

Het schoolbord heeft een stoffig imago. Maar in de wis- en natuurkunde gel-den bord & krijt als het summum van schrijvend denken. ‘Het brandpunt van een democratische discussie.’

Margriet van der Heijden

NRC-lezer: “Wat prachtig, een ‘gek’ die nog een schoolbord gebruikt en zich nog voor een schoolbord durft te laten fotograferen!”

Deze regels van een lezer kwamen een tijdje geleden op de redactie aan. Geschreven op een laptop in de trein en meteen daarna verstuurd. De lezer, Martin van den Toorn, was getroffen door iets ouderwets in de krant. Het was de achtergrond van een portret van een bekende Amsterdamse theoretisch fysicus: een schoolbord waarop cirkels en cilinders waren gekrabbeld. ‘Ontwapenend eenvoudige tekeningetjes’, vond Van den Toorn, en ‘onbegrijpelijk’ tegelijk. Het lijken ‘gedachten-spinsels’, vervolgde hij, maar ze moeten voor sommige mensen toch ‘leesbaar’ zijn: ‘anders stonden ze niet op dat bord’. Het opvallendst: dat de theoretisch fysicus zich pontificaal voor een schoolbord had laten fotograferen – terwijl in ‘modern onderwijsland de stoffigheid van het bord symbool staat voor de ouderwetse geest van zijn gebruikers’. Niet dus. Niet in collegezalen op de beta-faculteiten in elk geval, want onder wiskundigen en natuurkundigen is het krijtje springlevend. “Eén van de fijne dingen van krijt is dat het een natuurlijk tempo aan het college geeft”, zegt Sander Bais, theoretisch natuurkundige aan de Universiteit van Amsterdam én fervent krijtgebruiker. “Met een kant-en-klare powerpointpresentatie ga je al gauw te snel. Dan tover je ook in één klap de formules tevoorschijn. Met een krijtje in de hand kun je ze rustig opbouwen, terwijl je commentaar geeft bij alle termen en symbolen: je beschrijft de formules terwijl je ze opschrijft.”

Vincent Icke: “Het mooiste bord op aarde staat op het Niels Bohr Instituut in Kopenhagen en lijkt wel een toverdoos. Het zijn zeven borden die je allemaal van opzij of van voren over elkaar kunt schuiven. Knalzwart.”

Een rondje bellen en mailen leert dat veel natuur- en wiskundigen levendige herinneringen hebben aan ‘bordvirtuozen’ uit hun studietijd. De grootste bordkunstenaar was Marcel Minnaert (1893-1970, astrofysicus in Utrecht), vindt Vincent Icke, hoogleraar kosmologie in Leiden en Amsterdam. “Wat was hij knap met het bord! Veel mensen kalken maar door en maken er een warboel van. Maar bij hem leek het of hij van tevoren precies wist wat er aan het einde van het college nog moest staan - de samenvatting, zeg maar. Hij liet staan wat het verband met het volgende kon brengen.” Professor Herman Duparc (1918-2002, wiskundige) in Delft was ook een bordvirtuoos, zegt theoretisch-fysicus Bais. “Hij had iets heel speciaals: hij schreef met twee handen. Hij begon helemaal links met het krijtje in zijn linkerhand, pakte halverwege het bord het krijtje in zijn andere hand over en werkte dan door naar helemaal rechts. Dat was héél mooi.”

Ook heel mooi zijn de stiltes die kunnen vallen. Bais: “Soms zie je mensen nadenken, zich concentreren en dan staat er ineens echt iets op het bord. Kijk, dat kun je met krijt nou allemaal doen!” Icke: “Ik zie nog professor Oort in gedachten verzonken voor het bord staan – een minutenlange stilte tijdens zijn voordracht, die door niemand onderbroken werd en waarover professor Van de Hulst eens tegen mij opmerkte: “Het is onbeleefd om iemand in de rede te vallen, maar nog onbeleefder om iemand in de gedachten te vallen.””

Sander Bais: “Ik voed mijn studenten er in op. In het begin willen ze het liefst een blaadje inleveren, maar dat werkt niet. Kom maar voor het bord, zeg ik. Zo leren ze op wetenschappelijke wijze communiceren.”

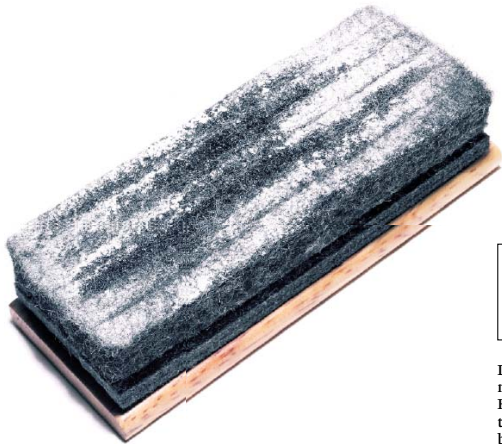
Maar het krijtje is niet alleen een handig onderwijsattribuut. In de theoretische fysica, zegt Bais, staat het voor méér. “Krijtje en bord vormen samen een democratisch medium dat zich geweldig goed leent voor kleinschalige ideeënuitswisseling. Ze vormen het brandpunt van een democratische discussie. Iemand begint, speelt met het krijtje, schrijft wat op, een ander haakt in, zoekt misschien de wissel die vaak onvindbaar is, veegt dan met de muis van zijn hand een hoekje schoon - dat wordt krijzig - en voegt iets toe.” Terwijl het krijtje van de ene in de andere hand overgaat, kun je zo samen den-



FOTO'S WIN KLERKX EN JUPITERIMAGES

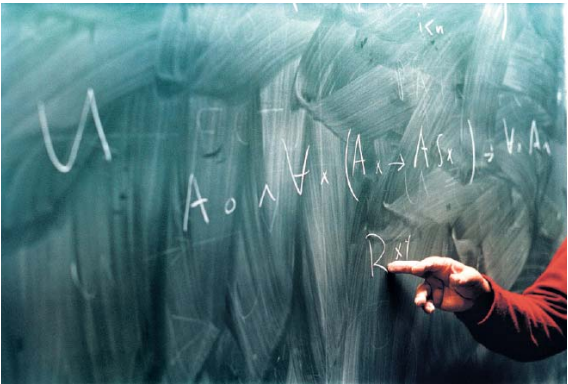
## HET SCHOOLBORD GEEFT AL TWEE EEUWEN VAART AAN DE NATUURKUNDE

# De kracht van krijt



Sander Bais: “Het gaat om de balans tussen schrijven en praten. Te veel opschrijven is niet goed, dan wordt het een onoverzichtelijke boel op het bord, maar te weinig opschrijven is ook niet goed: dan krijg je onvolledige krabbels.”

De rondgang maakt ook duidelijk dat niet iedereen een bordkunstenaar is. Het spectrum loopt van bordvirtuozen tot klunzen met krijt (die alleen bijvoorbeeld het allerkleinste hoekje linksboven gebruiken). Evenmin is iedereen fan. “Nee, ik heb niks met krijtjes”, zegt Leo Kouwenhoven, Spinozaprijswinnaar en hoogleraar nanotechnologie in Delft. “Op mijn werkkamer hangt een schoolbord voor de sfeer. Maar tijdens colleges gebruik ik een elektronische pen. Die heb je in kleuren en maten, je kunt terugbladeren in wat je geschreven hebt en je kunt het meteen op internet zetten - allemaal



voordelen ten opzichte van krijt. En je kunt de zaal aankijken. Waarom zou je zo ouderwets met je rug naar de zaal gaan staan?”

“Met je rug naar de zaal? Welnee dat is een kwestie van techniek”, zegt de Leidse kosmoloog Icke. Echt, nostalgie verklaart niet waarom hij en zijn collega's zo aan het krijtje hangen, voegt hij toe. “Nou ja, voor een klein deel gebruik ik krijt natuurlijk omdat ik het zo geleerd heb.” Ook Lohse uit Twente geeft toe dat hij in een traditie staat. “Mijn vader was hoogleraar in Hamburg. Zijn colleges gaf hij in net pak. Ik herinner me nog goed dat hij daarover een stofjas droeg, zodat zijn pak na afloop van het college niet onder het krijt zat.”

De stofjas verdween met het nette pak, en van krijt bestaan tegenwoordig stofvrije varianten (die wel weer viezere handen geven), maar bord en krijt werken nog altijd het beste, vindt Lohse. “Nog steeds is krijt ideaal vanwege het tempo dat het automatisch dicteert. Bovendien kun je dingen uitlegen en zo laten zien hoe gedachten zich ontwikkelen.”

Mark Peletier: “Het prettige van een bord is dat je fysiek afstand neemt van de formules en figuren. En soms helpt dat: omdat het ook afstand tot de inhoud geeft.”

Het gedachtegoed én de manier van denken van wis-, natuur- en sterrenkundigen worden dus ook nu nog via krijt en bord overgedragen. Sterker, de expansie van de natuurwetenschappen (vanaf eind achttiende eeuw) en de verbreiding van het schoolbord (vanaf midden negentiende eeuw) gingen zelfs gedeeltelijk gelijk op. Maar krijt en bord blijven natuurlijke middelen, relateert Mark Peletier, hoogleraar wiskunde aan de Technische Universiteit Eindhoven. “Ik denk dat de wiskundige notatie, met symbolen, het belangrijkste is geweest voor de expansie van het vak. Niet het krijtje. De notatie gaf een scherpheid aan de discussies, die je nooit bereikt met gewone taal en gewone woorden omdat die altijd meerduidelijk zijn,” Al werkt een bord wel fijn, voegt Peletier toe. “Op de een of andere manier geeft een krijtje op een groen of zwart

bord ook het grootste contrast. Het is beter leesbaar dan zwarte stift op een whiteboard.”

Detlef Lohse: “Het eerste wat ik heb gevraagd voor mijn nieuwe werkkamer waren twee grote whiteboards: een van 2,5 bij 1,5 meter en een van 2,5 bij 1 meter ongeveer. Ze zijn het belangrijkste in mijn kamer.”

In de eenzaamheid van de besloten studieruimte gebruiken sommige onder-vraagden een ander medium. Icke: “Denken doe ik het liefst met een potlood en een papiertje, of met mijn vulpen – een Parker Duofold met platte punt, zo mooi dat je wel nauwkeurig moet schrijven; het geeft schitterende wiskundige formules.” Wiskundige Peletier werkt altijd met papier en potlood, net zoals zijn vader die emeritus-hoogleraar wiskunde is. En als ze samen wat werken, vertelt hij, mogen ze graag hun ‘gereedschap’ vergelijken.

Cryptograaf Ronald Cramer, hoogleraar in Leiden en tevens werkzaam in Amsterdam, werkt liever met een fineliner. Daar schrijft hij zelfs zijn voordrachten mee uit. “Ik werk vaak met handgeschreven transparanten”, schrijft hij in een email, “die ik eerst op wit papier met een zwarte fineliner uitschrijf, (even-

• Deelnemers aan een snaartheorie-workshop in Amsterdam. Krijtje en bord lenen zich geweldig goed voor kleinschalige ideeënuitswisseling.

tueel maak ik correcties met Typex (kwastjes, pennen) op het originele papier). Daarna wordt dat op de transparanten gekopieerd, of in een pdf-file gezet voor op reis. Bewerkelijk, maar zo bereid ik me toch het prettigst voor.” Ook colleges geef hij deels met zulke transparanten. “Ik heb zo’n verschrikkelijke hanenpoot met krijt, en motorisch voelt het ook niet prettig. Studenten merken bovendien na een krijtcollege op dat zowel mijn pak als ook soms mijn gezicht onder de kalkvegen zit. In het buitenland heb ik college gegeven op een schoolbord met een afvoergoot voor het spoelwater. Dat klieperde ik met een spons op het bord om het schoon te maken: dat werd een troep. Het beste voor iedereen is eigenlijk dat ik een whiteboard gebruik in combinatie met die handgeschreven transparanten.”

Student na het bord kennen tijdens een college theoretische natuurkunde, eerder deze maand: “We hebben een wiskundige nodig. Die maken de borden veel beter schoon. Daarom heten ze trouwens ook wis-kundigen.”

## DE ONDERWIJSREVOLUTIE VAN HET KRIJTJE

Schoolborden en krijtjes worden geassocieerd met stoffigheid, letterlijk en figuurlijk. En toch raakten ze op scholen en universiteiten niet eens zo heel lang geleden in zwang: minder dan twee eeuwen. Op de Universiteit van Cambridge werd het eerste schoolbord na 1850 opgehangen, schrijft de Britse wetenschapshistoricus Andrew Warwick in het heldere en uitputtende *Masters of Theory*. In zijn boek vraagt Warwick zich af hoe natuurwetenschappelijke denkwijzen en methoden – in de tijd van Sir Isaac Newton (1643-1727) beperkt tot een handjevol wetenschappers – zich zo snel over de wereld konden verbreiden. Het antwoord

zoekt hij onder meer in nieuwe lesmethoden. Zoals met krijtjes en een bord. In Cambridge – de case study van Warwick – was de vooraanstaande wiskundige Edward Routh (1831-1907) een van de eerste gebruikers daarvan. Zijn belangrijkste lesmethode “was het college van een uur aan niet meer dan tien studenten, en met schoolbord en krijt”, schrijft Warwick. Een pedagogische innovatie, legt hij uit: eerder zaten groepjes studenten aan tafel rond een docent die op papier werkte. En niet eens zo lang daarvoor hielden docenten simpelweg lezingen – zonder gebruik te maken van wiskundige notaties of schetsen.

Erg veel kunnen de studenten daarvan niet opgestoken hebben. De denkwijze van docenten haalt ze in de betavakken niet uit droge lezingen. Nog afgezien van het feit dat gewone taal niet de exactheid heeft van de wiskundige notatie. Maar zelfs uit een exact tekstboek of dictaat destilleren studenten op eigen houtje niet hoe wis- en natuurkundigen de formules afleiden en benaderen. Rouths studenten leerden dat wel uit de voordrachten en discussies voor het bord, schrijft Warwick. “En zo leren studenten in mijn vak het dus nog steeds”, zegt Sander Bais, theoretisch fysicus aan de Universiteit van Amsterdam.