

Hans Zwart

Faculteit EWI, Universiteit Twente

Faculteit Werktuigbouwkunde, Technische Universiteit Eindhoven

h.j.zwart@utwente.nl, h.j.zwart@tue.nl

In Memoriam Ruth Curtain (1941–2018)

Een scherp oog voor nieuwe ontwikkelingen

Op 19 maart 2018 overleed Ruth Curtain, emeritus hoogleraar systeem- en regeltheorie aan de Rijksuniversiteit Groningen. Hans Zwart, die bij haar promoveerde en met haar bezig was om een gezamenlijk boek uit 1995 te herzien, blikt terug op haar leven en werk.

Melbourne–Groningen

Op 16 juli 1941 werd Ruth als eerste van vier kinderen, allen meisjes, geboren te Melbourne. Ze groeide op in een gewoon arbeidersgezin, vader huisschilder, moeder huisvrouw. In die tijd was het voor meisjes uit een arbeidersgezin zeer normaal om op 14-jarige leeftijd de school te verlaten om aan het werk te gaan. Haar vader was die mening ook toegedaan. Het is haar moeder geweest die heeft gezorgd dat ze verder mocht gaan leren, al was dat wel na een fikse echtelijke ruzie [9]. Na haar was het pleit thuis beslecht, en al haar zussen hebben de middelbare school afgemaakt en doorgeleerd.

Ofschoon het pleit thuis beslecht was, was het dat op school nog niet. Wiskunde werd meisjes afgeraden want de meesten zouden toch maar zakken. Voor Ruth was dit een extra uitdaging om nog meer haar best te doen, en ze slaagde dan ook als beste. Haar eindexamen gaf haar toelating tot de universiteit, en met een beurs ging ze dan ook studeren. Haar beurs had de voorwaarde dat je na je universitaire studie drie jaar lang als leraar ging werken. Ruth had het geluk dat ze aan deze voorwaarde kon voldoen door als tutor te werken op de universiteit. Dat gaf haar ook de gelegenheid om haar master te halen. Ze deed dit op een onderwerp uit de algebra, maar dat kon haar maar matig boeien. Al tijdens haar (bachelor) studie had ze zowel natuurkunde als wiskunde als haar specialisatie. Ze miste de natuurkunde tijdens haar master. Het nieuwe vakgebied regeltheorie trok haar aandacht, en omdat er

in Australië, en bij de doorgaans gekozen universiteiten Oxford en Cambridge, nog geen onderzoek naar werd gedaan, vertrok ze naar Brown University om daar aan haar promotieonderzoek te beginnen. Ze promoveerde in 1969 op stochastische partiële differentiaalvergelijkingen. Na nog 18 maanden ervaring te hebben opgedaan in Purdue, en een kort bezoek aan Melbourne, ging ze werken bij het nieuw opgezette *Control Theory Center* bij de University of Warwick. Ofschoon ze het een zeer inspirerende omgeving vond, waren de carrièremogelijkheden beperkt. Daarom vertrok ze na zes jaar naar de Rijksuniversiteit Groningen. Haar bedoeling was om maar een

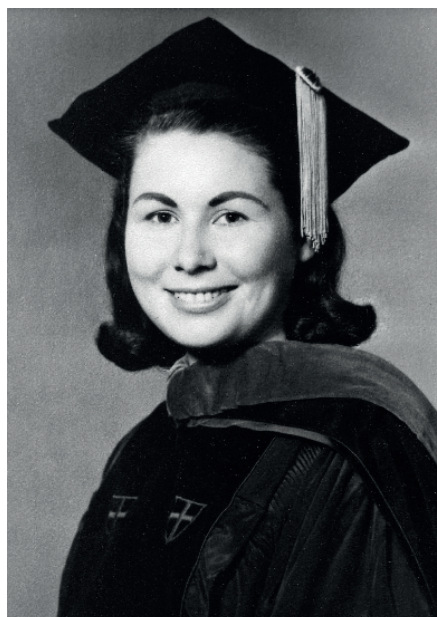
aantal jaren te blijven, maar ze is tot aan haar pensioen werkzaam gebleven bij de wiskundeafdeling aldaar [1]. Ook na haar pensionering is ze in Groningen gebleven.

Systeemtheorie

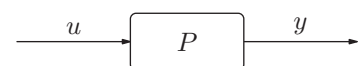
Zoals de naam al aangeeft, onderzoekt systeem- en regeltheorie hoe een systeem aan te sturen opdat het doet wat men ervan verwacht/eist. De standaard pictogram die daarbij hoort is gegeven in Figuur 1. Hierin staat u voor de ingang (de te ontwerpen functie) en y voor de uitgang (de systeemvariabele waarin men geïnteresseerd is). Het verband tussen de functies u en y , hier symbolisch weergegeven door P , kan beschreven worden door een gewone of partiële (mogelijk niet-lineaire) differentiaalvergelijking. Onder andere door het werk van Kalman kwam daar een andere beschrijving bij, namelijk de toestandsbeschrijving. Voor lineaire differentiaalvergelijkingen met constante coëfficiënten wordt deze gegeven door

$$\begin{aligned}\dot{x}(t) &= Ax(t) + Bu(t), \\ y(t) &= Cx(t) + Du(t), \\ x(0) &= x_0,\end{aligned}$$

met A , B , C en D matrices. De variabele x heet de toestand. Elke lineaire differentiaalvergelijking met constante coëfficiënten kan in deze vorm geschreven worden. Voor partiële differentiaalvergelijkingen is deze beschrijving ook mogelijk, mits de matrices worden vervangen door operatoren en de x niet gekozen wordt uit $\mathbb{R}^n$ maar uit een oneindigdimensionale Hilbert- of Banachruimte. De dan recente theorie van sterk



Ruth Curtain promoveerde in 1969 aan de Brown University



Figuur 1 Een algemeen systeem.

continue halfgroepen maakt dat de theorie voor eindigdimensionale zich laat uitbreiden naar oneindigdimensionale systemen [8,12]. Op deze systeemklasse heeft Ruth haar onderzoek gedaan. Een probleem is het optimaal regelen van het systeem. Dat wil zeggen, vind voor elke beginvoorwaarde x_0 in een gegeven Hilbertruimte, een u zodanig dat de volgende integraal (kosten) worden geminimaliseerd:

$$J(x_0, u) = \int_0^{t_f} \|y(t)\|^2 + \|u(t)\|^2 dt.$$

Dit was door Kalman opgelost voor eindigdimensionale systemen, en rond 1970 is dit resultaat uitgebreid naar oneindigdimensionale systemen door Lions, Magenes, Pritchard en Zabczyk. Vanaf midden jaren zeventig heeft Ruth, eerst samen met Tony Pritchard, veel aan dit probleem en verwante problemen gewerkt. Zeker het oneindige-horizonprobleem, dat wil zeggen $t_f = \infty$ heeft aanleiding gegeven tot vele onderzoeksvragen. De optimale u wordt dan gegeven door $u(t) = -B^*Qx(t)$, waarbij Q de kleinste niet-negatieve oplossing is van de algebraïsche Riccati-vergelijking:

$$A^*Q + QA - QBB^*Q + C^*C = 0.$$

De minimale kosten worden ook gegeven met behulp van deze oplossing, namelijk

$$\min_u J(x_0, u) = \langle x_0, Qx_0 \rangle.$$

Een van Ruth haar laatste artikelen gaat over een iteratieve benadering van deze operator [5].

Gedurende haar carrière heeft Ruth een scherp oog gehad voor nieuwe ontwikkelingen binnen het vakgebied, en ze heeft dan ook regelmatig resultaten uitgebreid van eindig- naar oneindigdimensionale systemen. Mooie voorbeelden daarvan zijn het werk met Keith Glover en Jonathan Par-



Ruth Curtain in 2006 bij haar afscheidsrede in Groningen

tington over het benaderen van oneindigdimensionale systemen door eindigdimensionale [7], en haar werk met Akira Ichikawa en haar promovendi Job Oostveen en Mark Opmeer op het Nehari-probleem [2,11,10]. Al haar promovendi, naast de twee hierboven genoemde en ondergetekende zijn dat: Jan Bontsema, Bert van Keulen, Carlos Kubrusly, Amol Sasane en Martin Weiss, kregen uitdagende onderwerpen. Daarbij konden ze altijd rekenen op haar ondersteuning en zeer goede kennis van het vakgebied. Zij heeft alleen maar mannelijke promovendi gehad. In het interview [9] zegt ze daarover: “Het geloof dat vrouwen niet goed zijn in wiskunde zit nog heel diep in de Nederlandse cultuur.” Daar betwijfelt ze ook of ze als oudere ongetrouwde vrouw (“Trouwden kwam er gewoon niet van”) wel een inspirerend voorbeeld is geweest voor jonge vrouwen.

Boeken

Na haar pensionering kwam ze niet meer zo vaak op het mathematisch instituut, maar werkte thuis aan problemen die ze interessant vond. Verder maakte ze vele reizen. In plaats van een kaartje, verstuurde ze met kerst een lange e-mail vergezeld door foto's gemaakt tijdens de reis van dat jaar. Ze hield ervan om over wiskunde/

regeltheoretische zaken te discussiëren. Teamspirit was een leerdoel tijdens haar schooltijd, en dat heeft zeker haar weerslag gehad in haar onderzoek. Een snelle telling binnen MathSciNet leert dat ze ongeveer twee derde van haar artikelen met coauteurs heeft geschreven. Een groot belang hechtte ze ook aan goede leerboeken. Met Tony Pritchard had ze al in 1978 een boek geschreven over oneindigdimensionale systeemtheorie [4]. Omdat zij begrepen dat de achterliggende wiskunde, zoals functionaalanalyse en operatorentheorie niet bekend konden worden verondersteld, ging dit boek gepaard met een ander boek geheel gewijd aan functionaalanalyse voor systeemtheorie [3]. Na mijn promotie in 1988 vroeg ze of ik met haar een nieuwe versie van deze boeken wilde schrijven. Dit zou dan ook meer een leerboek moeten worden, met opgaven, et cetera. Na zeven jaar konden we ons project met de publicatie van dit gezamenlijke boek afsluiten [6]. Net zo als haar eerdere boeken werd dit boek ook snel een standaard referentie voor onderzoekers binnen het vakgebied, en de laatste jaren waren we bezig dit boek grondig te herzien. Naast contact middels vele telefoontjes en e-mails, ben ik ook regelmatig bij haar thuis geweest om veranderingen, aanvullingen, et cetera te bespreken. We waren al heel ver gevorderd, en de uitgever was akkoord met de hernieuwde versie, maar helaas heeft ze de voltooiing van het boek niet meer mee mogen maken. In de vroege zomer van 2017 werd bij haar longkanker in een vergevorderd stadium ontdekt, waaraan ze op 19 maart 2018 is overleden.

Na haar overlijden hebben zowel vrouwelijke als mannelijke wetenschappers mij laten weten dat Ruth echt een voorbeeld en steun voor hun is geweest. Dus haar twijfel hierover was ongegrond. ☹

Referenties

- 1 R. Curtain, Een Australische terugblik, *NAW* 5/7(4) (2006), 242–248
- 2 R. F. Curtain en A. Ichikawa, The Nehari problem for infinite-dimensional linear systems of parabolic type, *Integral Equations Operator Theory* 26(1) (1996), 29–45.
- 3 R. F. Curtain en A. J. Pritchard, *Functional Analysis in Modern Applied Mathematics*, Mathematics in Science and Engineering, Vol. 132, Academic Press, 1977.
- 4 R. F. Curtain en A. J. Pritchard, *Infinite-Dimensional Linear Systems Theory*, Lecture Notes in Control and Information Sciences, Vol. 8, Springer, 1978.
- 5 R. F. Curtain, H. Zwart en O. V. Iftime, A Kleinman–Newton construction of the maximal solution of the infinite-dimensional control Riccati equation, *Automatica J. IFAC* 86 (2017), 147–153.
- 6 R. F. Curtain en H. J. Zwart, *An Introduction to Infinite-Dimensional Linear Systems Theory*, Texts in Applied Mathematics, Nr. 21, Springer, 1995.
- 7 K. Glover, R. F. Curtain en J. R. Partington, Realisation and approximation of linear infinite dimensional systems with error bounds, *SIAM J. Control and Optim.* 26 (1988), 863–898.
- 8 E. Hille en R. S. Phillips, *Functional Analysis and Semigroups*, Amer. Math. Soc. Coll. Publ., Vol. 31, AMS, 1957.
- 9 Als enige vrouw in de wiskunde val je wel op, *NRC*, 15 augustus 2015, <https://www.nrc.nl/nieuws/2015/08/15/als-enige-vrouw-in-de-wiskunde-val-je-wel-op-1523725-a657945>.
- 10 M. Opmeer en R. F. Curtain, The suboptimal Nehari problem for well-posed infinite-dimensional systems, *SIAM J. Control and Optimization* 44 (2005).
- 11 J. Oostveen en R. F. Curtain, The Nehari problem for nonexponentially stable systems, *Integral Equations Operator Theory* 31(3) (1998), 307–320.
- 12 K. Yosida, *Functional Analysis*, Springer, 1966.