

Zicht op de bliksem

Als student twijfelde ze ooit tussen wis- kunde en natuurkunde, tegenwoordig doet ze gewoon allebei. En met succes: samen met een aantal collega's wist Ute Ebert met een eenvoudig wiskundig model te verklaren hoe vonken zich ver- takken, een prestatie waarover *Nature* in april berichtte. Per 1 maart werd ze als eerste vrouwelijke hoogleraar benoemd in Eindhoven. Hoog tijd voor een inter- view. *Mark-Tiele Westra*

*“Je hebt wel
wat zelfvertrouwen nodig
om als meisje
de natuurkunde in te gaan.”*



Ute Ebert werd in 1961 geboren in Heidelberg, Duitsland, waar ze de middelbare school door- liep en natuurkunde studeerde. Na een jaar onderzoek in Jeruzalem keerde ze terug naar Essen, Duitsland, waar ze in 1994 promoveerde op een nieuw model in de polymeerfysica. Na vier jaar als postdoc in Leiden aan het Lorentz-instituut gewerkt te hebben, ging ze in 1998 naar het Centrum voor Wiskunde en Informatica (CWI) in Amsterdam, waar ze sinds 1 januari 2002 leider is van het nieuwe CWI-thema “Niet-lineaire dynamica en complexe systemen”. Per 1 maart 2002 is ze benoemd als deeltijdhoogleraar aan de faculteit Technische Natuurkunde van de TUE, waar ze de eerste vrouwelijke hoogleraar is. Ute Ebert woont in Leiden.

Ute Ebert [1] zit tegenover me in het FOM-kantoor te Utrecht. Ze heeft al een zware vergadering achter de rug: lachend slaat ze snel een zakje suiker achterover om nieuwe krachten op te doen.

Om bij het begin te beginnen: hoe ben je tot je studiekeuze gekomen?
“Mijn eerste natuurkundeleraar was jong en enthousiast. Hij had een opleiding voor onderwijzer afgemaakt, en was daarna natuurkunde gaan studeren. Als bijbaan gaf hij natuurkundeles. Een mooi moment was toen hij de relativiteitstheorie uitlegde en er niet uitkwam. Ik kon hem toen helpen, op mijn vijftiende. Heel goed voor mijn zelfvertrouwen.

“Op mijn achttiende werd ik op grond van mijn cijfers uitgenodigd voor een selectietest van de nationale Duitse studiebeursstichting. Bij de test kwam ik als beste van de deelstaat uit de bus. Dat moest ik wel even verwerken, maar het gaf me wel het vertrouwen dat ik alles waaraan ik begon, ook zou kunnen afmaken. En je hebt wel wat zelfvertrouwen nodig om als meisje de natuurkunde in te gaan.”

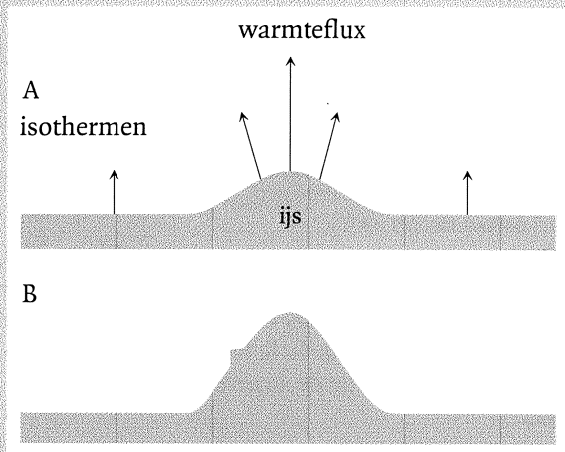
Wist je al snel dat je natuurkunde wilde gaan studeren?

“Ik vond bijvoorbeeld middeleeuwse geschiedenis ook heel interessant, maar ik vreesde dat je in dat vak eigen- lijk nooit een logische redenering tot het eind kunt afma- ken en er een streep onder kunt zetten. Mijn vader wilde dat ik elektro-ingenieur werd, maar ik zag voor mij als meisje geen prettige toekomst tussen de Duitse inge- nieurs. Mijn studie moest tussen natuur en logica zitten en ook een kans op een redelijke baan bieden, en zo kwam ik op natuurkunde uit.

“Bij een studie in Heidelberg kon je in het begin nog makkelijk overstappen van natuurkunde naar wiskunde, en ik heb me eerst met allebei bezig gehouden. Ik schrok wel toen ik aan de natuurkunde begon: de docent leek te denken dat iedereen wel eens een radio gemaakt had. Maar verder heb ik er van genoten, vooral van het uitwer- ken van eigen voordrachten: zélf de bieb in, de juiste lite- ratuur vinden, achter een eigen vraag aangaan.

“Tijdens mijn studie maakte ik ook veel muziek, vooral re- naissance-, barok- en moderne muziek op de blokfluit. Ik zat in een kring van muzikale studenten en uitstekende amateur-musici. Verder had ik een prachtig bijbaantje in de vakanties waar ik mijn eigen project in een waterlei- dingbedrijf heb kunnen uitwerken, en ik heb veel gedaan in de vredesbeweging.

“Na mijn studie heb ik een jaar met een beurs aan de uni- versiteit van Jeruzalem gewerkt, tijdens het begin van de eerste intifada. Het was een moeilijke tijd: mijn Duitse



Figuur 1 De Laplace-instabiliteit geïllustreerd met bevriezend ijs. Bij een uitstulping liggen de isothermen dichter bij elkaar, waardoor lokaal versnelde groei optreedt.

De Laplace-instabiliteit

Groeiende koralen, sneeuwvlokken, of zogenaamde viskeuze vingers, die ontstaan als lucht of water onder druk worden ingespoten in viskeuze olie, vertonen allemaal karakteristieke vinger-achtige vertakkingen. Het mechanisme waardoor deze vingers ontstaan is de zogenaamde Laplace-instabiliteit. Deze is gemakkelijk te begrijpen bij het bevroren van water, zoals getoond in figuur 1. We zien een ijs-water-grensvlak met een kleine uitstulping. Bij de uitstulping liggen de isothermen iets dichter bij elkaar, zodat daar de bevroeringswarmte van het ijs sneller wordt afgevoerd, waardoor de uitstulping groeit. Het proces versterkt zichzelf, en leidt tot de groei van een aftakking. In plaats van isothermen kunnen ook bijvoorbeeld concentratieverschillen aanleiding geven tot een Laplace-instabiliteit.

niet-joodse afkomst, en het feit dat ik de enige vrouwelijke wetenschapper op de faculteit was maakte het er niet gemakkelijker op. Maar het was ook een zeer leerzame en interessante tijd, die ik niet had willen missen. Na bijna een jaar ben ik teruggegaan naar Duitsland, Essen, waar ik naast mijn promotie over renormalisatiegroep-methoden in de polymeedynamica ook heel veel onderwijs gegeven heb.”

Na je promotie ben je naar Nederland gekomen?

“Ja, ik ben na mijn promotie naar Leiden gegaan, waar ik met Wim van Saarloos op het Lorentz-instituut heb gewerkt. Daar heb ik aan verschillende onderwerpen gewerkt: ten eerste zijn we begonnen met het bestuderen van patroonvorming in elektrische ontladingen, ten tweede hebben we een universeel fenomeen in de niet-lineaire dynamica ontdekt, de zogenaamde pulled fronts. Dit type fronten zijn structuren die vanuit een stabiele situatie een meta-stabiel gebied intrekken. Dat kom je overal tegen: bijvoorbeeld bij ionisatiefronten in een sterk elektrisch veld, en in de verspreiding van een dominant gen in een populatie. Wij hebben laten zien dat dit type fronten universeel gedrag vertonen in hun dynamica [2].

“Als laatste heb ik samen met collega’s uit Essen en Jülich een nieuw model voor polymeer-reptatie geformuleerd, waarmee het gedrag van polymeerketens van eindige lengte analytisch voorspelbaar wordt. Tot dan waren er alleen asymptotische wetten voor oneindig lange ketens, en die pasten niet op experimenten en simulaties, want de eindige lengte is ook bij hele lange ketens belangrijk. Reptatie betekent dat lange polymeerketens net zoals een hoop spaghetti door elkaar hangen, en eigenlijk alleen langs hun lengte-as kunnen bewegen, net zo als een slang, een reptiel.”

En waar houdt je je nu mee bezig?

“Sinds ik in Amsterdam zit heb ik gewerkt aan ionisatiefronten in halfgeleiderstructuren, en een model

voor fytoplanktonpopulaties, een klein uitstapje naar de biologie. Maar het zwaartepunt van mijn aandacht ligt op dit moment bij het vertakken van vonken, wat een zeer boeiend onderwerp is. Vonken zijn een bekend natuurlijk fenomeen, en ze spelen in een heleboel technische processen een centrale rol. Je komt vonken tegen in de rookgaszuivering, bij het verwijderen van NO_x , bij het produceren van ozon, en in de hoogspanningstechniek. En theoretisch is er maar weinig van begrepen. Eigenlijk geldt dat voor heel veel niet-lineaire problemen, zoals de propagatie van barsten of in granulaire media.

“Als een niet-geleidend medium zoals een gas plotse-ling wordt blootgesteld aan een sterk elektrisch veld wordt elk vrij elektron versneld door het veld, botst, en maakt weer nieuwe elektronen vrij. Zo kan in een sterk veld door een kettingreactie een sterk geïoniseerd gebied ontstaan. Omdat ze zo licht zijn, verplaatsen de elektronen zich snel binnen het veld, en kunnen ze dus de binnenkant van het geïoniseerde gebied elektrisch afschermen. Zo vormt een vonk, ook wel streamer genoemd, een geïoniseerd kanaaltje, dat een niet-geïoniseerd gebied binnendringt.

“De laatste twee jaar heb ik me vooral met die streamers bezig gehouden. Streamers vertonen interessant gedrag omdat ze niet-lineair zijn: de ionen en vrije elektronen beïnvloeden het externe uitwendige veld, wat weer de ionisatie beïnvloed. Er treedt dus een terugkoppeling op, die de vergelijkingen niet-lineair maakt.

“Als de rand van zo’n geïoniseerd gebied een uitstulping vertoont, wordt het veld voor die uitstulping sterker, net als voor een metalen punt. Door het sterkere veld neemt de botsingsionisatie en de elektronendrift lokaal sterk toe, zodat de uitstulping groeit. Dat is een generiek mechanisme in de niet-lineaire dynamica, dat zorgt voor zich sterk vertakkende, vinger-achtige structuren. Het mechanisme wordt wel de Laplace-instabiliteit genoemd.” (Zie kader.)

“Ik vind dat elke leerling in elk geval een aantal basisbegrippen van de natuurkunde zou moeten weten.”

“De streamer vormt dus vingers, die op hun beurt weer opnieuw kunnen vertakken. Wij hebben als eersten laten zien dat je niet meer nodig hebt dan een heel simpel model om die vertakking van de vonken te verklaren [3,4] (zie kader – MW). Waar je dan natuurlijk meteen aan denkt is de bliksem, en we zijn nu aan het onderzoeken of dit het mechanisme is waardoor de bliksem zich vertakt.

En nu ga je in Eindhoven het bijbehorende experiment doen?

“Ja, in Leiden zijn we begonnen met de analytische benadering van ontladingen, en op het CWI heb ik samen met collega’s het zelfde probleem ook numeriek aangepakt. Nu leek het me tijd voor de derde poot: experimenteel werk. Ik wil kijken naar het groeien van vonken in eenvoudige gassen als argon. Dat zijn extreem snelle processen: je moet op tijdschalen van nanoseconden kunnen kijken. In Eindhoven hebben ze uitstekende experimentele faciliteiten om dat voor elkaar te krijgen. Door de druk te veranderen kun je lengte-en tijdschalen veranderen, en daar kun je mooi gebruik van maken.”

Met hoeveel mensen werk je?

“Op het moment bestaat mijn ‘thema’ in Amsterdam uit drie OiO’s, een postdoc, een numeriek deskundige en mijzelf. We houden ons vooral bezig met patroonvorming in ontladingen. En ik hoop natuurlijk in Eindhoven studenten voor de experimenten aan te trekken.”

Voel je je nu meer natuurkundige of wiskundige?

“Vooral het verschil tussen theoretische natuurkunde en toegepaste wiskunde is natuurlijk erg subtiel, en het hangt erg af van nationale tradities tot welk gebied een onderwerp gerekend wordt. Niet-lineaire dynamica bijvoorbeeld hoort in Duitsland

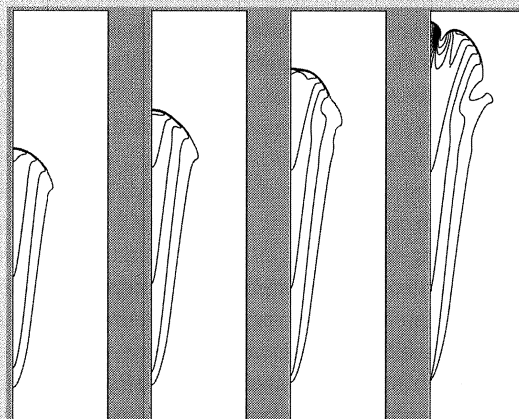
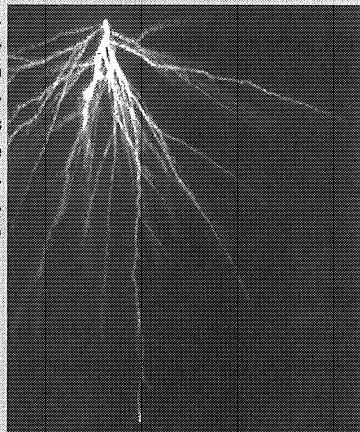
“Als natuurkundige schaam je je een beetje als je niet weet hoe een enzym werkt.”

bij de natuurkunde, maar in Engeland bij de wiskunde. Als je een Engelsman naar een groot Engels wiskundige vraagt, zal hij vaak zeggen: ‘Newton’.

“Als theoretisch natuurkundige ga je steeds heen en weer: als je een mooi model hebt gemaakt en daarin een mooi wiskundig probleem hebt opgelost, moet je toch altijd weer even achteroverleunen en je afvragen wat deze wiskundige oplossing voor het oorspronkelijke

Vertakkende vonken in de computer

Figuur 2
Een zich vertakkende streamer in het lab. De belichtingstijd is slechts één miljoenste seconde. (Foto E. van Veldhuizen, TUE)



Figuur 3
Evolutie van een streamer in een sterk homogeen elektrisch veld. Horizontaal de afstand tot het centrum van de streamer, verticaal de afstand tot de anode. De lijnen verbinden punten met de zelfde elektronendichtheid. (Uit [3])

In de *Physical Review Letters* van 29 april beschrijven Ebert en medewerkers [3] hoe je met een heel simpel model vertakkingen van vonken kunt begrijpen. Ze gebruiken hiervoor een model dat het ontstaan, de drift en de diffusie van ionen en elektronen, en hun niet-lineaire wisselwerking met het lokale elektrisch veld beschrijft. Een foto van een zich vertakkende vonk is getoond in figuur 2.

Voor realistische gasparameters voorspelt het model dat de kop van de streamer bij een voldoende hoog elektrisch veld een Laplace-instabiliteit vertoont,

waardoor kleine verstoringen in de kop uitgroeien tot vertakkingen, zoals getoond in figuur 3. Tot nu toe ging men er van uit dat dergelijke kanalen in dit eenvoudige model een vaste radius hadden, maar dat blijkt niet het geval te zijn. Het is de eerste keer dat het verschijnsel van vertakkende vonken vanuit eerste beginselen verklaard is.

“Wat mij betreft is natuurkunde de universele bèta-wetenschap”



natuurkundige probleem betekent. Bovendien gaat natuurkunde altijd over de echte wereld, waar sommige dingen die wiskundig prima in orde zijn écht niet kunnen. Dus als je een singulariteit in je model tegenkomt, moet je toch eens even kijken of er in het model niets ontbreekt. En aan de andere kant kan een singulariteit je soms helpen om de natuurkunde beter te begrijpen.”

Je moet eigenlijk alles kunnen?

“Natuurkundigen vinden natuurlijk überhaupt dat ze eigenlijk alles moeten kunnen, dat maakt het vak ook zo uitdagend. Hoe breder, hoe leuker. Er is denk ik geen bioloog die vindt dat hij de relativiteitstheorie hoeft te snappen, maar als fysicus schaamt je je toch een beetje als je niet weet hoe een enzym werkt. En dat je kunt modelleren en rekenen verwacht je ook van jezelf. Wat mij betreft is natuurkunde daarom de universele bèta-wetenschap. Als je het niet als beroep en als hobby beschouwt, dan lukt het niet.”

Vind je dat iedereen iets van natuurkunde zou moeten weten?

“Ik vind dat net zo goed als een leerling Engels leert, hij

in ieder geval een aantal basisbegrippen in de natuurkunde zou moeten weten. Daarnaast moet hij ervaring opdoen met de wetenschappelijke onderzoeksmethode: zélf iets doen, achter een eigen vraag aangaan – logisch denken, vragen stellen, zelf zien, experimenteren (niet op de computer, maar echt!) en interpreteren. In de samenleving spelen veel belangrijke onderwerpen die je niet aan specialisten kunt overlaten. Eigenlijk zou je moeten eisen dat mensen een krantenartikel over bijvoorbeeld het broeikaseffect op waarde kunnen schatten. Hoe kan een democratie anders werken?”

REFERENTIES

- 1 <http://www.cwi.nl/~ebert/>.
- 2 U. Ebert en W. van Saarloos, 'Front propagation into unstable states: Universal algebraic convergence towards uniformly translating pulled fronts', *Physica D* **146** (2000), 1–99.
- 3 M. Arrayas, U. Ebert, en W. Hundsdoerfer, 'Spontaneous branching of anode-directed streamers between planar electrodes', *Physical Review Letters*, **88** (29 april 2002), 174502.
- 4 *Nature online, Science Update* 10 april 2002 (<http://www.nature.com/nsu/020408/020408-4.html>); *Physical Review Focus*, 16 april 2002 (<http://focus.aps.org/v9/stg19.html>).

NIEUWS

Leiden en Delft trekken zich terug uit onderzoeksvisitatatie

De colleges van de Universiteit Leiden en de Technische Universiteit Delft hebben zich teruggetrokken uit de komende onderzoeksvisitatieronde onder auspiciën van de VSNU. Aanleiding hiertoe is verwarring rond de implementatie van het visitatieprotocol dat is voorgesteld door de commissie Van Bommel in haar rapport 'Kwaliteit verplicht, naar een nieuw stelsel van kwaliteitszorg voor het wetenschappelijk onderzoek', uitgebracht door VSNU, KNAW en NWO. Dit rapport bevat enkele elementen die afwijken van de gebruikelijke gang van zaken rond onderzoeksvisitaties. Zo vormen de zelfevaluaties een exercitie die eens per drie jaar uitgevoerd wordt, aangevuld

met externe visitaties, gebaseerd op 'peer review' die minstens eens per zes jaar, op initiatief van de instelling, zouden moeten plaatsvinden. De instellingen kunnen kiezen welke eenheden zij willen laten visiteren: onderzoeksscholen, instituten, faculteits- of zelfs instellingsoverschrijdend. Verder ligt de nadruk minder dan voorheen op prestaties in het verleden ten gunste van verwachtingen voor de toekomst. Bovendien krijgt het beleid met betrekking tot onderzoek een groter gewicht in de beoordeling.

De VSNU heeft zich achter het rapport-Van Bommel geschaard en besloten om de aanbevelingen van dit rapport vanaf 2003 te

implementeren. Voor Leiden was het tijdschap van de huidige visitatie niet duidelijk. Toen uiteindelijk bleek dat de visitatie van de Leidse natuurkunde in 2003 zou plaatsvinden is besloten dat Leiden, in de lijn van het rapport Van Bommel, zelf het initiatief zal nemen en zich zal committeren aan het Van Bommel-protocol. Overigens betreft het in Leiden behalve de natuurkunde ook de informatica. Delft heeft eenzelfde standpunt ingenomen en is dus eveneens uit de lopende VSNU-ronde gestapt.

JOS THUISSEN