

Sjoerd Rienstra

Faculteit Wiskunde & Informatica
Technische Universiteit Eindhoven
s.w.rienstra@tue.nl

Jan ten Thije Boonkkamp

Faculteit Wiskunde & Informatica
Technische Universiteit Eindhoven
j.h.m.tenthijeboonkkamp@tue.nl

Interview Wilbert IJzerman

Van technologie tot psychologie

Prof. dr. ir. Wilbert IJzerman is *head of Advanced Development Europe* en *domain champion* voor Optiek bij Philips, Eindhoven, en sinds kort buitengewoon hoogleraar toegepaste wiskunde aan de Technische Universiteit aldaar. Sjoerd Rienstra en Jan ten Thije Boonkkamp van de TU/e in gesprek met IJzerman, over leds, Noord- en Zuid-Europese kleurtemperaturen, en cash cows.

Hoe ben je bij Philips beland?

“Gewoon een open sollicitatie. Het was duidelijk dat we ons ergens in Brabant wilden vestigen. Mijn vrouw had een baan bij Organon, Oss. Dan sla je een cirkel om Oss heen en kijkt wat er binnen valt. Gelukkig viel Philips Research daarbinnen, Philips stond hoog op mijn lijstje. Ik heb ook nog bij ASML en Philips CFT (centrum voor fabricagetechnologie) gekeken, maar research stond veruit het hoogst. Shell viel daarbuiten. Shell leek me ook niet zo interessant, daar ligt de nadruk erg op de internationale carrière, en dat trok me toch niet. Bij Shell moet je in het buitenland geweest zijn. Bij Philips ligt dat iets genuanceerder.”

Hoe begon je carrière bij Philips?

“Ik was een natuurkundestudent en ben daarnaast ook wiskunde gaan studeren en uiteindelijk in de wiskunde gepromoveerd, en ben bij Philips maar als fysicus begonnen. Ik ben begonnen met het rekenen aan elektronenoptiek voor CRT's, cathodestraalbuizen. Dat is heel erg ingenieurachtig, veel fysica. Rekenen aan elektronenoptiek van klassieke beeldbuizen met een elektronenkanon dat bestaat uit een aantal blikjes met gaten waar grote potentiaalverschillen op staan, tot 30 kV. Daar worden de elektronen door versneld, en de vorm van de gaten bepaalt de vorm van het elektrische veld. Het geheel vormt dus eigenlijk een lens, maar dan alleen een

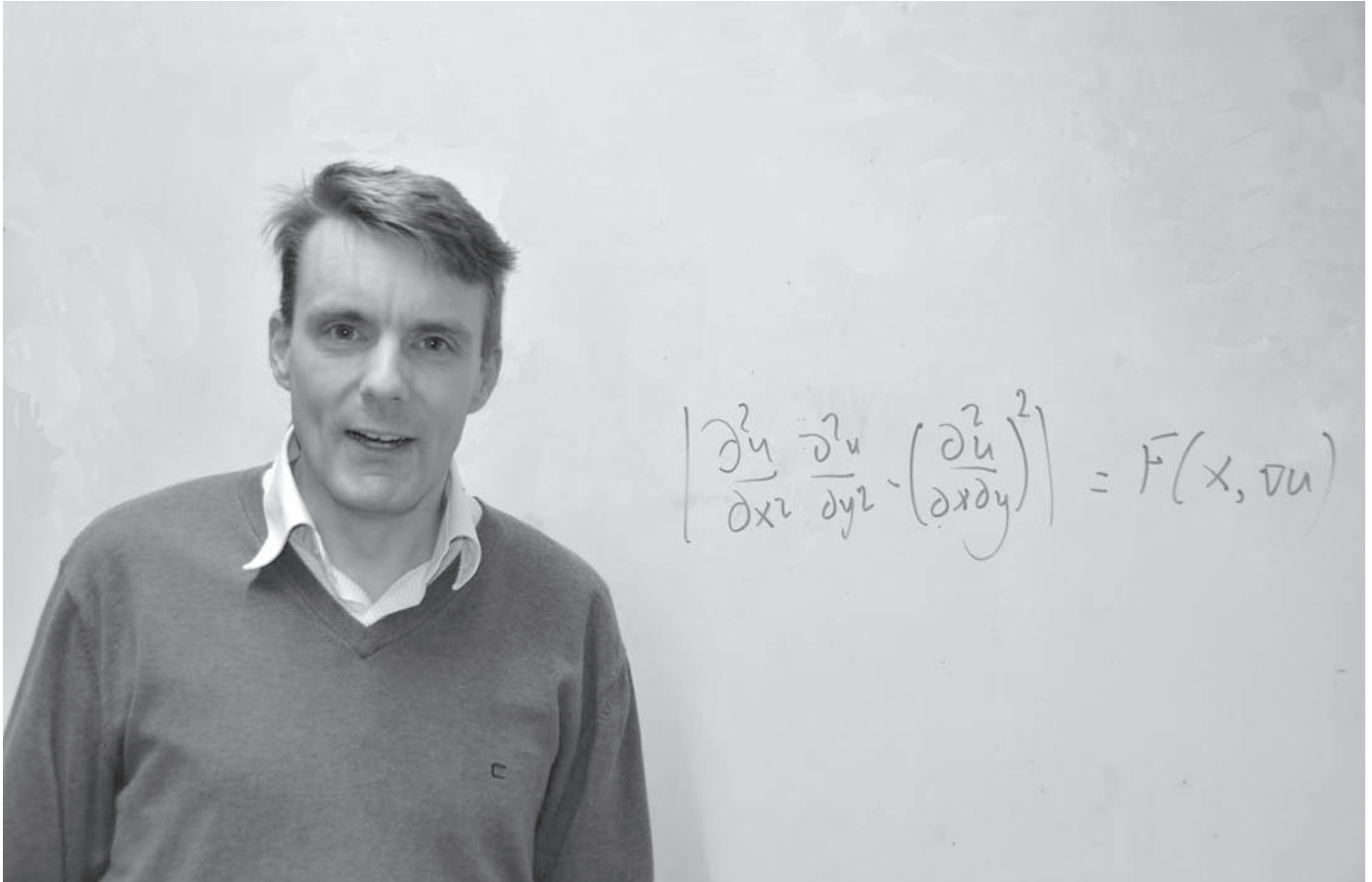
positieve of van quadrupool-type. Positief in de ene en negatief in de andere richting. Negatieve lenzen kan je helaas niet maken. De uitdaging was om een optisch systeem te ontwerpen dat kan samenwerken met een spoel die heel grote afbuighoeken heeft. Hoe groter de afbuighoek, hoe ondieper de beeldbuis, maar bij heel grote afbuighoeken is er op een gegeven moment een singulariteit in het systeem. In dit probleem moet je de Maxwell-vergelijkingen oplossen en daarvoor was standaardprogrammatuur, en die was heel erg goed. Je moet namelijk zelfs rekening houden met relativistische effecten. De snelheid van de elektronen is ongeveer eenderde van de lichtsnelheid bij het scherm en dat betekent een significant effect van 10 procent.

We praten nu over de jaren 2000–2002. Zo laat nog. Philips was in de jaren negentig al wel eerder gestopt met elektronenoptiek binnen de researchorganisatie, maar rond 1999 was er een idee om een nieuwe beeldbuis te maken zonder schaduwmasker. Dat is een metalen plaat met gaatjes en die is (was! — wordt nergens meer ter wereld gemaakt) erg kostbaar en vervelend in productie. Die kon je weglaten door de elektronen over het scherm te laten lopen. Dan moet je de bundel actief besturen en over een heel dun fosforstripje laten lopen, voor elke kleur één. Je moet dan drie bundels niet alleen op de juiste plaats op het scherm krijgen, maar ze moeten ook zo klein zijn dat ze alleen maar

op hun kleur vallen. Dus de vraag was om een elektronenkanon te maken met drie bundels die over het hele scherm in focus zijn en waarvan de spot op het scherm ongeveer 0,2 mm hoog is, dat is een factor 10 kleiner dan bestaande oplossingen. Gelukkig konden we ook een factor 4 naar beneden in stroom, want het schaduwmasker ving veel elektronen af. Dit hielp om de spot te verkleinen want de elektronen stoten elkaar af waardoor zo'n bundel, zelfs in het vrije veld, divergeert. Verder is een extra complicatie dat het focuspunt voor de drie kleuren net niet helemaal hetzelfde is. Dus hoe krijg je drie bundels in focus, met een singulariteit in de optiek.

“Bij Shell moet je in het buitenland geweest zijn. Bij Philips ligt dat iets genuanceerder.”

We hebben toen een totaal ander optisch systeem ontworpen, met een ander optisch pad (als leek zie je geen verschil, maar het was wel vrij revolutionair) en dat stelde ons in staat ten opzichte van het conventionele systeem om van een spanningszwaai van 5000 V van links naar rechts over het scherm terug te gaan naar 200 V, wat significant scheelt in elektrische isolatie en kosten. Maar bovendien is het besturen van drie bundels veel goedkoper dan het besturen van één bundel in het klassieke systeem, en zo konden we drie bundels in focus houden, met een veel scherper plaatje. Alleen is dat project ten slotte gestopt, eigenlijk alleen omdat de koperprijs naar beneden ging, en het voordeel van het schaduwmasker wegviel. Daarnaast



kwamen plasma- en LCD-schermen eraan. Uiteindelijk heeft LCD gewonnen maar dat was op dat moment zeker niet duidelijk. Wel duidelijk was, dat de hele industrie ging veranderen.”

Is het niet frustrerend dat je aan een technologie werkt die om commerciële redenen wordt afgeblazen?

“Ja, maar mij maakt het niet zoveel uit. Ik krijg mijn energie uit het doen van een leuke uitvinding en niet uit het brengen naar de business van een idee. Maar ik moet dat misschien niet te hard zeggen.”

Zien we niets terug van deze kennis?

“Niet van dit onderzoek zelf, maar de kennis van CRT's vind je wel terug in röntgenachtige CT-scanners voor medische toepassingen, want dat zijn nog gewoon CRT's. In Acht zit ook een bedrijf dat ze maakt voor medische toepassingen. In de tv-business is het weg. Bij mijn weten is er niemand meer die nog een klassieke CRT voor tv maakt. Dat is allemaal LCD geworden. Alleen als beeldscherm voor een arts om plaatjes van bijvoorbeeld tumoren te

bekijken heeft een CRT absoluut voordelen boven een LCD en is het ook langer gebruikt. Dat heeft te maken met de hogere contrasten die je kan bereiken. En dat gaat om het allerlaatste beetje. Normaal gesproken werkt LCD standaard nog steeds op 8 bits om de grijs tinten te maken, terwijl soms de details in het negende of tiende beetje zitten. Het heeft ook te maken met allerlei videoprocessing-algoritmen die in LCD zitten. Die doen dingen, waardoor je niet meer zeker weet of je naar een video- of beeld-artefact zit te kijken, of naar echt een afwijking in het weefsel. Dat was lange tijd een reden waarom men koos voor CRT in medische systemen.

Daarna heb ik aan 3D-displays gewerkt. Beeldschermtechnologie met 3D zonder dat je een brilletje op hoeft, en waarbij je ook je hoofd nog enigszins heen en weer kan bewegen. Dat werkte ongeveer als volgt: je neemt een groepje van (zeg) negen pixels van het beeldscherm, en je zorgt dat het licht daarvan uitstraalt binnen een *cone*. Van die negen *cones* komt dan de derde en vijfde in je linker en rechteroog, en als je dan iets

bewoog, dan ging het linkeroog van de derde naar het vierde, en het rechter van de vijfde naar de zesde *cone*. Zo kon je enigszins om objecten heen kijken. Als je heel veel *cones* maakt (binnen Philips is zoiets gemaakt met ruim 64 verschillende beelden) dan kun je je meters verplaatsen, en echt om dingen heen kijken, maar het gaat wel ten koste van je resolutie. Het betekent dat tekst slecht leesbaar wordt, zelfs op de heel hoge-resolutie 4K-displays van vandaag. Dus je wilt dat 3D-effect ook kunnen uitzetten. Dat konden we doen door ook gebruik te maken van een LC-effect (*liquid crystal-effect*), waardoor je een scherm kunt maken met lenzen die je aan- en uitzet.

Het waren heel mooie systemen die we konden maken, maar het was wel kostbaar. Je kunt weliswaar ergens omheen kijken, maar dan moet je wel op een bepaalde plaats op de bank zitten. Als je zelf 3D ziet en je partner naast je ziet 3D met links en rechts verwisseld, dan is dat vervelend. Je moet dus eigenlijk heel brede *cones* maken met heel veel beeldjes. Daarvoor is de technologie nog niet goed genoeg.”

Zit er toekomst in 3D? Wat je als consument ziet zijn 3D-schermen waar vervolgens niets mee gebeurt. Of komt er wel iets van de grond buiten ons gezichtsveld?

“Ja, buiten ons gezichtsveld gebeurt wel wat, bijvoorbeeld in de automobiellindustrie om visueel het design van prototypes te testen. Die hebben grote 3D-beeldschermen, zoals een systeem van twee bij vier meter, met heel veel projectoren erachter, dat Philips eens heeft gemaakt. Ze kunnen daar op ware grootte een auto neerzetten, en dan kun je zien hoe die eruitziet. Een andere toepassing is bij oliemaatschappijen die het gebruiken om hun seismografische data te beoordelen. Verder zijn er pogingen om het in de gaming-industrie te gebruiken, maar dan moet er wel eerst flink worden gestandaardiseerd. Ik had zelf gedacht dat gaming de eerste logische toepassing zou zijn, omdat veel mensen daar veel geld aan uitgeven en je het videomateriaal eenvoudig hiervoor kan aanpassen. Een beeldscherm van 200 of 300 euro is in de marge van wat men daar verder aan uitgeeft.

Dit zijn toepassingen die voortkomen uit een noodzaak. Als het alleen maar leuk is, dan is er nog niet zoveel. Je moet niet vergeten dat veel mensen zonder het te weten in hoge mate stereo-blind zijn. Het diepte-zien gebeurt door gebruik te maken van verschillende soorten informatie. Je hebt het dubbele beeld van je twee ogen, je hebt grootteverschillen zoals bij spoorstaven die naar elkaar toelopen, je hebt de felheidsvariatie van kleuren, en verder is dichtbij scherp en veraf over het

“veel mensen zijn zonder het te weten stereo-blind”

algemeen onscherp. Al dat soort informatie gebruikt je visuele systeem om afstand te schatten. En dus kun je met één oog ook nog steeds redelijk afstand schatten. En 3D-displays leveren alleen maar die visuele *cue* die gebruikmaakt van het dubbele beeld van twee ogen. Nu zijn er vrij veel mensen die een lui oog hebben en maar met één oog dominant kijken, en dus eigenlijk geen voordeel hebben van een 3D-display. Sterker nog, een van de trucs om bij een schilderij diepte te zien is om juist met één oog te kijken. Je voorkomt dat je twee ogen het platte beeld herken-

nen. Dus ook in een 2D-beeldscherm kun je door scherp- en helderheidsverschillen 3D opwekken.”

Hoe verliep je carrière verder?

“Ik heb zeven jaar echt aan research gewerkt, en werd toen ad interim groepsleider. Ik ben vervolgens naar Lighting gegaan, werd groepsleider van de optische groep in Philips Lighting, en nu ben ik sinds vijf jaar afdelingsleider van de voorontwikkeling (en zijn voorgangers).”

Je bent nu sinds anderhalf jaar deeltijd-hoogleraar. Hoe kijkt men naar het meer fundamentele deel in het TU-werk op management niveau?

“Ik denk dat het gedoogd wordt. Men is wel blij met de informatie, maar de taken die ik heb gaan niet weg. Ik deleger wel naar mijn groepsleiders, maar dat doe ik dan zelf. Ik heb geen negen-tot-vijf- maar meer een vijf-tot-negen-baan. Naast mijn afdelingsleiderrol ben ik ook nog competentie-eigenaar, of zoals wij dat noemen *domain champion*. Dus ik moet het overzicht houden over het vakgebied, een oordeel vellen of we dingen moeten versterken, mensen aannemen, cursussen organiseren, competentieplannen maken, en waar de zwaktes zitten en bij wie, in welke groepen. Dat soort dingen is wel gerelateerd aan dit TU-werk.

Optiek is een belangrijk vakgebied voor Philips Lighting. Onze samenwerking met de TU/e vindt plaats in het Intelligent Lighting Institute, wat onderdeel is van een samenwerkingsverband tussen Philips Lighting en de TU/e, dus daar hebben we een redelijke hoeveelheid researchactiviteiten. Hierin gaat het niet alleen over optiek, maar over de hele breedte van verlichting: van technologie tot psychologie.”

Kun je iets vertellen over de wiskundige methoden die een rol spelen?

“Er zit een analytische kant bij de Monge–Ampère-transportvergelijkingen, die je tegenkomt bij het doorrekenen van lenzen en spiegels. We worstelen met de nette formulering van het probleem: hoe kies je de plus- en mintekens, wat voor soort probleem heb je nu eigenlijk? Daar komen al snel de numerieke aspecten achteraan. Hoe discretiseer je, hoe houd je het algoritme stabiel, hoe los je het op in eindige tijd? Uiteindelijk moet dat soort technologie over vijf of tien jaar in ontwerptools terecht komen. En dan moet een fatsoenlijk

optisch probleem in minder dan de tijd van een bakje koffie oplosbaar zijn. Het mag geen tien minuten duren, want dan ben je vergeten wat je gedaan hebt. Het moet in de orde van minuten zijn. Daar zit nog een hele uitdaging in, want we zijn er zeker nog niet.

Bij ray-tracing is niet de complexiteit van de vergelijking het probleem, maar wel de complexiteit van de structuur. Dan de niet-lineaire dynamica, het mengen van licht, van kleuren tot wit, een soort turbulentie in de faseruimte. In mengstaven gebeuren heel interessante niet-lineaire dingen die lijken op een niet-lineair biljart.

Tot zover de geometrische optica. Golf-optica doen we bij de interactie van licht en deeltjes, bij scattering. De twee uitersten van scattering zijn goed bekend. Aan de ene kant licht door een ij medium, zoals door een sterrenstelsel, en aan de andere kant licht door diffuse media als dikke yoghurt, zijn beide goed bekend. Het laatste geval is een diffusievergelijking. Maar de

De vergelijking van Monge–Ampère

Als een lichtbundel wordt gereflecteerd of gebroken door een optisch oppervlak $z = u(x, y)$, zoals van een spiegel of een lens, dan zal de intensiteitsverdeling van de verstrooide bundel niet alleen afhangen van de invallende bundel, maar uiteraard ook van u .

De vergelijking die beschrijft hoe een *gegeven* verdeling wordt omgezet tot een *gevraagde* verdeling, is een niet-lineaire partiële differentiaalvergelijking in u . In zijn algemeenheid bestaat deze vergelijking uit een Jacobiaan die gelijk moet zijn aan een uitdrukking $F(u, \nabla u)$. Deze F hangt af van de invallende en uittredende intensiteitsverdelingen.

In het geval van een parallelle bundel in de z -richting als invallend veld, neemt de vergelijking de vorm aan van de Monge–Ampère-vergelijking, met als extra complicatie de modulus van de determinant.

$$\left| \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} - \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} \right)^2 \right| = F(u, \nabla u)$$

Een oplossing is alleen bekend als de determinant in het linkerlid positief is. Daarnaast zijn er in het algemeen, voor een voldoende glad rechterlid, twee oplossingen, één voor divergerende stralen en één voor convergerende stralen.

meeste praktische toepassingen van lichtverstrooiing in verlichtingstechnologie zit daar tussenin. Er moet enerzijds voldoende licht doorheen, anders is de efficiency niet goed, anderzijds moet het voldoende verstrooid worden zodat je de lichtbron niet meer ziet. In dat tussengebied is eigenlijk heel weinig bekend. En helemaal als er ook nog eens fosformaterialen in zitten die de ene kleur licht omzetten in de andere kleur.

“De verlichtingsmarkt is heel versnipperd.”

Het meest uitdagend is de Monge–Ampère-vergelijking. We weten dat er één oplossing is ingeval je het teken mag kiezen en de oplossing convex moet zijn. Als je de modulus laat staan en geen convexiteit eist dan is er een hele dieren tuin aan oplossingen. Ik kan als optisch ingenieur wel een paar oplossingen tekenen die je niet zomaar vindt uit de vergelijkingen.”

Hoe belangrijk is de psychologische kant bij licht?

“Heel belangrijk. Als wij niet weten wat we moeten maken aan licht- en kleurverdeling, dan heeft het ook geen zin om geavanceerde tools te maken. Het is toegepaste psychologie, maar vooral van belang voor de inputkant. Je moet weten wat je moet maken, en dat wordt bepaald door welke invloed licht heeft op mensen. Heel veel verlichting is te helder en geeft ‘glare’ zoals we dat noemen, zoals straatverlichting. Scherpe lichtpunten die in je ogen komen als je omhoog kijkt.”

Hoe verandert led de toekomst van de lichttechnologie?

“Led en optiek zijn ontkoppeld. Een led is gewoon een heel mooie kleine bron. Het geeft wel redenen om opnieuw intensief te kijken naar de optiek omdat led je toestaat om optiek te maken met kunststof en plastic. In het spuitgieten van plastic heb je heel veel meer vormvrijheid dan met glas of metaal. Verder heb je te maken met meerdere leds die een verlichtingssysteem maken, dus je moet gaan mengen, zeker met de moderne systemen die uit meerdere kleuren leds bestaan.

Daarnaast weten we dat er een regionaal afhankelijke voorkeur bestaat voor

de kleurtemperatuur. Wat wij gezellig ‘wit’ licht vinden is relatief geel. Inderdaad juist het licht van een gloeilamp. Maar het is toch niet alleen maar een kwestie geweest van gewenning. In Zuid-Europa vind je meer voorkeur voor blauwachtig ‘wit’ licht. Ook in de tl-markt verkopen we relatief gele kleuren in Noord-Europa en blauwe in Zuid-Europa. Het zal wel te maken hebben met de manier waarop de zon invalt en wat je gewend bent aan zonlicht.

Een andere technische beperking is het feit dat de meeste ledsystemen thermisch begrensd zijn, en als ze dat niet zijn, zijn ze waarschijnlijk te duur. Hoewel de led zuinig is, kan de led niet tegen een hoge temperatuur. Veertig tot vijftig procent van de energie wordt omgezet in licht en de rest is warmte. Dat moet dus worden afgevoerd, meestal door convectie.”

De gloeilampen zijn verboden in Nederland en Europa juist toen de led opkwam. Is dat toeval?

“Toen de EU de gloeilampen verbood, was dat niet op instigatie van Philips om de ledlamp te promoten. Dat speelde al voor de led. Het kwam natuurlijk wel goed uit in de verkoop van spaarlampen. Uiteraard is er altijd bij zoiets overleg tussen EU en industrie, maar we kunnen de ledlamp pas goed maken sinds 2002–2003. We hadden die niet al klaar liggen.

Het is heel normaal dat EU zijn industrie steunt. Er gaat veel belastinggeld in en uit. Maar voor Philips was het eigenlijk beter geweest als er geen led was, omdat de *barrier-to-entry* voor een concurrent in traditionele verlichting veel hoger is dan bij led. Ledtechnologie is eenvoudiger. Je ziet nu ook dat er heel veel bedrijven zijn die ledverlichting maken. Dat betekent veel meer concurrenten, veel meer prijsdruk, meer erosie van je marges.

Je ziet in de markt verschillende golven. De eerste golf is het vervangen van een bestaande verlichting door led. Dat begon met halogeenspotjes. Daar was geen spaarlamp-alternatief voor. Voor de komende tijd geldt dat ook voor de tl-verlichting. Na de *early adopters* komt nu de massa die overstapt. Je bent nu in een fase dat een heleboel bedrijven instappen (soms ook uitstappen zoals Samsung, die met displays en telefoons hun eigen *cash cows* hebben).

De verlichtingsmarkt is heel versnipperd. Als een gebouw wordt neergezet heb

je een architect, een verlichtingsarchitect, een installateur, een gebouwbeheerder, de groothandel, een huurder, energieleveranciers, de regelgeving. Dat betekent dat het heel moeilijk is om daarin te spelen. Je moet veel relaties hebben en een lange samenwerking, voordat je iets kunt verkopen. Dat maakt het moeilijk voor buitenpartijen om er tussen te komen. In de professionele verlichting in Europa zijn de nummers één en twee altijd het Duitse bedrijf Zumtobel en Philips, met ieder zo’n 10 procent marktaandeel. Dan een paar partijen met 3 à 5 procent en de rest van de markt is versnipperd over een heleboel partijen met minder dan 1 procent marktaandeel. Dat is een heel atypische verdeling. Er is bijna geen enkele markt waar dat zo is. Normaal is dat de nummers 1, 2 en 3 de hele markt verdelen, met een paar niche-spelers erachteraan. Het is dus bijvoorbeeld een heel andere markt dan de gloeilampmarkt, waar je traditioneel alleen GE, Osram en Philips had. Dat drietal beheerst de markt al sinds het begin van de twintigste eeuw.”

Wat vind je in je werk het leukst?

“Ik word blij van een uitvinding, iets begrijpen. Een voorbeeld. We hadden gewerkt aan een lichtgeleider in een armatuur. We liepen tegen het probleem aan dat de lichtgeleider moest eindigen in een heel scherpe punt, althans dat dachten wij. Maar de fabrikant van de optisch component zei dat dat niet kon. Hij moest hem ergens afronden. Iets kan niet oneindig scherp gemaakt worden. Toen gingen we terug naar

“Begrijpen geeft mij de meeste energie.”

onze tool, haalden een stukje van de rand af, en er gebeurde helemaal niets. Dat was heel onverwacht en ik ben er over gaan nadenken. En het feit dat ik het daarna begreep was voor mij belangrijker dan het feit dat het nu technologie is die in zeven productfamilies is beland en waar een gedeelte van de business van afhankelijk is. Het is dus toch niet de toepassing maar het begrijpen zelf. Ik weet wel dat ik de toepassing moet doen en moet zorgen dat het een product wordt om mijn brood te verdienen, maar dat begrijpen geeft mij de meeste energie.”