van mijn baas – ik had hem gewaarschuwd – een aquarium laten imploderen met behulp van een draaischijfpomp. Maar ook hier is mijn vacuümcarrière dus niet echt opgestart."

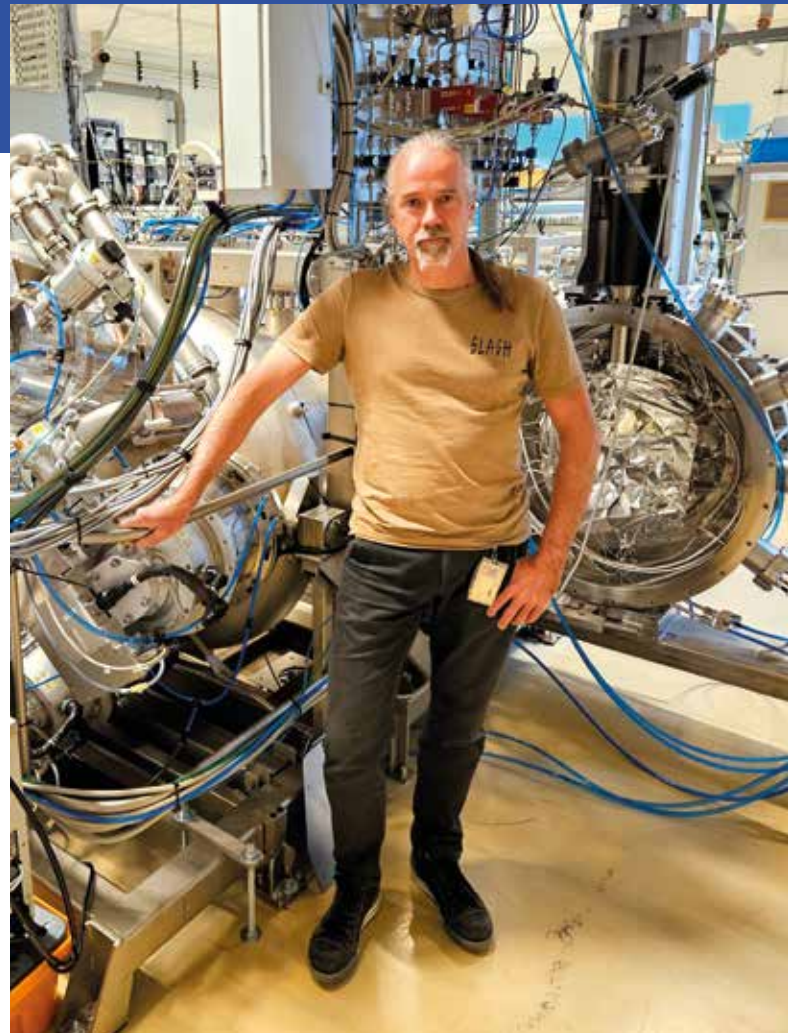
Turbulente tijd

"Uiteindelijk ben ik in 2006 begonnen bij TNO. Daar werd ik direct opgezogen in de turbulente wereld van EUV-gerelateerd onderzoek (EUV is extreem ultraviolet, voor de nieuwste lithografiemachines van ASML, red.), met name gericht op contamination control. Denk aan reinigingstechnieken als waterstofreinigen en plasmareinigen inclusief alle bijkomende uitdagingen. Al snel ben ik in een klein team vanuit TNO aan customer support gaan doen voor ASML's prototype EUV-wafersteppers, de zogeheten alpha-demo tools. Dit waren de allereerste daadwerkelijk in het veld opererende EUV-wafersteppers – een ware maanlanding. TNO is betrokken geweest bij de ontwikkeling van heel veel modules in deze tools en had in die zin ook de verantwoordelijkheid om de werking ervan te garanderen. Al snel werd problemen oplossen steeds meer verdrongen door modules upgraden en heruitvinden om op een steeds hoger niveau te opereren. Al met al een mooie en turbulente tijd."

Andere koek

"In 2015 ben ik via QuTech (joint venture van TU Delft en TNO rond quantumtechnologie, red.) aan het werk gegaan

Speciaal voor de foto staat René Koops in zijn vertrouwde burgeroutfit bij een testopstelling, uiteraard met vacuümtechniek, die buiten de cleanroom in een 'gewoon' lab functioneert.



om een groot MBE (molecular beam epitaxy) clustertool in onze cleanroom in Delft te plaatsen en beheren/gebruiken.

Dit was andere koek dan al het ASML-gerelateerde werk. De drie grote MBE-opdampketels dienden een basisdruk te hebben en behouden van laag in de 10^{-11} torr. De ketels plus een laadsluis, een ontgassingskamer en een lineaire bufferbuis naar een ALD-systeem waren met elkaar gekoppeld middels een robotkamer die volledig UHV was. Substraten konden volledig geautomatiseerd door het hele cluster worden verplaatst en behandeld. Elke ketel was voorzien van verscheidene verdampers en krakers plus allerlei diagnostiek met het doel moleculaire bundels aan substraten te kunnen aanbieden. Daarbij werden deze substraten op specifieke hoge of juist heel lage temperaturen gehouden om mobiliteit van de moleculen op deze substraten te verhogen of juist te elimineren. De gebruikte materialen vereisten het

Agenda

7 maart 2024

Product Cleanliness Congres
Eindhoven

16 april 2024

Clean Event
Veldhoven

16 mei 2024

NEVAC-dag
Leiden

17-21 juni 2024

17th European Vacuum Conference
(EVC-17) /
37th European Conference
on Surface Science (ECOSS-37)
Harrogate, VK

4-7 augustus 2024

24th International Conference on
Atomic Layer Deposition (ALD 2024) /
11th International Atomic Layer Etching
Workshop (ALE 2024)
Helsinki, Finland

3-8 november 2024

AVS 70th International Symposium & Exhibition
Tampa, Florida, VS

januari/februari 2025

IUVSTA Workshop Ultra-clean Vacuum
Nederland
(zie de aankondiging in dit nummer)

15-19 september 2025

IVC-23, 23rd International Vacuum Congress
Sydney, Australië

Links naar websites:

Agenda op www.nevac.nl

opzetten en implementeren van een zwaar pakket aan veiligheidsmaatregelen.”

Veel consultancy

“Sinds 2019 ben ik weer meer en meer werkzaam voor de halfgeleiderindustrie met betrekking tot contamination control en vacuümtechnologie. Dat betekent veel consultancy bij en voor klanten, maar ook intern voor diverse projecten en vacuümopstellingen. Ik heb momenteel veel plezier in onderzoek en ontwikkeling gericht op het vergroten van het dynamisch bereik van metingen aan partiedrukken van componenten in een matrixgas op relatief hoge druk.”

Dit mooie vak

“Vacuümtechniek zie ik als een altijd boeiend en uitdagend vakgebied waar zaken vaak behoorlijk tegen-intuïtief zijn. Ik zie mezelf dus nog vele jaren werkzaam zijn in dit mooie vak. Buiten werk vul ik mijn resterende tijd graag met golfsurfen; ik woon dan ook met mijn vriendin en zoon dicht bij de zee achter de haven van Scheveningen. Verder ga ik tegenwoordig veel te weinig meer naar metalconcerten en heb ik nog een bierbrouw-installatie die al veel te lang staat te verstoffen...”

“Ik denk dat het duidelijk mag zijn dat ik al lang lid van de NEVAC ben en nu als redactielid ook een beetje meer mijn steentje wil bijdragen aan deze mooie organisatie.”

(PhD) Student?

NEVAC beloont je verhaal met 1000 of 250 euro!



De Nederlandse Vacuümvereniging (NEVAC) reikt ieder jaar een prijs uit van 1000 euro voor het beste ingezonden artikel voor het *NEVAC blad*, geschreven door een student of promovendus. Het artikel, van ongeveer 2000 woorden, moet gaan over eigen onderzoek waarin het gebruik van vacuümtechniek wordt toegelicht. De lezerskring bestaat uit onderzoekers, medewerkers van bedrijven in de vacuümtechniek, en technici. De kunst is dus helder te schrijven voor dit brede publiek. De winnaar mag een lezing geven tijdens de NEVAC-dag, in de lente van volgend jaar. Er wordt één winnaar aangewezen door de jury, maar alle gepubliceerde artikelen van studenten en promovendi worden door de NEVAC beloond met 250 euro.

Niet-Nederlandstaligen mogen in het Engels schrijven.

De volgende deadline is 1 februari 2024. Inzendingen kunnen naar: redactie@nevac.nl.

Uitgebreide richtlijnen voor het artikel staan op nevac.nl/NEVAC_Blad/richtlijnen_auteurs.php

Each year the Dutch Vacuum Society (NEVAC) awards a prize of 1000 Euro to the student who writes the best article, related to vacuum technology, for the *NEVAC blad*. The article (around 2000 words), should describe your research and focus on the vacuum technology used. The readers of the magazine are researchers, vacuum technology company members, and technicians. Your assignment is to write an appealing story for this wide audience. The winner is invited to present the winning paper during the NEVAC-dag in spring next year.

Only one winner will be appointed, but NEVAC rewards all published articles, written by students, with 250 Euro.

If Dutch is not your native language, you are allowed to write in English.

The next deadline is 1 February 2024. Send your contribution to: redactie@nevac.nl.

Guidelines for the article are published here: nevac.nl/NEVAC_Blad/richtlijnen_auteurs/English.php

NEVAC rewards your article with 1000 or 250 euro!

Sleuteltechnologieën op hogeschoolniveau

“Het is de combinatie van technologieën en oplossingsgericht onderzoek die de kracht van hogescholen laat zien.” Dat zei Marc Hendrikse, boegbeeld van de topsector High Tech Systemen en Materialen (HTSM), op de Precisiebeurs op 15 november in Den Bosch. Daar nam hij het eerste nummer van magazine PIT, editie 5, gewijd aan Sleuteltechnologieën, in ontvangst uit handen van Claudia Reiner, ondernemer en bestuurslid van Regieorgaan SIA.

Effectieve energietransitie, andere voedselproductiemethodes, snellere en goedkopere medische diagnostiek: technologie kan ons helpen om bij te dragen aan oplossingen voor de grote uitdagingen in de maatschappij. Onderzoeksgroepen van hogescholen spelen met praktijkgericht onderzoek hierin een belangrijke rol, samen met bedrijven en andere kennispartners.

Sleutelrol vacuüm

De benodigde baanbrekende technologieën worden aangeduid als sleuteltechnologieën. Hiervoor wordt de Kennis- en Innovatie Agenda Sleuteltechnologieën (KIA-ST) uitgevoerd, gecoördineerd door Holland High-Tech (topsector HTSM). De KIA-ST omvat acht clusters, onderverdeeld in totaal 44 sleuteltechnologieën. In een groot aantal speelt vacuüm een sleutelrol, met name op het gebied van fotonica en licht, geavanceerde materialen, quantumtechnologie en nanotechnologie.

KIEM-HighTech subsidieregeling

Om onderzoek te stimuleren hebben Regieorgaan SIA en Holland High Tech de KIEM-HighTech subsidieregeling in het leven geroepen voor hogescholen, universiteiten en overige kennisinstellingen. De subsidie (€ 40.000,- per project, maximaal 45 projecten) is bedoeld voor eenjarige praktijkgerichte onder-

zoeksprojecten op basis van een vraagstuk van een mkb-bedrijf. Holland High Tech heeft deze stap gezet met SIA om beter de verbinding te leggen met het mkb. Voor SIA is het interessant om daarmee onderzoeksgroepen van met name hogescholen de mogelijkheid te geven om (verkennde) onderzoeken te doen op het vlak van hightech voor en met het mkb.



De cover van magazine PIT, editie 5, gewijd aan Sleuteltechnologieën.

www.regieorgaan-sia.nl/pit
www.regieorgaan-sia.nl/financiering/kiem/kiem-hightech

Need to Explore the World of Vacuum?

Use this map to navigate.

Learn more:

www.agilent.com/chem/vacuum
 00 800 234 234 00 (toll-free) • vpt-customer@agilent.com



explore.agilent.com/vacuum-products-map

© Agilent Technologies, Inc. 2023



VACUU·PURE® 10C

- 10⁻³ mbar vacuum range
- 100% oil-free
- Chemically resistant
- No wear parts

www.vacuubrand.com