



FOTO ESO

Netwerkinterdependentie

Met een ingenieuze opstelling tonen wetenschappers aan dat een theoretisch fenomeen ook daadwerkelijk in de natuur voorkomt. Een doorbraak in de fundamentele wetenschap.

Hoe netwerken samen tot nieuwe effecten komen



tekst **Joost van Egmond**

Die zagen we niet aankomen'. Van elektriciteitscentrales tot databases doet het effect zich voor. Als je twee (of meer) systemen aan elkaar koppelt is het soms maar afwachten wat het resultaat is. Door terugkoppelingen van het ene op het andere systeem kunnen zich onverwachte effecten voordoen.

Dat staat bekend als de theorie van netwerkinterdependentie, dertien jaar geleden beschreven door Shlomo Havlin, Eugene Stanley en collega's in een artikel in *Nature*. Het leidde tot een heel nieuw veld van onderzoek. "Interdependente netwerken hebben een heel eigen dynamiek", benadrukt de Delftse hoogleraar Piet Van Mieghem. Hij leidt een sectie genaamd Network Architecture and Services die onder meer dit soort verschijnselen onderzoekt. "We kijken naar netwerken en daar weten we veel van, maar hoe netwerken op elkaar inwerken begrijpen we niet goed genoeg."

Wiskundig viel het principe te bewijzen, maar dat is nog iets anders dan dat je het echt in een experiment kunt aantonen. Dat is nu gebeurd. Geïnspireerd door de theorie van Havlin heeft collega Aviad Frydman van de Israëlische Bar-Ilan universiteit een opstelling gemaakt die het aantoont. Hij deed dat door twee netwerken naast elkaar te leggen die in een staat van supergeleiding

waren, wat wil zeggen dat ze geen elektrische weerstand hebben. Als zo'n systeem warmer wordt, dooft die supergeleiding uit en gaat geleidelijk over in normale geleiding. Elk systeem heeft daarvoor een eigen kritische temperatuur, die is vooral afhankelijk van het gebruikte materiaal.

In het experiment bleven de elektronenstromen van beide systemen van elkaar gescheiden, maar de warmte die erbij vrijkwam werd uitgewisseld. Zo beïnvloedden de processen in de twee supergeleiders elkaar. Het resultaat was precies wat netwerkinterdependentie voorspelt: de warmtekoppeling zorgde ervoor dat beide systemen plots en tegelijk omsloegen naar normale geleiding, in plaats van 'geleidelijk uit te doven'. In een artikel in *Nature Physics* deze maand beschrijft Frydman hoe ze deze abrupte overgang wisten te meten.

"De natuur volgt het wiskundige principe", stelt Van Mieghem tevreden. Hoewel netwerkinterdependentie vooral berucht is door de storingen die het veroorzaakt, benadrukt hij de potentiële voordelen. "Twee netwerken veroorzaken een koppeling, dat is nu duidelijk. Als je die koppeling kent, dan kun je de systemen erop bouwen." Het is goed denkbaar dat toekomstige toepassingen juist profijt trekken van dit effect.

Voor Van Mieghem onderstreept het experiment van Frydman c.s. bovenal het belang van een brede blik. "Als je elektrisch denkt, ga je nooit aan een warmtekoppeling denken. Je wilt die warmte vooral kwijt, je systeem uit. Maar die warmte is er nu eenmaal. Je kunt er ook gebruik van maken. Daarvoor moet je naar het geheel kijken."



column **Hieke Huistra**

Drie dagen zat ik midden in een gemoedelijke bezetting

De bezetting van de universiteit is terug van weggeweest, schreef *Trouw* dinsdag. Deze week alleen al waren er drie bezettingen, in Utrecht, Rotterdam en Delft. Ik zat dicht op de actie, want de Utrechtse bezetting speelde zich af op nog geen honderd meter van mijn werkkamer. Gang door, trap af, loopbrug over en ik stond er middenin.

De bezetters waren in alle drie universiteiten activisten van End Fossil Occupy. Hun hoofdeis: de universiteit moet alle banden met de fossiele industrie verbreken. In Utrecht vroegen de bezetters het universiteitsbestuur daarnaast om de klimaatnoodtoestand uit te roepen en de universiteit op verschillende manieren toegankelijker te maken.

De bezettingen in Rotterdam en Delft werden nog dezelfde dag beëindigd doordat het universiteitsbestuur de politie belde om het gebouw te ontruimen. Ook

Waarom werkt de universiteit eigenlijk samen met fossiele bedrijven?

bij bezettingen in Groningen en Amsterdam eerder dit jaar belden de bestuurders de politie.

In Utrecht duurde de bezetting drie dagen. Het universiteitsbestuur kwam meerdere keren langs om te praten, luisterde serieus naar de eisen en kwam daar ook enigszins aan tegemoet: de universiteit gaat het woord 'klimaatnoodtoestand' gebruiken in communicatie over de klimaatcrisis; de universiteit publiceert deze maand nog een overzicht van alle lopende samenwerkingen met de fossiele industrie op de website; en voor 1 augustus komt er een 'concept-framework' voor de voorwaarden waar samenwerkingen met de fossiele industrie aan moeten voldoen. Over dat framework was de universiteit overigens al voor de bezetting in overleg met studenten en onderzoekers.

De bezetting eindigde zonder dat er politie aan te pas kwam. Na afloop gaven zelfs de activisten aan niet geheel ontevreden te zijn met de inhoudelijke reactie van het universiteitsbestuur. De communicatieafdeling zal in haar handen hebben geknepen, want

vergeleken met andere universiteitsbesturen leek het Utrechtse bestuur een zeldzaam baken van redelijkheid.

Dat waren ze ook. Maar dat was niet helemaal hun eigen verdienste: ze hadden het geluk dat ze buitengewoon meedenkende actievoerders troffen. De actievoerders lieten bij de start van de actie, maandag, al weten dat ze woensdagmiddag weer zouden vertrekken. Ze hadden een vriendelijke plek gekozen: de hal van een onderwijsgebouw waar de akoestiek zo slecht is, en de collega's zo ver vandaan zijn, dat het veroorzaken van geluidsoverlast eigenlijk onmogelijk is. Ze lieten iedereen er netjes langs – en al hadden ze dat niet gedaan: zowel collega's als werkkamers zijn via een alternatieve route te bereiken, die nog sneller is ook. Ze overwogen even nog een gebouw te bezetten, maar toen het universiteitsbestuur liet weten dat ontruiming door de politie dan waarschijnlijk werd, bleven de activisten de tweede bezetting af nog voor die begonnen was.

En dan vulden ze de drie dagen bezetting ook nog met een programmering waar menig wetenschapsfestival jaloers op kan zijn. Naast de gesprekken met het universiteitsbestuur (zorgvuldig gefaciliteerd door de actievoerders) waren er lezingen, workshops en aanverwante activiteiten. Andere actiegroepen deelden hun ervaringen. Je kon je fiets of je kleding leren repareren. Er was een kapper. 's Avonds werd er gedanst, maar niet gedronken, en geen drugs gebruikt.

Zelf ging ik naar een lezing van letterkundige annex milieuhistoricus Geert Buelens, over hoe Shell alomtegenwoordig is in Nederland. Buelens begon met een foto van Shell-tankwagens in Madurodam. Shell als vanzelfsprekend onderdeel van Nederland, mede mogelijk gemaakt door Shell zelf, dat Madurodam sponsorde. Als we van fossiele brandstoffen af willen, moeten we loskomen van die vanzelfsprekende verwevenheid, zo benadrukte Buelens. Bezettingen als deze helpen daarbij, omdat ze die vanzelfsprekendheid bevragen: waarom werkt de universiteit eigenlijk samen met fossiele bedrijven?

Een paar uur later liep ik weer door de hal. De activisten waren inmiddels, zoals beloofd, vertrokken. Ze hadden alles keurig opgeruimd. En ik vroeg me af: was dit nou een bezetting? Of was het gewoon de universiteit zoals die altijd zou moeten zijn?