

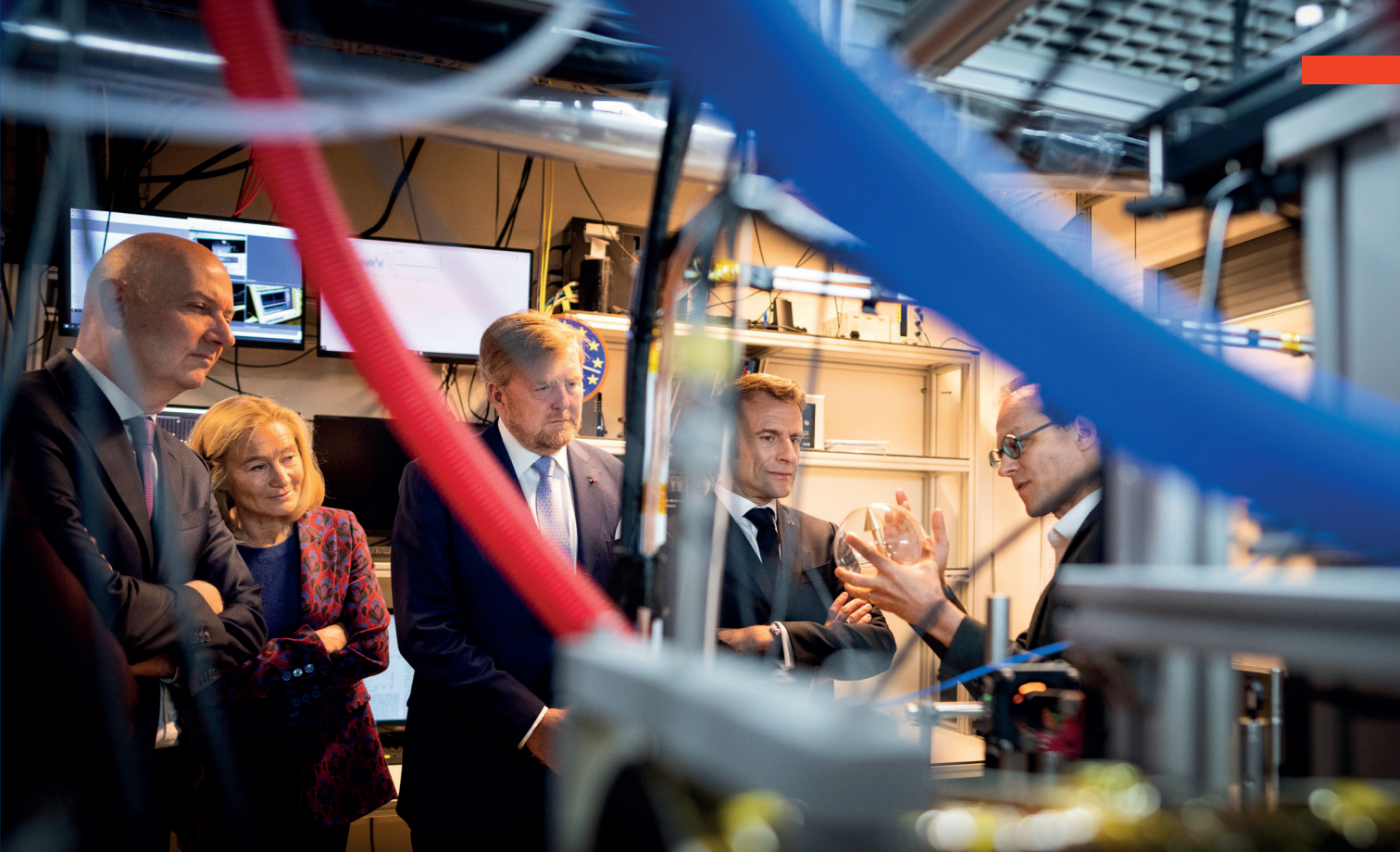
PHYSICAPRIJS 2024 VOOR FLORIAN SCHRECK

Wanneer twee staatshoofden samen een natuurkundig laboratorium bezoeken, moet er wel iets bijzonders aan de hand zijn. Het gebeurde op 12 april 2023, toen Koning Willem-Alexander en de Franse president Emmanuel Macron tijdens diens staatsbezoek in Amsterdam rondgeleid werden langs de experimenten van Florian Schreck, winnaar van de Physicaprijs 2024.

Florian verricht baanbrekend werk op het gebied van de quantumgassen: atomaire Bose-Einsteincondensaten en Fermigassen. Hij staat in het bijzonder bekend om de innovatieve lasergebaseerde methoden waarmee hij nieuwe fysische verschijnselen weet te realiseren. Albert Einstein voorspelde rond 1925 Bose-Einsteincondensatie op basis van de (quantummechanische) statistiek zoals die door Satyendranath Bose werd voorgesteld voor licht. Bosonen (deeltjes met heeltallige spin) vertonen een bijzondere faseovergang als ze dicht opgepakt gekoeld worden tot een voldoende lage temperatuur zodat hun quantummechanische golf functies beginnen te overlappen. In 1995 slaagden twee Amerikaanse groepen erin om dit verschijnsel voor het eerst in zijn zuiverste vorm te realiseren in een gas van neutrale atomen (waarin de wisselwerking voldoende zwak is) bij nanokelvin-temperaturen. Hiervoor kregen Carl

Wieman, Wolfgang Ketterle en Eric Cornell al snel (in 2001) de Nobelprijs voor de Natuurkunde uitgereikt [1]. Terug naar Florian. Zijn afstudeeronderzoek in Konstanz was meteen een knaller: hij maakte als Diplomstudent deel uit van het eerste Europese team dat een atomaire Bose-Einsteincondensaat wist te maken, en was in 1998 coauteur van het artikel daarover [2]. Voor zijn promotieonderzoek vertrok hij naar Parijs om daar aan het beroemde École Normale Supérieure te werken aan mengsels van bosonen en fermionen (deeltjes met halfvallige spin) door beide stabiele isotopen van lithium (${}^6\text{Li}$ en ${}^7\text{Li}$) te combineren. Voor identieke fermionen geldt juist dat ze niet quantummechanisch kunnen overlappen. Wanneer de temperatuur naar het absolute nulpunt gebracht wordt, ontstaat dan een zogenoemde Fermizee. Florian slaagde erin atomaire gassen van beide isotopen samen te brengen en te koelen tot dicht bij het absolute nulpunt,

zodat een unieke combinatie ontstaat van een Bose-Einsteincondensaat van ${}^7\text{Li}$, ingebed in een Fermizee van ${}^6\text{Li}$ [3]. Het lukte hem ook solitonen (bewegende, stabiele oplossingen van een niet-lineaire golfvergelijking) te maken in de materiegolf van een Bose-Einsteincondensaat in een eendimensionaal kanaal. Dit laatste resultaat wordt gepubliceerd in *Science* [4] en trekt veel aandacht. Na dit succes verlegde hij zijn grenzen verder, naar de Verenigde Staten, waar hij als postdoc ook werkte aan atomaire Bose-Einsteincondensaten. Hij vervolgde zijn carrière in Innsbruck, aan het gerenommeerde Institute for Quantum Optics and Quantum Information (IQOQI). Hier werkte hij eerst aan fermi-fermimengsels van lithium en kalium, waaruit een samenwerking volgde met de groep van Jook Walraven in Amsterdam die aan hetzelfde mengsel werkt [5]. Vervolgens groeide hij door tot groepsleider en pakte hij een nieuwe



Florian Schreck legt zijn werk uit aan (van rechts naar links) de Franse president Emmanuel Macron, Koning Willem-Alexander en de beide ministers van economische zaken, Micky Adriaansens en Roland Lescure. Fotografie: Freek van den Bergh.

uitdaging op: het strontiumatoom. Dit bleek een gouden greep. De structuur van dit type (aard-alkali)atoom biedt meer mogelijkheden en Florian slaagde er met een klein team in, beginnend in een leeg lab, om in recordtempo belangrijke en technisch hoogstaande doorbraken te realiseren. Zo liet hij met zijn team zien hoe met ingenieuze trucs een Bose-Einsteincondensaat van strontiumatomen kan worden bereikt door alléén laserkoeling te gebruiken (waar voorheen altijd ook een verdampingskoelingsstap nodig was) [6].

In deze periode kreeg Florian de kans om zich in Nederland te vestigen als hoogleraar experimentele quantumfysica aan de Universiteit van Amsterdam. Daar richt hij nu zijn vizier op een van de lang gekoesterde wensen van het vakgebied: het realiseren van een *continue atoomlaser*. Dat begrip behoeft enige toelichting. Uit een gewone, *optische laser* komt een coherente elektromagnetische

golf, met fotonen als quanta. Zowel in gepulste als continue vorm hebben lasers extreem veel toepassingen. Binnen de natuurkunde liggen gepulste lasers bijvoorbeeld aan de basis van het maken van attoseconde-lichtpulsen, het onderwerp van de recentste Nobelprijs voor de Natuurkunde. Continue lasers vormen de basis van uiteenlopende technieken, zoals optische spectroscopie, laserkoeling en optische pincetten. Al snel nadat de eerste Bose-Einsteincondensaten werden gemaakt, kwamen op het idee om deze bijzondere materievorm te gebruiken als bron van een coherente straal atomen, oftewel een atoomlaser, wat ook al snel lukte – zij het in gepulste vorm [1]. Voor toepassingen zoals interferometrie met atomen zou echter een continue atoomlaser zeer van pas komen. Om dit mogelijk te maken, moest eerst een grote uitdaging worden overwonnen, waar in de afgelopen decennia wereldwijd diverse onderzoeksgroepen hun tanden op hebben

stukgebeten. Het oorspronkelijke proces voor het maken van atomaire condensaten moest namelijk herzien worden, omdat het gebaseerd is op een opeenvolging van complexe processtappen die elkaar in de praktijk vrijwel uitsluiten, in een cyclus die in de meeste gevallen een tiental seconden duurt. Florian zag in dat de combinatie van brede en smalle optische overgangen die strontium biedt, hier het cruciale verschil kan maken. In een heroïsch experiment is het hem en zijn team recent gelukt de continue vorm van Bose-Einsteincondensatie te realiseren [7], de cruciale stap naar een continue atoomlaser, die hij daarmee een stuk dichterbij brengt.

Florian staat niet alleen bekend om de aanstekelijke passie waarmee hij zijn studenten en groepsleden voor zijn onderzoek en voor de natuurkunde in het algemeen enthousiasmeert, maar ook om de bevolgen manier waarop hij dat op een breed publiek kan overbrengen. Ook zijn scherpe oog voor

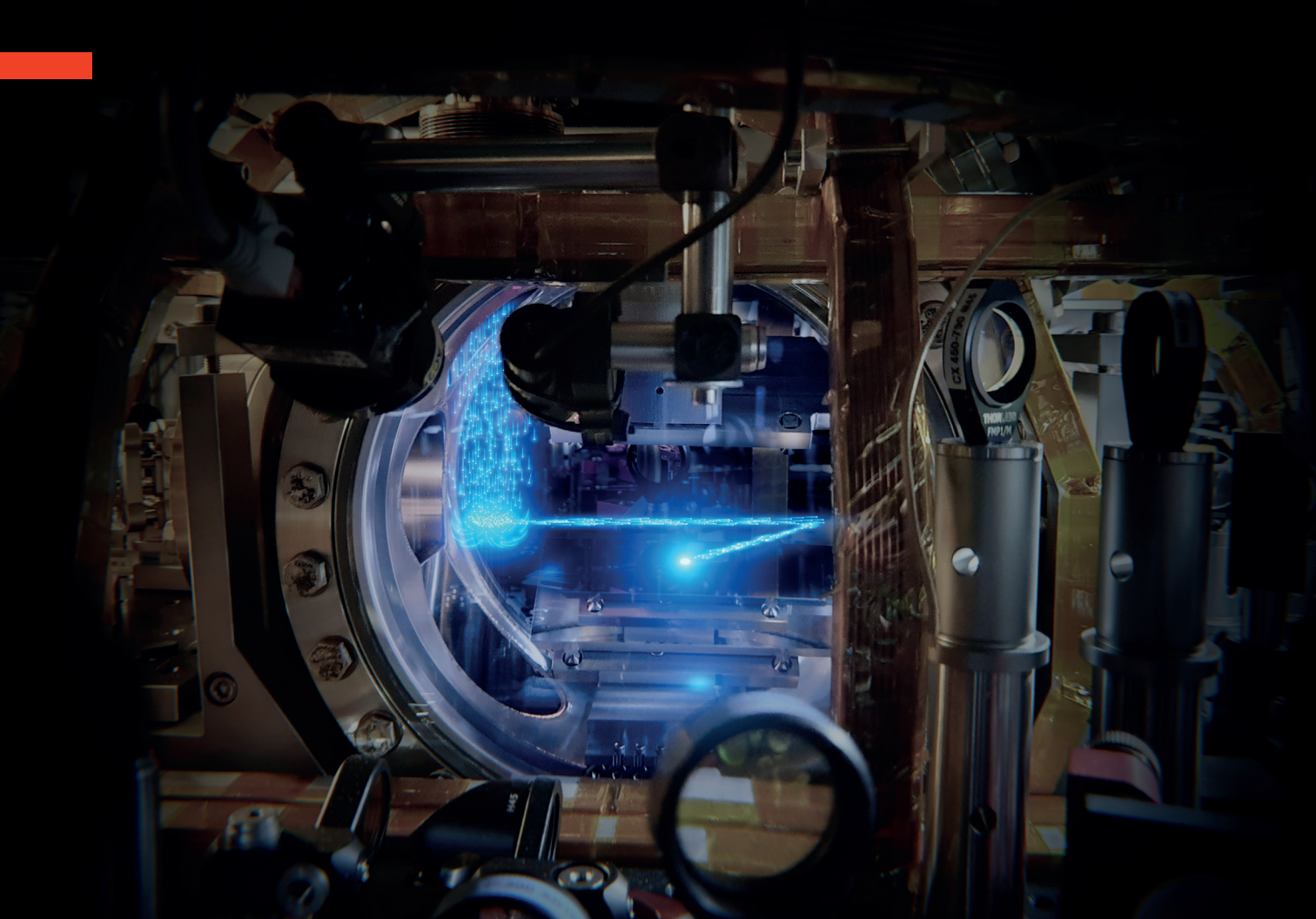


Foto van het centrale deel van de vacuümopstelling waarin continue Bose-Einsteincondensatie werd gerealiseerd [7]. In deze impressie zijn atomen (in blauw) toegevoegd, om aan te geven hoe deze van linksboven binnenkomen om zich, geleid en gekoeld door laserlicht, samen te voegen met het Bose-Einsteincondensaat in het midden. In werkelijkheid zijn de atomen niet met het blote oog zichtbaar. Beeldbewerking door Scixel.

mogelijke (technologische) toepassingen van zijn werk maakt zijn groep aantrekkelijk voor nieuwe studenten, promovendi en postdocs. Onder zijn leiding werkt nu een grote en diverse groep jonge onderzoekers aan de UvA aan grensverleggende onderwerpen: van *quantum computing* met individuele strontiumatomen als quantumbits, via ultrakoude rubidium-strontiummengsels en moleculen, tot optische atoomklokken (te gebruiken als quantumsensoren van onder andere tijd en zwaartekracht), en aan nieuwe vormen van zulke atoomklokken, gebaseerd op zogenoemde *superradiance*. Florian opereert hierbij in toenemende mate als leidende figuur binnen grote nationale en Europese consortia. In Nederland heeft hij daarbij de laatste jaren een belangrijke rol ver-

worven in het groeifondsconsortium Quantum Delta NL (QDNL). Voor één van de drie katalysatorprogramma's van QDNL zet hij onder andere het Ultracold Quantum Sensing Testbed op dat de nu nog grote en complexe laseropstellingen benodigd voor *quantum sensing*-toepassingen compacter, robuuster en meer modulair zal maken. Zo komen toepassingen buiten de onderzoekslabs bij bedrijven en andere maatschappelijke partners binnen bereik. Zoals uit het voorgaande moge blijken, bevindt Florian zich midden in de huidige wereldwijde golf aan quantumtechnologische ontwikkelingen – een golf die zoals genoemd zelfs koninklijke en presidentiële aandacht trekt. Het maakt hem een waardige winnaar van de Physicaprijs 2024.

Klaasjan van Druten en Joost van Mameren zijn als respectievelijk universitair hoofddocent en instituutsmanger verbonden aan het Institute of Physics, Universiteit van Amsterdam (N.J.vanDruten@uva.nl).

REFERENTIES

- 1 www.nobelprize.org/prizes/physics/2001/summary.
- 2 U. Ernst, A. Marte, F. Schreck, J. Schuster en G. Rempe, Bose-Einstein condensation in a pure Ioffe-Pritchard field configuration, *Europhys. Lett.* **41** (1) (1998).
- 3 F. Schreck et al., Quasipure Bose-Einstein Condensate Immersed in a Fermi Sea, *Phys. Rev. Lett.* **87**, 080403 (2001).
- 4 L. Khaykovich et al., Formation of a Matter-Wave Bright Soliton, *Science* **296**, 1290 (2002).
- 5 E. Wille et al., Exploring an Ultracold Fermi-Fermi Mixture: Interspecies Feshbach Resonances and Scattering Properties of ${}^6\text{Li}$ and ${}^4\text{K}$, *Phys. Rev. Lett.* **100**, 053201 (2008).
- 6 S. Stellmer et al., Laser cooling to quantum degeneracy, *Phys. Rev. Lett.* **110**, 263003 (2013).
- 7 Chun-Chia Chen et al., Continuous Bose-Einstein condensation, *Nature* **606**, 683 (2022).