

Cursor Article

DIFFER aan de Dommel

21 mei 2015



Sinds vorige week zijn de werknemers van het Dutch Institute for Fundamental Energy Research (DIFFER) aan de slag in hun splinternieuwe onderkomen op de campus. Om een indruk te geven van het onderzoek dat bij DIFFER wordt gedaan - en van de dwarsverbanden die worden gesmeed met de TU/e-gemeenschap - maakte Cursor een inventarisatie en sprak vlak voor de verhuizing met een viertal onderzoekers van dit instituut voor funderend energieonderzoek.

Op 11 mei betrokken de 140 medewerkers van DIFFER officieel hun nieuwe kantoren op de TU/e-campus. De nieuwe fysieke nabijheid vergemakkelijkt uiteraard de al bestaande samenwerking tussen het instituut en onze universiteit - onder meer fusie-experts Marco de Baar en Tony Donné hebben al een aanstelling als deeltijdhoogleraar aan de TU/e. Daarnaast kunnen medewerkers van DIFFER gebruikmaken van TU/e-faciliteiten zoals het NanoLab@TU/e, collegezalen, de bibliotheek en het sportcentrum, als ware DIFFER de tiende TU/e-faculteit. Omgekeerd staan ook de experimentele opstellingen en de werkplaats van DIFFER in principe open voor TU/e'ers.

Het onderzoek binnen DIFFER valt op te delen in twee thema's: kernfusie en zonnebrandstoffen ('solar fuels'). Het fusieonderzoek was al een belangrijke tak binnen het instituut toen het nog bekendstond als het FOM-instituut voor Plasmafysica Rijnhuizen. Het instituut droeg en draagt op diverse manieren bij aan de voorbereidingen van ITER, de experimentele kernfusiereactor die momenteel in het Zuid-Franse onderzoekscentrum Cadarache verrijst.

In ITER zal kernfusie worden opgewekt in een extreem heet plasma, dat door middel van magneetvelden op zijn plaats wordt gehouden. DIFFER beschikt over wereldwijd unieke opstellingen om de omstandigheden bij de wand van de fusiereactor na te bootsen: de plasmageneratoren Magnum-PSI en Pilot-PSI. Die worden door ITER gebruikt als testomgeving om te onderzoeken hoe wandmaterialen zich houden onder realistische plasmabelasting.

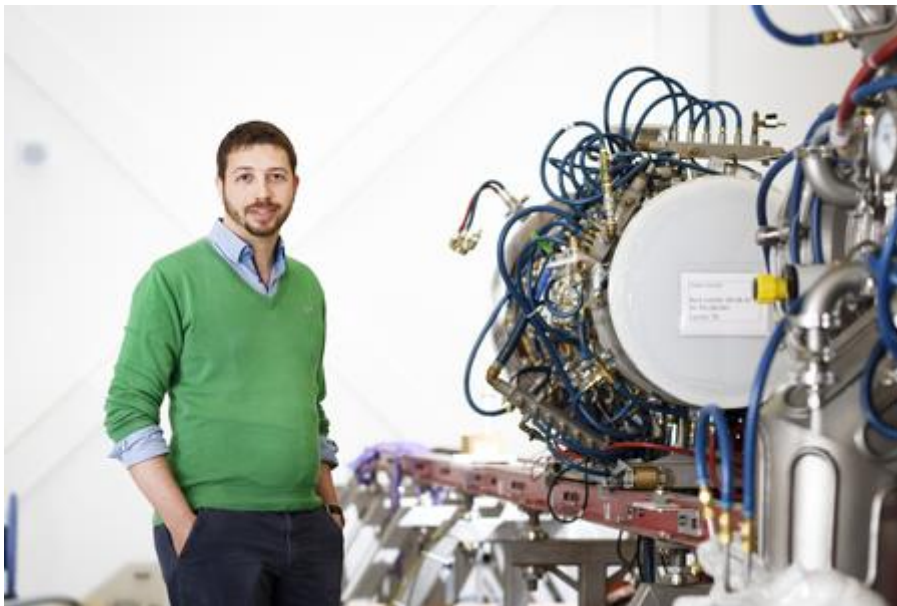
Ook de dynamiek van het fusieplasma is van grote invloed op het rendement van de reactor. Binnen DIFFER wordt daarom gerekend aan plasma's en worden technieken ontwikkeld om aan plasma's te meten. Daarnaast ontwerpen ze regelsystemen om de omstandigheden in het

plasma te reguleren en wordt er nagedacht over hoe het onderhoud aan de reactor moet plaatsvinden.

Toen Rijnhuizen in 2012 met een nieuwe missie verderging als DIFFER, is er geleidelijk een onderzoekslijn bijgekomen die zich richt op het vastleggen van duurzaam opgewekte energie (met name uit zonlicht) in de vorm van brandstoffen. Die zijn nodig om de duurzaam opgewekte energie efficiënt voor langere tijd op te slaan en te kunnen transporteren, zodat je de energie kunt gebruiken waar en wanneer dat nodig is.

Als basis voor deze zonnebrandstoffen dienen koolstofdioxide en water. Omdat dit tevens de reactieproducten zijn na verbranding, ontstaat een gesloten kringloop. In de zoektocht naar solar fuels wordt binnen DIFFER zowel gekeken naar directe methoden om waterstof en zuurstof te maken met zonlicht, als naar katalytische processen om elektrische energie op te slaan in chemische verbindingen. Ook wordt er gewerkt aan het splitsen van CO₂ met behulp van plasma's. Het plan is om binnen DIFFER een soort dependance te stichten van de groep van universiteitshoogleraar René Janssen op het gebied van solar fuels. Hiervoor wordt momenteel gezocht naar een onderzoeker die de rol van groepsleider op zich kan nemen.

“We komen nog dichterbij de omstandigheden in ITER”



De Brit **Thomas Morgan** werkt met Magnum-PSI, wereldwijd de enige onderzoeksofstelling waarin de blootstelling van de uitlaat van ITER aan hete deeltjes experimenteel kan worden nagebootst. Dit wordt gedaan door een plasma met magneetvelden op een target te sturen. Magnum-PSI is vijftien meter lang en het lab waarin dit gevaarte staat, heeft ijzeren muren van vijf centimeter dik om het magneetveld binnen te houden. “Eén van de grote uitdagingen voor ITER is om een materiaal te vinden dat bestand is tegen de stroom van extreem hete deeltjes uit het plasma”, zegt Morgan. “De zogeheten warmtestroomdichtheid bedraagt tientallen Megawatts per vierkante meter, dat is zelfs vergelijkbaar met de zon. Met de magneetvelden geleiden we het plasma en houden het warm; zo creëren we omstandigheden die overeenkomen met die in ITER.”

Waar ze in Nieuwegein nog werkten met koperen spoelen, krijgen ze in Eindhoven een supergeleidende magneet, vertelt Morgan. Hierdoor kunnen ze de te testen materialen praktisch continu blootstellen aan het plasma. “Tot dusverre waren we gedwongen om met pulsen van een paar seconden te werken, omdat de spoelen te heet werden. Dat probleem hebben we straks niet meer, en daardoor komen we nog dichterbij de omstandigheden in ITER, die telkens zes tot zeven minuten in bedrijf zal zijn.” Morgan en zijn collega’s zijn niet alleen van plan om de reactie van materialen op de blootstelling aan extreme plasmaomstandigheden te onderzoeken, maar ook om te kijken of de plasmastroom misschien valt af te koelen door een koud gas te injecteren. In de nieuwbouw komt daarnaast een ionenbundelfaciliteit voor in-situ materiaalonderzoek, een unieke uitbreiding voor het PSI-lab én de ‘solar fuels’-groep.

De groep van Morgan werkt al jaren nauw samen met de TU/e via de Fusion-groep van hoogleraar Niek Lopes-Cardozo en de interdisciplinaire master Science and Technology of Nuclear Fusion. Bovendien hebben DIFFER en de TU/e sinds vorig jaar zes gezamenlijke promovendi, van wie een deel ook door Morgan wordt begeleid. “Het contact met die promovendi wordt nu veel eenvoudiger. Om elkaar te spreken volstaat voortaan een korte wandeling over de campus.”

“Bij zonnebrandstoffen telt iedere cent”



Voor **Gerard van Rooij** betekent de komst van DIFFER een terugkeer naar zijn alma mater: hij studeerde begin jaren negentig aan de TU/e. De plasmafysicus werkte in Nieuwegein oorspronkelijk aan het fusieproject, vertelt hij. “Maar nu de wanden van reactoren niet langer van koolstof, maar van het chemisch minder interessante wolfram worden gemaakt, ben ik opgeschoven naar de solar fuels.” Hij wil plasma’s gebruiken om zo energiezuinig mogelijk een zuurstofatoom los te maken uit CO₂. De koolmonoxide die daardoor ontstaat kan als basis dienen voor een vloeibare brandstof. In indirecte zin kun je zo een zonnebrandstof maken, mits de elektriciteit waarmee het plasma wordt gecreëerd, is opgewekt met zonlicht.

Maar de onderzochte methode, waarbij het plasma inwendige trillingen veroorzaakt in het CO₂-molecuul waarna dit vanzelf uiteenvalt, is breder toepasbaar. “Ook voor de chemische industrie is dit procedé interessant, bijvoorbeeld voor de productie van ammoniak.” Een dergelijke toepassing van plasma’s is betrekkelijk nieuw, vertelt Van Rooij. “In het verleden zijn plasma’s voornamelijk gebruikt om dure materialen te maken, zoals zonnecellen. Maar als je er brandstof mee wilt maken dat moet concurreren met de gas en olie uit de bodem, dan telt plotseling iedere cent. Dat is een grote uitdaging.”

De banden met de TU/e zijn volgens Van Rooij na zijn studie altijd hecht gebleven. “In het begin kwam ik er zelfs nog wekelijks voor overleg.” Het is dan ook geen wonder dat hij met meerdere Eindhovense collega’s samenwerkt. Met Qi Wang bijvoorbeeld van Micro Flow Chemistry & Process Technology. En via zijn directe collega Waldo Bongers heeft DIFFER ook banden met Jan van Dijk van Elementaire Processen in Gasontladingen. Van Rooij: “Om de trillingsdynamica van CO₂ te bestuderen, werk ik al langer samen met Richard Engeln van Plasma & Materials Processing. Hij beheerst de laserspectroscopie die daarvoor nodig is, en wij de plasmadynamica.”

“De definitieve materialen moeten nog gevonden worden”



De Duitse **Anja Bieberle** is in dienst van DIFFER, maar heeft al een jaar een plek bij het Instituut voor Complexe Moleculaire Systemen (ICMS) van de TU/e. Daar heeft ze ook al een

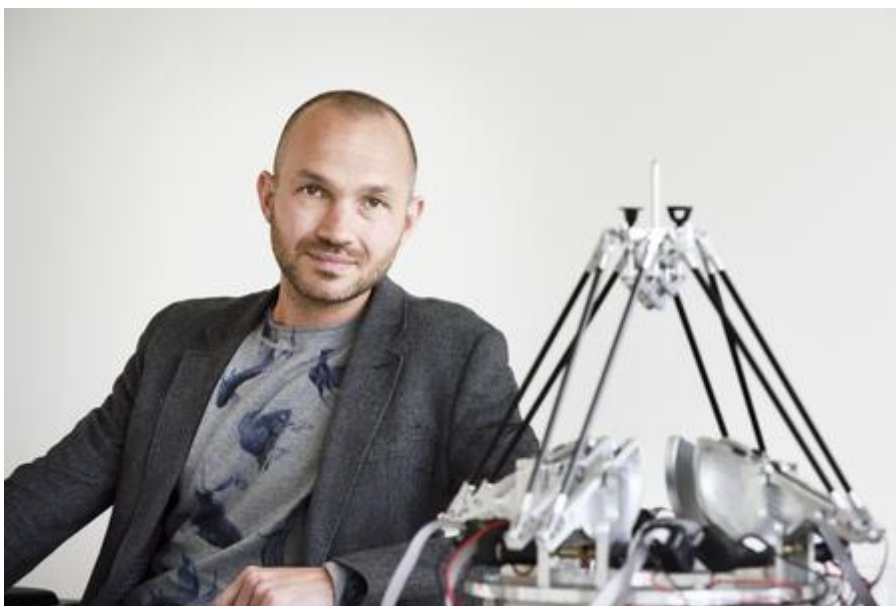
kleinschalige onderzoekopstelling staan voor zogeheten foto-elektrochemische experimenten. Zij is op zoek naar materialen (met name metaaloxiden) die in dunne laagjes als elektrode kunnen dienen in een brandstof producerende foto-elektrochemische cel. Onder invloed van zonlicht wordt in een dergelijke cel water opgesplitst in waterstof en zuurstof. Vervolgens kan de waterstof nog worden gecombineerd met koolstof uit CO₂ om een vloeibare brandstof te vormen, vertelt ze, maar het is eerst zaak om de essentiële eerste stap te perfectioneren. “Het moet nog veel efficiënter. Iedereen is het er dan ook over eens dat de definitieve materialen nog gevonden moeten worden.”

Bieberle moet concurreren met methoden waarbij eerst elektriciteit wordt opgewekt in standaard zonnecellen, die vervolgens wordt gebruikt voor chemische omzettingen ten behoeve van brandstofproductie - ook hieraan wordt bij DIFFER onderzoek gedaan. En ook elektrolyse-apparaten (voor het splitsen van water) bestaan al, benadrukt ze. “Maar dan maak je de brandstof in twee stappen. Wij willen het hele proces in één keer doen.”

In haar tijd op de TU/e heeft de Duitse al banden gesmeed met groepen van verschillende faculteiten. Niet alleen maakte ze gebruik van het NanoLab@TU/e, ook was ze te gast bij Bert Koopmans (Fysica van Nanostructuren) en werkte ze in de labs van de groepen van universiteitshoogleraar René Janssen (Macromoleculair en Organische Chemie) en Emiel Hensen (Moleculaire Catalyse) aan het maken en bestuderen van dunne lagen. Daarnaast is ze ook van plan om samen te werken met de werktuigbouwkundigen van Control Systems Technology om haar elektrochemische systeem met behulp van simulaties te optimaliseren.

En ook binnen DIFFER ligt een samenwerking in het verschiet. “Materialen die zijn blootgesteld aan het plasma van Magnum-PSI blijken een nanostructuur te krijgen die mogelijk heel gunstig is voor toepassing in elektrodes voor elektrochemische processen. We zijn nu bezig dit effect in dunne lagen toe te passen.”

“Het belang van controleprocessen wordt onderschat”



Dennis Ronden met op de voorgrond SAPTIC, een nieuw 7-DoF Master device, ontwikkeld door studenten en promovendi van de drie TU's, in samenwerking met Heemskerk Innovative Technology, een partner in het Remote Handling Study Center van DIFFER. Foto | Bart van Overbeeke

Werktuigbouwer Dennis Ronden werkt al dertien jaar in Nieuwegein. De laatste jaren heeft hij zich gespecialiseerd in de vraag hoe je onderhoud uitvoert in een nucleaire omgeving, zoals het binnenste van de fusiereactor ITER. “Dat gebeurt allemaal met robots omdat het voor mensen te gevaarlijk is”, vertelt hij. “Die robots kunnen niet hard voorgeprogrammeerd worden zoals in bijvoorbeeld de auto-industrie, want de onderhoudswerkzaamheden zijn onvoorspelbaar en de meeste te onderhouden systemen zijn uniek. De ogen en het brein van een mens zijn dus noodzakelijk. Daarom maken we gebruik van telemanipulatie, waarbij de robot op afstand wordt bestuurd door een mens.”

Van belang is bijvoorbeeld dat de robots overal goed bij kunnen. Het zou immers zonde zijn als een miljardenproject als ITER in de soep zou lopen omdat er ergens geen ruimte is om een bout los te draaien. Voordat je gaat bouwen zijn daarom uitgebreide simulaties nodig. En dat is wat ze bij het Remote Handling Study Center van DIFFER doen: visualisaties maken van onderhoudsprocessen. Niet alleen voor ITER, maar ook voor andere opdrachtgevers.

Ronden en zijn collega's hebben daarbij een belangrijke troef in handen: een techniek waarmee ze virtuele objecten voelbaar kunnen maken. Dergelijke haptische feedback maakt de simulaties een stuk realistischer. Onlangs mochten ze hun systeem showen op de Hannover Messe, waar ze zich in de enthousiaste belangstelling van minister Henk Kamp mochten verheugen. “We hebben daar gezien dat we nog voor liggen op de concurrentie”, zegt Ronden.

Om die voorsprong te behouden, zullen op de TU/e de banden met de groep Control Systems Technology worden aangehaald. “Onze groepsleider, Marco de Baar, is al hoogleraar in die groep. Voor ons is de verhuizing een enorme kans om beter ingebed te raken in netwerken buiten de fysica, met name in de werktuigbouwkunde.” En dat kan ook geen kwaad voor de plasmafysici van DIFFER en ITER, meent hij. “Controleprocessen zijn ontzettend belangrijk voor het succes van een fusiereactor. Dat wordt nog wel eens onderschat omdat veel mensen vooral gericht zijn op de fysische aspecten van het experiment.”

Na jaren op de zolder op het kasteel van Landgoed Rijnhuizen is de overgang naar het moderne onderkomen van DIFFER op de TU/e-campus een flinke stap voor Ronden. “Rijnhuizen ga ik wel missen, maar het is ook fijn om met zijn allen in één gebouw te zitten. En bovendien woon ik al een jaar met mijn vriendin in Schijndel, dus zelf hoeft ik niet meer te verhuizen.