

## Bijlage bij Roel van Asselt, Wiskunde ten tijde van de eerste *Euclides*, *Euclides* 100-7.

### Noten

- [1] Bron: *de Rare Book Collection* van Franklin and Marshall College, Lancaster, Pennsylvania.
- [2] Voorbeeld: we kennen inmiddels 200 miljard decimalen van het getal  $\sqrt{2}$ . De vraag is: komt in de uiteindelijke opeenvolging van de oneindige decimalen van  $\sqrt{2}$  de serie 3333 voor dus:  $\sqrt{2} = 1,4142....3333.....$ . Wel, in de eerste 200 miljard niet, maar dat zegt niets. We kunnen de oneindig lange reeks decimalen niet overzien, niet 'pakken', en kunnen er dus geen uitspraak over doen. Hier zou dus een derde weg mogelijk zijn. Het zijn volgens Brouwer slechts hersenschimmen om over de kreet 'op oneindig' te praten. Overigens: Gauss raadde al aan om niet met oneindig als een getalswaarde te rekenen. Voor hem was het een 'manier van zeggen', maar dat ging Brouwer dus al te ver. Brouwer noemde oneindige verzamelingen 'het hersenschimmig alles'.
- [3] Einstein: 'Tijd en ruimte zijn niet de omstandigheden waarin we leven maar de manieren waarop wij denken'. Ruimte en tijd zijn dus geen apriori grootheden, maar naar elkaar verwijzende entiteiten. In dit verband is het bijzonder dat in de Maya-cultuur (van 2000 v.C. tot 1500 n.C.) de begrippen tijd en ruimte weergegeven werden door één woord "K'ij". Dat had van doen met hun kalender- en tijdrekening die berustte op geometrische en kosmische ruimtemetingen.
- [4] Neem ook de uitspraak over de regel: 'Op iedere regel is een uitzondering'. Deze regel is in strijd met zich zelf. Of 'zeg nooit nooit'.
- [5] Hierbij een schets van die ontwikkelingen.  
Karl Runge en Wilhelm Kutta verbeteren rond 1900 Eulers oplossingsmethode van gewone differentiaal vergelijkingen door meerdere benaderingen binnen één stapgrootte mee te nemen en die gewogen te middelen. Rond 1920 werkt Lewis Ridcherson aan procedures om de weersvoorspellingen aan de hand van analytische en numerieke methoden te verbeteren. In die numerieke methode corrigeert hij de uitkomsten door verdubbelingen van het aantal intervallen en de verschillen te verrekenen in de eindschatting. De beide methoden trokken rond de jaren '20 niet veel aandacht. Pas als het numeriek rekenen met computers kan worden toegepast, worden de methoden standaard in berekeningen opgenomen.  
Het zelfde 'lot' ondergaat Henri Poincaré, die rond de eeuwwisseling constateert dat drie hemellichamen een uiterst instabiel systeem kunnen vormen. Bij kleine wijzigingen in de randvoorwaarden kunnen de posities zeer sterk variëren. Pas bij de veel latere ontwikkeling van de chaostheorie is dit effect gekwantificeerd en kunnen grote turbulenties in uitkomsten in dynamische systemen tijdig worden voorzien en ondervangen.  
De visie op 'de uitgesloten derde' staat los van een andere ontwikkeling in de 20e eeuw, namelijk die van de zogenoemde 'fuzzy logica' (vage logica). Deze vorm van meervoudige logica komt voort uit de behoefte om gradatie in de mate van waarheden vast te leggen. Voorbeeld: bij het verschil tussen de begrippen, koud, warm en heet is niet altijd scherp aan te geven wanneer we iets warm of heet zullen noemen, tenzij we dat vooraf duidelijk hebben aangegeven. Hetzelfde geldt voor de uitspraak 'deze persoon is lang'. Er zullen grijze gebieden ontstaan en je kunt gradaties aan de begrippen toekennen. Daar is het kennisdomein uit ontstaan dat fuzzy logica heet en onder andere in de meet- en regeltechniek wordt toegepast. Rond 1965 wordt de fuzzy logica gelanceerd door Lotfi A. Zadeh, hoogleraar elektrotechniek aan de universiteit van Berkeley.
- [6] Een matrix ( $a_{ij}$ ) kan opgevat worden als een tweede orde tensor, een vector een eerste orde tensor. In hogere orden bestaan ze uiteraard ook. De derde orde tensor is nog (in blokform) te representeren. In hogere orden is dat niet mogelijk. Maar het gaat niet alleen om getallen. In de kwantum mechanica en in de relativiteitstheorie komen tensoren voor als respectievelijke operatoren en symbolische functies van ruimte-tijd coördinaten.

### Bronnen en aanbevolen literatuur:

Doxiadus, A. & Papadimitriov, C.H. (2009). *Logicomix, De Vliegende Hollander*. Bloomsbury Publishing.  
Labatur, B. (2023). *De Maniak*, Meridiaan uitgevers.  
Struik, D.J. (1988). *Geschiedenis van de wiskunde*, heruitgave Aula