

In de verdediging

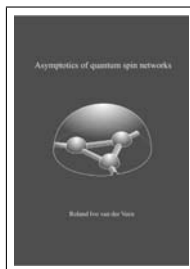
| In defence

Pas gepromoveerden brengen hun werk onder de aandacht.

Redacteur: Geertje Hek

la Voie-du-Coin 7
1218 Grand-Saconnex
Zwitserland

verdediging@nieuwarchief.nl



Asymptotics of quantum spin networks

Roland van der Veen

Op 10 september 2010 vond er een bijzondere promotie plaats aan de Universiteit van Amsterdam. Eigenlijk was het niet zozeer de promotie zelf, maar het lekenpraatje dat eraan voorafging dat bijzonder was. Op een choreografie van eigen hand beeldde kandidaat Roland van der Veen zijn promotieonderwerp uit: al dansend bracht hij met zijn twee paranimfen de knopen uit zijn proefschrift tot leven. “De ultieme uitdaging”, noemde Van der Veen dit een paar weken van tevoren. “Ik dans al tien jaar, maar zo iets doe je maar een keer.”

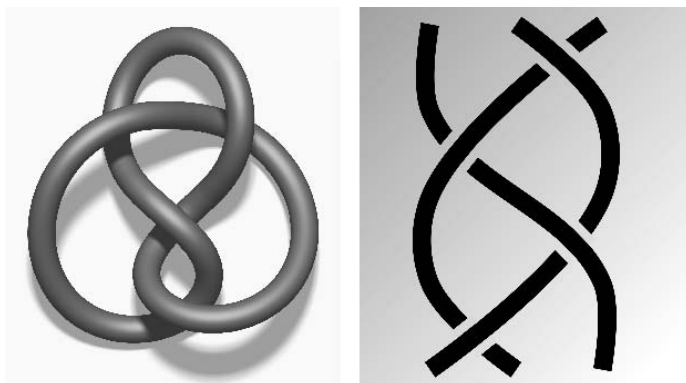
Knopen door een natuurkundige bril

Onder begeleiding van Eric Opdam (UvA) en Stavros Garoufalidis (Georgia Tech) werkte Van der Veen aan knopen. In de knopentheorie bestudeert men de wiskundige eigenschappen van knopen zoals je die elke dag in je veters maakt. Wat is bijvoorbeeld het verschil tussen de platte knoop en de oudewijvenknoop? En hoeveel verschillende knopen bestaan er eigenlijk? Het onderzoek van Van der Veen slaat een brug tussen twee zeer verschillende manieren om knopen te bestuderen.

De titel van zijn proefschrift, *Asymptotics of quantum spin networks*, doet enigszins fysisch aan, maar het gaat toch echt om wiskunde. Dat neemt niet weg dat een natuurkundige bril geen overbodige luxe is als je de twee methoden waarop hij knopen bestudeert, probeert te begrijpen.

In de eerste interpretatie worden knopen opgevat als zwarte gaten in een eenvoudig universum. Uit de manier waarop licht wordt afgebogen kan veel worden opgemaakt over de knoop zelf. Een centraal resultaat in dit gebied is het recente bewijs door G. Perelman van het vermoeden van Poincaré. Hieruit volgt dat het universum dat bij de knoop hoort een eindige inhoud heeft en dat dit getal belangrijke informatie over de knoop geeft.

De tweede manier waarop Van der Veen naar knopen kijkt, is door ze te zien als de geschiedenis van een aantal botsende deeltjes. De wetten van de kwantummechanica vertellen hoe de kans moet wor-



Figuur 1 De achtknoop (links) en de bijbehorende vlecht (rechts).

den berekend dat een aantal deeltjes precies zo botst als het plaatje van de knoop voorstelt. Zo kan dus opnieuw aan elke knoop een getal worden toegekend waarin de essentie van de knoop is samengevat.

Volume conjecture

Maar hoe hangen deze interpretaties precies samen? Is er een brug die hen verbindt? Een belangrijke stap in de richting van een antwoord op deze vraag is vijftien jaar geleden gezet door R. Kashaev. Hij vermoedde dat de twee getallen hierboven exact gelijk zijn. Dus de inhoud van het universum dat hoort bij de knoop, is volgens hem precies gelijk aan de kans dat de knoop optreedt als kwantummechanische geschiedenis! Het vermoeden van Kashaev staat nu bekend als het *volume conjecture* en het verifiëren ervan is een van de grootste onopgeloste problemen in het vakgebied van Van der Veen. Te meer omdat het waarschijnlijk het topje van een ijsberg aan nieuwe vondsten is.

Het doel van Van der Veens promotieonderzoek was om technieken te ontwikkelen om het volume conjecture te bewijzen en in een context te plaatsen. De titel *Asymptotics of quantum spin networks* refereert aan de gevonden context. Het belangrijkste resultaat is zijn bewijs voor het werkelijk bestaan van de hierboven beschreven brug. Voor een belangrijk deel van alle knopen heeft hij de correctheid van deze relatie wiskundig bewezen: aan iedere knoop kan een aantal ringen worden toegevoegd zodat het volume conjecture waar is voor de nieuwe knoop. Het mooie van het bewijs vindt Van der Veen dat het vrij transparant is: dezelfde plaatjes berekenen zowel de inhoud van de knoop als de kans in de kwantumwereld. Daarom zijn de twee noodzakelijk gelijk.

Verder heeft hij technieken ontwikkeld om de brug te verbreden, door niet alleen naar knopen te kijken maar ook naar geknoopte netwerken: de kwantum-spin-netwerken uit de titel van zijn proefschrift en hun bijbehorende klassieke limieten. Hoewel in zekere zin dus succesvol, zijn zijn technieken echter verre van toereikend gebleken om een definitief antwoord te geven op de vraag of het volume conjecture waar is of niet. Van der Veens case study van de knopen met volume 0 laat de beperkingen van de gebruikte technieken zien. Zijn verwachting is is dat het vermoeden voor de komende generatie wiskundigen een

onbereikbaar maar inspirerend doel blijft.

De tekening is de berekening

Op de vraag of hij stellingen bij zijn proefschrift had, is het antwoord ‘nee’. Maar hij geeft wel een stelling die zijn onderzoek en visie op de wiskunde bondig samenvat: De tekening is de berekening. “Dezelfde plaatjes *berekenen* zowel de inhoud van de knoop als de kans in de kwantumwereld.” De oplettende lezer zal deze zin hierboven niet zijn ontgaan. Van der Veen vertelt: “Rekenen en tekenen komen heel dicht bij elkaar wanneer we knopen bestuderen. Dit komt omdat we met behulp van een plaatje aan iedere knoop een waarde kunnen toekennen. Deze waarde is het zogenaamde Jones-polynoom. Oorspronkelijk waren de tekeningen bedoeld als geheugensteun bij ingewikkelde berekeningen, maar gaandeweg zijn de rollen omgedraaid. De tekening is de berekening.”

Aha-erlebnissen en Nescio

Het leven als aio beviel Van der Veen erg goed. De vrijheid om precies te doen wat je zelf mooi en belangrijk lijkt, vind je volgens hem in geen enkele andere baan. De conferenties in het buitenland waren een hoogtepunt. “Er gaat niets boven het samen verzinnen van onmogelijke fantastische luchtkastelen. Bovendien vind ik het prachtig hoe je via de wiskunde kunt communiceren met mensen uit totaal andere culturen.” Ze waren ook een hoogtepunt om andere redenen. Hij herinnert zich nog goed het moment waarop hij in zijn hotelkamer in Aarhus plotseling zag dat de diagrammen uit twee totaal verschillende artikelen precies hetzelfde voorstelden. Hij werd wakker om een uur of twee ’s nachts, deed het licht aan en keek nog eens naar het artikel waarboven hij in slaap gevallen was. Toen was het direct duidelijk.

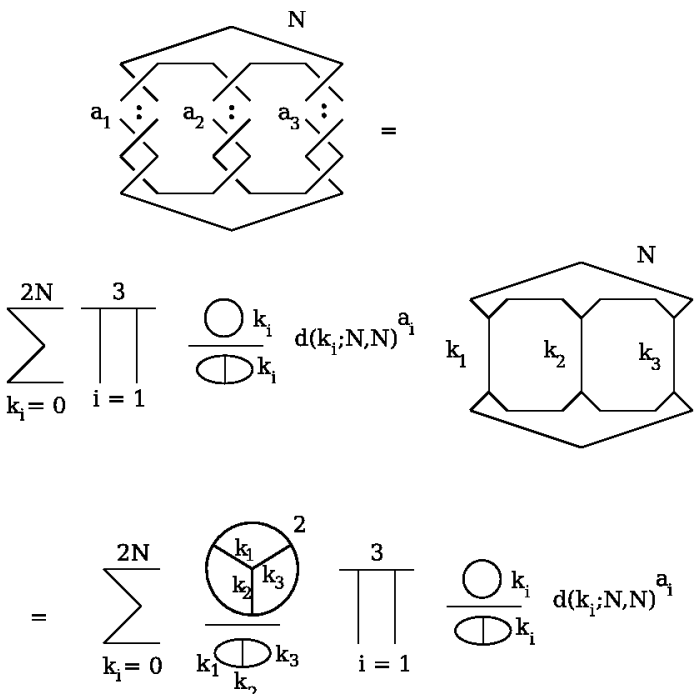
Op de terugweg van dezelfde conferentie ontmoette hij ook Stavros Garoufalidis, die later zijn copromotor zou worden. Op een haar na haalde hij de bus naar het vliegveld, hij kwam naast hem te zitten en zo raakten ze al snel in gesprek over kwantum-spin-netwerken. Twee van de vijf artikelen uit zijn proefschrift zijn rechtstreeks voortgekomen uit deze conversatie.

Ook mooi was het om een voordracht te geven op een grote conferentie in New York, waar hij vier jaar eerder als masterstudent ook was geweest. Daar was het allemaal begonnen, mooi dat die cirkel nu rond was. Van der Veen kan nog een hele rits hoogtepunten noemen, maar kende toch ook minder gelukkige momenten. Het moeilijkste moment was toen hij zich na maanden werk realiseerde dat zijn oplossing van het probleem waarmee hij worstelde gebaseerd was op een misvatting. Op dat moment fietste hij naar zijn ouders over de Nesciobrug in Amsterdam. Het was alsof de brug instortte. Een omgekeerde Aha-erlebnis.

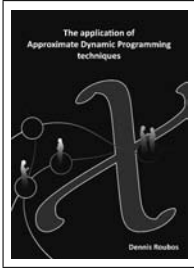
Webklassen

Naast zijn onderzoek gaf Van der Veen natuurlijk ook onderwijs én was hij samen met Jan van de Craats de drijvende kracht achter de UvA *webklas* ‘De Riemann-hypothese; een miljoenenprobleem’ voor in wiskunde geïnteresseerde vwo-leerlingen. Vlak voor zijn promotie rondde hij en Van de Craats een boek over de Riemann hypothese af dat is gebaseerd op vier jaar webklassen. Ze hopen dat het werk in boekvorm nog meer mensen enthousiast kan maken voor de wiskunde.

Op het moment van verschijnen van dit interview zit Van der Veen al lang en breed in Berkeley, waar hij met behulp van zijn NWO Rubiconsubsidie twee jaar aan vervolgonderzoek kan werken. En hopelijk ook zal blijven dansen, luchtkastelen bouwen en anderen enthousiasmeren!



Figuur 2 De tekening is de berekening.



The application of Approximate Dynamic Programming techniques

Dennis Roubos

Op 7 september 2010 promoveerde Dennis Roubos aan de Vrije Universiteit Amsterdam op het proefschrift *The application of Approximate Dynamic Programming techniques* dat hij schreef onder begeleiding van Ger Koole en Sandjai Bhulai.

Markov beslissingsprocessen

Een Markov beslissingsproces is een raamwerk voor het modelleren van stochastische optimalisatieproblemen waarin beslissingen genomen kunnen worden om een systeem te sturen. Het doel is om het systeem zo te sturen dat een bepaalde prestatie maat geoptimaliseerd wordt. De beslissingen die op dit moment genomen worden, hebben niet alleen invloed op het systeem op dit moment, maar ook op het gedrag van het systeem in de toekomst. Dit concept ligt aan de basis van de oplossingstechniek Dynamisch Programmeren.

Roubos begint zijn proefschrift met een illustratief voorbeeld van een callcenter met verschillende soorten medewerkers. Specialisten die óf Nederlands, óf Engels, óf Duits spreken, en generalisten die alle drie de talen spreken. Het callcenter heeft als doel ieder inkomend telefoontje zo snel mogelijk af te handelen. De gemiddelde wachttijd van de klanten moet dus worden geminimaliseerd. Een optimaliseringsprobleem: wat moet je bijvoorbeeld doen als een Engelssprekende klant belt? Toewijzen aan een specialist of een generalist? En als alle Engelsprekende specialisten bezet zijn, moet je hem dan aan de enige vrije generalist toewijzen of niet? De beslissing die genomen wordt, beïnvloedt het systeem op het moment zelf, maar ook daarna, want het aantal en het type beschikbare telefonisten hangt ervan af.

De waardefunctie

Bij het oplossen van Markov beslissingsproblemen speelt de waardefunctie, die aan elke toestand in de toestandsruimte een reëel getal toekent, een belangrijke rol. Uiteraard is de waardefunctie, als deze bekend is, te gebruiken om te bepalen welke beslissingen optimaal zijn in een bepaalde toestand van het systeem. Echter, het exact oplossen van de waardefunctie is vaak erg moeilijk, danwel onmogelijk. Traditionele numerieke oplossingsmethoden zijn ook niet meer toepasbaar, aangezien hedendaagse processen dusdanig groot zijn dat deze methoden teveel rekentijd met zich meebrengen. Bovendien bewaren ze de waarde van iedere toestand in een tabelvorm. Het toevoegen van een extra dimensie aan de toestandsruimte zorgt voor een exponentiële toename in grootte van die tabellen.

Omdat het vinden van een gesloten uitdrukking voor de waardefunctie analytisch erg lastig is en ook numeriek een te groot probleem is, zijn benaderingstechnieken waarmee bijna optimale beslissingen genomen kunnen worden van belang. Die moeten snel werken en niet teveel informatie hoeven op te slaan. In plaats van het opslaan van een reëel getal voor elke toestand in de toestandsruimte, kan de waardefunctie bijvoorbeeld worden benaderd door een geparameteriseerde

functie, waarbij alleen de parameters opgeslagen hoeven te worden. De vraag komt dan naar voren wat een goede structuur is voor de functie. Anderzijds kan gekeken worden naar methoden die de toestandsruimte verkleinen, zodat traditionele methoden weer computerteknisch mogelijk worden. In zijn proefschrift behandelt Roubos deze vragen, geeft hij daarvoor een theoretische basis én past hij de theorie toe op grote beslissingsproblemen uit de praktijk.

Zowel theoretisch als praktisch

Het mooie aan zijn proefschrift vindt Roubos dat het zowel theoretisch als praktisch is. Het bevat stellingen over goede structuren van de benaderende functie en over het verkleinen van de toestandsruimte. Die zijn belangrijk omdat ze een basis bieden voor het praktische gedeelte van het proefschrift waarin optimalisatieproblemen in callcenters en computernetwerken worden opgelost door het toepassen van de theorie. De nieuwe theoretische resultaten worden dus meteen in de praktijk gebracht bij het oplossen van interessante bedrijfsprocessen.

Het promotietraject

Het eerste jaar van het aio-schap vond Roubos vrij lastig. Het inlezen in het onderwerp was veel werk, waar een groot doorzettingsvermogen voor nodig was. Verder vond hij het moeilijk om te leren omgaan met tegenslagen. “Soms zit je dagenlang na te denken over een bewijs voor een stelling, of ontdek je ergens een klein foutje waardoor alle experimenten opnieuw gedaan moeten worden.”

Het leven als aio beviel hem wel. Omdat je eigenlijk altijd en overall met wiskundig onderzoek bezig kunt zijn, ben je enorm flexibel. En tijdens het promotietraject waren er vele leuke en mooie momenten. Conferenties in het buitenland zijn een goed voorbeeld. Roubos vond het leuk om zijn resultaten aan een geïnteresseerd publiek te presenteren, en de discussies en vragen achteraf gaven altijd meer inzicht. Maar misschien was de laatste fase van de promotie, waarbij hij bezig was met het schrijven van het proefschrift, wel de mooiste. Meer en meer werd het een compleet boek, waar hij uiteindelijk vol trots naar keek toen er 200 gedrukte exemplaren werden afgeleverd. De promotieplechtigheid vond hij een verhaal apart. Als promovendus bereid je de receptie en het feest al tot in de puntjes voor, terwijl je proefschrift nog helemaal niet verdedigd is. Toch wel spannend! De dag ervoor was Roubos nog erg zenuwachtig, maar tijdens de verdediging niet meer. Hij vond het leuk en bijzonder om tegenover deskundigen op zijn vakgebied te staan en hun vragen te beantwoorden, en de verdediging is een ervaring waar hij nog lang met een goed gevoel op terug zal kijken.

Nu hij heeft laten zien dat hij zelfstandig onderzoek kan doen, is hij gewapend met zijn wetenschappelijk onderzoeksachtergrond verder gegaan als adviseur/onderzoeker bij een consultancy bedrijf in de zorgsector.

