

- GOEDHARD, C. (1975), *Hooflijnen van de leer der openbare financiën*, Leiden, Stenfert Kroese.
- MUNDELL, R. (1990), *Debts and deficits in alternative models*, New York, Columbia University Press.
- MUSGRAVE, R. (1959), *The theory of public finance*, New York, McGraw-Hill.
- MUSGRAVE, R. (1985), *Cinquante ans de finances publiques*, Parijs, Internationaal Instituut voor Openbare Financiën.
- MUSGRAVE, R. en A. PEACOCK (1958), *Classics in the theory of public finance*, New York, International Economic Association.

Robert A. Van Straelen *

Econometrie: een terugblik op een turbulente ontwikkeling

1. Inleiding

Bij de aanvang van de 21ste eeuw – waarvan we bij het schrijven van dit artikel slechts enkele maanden verwijderd zijn – past het om een terugblik te werpen op een vakgebied dat praktisch volledig in de 20ste eeuw tot stand is gekomen, met name de econometrie.

Wegens het beperkte bestek van een artikel zal deze terugblik onvermijdelijk heel kort zijn in vergelijking tot de omvangrijke materie van het vakgebied, en zal hij daardoor evenmin ontsnappen aan enige subjectiviteit. Niettemin kan deze terugblik steunen op 40 jaar ervaring in het doceren van deze jonge wetenschap.

De ontwikkeling die de econometrie heeft gekend, is zonder meer turbulent te noemen. Niet alleen is de materie van deze discipline massaal aangegroeid, maar bovendien verzeilde de econometrie in een vrij zware crisistoestand, die zich vooral manifesteerde tijdens de jaren zeventig. De bijdrage van D. Hendry (1980) met de titel "Econometrics: Alchemy or Science" kan hier wellicht de toon zetten. Even goed kan hier echter verwezen worden naar een uitspraak van J. Drèze (1962) uit die jaren, gericht naar econometriedocenten: "teachers in a quandary". Uiteraard zou men deze uitspraak kunnen interpreteren als afkomstig van een Bayesiaan. De wortels van de crisis lagen echter veel dieper, zoals hope-

* Robert A. Van Straelen is emeritus professor van de UFSIA (Universiteit Antwerpen).

lijk uit deze bijdrage zal blijken. De crisis heeft echter doorgewerkt als een "katharsis", waaruit een nieuwe opstanding is ontstaan.

Wat men tegenwoordig ervaart als het onderscheid tussen de oude en de nieuwe economie, heeft zich in feite – weliswaar op een heel ander vlak – ook – en veel vroeger – voorgedaan in de econometrie. Daarbij wordt verwezen naar de traditionele of klassieke versus de moderne econometrie.

Betreffende dit onderscheid kunnen we in dit artikel slechts een tipje van de sluier oplichten. In plaats van de moderne econometrie strak te plaatsen tegenover de traditionele econometrie, zullen we integendeel beide categorieën op een geïntegreerde wijze benaderen. Omdat we er bovendien niet van mogen uitgaan dat elke lezer en elke toegepaste econoom voldoende vertrouwd is met econometrie, centreren we dit essay allereerst rond een aantal sleutelbegrippen, waarbij een omschrijving van het vakgebied niet mag ontbreken. Vervolgens zal de aandacht gaan naar een summier en selectieve bespreking van de econometrie tijdens de eerste helft van de 20ste eeuw, de econometrie vanaf 1950 en gedurende de "golden sixties", de kritische periode tijdens de jaren zeventig, het nieuwe elan in de jaren tachtig en de voortzetting ervan in de jaren negentig. Daarbij is het niet de bedoeling om de geschiedenis van de econometrie te schrijven, maar enkel een terugblik te werpen, enkele inzichten te verstrekken in het vakgebied en ons daarbij toe te spitsen op een aantal o.i. centrale punten.

2. Omschrijving van het vakgebied

Elk handboek econometrie – en zo zijn er inmiddels veel – blijkt in staat te zijn het vakgebied op een enigszins verschillende wijze te omschrijven. Gelukkig is de inhoud die daarop volgt, in grote lijnen praktisch altijd dezelfde, tenminste in wat we de klassieke econometrie-handboeken en -leerboeken plegen te noemen. In de moderne econometrie-handboeken daarentegen – waarbij het adjectief "modern" reeds wijst op ontwikkeling – komen heel wat nieuwe inzichten en onderwerpen aan de orde, met daarbij een herschikking van de stof.

We weiden hier niet uit over de vele mogelijke nuanceringen van het vakgebied, zoals het onderscheid tussen econometrische theorie en toegepaste econometrie, of het onderscheid met wiskundige economie en

met economische statistiek, enzovoort. Laten we eenvoudig stellen dat econometrie enigszins verwant is met autorijden: geen van beide leert men uit een handboek of uit een cursus.

Momenteel bestaat er uiterst krachtige elektronische apparatuur en software die de toepassing van econometrie in het bereik brengt van velen, zonder dat die zich hoeven te bekommeren om formules en symbolen. De huidige informaticatechnologie opent inderdaad perspectieven om aan de huidige aversie voor formules en symbolen gestalte te geven in handboeken econometrie waarin deze laatste zeer beperkt – of zelfs gewoon niet – voorkomen. Niettemin mag deze trend slechts gedeeltelijk gevolgd worden om niet te verzanden in een situatie die analoog is met wild autorijgedrag.

Hoe dan ook, de beoefening van econometrie vereist enige basiskennis van beschrijvende statistiek, van waarschijnlijkheidsleer, van verklarende statistiek, evenals een minimale wiskundige bagage, waarbij gewone algebra maar ook matrixalgebra en differentievergelijkingen – om niet te spreken van differentiaal- en integraalrekening en differentiaalvergelijkingen – uiterst nuttig kunnen zijn. Hierbij past de omschrijving van R.J. Allard (1974): "econometrics – the application of statistical methods to economic problems – is a technique of applied economics". En aangezien de huidige universiteit zich meer en meer differentieert door onderzoek, kunnen we de omschrijving van H. Goris (1972) daaraan toevoegen: "econometrie is te zien als wetenschappelijk onderzoek, dat er op gericht is de resultaten van economische veronderstellingen en redeneringen aan te vullen met kwantitatieve informatie, verkregen uit empirische gegevens".

In de loop der jaren is er bovendien een aanzienlijke mate van kruisbestuiving ontstaan tussen de econometrie en de bedrijfseconomie. Vele beproefde econometrische methoden werden dan ook toegepast op allerlei bedrijfseconomische problemen. Zo vinden we econometrische leerstof en toepassingen meer en meer terug in handboeken over data-analyse en statistiek ten behoeve van de diverse managementfuncties binnen de onderneming, zoals financiering, marketing, human resources en accountancy. Handboeken zoals die van E.W. Frees (1996) en C.F. Lee (1993) zijn daarvan treffende voorbeelden.

Hoewel de econometrie in hoge mate gebaseerd is op regressieanalyse, mag daaruit niet het besluit worden getrokken dat het vakgebied een-

voudig samenvalt met, of equivalent is met, mathematische statistiek. Een dergelijke vergaande conclusie zou onrecht doen aan twee disciplines die zich, elk op hun eigen manier, op een merkwaardige wijze hebben ontwikkeld tijdens de 20ste eeuw. Vanzelfsprekend bestaat er tussen de econometrie en de wiskundige statistiek een hoge graad van interactie, die voor beide vakgebieden bijzonder bevruchtend heeft gewerkt. Dit belet echter niet dat econometrie, zoals uit de eerder gegeven omschrijving van Allard blijkt, een onderdeel is van de toegepaste economie.

Multidisciplinaire vakken, zoals de econometrie, hebben het echter doorgaans niet gemakkelijk om zich in alle universiteiten een stevige positie te verwerven binnen de programmaopbouw. Vooraanstaande universiteiten met visie, o.a. in Nederland, hebben echter niet gearzeld om zelfs aparte econometrische afdelingen en richtingen uit te bouwen. Men moet echter toegeven dat niet elke universiteit van de econometrie een zwaartepunt heeft gemaakt.

Laten we dan nu inhoudelijk een korte schets geven van het werkkterrein, om zo een eerste indruk te krijgen van wat een econometrist in feite doet. We vertrekken daarbij van een stereotiepe lineaire specificatie, die een causale relatie weergeeft tussen een responsvariabele Y , impulsvariabelen X en de storingsterm ε . Een dergelijke uitdrukking, die beperkt is tot bijv. 4 impulsvariabelen, luidt als volgt:

$$Y_i = \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \beta_3 X_{3i} + \beta_4 X_{4i} + \varepsilon_i$$

In deze uitdrukking onderscheiden we vijf ingrediënten: data, variabelen, specificatie, parameters en storingen. Aan elk van deze sleutelbegrippen zullen we in de punten 3, 4, 5, 6 en 7 enkele beschouwingen wijden, waarbij het onderscheid tussen traditionele en moderne econometrie sporadisch aan de oppervlakte zal komen. Vooraf dient evenwel opgemerkt dat de econometrie niet enkel aandacht schenkt aan dergelijke modellen met één vergelijking, maar dat meestal de meervergelijkingmodellen worden beschouwd als de kern van de econometrie. Grosso modo betekent zulks dat verschillende Y -variabelen simultaan in de analyse worden betrokken. Dit impliceert dat voor elke reponsvariabele een aparte vergelijking wordt aangemaakt, en dat deze reponsvariabelen in deze vergelijkingen tegelijkertijd kunnen optreden als impulsvariabelen.

3. Data

De voetindex i in de eerder gegeven uitdrukking verwijst naar een waarneming die betrekking heeft op de i^{de} eenheid. Deze eenheden kunnen individuen zijn, of gezinnen, ondernemingen, regio's of landen, aandelen, beleggingsfondsen, vastgoedobjecten enz. Zijn er n van deze eenheden van dezelfde soort, dan doorloopt de voetindex alle waarden van 1 tot en met n . In de econometrie duidt men dit soort van waarnemingen en de daarop gebaseerde analyses aan met de term *doorsneden* of *cross-sections* (*cross-sections*). De econometrische toepassingen die daarop gebaseerd zijn, hebben doorgaans een micro-economisch karakter.

Hiertegenover staat echter dat de voetindex i ook betrekking kan hebben op diverse tijdsperiodes, zoals jaren, kwartalen, maanden, weken, dagen enz. Deze waarnemingen noemt men *tijdreeksen*. Qua econometrische analyse vertonen zij, in vergelijking met de *cross-sections*, een aparte problematiek.

Bij data op jaarbasis of op kwartaalbasis – doorgaans aangemerkt als laagfrequente data – hebben de daarop gesteunde econometrische toepassingen meestal een macro-economisch karakter. Gewoonlijk wordt voor tijdreeksen de voetindex i vervangen door de voetindex t , die dan al de beschouwde perioden doorloopt van 1 tot en met T . Hoogfrequente data vinden voornamelijk hun toepassing in de bedrijfseconometrie en in de financiële econometrie.

Tijdreeksen en doorsneden kunnen gecombineerd worden, hetgeen wordt aangegeven met de term "pooling". Een grotere rijkdom aan observaties verschaffen de longitudinale data of "panel"-data. Die komen feitelijk neer op tijdreeksen van *cross-sections*, ofschoon deze tijdreeksen meestal niet erg lang zijn en gewoonlijk zelfs onderbroken. Het feit dat de econometrie met data werkt illustreert het empirische karakter van het vakgebied. Als zodanig behoort de econometrie dan ook tot de ruimere groep van de empirische onderzoeksmethoden.

Aan elke econometrische dataverwerking gaat uiteraard het probleem van de dataverzameling vooraf. Deze dataverzameling kan velerlei vormen aannemen, gaande van de raadpleging van beschikbare secundaire bronnen en eventuele downloading via het internet tot de verzameling van primaire data via enquêtes, enzovoort.

Samenhangend met de verzameling van data dient uiteraard de nodige aandacht besteed aan de manier waarop de eenheden van de variabelen Y en X effectief worden gemeten. Hier rijst het bekende probleem van de validiteit: meten we wel wat we daadwerkelijk willen meten? Ook het vraagstuk van de meetschalen komt hierbij aan de orde.

In het algemeen positioneren de data waarmee in de econometrie wordt gewerkt zich in de ratio- en intervalschalen. Allerlei kwantiteiten – het geldvolume, inkomens, prijzen, wisselkoersen, rentevoeten, aandelenkoersen en de daaruit afgeleide rendementen – behoren zelfs tot de top in de hiërarchie van de meting, met name tot de ratioschalen. Uit de aard van deze data kan ook worden afgeleid dat sommige data een stroomkarakter hebben, bijv. inkomens, en andere een voorraadkarakter, bijv. de geldhoeveelheid.

Vrij vroeg heeft de econometrie echter ook de nodige aandacht geschonken aan het meten en verzamelen van kwalitatieve data. Voor diverse kwalitatieve situaties, zoals het onderscheid tussen man en vrouw, een wijziging van beleid, een verandering van regime of structuur, werd gebruikgemaakt van zogenaamde wissels (*dummies*). In punt 4 van deze bijdrage wordt daarvan een voorbeeld gegeven.

Wie het woord *meten* hoort, zal daarbij wellicht ook denken aan meetfouten. Ook aan meetfouten en hun impact op resultaten en besluiten werd binnen het vakgebied van de econometrie in het verleden ontzettend veel energie besteed.

4. Variabelen

Het onderscheid tussen repons- en impulsvariabelen, endogene en exogene variabelen, kortom het onderscheid tussen Y-variabelen en X-variabelen, blijkt dominant in de econometrie aanwezig te zijn. Weliswaar is het onderscheid tussen endogeen en exogeen een belangrijk discussiepunt in de moderne econometrie. Het heeft trouwens ook heel wat implicaties bij het schatten van parameters. In dit verband moeten we eveneens verwijzen naar de exogeniteitstoetsen, zoals ze werden ontwikkeld door Wu (1973) en Hausman (1978). De discussie daarover is voornamelijk ontstaan in de context van de simultane meervergelijkingmodellen van het Klein-type (Klein, 1951), die in de jaren vijftig en zestig een be-

langrijk deel hebben bezet van het toenmalige econometrische podium. Inmiddels heeft de tijdreeksanalyse ook gewezen op gradaties qua exogeniteit: zwak of sterk exogeen.

Daarnaast dient gewezen op een multivariate methode, met name principale componenten, waarin het onderscheid tussen Y en X in principe wegvalt. Reeds in de eerste editie van het standaardhandboek econometrie van J. Johnston (1963) staat een uiteenzetting over principale componenten.

Het daarmee verwante factoriële model, of factoranalyse, werd echter voornamelijk ontwikkeld binnen de psychometrie. Veel later werd het factormodel ook toegepast in de sociometrie, en meer bepaald in de context van de structurele vergelijkingen (*structural equation modeling*), zoals we die aantreffen in het werk van K.A. Bollen (1989). De toepassing van factoranalyse treft men ook aan in diverse functionele gebieden van de bedrijfskunde, zoals marketing en accountancy. Een economische toepassing die gericht is op het peilen van de invloed van de Europese integratie op de economie van de Benelux vindt men in J.H.F. Schilderincx en R.A. Van Straelen (1965).

In het algemeen mag men stellen dat de toepassing van multivariate methoden die geen onderscheid maken tussen Y en X, zoals multidimensionale schaling en "cluster"-analyse, hoofdzakelijk binnen de marketing, de accountancy en de organisatieleer toepassingen hebben gekregen, althans indien we ons daarbij beperken tot de toegepaste economische wetenschappen. Concepten zoals eigenwaarden en eigenvectoren uit de matrixalgebra, alsmede euclidische en meer veralgemeende afstandsmaten komen daarbij te pas.

Uiteraard wordt bij de beoefening van de econometrie erg gelet op de manier waarop variabelen worden gemeten. Dit onderwerp kwam reeds ter sprake in het vorige punt, maar vergt hier toch nadere toelichting.

In het algemeen wordt de econometrie minder geconfronteerd met specifieke metingsproblemen dan bijv. de psychometrie en de sociometrie. Dat komt doordat de meeste economische variabelen, zoals reeds eerder aangehaald, volgens een ratioschaal gemeten kunnen worden. Toch blijken ook hier uitzonderingen te bestaan en is er ruimte voor aanvullingen. Hoe meet men bijv. een concept als "geloofwaardigheid", dat eventueel van toepassing zou kunnen zijn op het beleid van een centrale

bank? De psychometrie en de sociometrie zijn veel meer vertrouwd met dit soort metingsproblemen en trachten theoretische constructvariabelen, meestal via de toepassing van het reeds genoemde factoriële model, adequaat te meten.

Nadere toelichting verdienen eveneens de wisselvariabelen – in het vorige punt wissels genoemd –, die geschikt zijn voor de meting van kwalitatieve kenmerken zoals seizoenen en hun impact op de omzet van bedrijven. M.A. Kooyman (1971) noemt deze variabelen onechte variabelen. Een onechte variabele kan echter ook bestaan uit enkele getallen gelijk aan één. Dit is meestal het geval voor de impulsvariabele X_{1i} uit de bovenvermelde specificatie, omdat daardoor het optreden van een constante term wordt gegarandeerd. Met deze constante term vangt men dan het gemiddelde niveau op van de responsvariabele Y , die doorgaans verschillend is van nul. Vanzelfsprekend is een dergelijke onechte variabele echter geen wisselvariabele, omdat deze laatste precies een binaire keuze impliceert, met name nul of één.

Stel nu dat de responsvariabele Y uitsluitend zou worden bepaald door slechts één impulsvariabele X , die gemeten wordt als een wissel. We kunnen daarbij concreet denken aan Y , zijnde de productie van eenzelfde product maar gerealiseerd via twee mogelijke productieprocessen. Dit vraagstuk wordt in de statistiek herkend als variantieanalyse in allerlei vormen. Achteraf is evenwel gebleken dat het betreffende vraagstuk terug te voeren is tot een bijzonder geval van de eerder aangehaalde econometrische specificatie. Immers, de daarmee gepaard gaande schattings- en toetsingsprocedures maken het mogelijk om wisselvariabelen, samen met andere volgens ratioschaal gemeten impulsvariabelen, als regressoren in een dergelijke specificatie op te nemen.

Wisselvariabelen kunnen, zoals bekend, ook in specificaties worden geïntroduceerd om rekening te houden met uitschieters die samenhangen met gebeurtenissen die een abnormale impact hebben op de responsvariabele en wegens die specifieke impact niet worden opgenomen in de storingsterm ε . De betekenis van de storingsterm in de econometrie wordt in punt 7 nader toegelicht.

Betreffende de wisselvariabelen doet zich evenwel een bijzonder geval voor indien de responsvariabele Y zelf als een wissel wordt gemeten. Hiervoor werd een aparte multivariate methode uitgewerkt, die bekend staat onder de benaming discriminantanalyse, en die ook reeds in het

eerder aangehaalde econometrische handboek van J. Johnston voorkomt. Later is deze methode in de econometrie verder uitgewerkt tot de thans bekende probit- en logit-modellen. Beide zijn voorbeelden van intrinsiek niet-lineaire specificaties, waarbij voor de schatting van de parameters niet-lineaire schatters moeten worden ingezet.

5. Specificatie

Een van de magische termen die in de econometrie gehanteerd wordt, is het woord *specificatie*. Eerder in dit artikel hebben we daarvan een algebraïsche vorm gepresenteerd. Met het specificatiebegrip raken we een cruciaal punt van onderscheid tussen de traditionele en de moderne econometrie.

De traditionele econometrie, zoals ze gestalte kreeg door het werk van J. Tinbergen (1939) en de Cowles Commission (cf. T.C. Koopmans, 1950), gaat uit van een a priori correcte specificatie. Dit impliceerde dat het voor onmogelijk werd gehouden om een keuze te maken tussen rivaliserende modellen en hun specificaties. Specificatiefouten wogen meteen veel zwaarder door dan meetfouten.

Feitelijk zijn er twee mogelijke specificatiefouten te onderkennen: enerzijds het negeren van relevante impulsvariabelen, die men derhalve verget op te nemen in een specificatie, en anderzijds het vooropstellen van een niet correcte functionele vorm. Het onderscheid tussen beide categorieën is slechts benaderend, omdat bijv. het vergeten van het kwadraat van een regressor manifest tegelijkertijd tot beide categorieën behoort. Niettemin blijft het nuttig dit onderscheid te maken.

Wanneer we de hierboven gegeven algebraïsche specificatie bekijken, dan valt daarin dadelijk de additieve of lineaire gedaante op. Op het eerste gezicht blijkt dit bijzonder beperkend te zijn. In feite bevat de gegeven specificatie heel wat mogelijkheden om niet-lineariteiten in de variabelen op te nemen, zoals bijv. de reeds vermelde gekwadrateerde regressoren of het uitdrukken van de variabelen in hun logaritmen, hetgeen dan voert tot een multiplicatieve specificatie. Bovendien bestaan er nog tal van andere mogelijkheden. De lineaire specificatie is dan ook slechts schijnbaar beperkend, omdat zij een veelheid van transformaties van de oorspronkelijke variabelen mogelijk maakt.

De vraag rijst evenwel welke specificatie de voorkeur verdient: een additieve of een multiplicatieve. Laten we bij de beantwoording van deze vraag de pragmatische keuze uitsluiten dat men geïnteresseerd is in elasticiteiten en derhalve de multiplicatieve specificatie verkiest. Indien nu aan alle aanvullende voorwaarden voldaan is, zoals exhaustief correct gekozen impulsvariabelen en theoretisch a priori correcte tekens van de coëfficiënten – zijnde de schattingen van de β -parameters in de specificatie –, volstaat het dan niet van beide modellen datgene te kiezen met de hoogste R^2 ?

Op deze vraag moeten we ontkennend antwoorden als ook de responsvariabele logaritmisch werd gemaakt. Meestal is dat het geval, en dan zijn de bepaaldheidscoëfficiënten (of R^2) van de additieve respectievelijk de multiplicatieve specificatie onderling niet vergelijkbaar.

In de context van de traditionele econometrie kon men dat probleem echter elegant oplossen door via het meetkundig gemiddelde beide bepaaldheidscoëfficiënten toch vergelijkbaar te maken. Daarenboven werkte Zarembka (1968) een ad-hoc-toets uit waarmee men kon bepalen of beide bepaaldheidscoëfficiënten wel significant van elkaar verschilden.

In feite behoort de vraag naar de keuze tussen beide specificaties evenwel tot de ruimere klasse van specificatietoetsen¹, waaronder trouwens ook de in het vorige punt genoemde exogeniteitstoets ressorteert. Hierdoor wordt eveneens benadrukt dat de keuze tussen rivaliserende modellen in wezen onder de moderne econometrie valt.

Een erg belangrijk beginsel van de moderne econometrie dient hier te worden vermeld, met name het *encompassing*-principe. Grosso modo houdt dit beginsel in dat men een zo breed mogelijke formulering van specificatie moet selecteren waarin alle rivaliserende modellen genesteld zijn. Zo vermijdt men bovendien zoveel mogelijk de ongunstige gevolgen die verbonden zijn aan “data mining”. In tegenstelling tot de informatica heeft deze laatste term in de econometrie een negatieve bijklank, omdat men door *trial and error* en het voortdurend uitproberen van nieuwe versies via de computer, het beste mo-

1 Onder de bredere klasse van specificatietoetsen verstaan we hier meer bepaald de toetsen die toelaten een keuze te maken tussen specificaties van niet genestelde modellen (“non-nested models”).

del tracht te bereiken. Wie echter op die manier regressies uitwerkt, beseft niet dat bij elke poging of elke opeenvolgende ronde de bekende α -betrouwbaarheid uit de statistiek voortdurend stijgt, terwijl men – volledig ten onrechte – de significantie van de resultaten blijft beoordelen tegen het vooraf vastgelegde significantieniveau van meestal 5%. In de praktijk zal enige “data mining” wel nooit volledig vermeden kunnen worden, maar toepassing van het eerder vermelde beginsel kan toch behoeden tegen al te sterke uitwassen.

6. Parameters

Een van de hoofdopdrachten van de econometrie bestaat in het numeriek schatten van de parameters van een specificatie op basis van waarnemingen. Meestal worden parameters aangeduid met Griekse symbolen, zoals de β 's in de bovenvermelde specificatie. De schattingsprocedures die daarbij worden aangewend, zijn zeer verscheiden van aard. Een standaardprocedure zoals de lineaire gewone of klassieke kleinste-kwadraten-schatter kent tal van varianten. De niet-lineaire schatters zijn doorgaans gebaseerd op het principe van de maximale aannemelijkheid (*maximum likelihood*). Ook werden schatters uitgewerkt van het GMM-type (*general method of moments*): daarvoor dient niet de volledige gezamenlijke kansverdeling van de storingen op voorhand te worden gestipuleerd, doch enkel een aantal statistische momenten van deze kansverdeling.

De econometrische literatuur is voor een belangrijk deel gewijd aan de creatie van adequate schatters, die rekening houden met de talrijke verwickelingen waarmee empirisch onderzoek in de economie gepaard gaat. Als bijzonder belangrijk noemen we in dit verband de veralgemeende schatter van de werkveranderlijken (*generalized instrumental variable estimator*), en ook de diverse schattingsprocedures die gedeeltelijk werden ontwikkeld in het kader van de Cowles Commission voor het schatten van de parameters van meervergelijkingmodellen of stelsels van vergelijkingen. Tot deze schattingsprocedures behoren de kleinste kwadraten in twee en in drie ronden, de LIML- en de FIML-schatters (respectievelijk *limited information maximum likelihood* en *full information maximum likelihood*). De schatter van Zellner (1962) of de SUR-schatter (*seemingly unrelated regression*) vormt daarbij een aparte schattingsprocedure. Ze is toepasbaar op causale en recursieve stelsels die gekenmerkt zijn door contemporele correlaties van de storingstermen.

Buiten deze klassieke econometrische schatters bestaan er ook diverse alternatieve schatters, waaronder de robuuste Huber (1973) schatter², de Ridge schatter (cf. P. Schmidt, 1976, blz. 48), de niet-lineaire schatters van Stein (1956), enzovoort. Kortom, er bestaan vele werkwijzen om parameters te schatten. Slechts een aantal van deze schattingsprocedures hebben evenwel burgerrecht verkregen in de econometrie en werden opgenomen in de econometrische softwarepakketten. De keuze van een schatter wordt in hoge mate bepaald door de concrete situatie en de hindernissen die men daarbij ontmoet. In een aantal concrete gevallen verliest bijv. de OLS (ordinary least squares estimator) zijn aantrekkelijke eigenschappen.

Blijkbaar worden parameters geschat en niet exact bepaald. Dit hangt samen met het feit dat de specificaties in de econometrie geen deterministisch karakter hebben. Onzekerheid en waarschijnlijkheid komen daarbij tot uiting in de storingsterm, waaraan hierna een apart punt wordt gewijd. Hier wijzen we er enkel op dat in de econometrie niet enkel aandacht wordt besteed aan het numeriek schatten van parameters, maar eveneens aan de precisiegraad van deze resultaten, zoals die zich manifesteren in hun standaardfouten. Dit wil zeggen dat schattingsprocedures niet enkel coëfficiënten opleveren – zijnde numerieke benaderingen van parameters – maar tevens maatstaven van nauwkeurigheid. Op basis van deze maatstaven kunnen dan onder welbepaalde voorwaarden allerlei significantietoetsen worden uitgevoerd. Dit brengt ons op een apart thema, dat dominant controversieel in de econometrie aanwezig is, met name het opleggen van restricties op parameters.

Omtrent het opleggen van restricties op parameters rees er heel wat controversie in de context van de modellen met meer vergelijkingen, zoals verder in dit artikel nog zal worden toegelicht. Niettemin blijft het opleggen van restricties op parameters en de daarbij aansluitende toetsen van deze restricties een hoeksteen van de econometrie.

De restrictieve kleinste-kwadratenschatter, die simultaan meerdere a priori opgelegde lineaire restricties op de parameters incorporeert, behoort tot het klassieke leerpakket van de econometrie. Men kan ook toetsen of deze uit de economische theorie afgeleide a-priori-informatie wel strookt met de empirische steekproefinformatie die vervat is in de data. Met meer geavanceerde schatters kan men ook rekening houden met niet-lineaire restricties op parameters.

2 Op dit gebied werd eveneens heel wat onderzoek verricht door P.J. Rousseeuw (1984).

Indien men geen restricties kon opleggen op parameters, dan zou ongetwijfeld een der aantrekkelijke aspecten van het encompassing-beginsel verloren gaan. Om dit te illustreren, grijpen we terug naar de oorspronkelijke specificatie die in het begin van dit artikel vermeld is. We viseren daarbij data in de vorm van tijdreeksen en vervangen daarom de voetnooten i door t , waarbij de data dan alle beschouwde perioden doorlopen van 1 tot T . Vervolgens herschrijven we deze specificatie als volgt:

$$Y_t = \beta_1 + \beta_2 X_t + \beta_3 Y_{t-1} + \beta_4 X_{t-1} + \varepsilon_t$$

Greene (2000) noemt deze specificatie het “werkpaard” van de moderne econometrie over tijdreeksen. Zoals W.W. Charemza en D.F. Deadman (1997) in hun handboek aangeven, omvat deze specificatie niet minder dan tien verschillende modellen, die verkregen worden door adequate restricties te leggen op de diverse β -parameters. Zo ontstaat het eenvoudig bivariabel statisch model – waarmee menige basistekst over econometrie een aanvang neemt – door als nulhypothese voorop te stellen: $\beta_3 = \beta_4 = 0$. Al deze restricties kunnen nagetrokken worden door middel van adequate toetsen. Deze veelomvattende dynamische specificatie, waarvoor in de econometrie de benaming *autoregressief gespreid vertragingmodel* werd bedacht, komt later in dit artikel nog opnieuw aan bod.

Parameters worden in de econometrie meestal opgevat als constante grootheden die betrekking hebben op een populatie. Via steekproeven van data uit deze populatie en de inzet van adequate schattingsfuncties worden deze parameters vervolgens geschat. Dit belet evenwel niet dat dergelijke populatieparameters in de tijd kunnen veranderen, ofschoon dit indruist tegen een van de postulaten van de Cowles Commission, zoals we verder zullen zien. Een van de elementaire mogelijkheden om de stabiliteit van deze parameters te onderzoeken – buiten de bekende toets van G. Chow (1960) – bestaat in het introduceren van interactieve wissels in een specificatie. Meer algemene stabiliteitstoetsen werden ontwikkeld in het kader van de recursieve kleinste kwadraten. Vervolgens bestaan er diverse soorten modellen met veranderlijke parameters, waaronder het model van Hildreth en Houck (1968), de Kalman-filter (1960) enz.

Opvallend is dat men wel onderkent dat economische variabelen een kansverdeling hebben, maar dat zulks niet opgaat voor parameters, aangezien dat in principe constante grootheden zijn. Een afwijkend standpunt ter zake wordt evenwel ingenomen door de Bayesiaanse econometrie, die in hoge mate werd uitgewerkt door A. Zellner (1971). Schatters

van het Bayesiaanse type gaan uit van een vooropgestelde a-priori-kansverdeling van de parameters en leiden dan met behulp van empirische data hieruit voor deze parameters een a-posteriori-kansverdeling af. Deze visie heeft echter in de toegepaste econometrie momenteel nog geen echte doorbraak kunnen forceren.

Ten slotte kunnen we ons afvragen of populatieparameters überhaupt wel bestaan. Deze gedachte heeft de aanzet gegeven tot de ontwikkeling van de parameter vrije regressie, waarbij in deze context het baanbrekend werk van W. Härdle (1990) moet worden geciteerd. Ook de neurale netwerken drijven in de richting van het overbodig maken van parameters.

Beide benaderingen verkeren evenwel nog in een pril beginstadium, waardoor het moeilijk is momenteel reeds hun performantie op het econometrisch terrein te evalueren.

7. Storingstermen

Terwijl de economie tracht causale verbanden te leggen tussen economische variabelen – hetzij verbaal, hetzij door middel van wiskundige symbolen –, doet de econometrie een poging om die verbanden empirisch en kwantitatief weer te geven door middel van data en de inzet van adequate schatters voor parameters. In de gekozen specificaties legt de econometrie dus de theoretische economische kennis vast. Het is dus in wezen de economische theorie die zal bepalen hoe de econometrische specificatie in de symbolische vorm van variabelen en parameters er zal uitzien. Aan deze voorstelling ontbreekt evenwel nog een enorm belangrijk bestanddeel, met name de storingsterm. In de bovenvermelde specificatie is de storingsterm aangegeven met het symbool ϵ , dat meestal een foutenterm suggereert.

De betekenis van de storingsterm kan niet genoeg onderstreept worden, omdat dit concept de hele econometrie doordringt. Men zou kunnen stellen dat elke specificatie twee componenten bevat: enerzijds hetgeen we weten, wat correspondeert met de economische kennis, en anderzijds hetgeen we niet weten, wat weergegeven wordt door de storingsterm, die duidelijk heel wat meer is dan louter een foutenterm. Zo beschouwd zou de econometrie gedefinieerd kunnen worden als de wetenschap van

hetgeen we niet weten of van de ignorantie, hetgeen uiteraard erg oneerbiedig klinkt. Het is echter een feit dat de econometrie in hoge mate bekommerd is over de aanwezigheid van deze storingsterm en daaruit zelfs in hoge mate haar bestaansreden put.

In tegenstelling tot de variabelen die geëxpliciteerd in een specificatie voorkomen en behoren tot het kennisdomein van de econometrie, bestaat de storingsterm uit latente variabelen die verborgen en onbekend blijven. Wanneer het gaat over specificaties die betrekking hebben op een menselijke respons, dan omvat de storingsterm o.m. specifieke factoren die eigen zijn aan het vrije menselijke gedrag. De storingsterm kan ook fungeren als een reservoir van meetfouten. Meestal bestaat de storingsterm uit een mengeling van al deze factoren.

Over de storingsterm maakt de econometrie onmiddellijk een aantal hypothesen. Allereerst kent men aan de storingsterm ϵ de eigenschap toe een kansvariabele te zijn. Hierdoor wordt meteen ook de impulsvariabele Y een kansvariabele. Elke kansvariabele wordt evenwel gekarakteriseerd door een kansverdeling. In het algemeen is het voor een aantal schatters niet nodig deze kansverdeling precies te kennen. Dat is o.m. zo voor de OLS-schatter (*ordinary least squares*). Wel is het nodig enkele hypothesen te maken over de basisparameters van deze verdeling, zoals de verwachtingswaarde en de variantie.

Men neemt om allerlei redenen aan dat de verwachtingswaarde van ϵ gelijk is aan nul. Vervolgens wordt ook initieel aangenomen dat de variantie van ϵ een eindige constante grootte is. Storingen die daaraan beantwoorden, noemt men homoskedastisch. Bij cross-secties moet men echter goed toezien of deze hypothese wel opgaat. Heel wat cross-sectie-analyses blijken nogal gevoelig te zijn voor heteroskedasticiteit, en dat kan soms een signaal betekenen van misspecificatie. In de econometrie werd inmiddels een groot aantal toetsen ontwikkeld om de aanwezigheid van heteroskedasticiteit te onderkennen.

Het is ook belangrijk te weten dat elke storing voor elke waarneming i of t een kansverdeling heeft waarvan eenvoudigheidshalve wordt aangenomen dat ze allemaal identiek zijn, maar bovendien onafhankelijk. Dit impliceert dat de covarianties tussen twee willekeurige storingen steeds verondersteld worden gelijk te zijn aan nul. Vele econometrische analyses die gebaseerd zijn op tijdreeksen, blijken daar echter van af te wijken. Dat resulteert meestal achteraf uit een onderzoek van de residuen, die

we kunnen beschouwen als schattingen van de niet-waarneembare storingstermen. Deze complicatie staat in de econometrie bekend onder de benaming autocorrelatie.

De sedert lang bestaande toets van Durbin-Watson kan autocorrelatie signaleren, maar hij is niet in alle gevallen bruikbaar. Ook voor autocorrelatie werd echter het arsenaal van beschikbare econometrische toetsen gevoelig uitgebreid. In onzekere situaties kan het inderdaad veilig zijn zich niet uitsluitend op één toets te baseren, maar na te gaan of een alternatieve toets tot een bevestiging van de diagnose voert.

De aanwezigheid van autocorrelatie kan – analoog met de heteroskedasticiteit – wijzen op een misspecificatie, veeleer dan op het bestaan van bijv. een lineair verband tussen opeenvolgende storingstermen. Een klassiek autocorrelatiepatroon dat in de econometrie omstandig wordt geanalyseerd, luidt:

$$\varepsilon_t = \rho\varepsilon_{t-1} + \eta_t$$

Hierin stelt ρ de autocorrelatieparameter voor en η_t een nieuwe storings-term, waarvoor alle veronderstellingen die over de storingstermen worden gemaakt wel opgaan. Men herkent in de bovenstaande uitdrukking een univariaat tijdreeksmodel van het type AR(1), d.w.z. een autoregressief proces van de eerste orde. We zullen later zien dat het betreffende patroon tot een van de tien modellen voert die besloten liggen in de “werkpaard”-specificatie van de dynamische modellen.

Volstaan nu deze veronderstellingen over de kansverdeling van de storingstermen? Helaas niet, indien we bijv. de gebruikelijke significantietoetsen op parameters wensen uit te voeren. Daartoe is het nodig dat de storingen een normale verdeling volgen, wat men o.a. kan controleren door de toets van Jarque-Béra (1981).

De asymptotische verdelingsleer, die binnen de econometrie werd ontwikkeld in het kader van de grote steekproeven, leert evenwel dat het volstaat voor dergelijke steekproeven aan te nemen dat de storingen identiek onafhankelijk verdeeld zijn. Dit brengt ons dan bij de grote steekproeven, waarvan we er in deze terugblik minstens drie moeten vernoemen: de aannemelijkheidsratio-toets, de toets van Wald (1943) en de Lagrange-multiplicatortoets (cf. T.S. Breusch en A.R. Pagan, 1980).

Beide laatste zijn bijzonder nuttig gebleken bij het toetsen van restricties op parameters.

Vele aanvullende toetsen, zoals bijv. de toets van Godfrey-Breusch (1981) voor autocorrelatie, blijken te behoren tot het type van Lagrange-multiplicatortoetsen. De toets van Godfrey-Breusch blijkt in staat te zijn om de aanwezigheid van autocorrelatie van een hogere orde in de storingen te ontdekken. Operationeel beschouwd, zijn Lagrange-multiplicatortoetsen vrij eenvoudig, omdat ze herleid kunnen worden tot de vorm nR^2 . Daarbij stelt n het aantal observaties voor en R^2 de bepaaldheidscoëfficiënt van een adequate hulregressie (*auxiliary regression*) gebaseerd op residuen.

Ten slotte kunnen we niet voorbijgaan aan het feit dat storingstermen als latente kansvariabelen mogelijke afhankelijkheden kunnen vertonen met geëxpliciteerde impulsvariabelen die, om allerlei goede redenen, ook kansvariabelen kunnen zijn. Dit kan voorkomen als deze impulsvariabelen meetfouten bevatten, of het kan ook optreden in bepaalde dynamische specificaties. Manifest doet zich deze verwikkeling echter bij bij meervergelijkingmodellen, zoals dit magistraal werd aangetoond door Haavelmo (1943 en 1947). Het is trouwens dit probleem van Haavelmo dat de basis vormde voor de bovengenoemde – in de schoot van de Cowles Commission ontwikkelde – schattingsprocedures voor stelsels.

Het gaat hier om een fundamenteel probleem. Elke econometrische specificatie representeert een vooraf bepaalde causale richting. In elke vergelijking bepalen de impulsvariabelen van het rechterlid de responsvariabele van het linkerlid. De aanwezigheid van een storingsterm in een specificatie reduceert echter de beschouwde relatie tot een pseudo-causaliteit. Om die reden is het in de realiteit doorgaans niet eenvoudig de oorzaak van een bepaald fenomeen te bepalen. Indien evenwel de impulsvariabele een afhankelijkheid vertoont met de storingsterm, dan wordt deze pseudo-causaliteit doorbroken en heeft de vooropgestelde relatie in wezen geen betekenis meer. Econometrisch vertaalt zich dat o.m. in schatters, zoals OLS, die plots inconsistent worden. Econometristen hebben dan ook ijverig gezocht om voor dergelijke situaties consistente schatters te verkrijgen. De eerder genoemde schatter van de werkveranderlijken is daarvan een belangrijk voorbeeld. Uit deze bespreking moge de draagwijdte blijken van de storingstermen en de belangrijke rol die zij vervullen in de econometrische denkwereld.

8. Econometrie in de eerste helft van de 20ste eeuw

De econometrie heeft een lange weg afgelegd alvorens tot de huidige inzichten te komen. Men mag echter stellen dat de funderingen van de econometrie gelegd werden in de eerste helft van de 20ste eeuw. Dat blijkt duidelijk uit het diepgaande onderzoek dat D.F. Hendry en M.S. Morgan (1995) over dit tijdperk hebben verricht. Overigens betekent dit niet dat in de 19de eeuw of zelfs daarvoor enig sporadisch werk van econometrische betekenis totaal zou ontbreken. Zo lanceerde bijv. G.U. Yule al in 1897 het begrip "spurious correlation", dat tijdens de voor de econometrie kritische periode van de jaren zeventig en daarna zoveel stof deed opwaaien en uitmondde in de creatie van de huidige coïntegratieanalyse.

D.F. Hendry en M.S. Morgan citeren in hun merkwaardige boek ook een werk van W.S. Jevons uit 1862, dat handelt over de studie van periodieke commerciële fluctuaties. Het betreft hier een van de vroegste bijdragen op het vlak van de univariate tijdreeksanalyse. Buiten het werk van Yule dient op dit terrein eveneens verwezen te worden naar de studie van H. Working (1934), waarin reeds de analyse van eerste verschillen van variabelen in een tijdreeks wordt aangetroffen, en naar de studie van A. Wald (1936) over de berekening en de eliminatie van seizoenschommelingen.

Al deze bijdragen werden voornamelijk geleverd door statistici en economen. Het is dan ook vrij duidelijk waarom de ontluikende econometrie in die tijd vooral aandacht had voor tijdreeksen. Immers, in tegenstelling tot cross-secties, waarvoor in de 19de eeuw al heel wat kwantitatieve methoden waren ontwikkeld, bleek het gebied van de economische tijdreeksen vrijwel totaal onbekend. Enkel in de biometrie bleken er tijd-gerelateerde data te bestaan: ze stimuleerden de ontwikkeling van statistische methoden van correlatie en regressie, die ook dienstig konden zijn voor de economie.

Uit de lezing van de bijdragen uit die tijd kan worden opgemaakt hoe moeilijk deze "body" van tijdreeksanalyse tot stand is gekomen. Een van de problemen was bijv. het scheiden in de tijdreeksen van het lange- en het kortetermijngedrag. Thans klinken de vele problemen waarmee vroeger werd geworsteld vrij vertrouwd in de econometrische oren. Ze werden inmiddels o.m. vertaald in begrippen zoals autocorrelatie, stationariteit, schijnbare regressie en misspecificatie.

Een interessante aantekening is dat reeds H. Working het begrip "random walk" populariseerde. Dat begrip werd in feite in 1902 gecreëerd door de Fransman L. le Bachelier naar aanleiding van zijn studie over de aandelenkoersen. Het gebied waarop de econometrie de lens richtte, kan wellicht worden samengevat in het volgende citaat uit D.F. Hendry en M.S. Morgan: "... we need to emphasize that time-series analysis was the first area in econometrics to receive theoretical treatment. There is very little explicitly theoretical econometrics prior to the 1940's except on time-series problems".

Economische tijdreeksen waren hoofdzakelijk het voorwerp van intensief wetenschappelijk onderzoek, in de hoop dat men er voorspellingen mee zou kunnen doen. In dit verband is het betekenisvol te verwijzen naar O. Morgenstern (1928), die elke poging tot economische voorspelling als volkomen nutteloos en irrelevant beschouwde. De drie hoofdstellingen van O. Morgenstern kunnen we als volgt samenvatten.

1. Voorspellen via de methoden van de economie en van de statistiek is "in principe" onmogelijk.
2. Zelfs als het mogelijk zou zijn, dan blijven dergelijke methoden steeds onvolledig, aangezien ze enkel gebaseerd zijn op economische kennis en derhalve onbekwaam om de werkelijke situaties, die deze kennis overstijgen, in hun geheel te overzien.
3. Economische voorspellingen hebben geen enkel nuttig doel en derhalve dienen alle pogingen om formele economische voorspellingsmethoden te creëren, ontmoedigd te worden.

Hoewel al deze stellingen door A.W. Marget werden weerlegd in een artikel in de *Journal of Political Economy* van 1929, vinden we het toch relevant er aandacht aan te schenken, vooral dan in het licht van wat er met de econometrie zou gebeuren in de crisisperiode van de jaren zeventig. O. Morgenstern wees er o.a. op dat economische voorspellingen door kruist zouden worden door de reacties van de economische agenten op deze voorspellingen. Als zodanig was Morgenstern een van de voorlopers van de kritiek van Lucas in de jaren zeventig.

De econometrie heeft haar uiteindelijke vorm niet zonder felle debatten en zware meningsverschillen aangenomen. Niet alleen tussen economen en econometristen, maar ook tussen econometristen zelf. We verwijzen hier meer bepaald naar het fameuze debat tussen J.M. Keynes, een econoom van wereldformaat, en J. Tinbergen, een econometrist van we-

reldformaat. Op het einde van de jaren dertig vormde de econometrie blijkbaar een ernstige bedreiging voor de oudere argumentatiestijl in de economie, met slechts een sporadisch gebruik van kwantitatieve informatie. Vervolgens moeten we ook verwijzen naar de soms heftige discussies tussen W.W. Leontief en R. Frisch, alsmede naar de meningsverschillen tussen R. Frisch en J. Tinbergen. Ten slotte komt in de vormgeving van de econometrie ook heel dominant het debat aan de orde tussen T.C. Koopmans van de Cowles Commission en R. Vining van het National Bureau of Economic Research (NBER) in de Verenigde Staten. Het staat bekend als het "Measurement without theory"-debat, waardoor er een scheiding kwam tussen de economische statistici en de econometristen. Dit debat is het best bekend, maar blijkt het minst begrepen te zijn. Het zou ons in deze terugblik op de econometrie echter veel te ver voeren in te gaan op alle debatten, en op alle standpunten en argumenten die in deze debatten naar voren zijn gebracht. We verwijzen de geïnteresseerde lezer daarvoor naar het uitstekende boek van D.F. Hendry en M.S. Morgan.

Niettemin is het nuttig om zeer beknopt de aandacht te vestigen op een aantal fundamentele die het vervolg van de econometrie hebben getekend.

Als we de teksten overlopen die D.F. Hendry en M.S. Morgan zorgvuldig hebben gekozen om deze fundamentele vast te leggen, dan stellen we vast dat ze als volgt verdeeld zijn over de diverse perioden van het beschouwde tijdperk.

Tabel 1.

Perioden	Aantal geselecteerde bijdragen
1920 en vroeger	10
1921-1930	8
1931-1940	16
1941-1950	12
Totaal	46

Toch moeten we signaleren dat verschillende teksten soms uit eenzelfde boek of publicatie werden geselecteerd. Vervolgens hebben we ook de text van G. Orcutt (1952) uit dit overzicht weggelaten. Als we nu nagaan hoeveel teksten van eenzelfde auteur tot deze selectie behoren, dan komen we tot het volgende overzicht.

Tabel 2.

Aantal teksten	Aantal auteurs	Totaal
1	18	18
2	3	6
3	4	12
4	1	4
5	0	0
6	1	6
Totaal	27	46

De auteur met de meeste geselecteerde bijdragen blijkt J. Tinbergen te zijn, gevolgd door R. Frisch met vier geselecteerde teksten. Deze twee auteurs kregen de eerste Nobelprijzen Economie. Beiden stonden ook aan de wieg van de econometrie, toen in 1931 de Econometric Society werd opgericht en ook het prestigieuze tijdschrift *Econometrica* het licht zag. De bedoeling van de stichters was - zoals toenmalig voorzitter J. Schumpeter het stelde - de ontwikkeling van de economische wetenschap te ondersteunen door de inzet van wiskunde en statistiek. R. Frisch gaf de nieuwe discipline de naam *econometrie*, naar analogie van de term biometrie.

Men heeft soms de indruk dat de econometrie als wetenschap moet worden beschouwd als een evenement van na 1950. Dat is ten dele correct, omdat de econometrie als vak³ zich slechts heeft weten te stroomlijnen na 1950.

Laten we opnieuw aanknopen bij tabel 2. Auteurs met drie geselecteerde bijdragen zijn Haavelmo, Koopmans, Marschak en Moore. Vooral de Noor Haavelmo en de Nederlander Koopmans, die in de Verenigde Staten werkzaam was binnen de Cowles Commission, zijn toonaangevend als medegrondleggers van de econometrie.

Haavelmo kreeg in 1989 de Nobelprijs Economie. In economische en econometrische kringen is hij vooral bekend om zijn paper over de simultaneïteitsvertekening (*simultaneous equation bias*). Veel minder bekend is dat de econometrie door het werk van Haavelmo (1944) een plotse en radicale wending heeft genomen in de richting van de waarschijn-

3 Aan de Universiteit Leuven werd het vak geïntroduceerd door J. van Waterschoot in de jaren vijftig. Door de auteur van onderhavig artikel werd het vak in Antwerpen geïntroduceerd vanaf 1961.

lijkheidsleer. Hij ontketende een werkelijke "probability"-omwenteling in de econometrie, die iedereen thans zo normaal vindt dat nog nauwelijks naar zijn werk wordt verwezen. Voor 1940 geloofden weinig econometristen dat de waarschijnlijkheidsleer toepasbaar was op economische data. Haavelmo plaatste ook het passieve karakter van deze economische data in een econometrisch denkkader, waarin de componenten modelbouw, schatting, toetsing en voorspelling duidelijk op de voorgrond kwamen.

Nochtans had T.C. Koopmans al in zijn doctorale dissertatie van 1937 vrijwel hetzelfde voorgehouden, maar blijkbaar was de tijd toen onvoldoende rijp om er de nodige aandacht aan te schenken. De econometristen van toen beschouwden bijv. hun data niet als steekproeven die getrokken waren uit een populatie. De aandacht en erkenning kwam er wel toen Koopmans als lid van de Cowles Commission zijn ideeën kon ontvouwen. Koopmans en de Cowles Commission creëerden een traditie van formalisering, die na 1950 door de meeste econometristen werd gevolgd. Daardoor werd de econometrie hoofdzakelijk structuralistisch – zoals ook de modellen van Frisch, Leontief en Tinbergen daarvan prototypes waren – en verwijderde ze zich meer en meer van de oorspronkelijke bestudering en analyse van tijdreeksen. Het dominante thema van de econometrie verschoof derhalve naar de studie van empirische modellen, vanuit de optiek van vooraf gespecificeerde theoretische modellen, in de hoop daardoor ook maatschappelijke diensten te kunnen bewijzen via adviezen voor een doelmatig economisch en sociaal beleid.

Ook J. Marschak, die verbonden was aan de University of California Los Angeles (UCLA), heeft een belangrijke rol gespeeld bij de grote econometrische debatten ten tijde van Koopmans. We citeren hier een van zijn kritische uitspraken: "There is at present a strong reaction against the over-optimistic application of statistical models to economic time series". Hij zal wel nooit hebben kunnen vermoeden dat deze uitspraak zeer actueel zou worden in de jaren zeventig en de kiem zou leggen voor de huidige moderne econometrie.

Over H. Moore moeten we hier kort zijn. Hij was een voorloper uit het begin van deze eeuw, die samen met zijn leerling H. Schultz vraag- en aanbodvergelijkingen heeft geschat. Daarbij heeft hij veel aandacht besteed aan het identificatieprobleem, met name de vraag of de regressie van kwantiteiten naar prijzen een vraagvergelijking als resultaat opleverde, of een aanbodvergelijking, of wellicht een vermenging van beide.

Later werd dit identificatievraagstuk in de schoot van de Cowles Commission in algemene termen opgelost en werden er adequate schattingsprocedures ontwikkeld om de parameters van overgeïdentificeerde stelsels te kunnen schatten.

De drie auteurs die ten slotte goed werden bevonden om met twee teksten in het boek van D.F. Hendry en M.S. Morgan te worden opgenomen, zijn achtereenvolgens G.U. Yule, P.G. Wright en H.O. Wold.

De eerste van deze auteurs is een van de wereldbekende statistici van de vorige eeuw en begin deze eeuw, die we eerder in dit artikel al hebben vermeld bij de tijdreeksanalyse. P.G. Wright hoort ook in deze periode thuis en is vooral bekend om zijn visie op de empirische benadering van vraag- en aanbodrelaties en zijn kritiek op H. Moore en H. Schultz. Hij is ook de vader van Sewall Wright, die in het vakgebied van de econometrie – o.i. ten onrechte – onvoldoende bekendheid verwierf, maar door zijn causale padanalyse vooral in de sociometrie is doorgebroken.

Blijkbaar heeft H.O. Wold (1938, 1949 en 1960 samen met R. Strotz) aan dit causale denkpatroon wel aandacht geschonken. Hij heeft voornamelijk kritiek uitgeoefend op de interdependentiestructuren van de Cowles Commission en was vooral de pleitbezorger van de recursieve structuren in econometrische stelsels. Over H.O. Wold schrijven D.F. Hendry en M.S. Morgan o.a. "... philosophers had frightened economists away from using any causal language, but as a statistician he felt able to formulate causal systems". Met Koopmans en Wold komen we dan in de gloriejaren van de econometrie, waarvan we de bespreking in een volgend punt aanvatten.

9. Na 1950 en tijdens de "golden sixties"

De monografieën van de Cowles Commission bereikten Europa slechts met grote vertraging wegens de Tweede Wereldoorlog. De Belgische universiteiten hadden een grote achterstand, vooral omdat, in tegenstelling tot Nederland, dominante figuren uit de jaren dertig hier volledig ontbraken.

Na 1950 moest de econometrie als vakgebied geleidelijk aan worden opgebouwd. Daarbij stootte men op veel onbegrip van economen en fi-

nanciers. Wellicht spiegelde die zich aan de kritiek van een econometrist van wereldformaat zoals J.M. Keynes op het werk van J. Tinbergen en aan allerlei nihilistische visies op de econometrie die tijdens het interbellum reeds aan bod waren gekomen.

In de jaren vijftig raakte het werk van L. Klein bekend. Die had een econometrisch model voor de Verenigde Staten samengesteld. In 1953 verscheen van hem ook zijn bekende *Textbook of econometrics* en in 1962 zijn *Introduction to econometrics*. Vervolgens kwamen de bekende handboeken van J. Johnston (1963), van A. Goldberger (1964) en van E. Malinvaud (1964) op de markt, waarin de econometrische methoden in de traditie van de Cowles Commission als één samenhangend geheel werden gepresenteerd.

Het werk van L. Klein en van het Centraal Planbureau in Nederland werkten inspirerend om de structuralistische tendens van de econometrie verder te ontwikkelen. De denkbeelden van H.O. Wold bleken in de econometrische praktijk minder relevant dan de meer algemene interdependencies die qua structuur werden voorgehouden door de Cowles Commission en door Koopmans. Weliswaar werd dankbaar gebruikgemaakt van de controverse die Wold veroorzaakte om het jonge vak econometrie pedagogisch te stofferen.

T.C. Liu (1960) had er wel op gewezen dat men econometrisch enkel in staat zou zijn om de parameters te schatten van gereduceerde vormen, en dat het ijdel was te denken dat men met behulp van passieve waarnemingen de structuur van een functionerende economie zou kunnen achterhalen. Deze stelling paste evenwel niet in het tijdsbeeld en de gangbare visie, waarbij men precies geïnteresseerd was in het benaderen van deze structuurparameters.

Ook aan heel de controverse over de exogeniteit, waarnaar in de eerste helft van deze eeuw zoveel aandacht was gegaan, werd een pragmatische oplossing gegeven. De open en complete vormen van economische stelsels met exogene variabelen die deels als beleids-"parameters" optraden, bleken het best te voldoen aan de eisen van operationaliteit en praktische relevantie.

Restricties op parameters werden soms kwistig toegepast, alsmede het a priori vastprikken van parameters op plausible waarden. Dit staat evenwel in schril contrast met o.a. het werk van A.P. Barten (1966), dat

gewijd was aan stelsels van vraagvergelijkingen, waarbij dergelijke restricties enkel werden opgelegd voorzover ze gedictieerd waren door de economische theorie van de consumentenvraag.

Inmiddels draaiden de econometrische congressen op volle toeren en stapelden de artikelen in *Econometrica* zich op. De Erasmus Universiteit Rotterdam maakte school met J. Tinbergen en H. Theil. In 1971 publiceert H. Theil (8) zijn *Principles of Econometrics*, waarin vele nieuwe econometrische inzichten op diepgaande wijze worden uiteengezet. De stof was zodanig aangegroeid dat meer geavanceerde econometrie wordt gedoceerd in aparte kwantitatieve richtingen.

De verwachtingen die de econometrie in die periode heeft gewekt, zowel op het vlak van de voorspelkunde als op het vlak van het economisch beleid, waren bijzonder hooggespannen. In de traditie van Klein werden hoofdzakelijk econometrische modellen ontwikkeld met een keynesiaanse achtergrond en toegespitst op de reële economie. De opeenvolgende oliecrisisen, de zware inflatie en de sterk oplopende staatsschuld brachten dit proces tot stilstand en maakten plaats voor een bezinning, waarbij de econometrie een kritische periode doormaakte.

10. De kritische periode

De kritische periode situeert zich ongeveer in het midden van de jaren zeventig, ofschoon ook daarvoor al kritische geluiden werden gehoord. In deze periode wordt de aandacht meer en meer verlegd naar een doelmatig monetair beleid. Het structuralisme van de econometrie en de keynesiaanse visie die de econometrische modellen uit die tijd vertolkten, komen daardoor op de helling te staan.

Bepaalde uitgangspunten van de econometrie, zoals gepostuleerd in de Cowles Commission, worden ter discussie gesteld. Het zelfvertrouwen binnen het vakgebied wordt ondermijnd.

Zoals Charemza en Deadman schrijven, blijken er zich drie groepen af te tekenen:

1. een groep die de econometrie als een soort alchemie volledig afwijst;

2. een groep die nog gelooft in de traditionele benadering en de oorzaken van de crisis legt bij misspecificatie en onvolmaakte schattingsprocedures;
3. een groep die een herziening eist van de postulaten die waren ontwikkeld door de Cowles Commission. Deze postulaten waren (1) a-priori-restricties, (2) tijdsinvariantie van parameters, (3) parameterinvariantie m.b.t. variabelen, (4) bekende causale ordening, (5) geen verificatie tegenover rivaliserende modellen.

De performantie van de grote econometrische modellen bleek erg laag te zijn en minder goed dan eenvoudige tijdreeksmethoden. Gelukkig waren er ook tegenvoorbeelden om het krediet van de macro-econometrische modellen toch wat op te vijzelen.

Hoe dan ook, in de jaren zeventig zien we opnieuw een opleving van de tijdreeksanalyse, zowel in het frequentiedomein (spectraalanalyse) als in het tijdsdomein. De ontwikkeling van de Box-Jenkins-analyse (1970) dateert uit deze periode, alsmede de opname ervan in econometrie-handboeken (cf. R.S. Pindyck en D.L. Rubinfeld, 1976). Dit vergt een korte uitleg.

De oorspronkelijke univariate tijdreeksmodellen combineren meestal een autoregressief model (AR) met een "moving average"-model (MA) en worden ARMA-modellen genoemd. Het AR-model heeft betrekking op de responsvariabele die uitsluitend verklaard wordt door zichzelf, maar met vertragingen, terwijl het MA-model betrekking heeft op de storingstermen (ook "white noise" genoemd), eveneens met vertragingen. Zo luidt de specificatie van een ARMA(1,1)-model als volgt:

$$Y_t = \delta + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1}$$

Of, veralgemeend door gebruik te maken van vertragingsoperatoren:

$$\phi(L)Y_t = \delta + \theta(L)\varepsilon_t$$

waarin $\phi(L)$ en $\theta(L)$ polynomen in de vertragingsoperator L voorstellen, waarbij L geplaatst voor Y_t deze variabele met één periode vertraagt. Hierbij wordt verondersteld dat Y_t stationair is. Mocht dit niet zo zijn, dan wordt Y_t stationair gemaakt door eerste of hogere verschillen te nemen. Het aantal keren dat aldus opeenvolgende verschillen moeten worden genomen van de oorspronkelijke tijdreeks om deze stationair te ma-

ken, noemt men de integratiegraad. Om die reden spreekt men meer algemeen over ARIMA-modellen, waarin de letter "I" wijst op de integratiegraad.

Zoals hierboven bleek, heeft de econometrie echter een uitgesproken causaal karakter, waarbij men een responsvariabele voornamelijk tracht te verklaren door een verschillende impulsvariabele X . Ofschoon vertraagde responsvariabelen en vertraagde impulsvariabelen vroeger ook al in de econometrische specificaties voorkwamen, wordt van nu af aan meer aandacht besteed aan hun consequenties. Ook wordt de tijdreeksanalyse toegepast op de storingstermen. In de tijdreeksmodellen zelf voert het introduceren van vertraagde X -impulsvariabelen tot de zogenaamde ARIMAX-modellen. We zien dan ook een heel aparte opbouw van dynamische modellen ontstaan.

Ook worden er vele nieuwe econometrische toetsen ontwikkeld, die dikwijls later nog verfijnd worden. We vernoemen o.a. de exogeniteits- en specificatietoetsen van D. Wu en J. Hausman, de toets van T. Breusch voor het toetsen van autocorrelatie in dynamische modellen, de toets van T. Breusch en A. Pagan voor het toetsen van heteroskedasticiteit.

Vervolgens dient erop gewezen te worden dat de pessimistische visie op de econometrie vooral betrekking had op de macro-economie. Meer bepaald werd erg veel geloof gehecht aan de kritiek van Lucas, volgens wie bij de invoering van een bepaald economisch of fiscaal beleid, de anticipaties van de economische agenten de structuurparameters van het macro-econometrisch model op een onvoorspelbare wijze zouden doen veranderen.

Op heel wat andere terreinen van de econometrie werd echter in deze kritische jaren zeventig veel vooruitgang geboekt. We denken daarbij aan de translog productiefunctie van E. Berndt en L. Cristensen (1972), het werk van T. Amemiya (1975, 1978 en later), o.a. over probit- en logit-modellen, en de econometrie van het onevenwicht door R.J. Bowden (1978).

Het onevenwichtsthema werd eerder reeds door H.O. Wold sterk benadrukt. Volgens Wold zijn de economische data die we observeren de resultaten van onevenwicht. Hoe deze gedachte heeft doorgewerkt, zullen we zien in een volgend punt, dat gewijd is aan het nieuwe elan van de econometrie tijdens de laatste twintig jaar van de 20ste eeuw.

11. Het nieuwe elan van de econometrie

Over de situatie en de ontwikkeling van de econometrie tijdens de laatste twintig jaar van de 20ste eeuw is uiteraard het meest geweten. We zullen ons dan ook beperken tot een aantal markante nieuwe tendensen, die het turbulente karakter van de ontwikkeling verder in reliëf zullen zetten.

Allereerst vermelden we in het verlengde van de kritiek op de macro-econometrische modellen de lancering van de VAR-modellen (*vector autoregressive models*) door C. Sims (1980). Ze betekenen een totaal andere kijk op het kwantificeren van de macro-economische systemen en een volledige breuk met het verleden, meer bepaald met de structuralistische visie van de Cowles Commission. De band met de tijdreeksmodellen – de oorspronkelijke wortel van de econometrie – wordt daarbij opnieuw heel sterk aangehaald. Aansluitend bij wat we in het vorige punt zagen, ontstaan er onmiddellijk uitbreidingen naar de VARMA-modellen. In de VAR- en VARMA-modellen verdwijnt het onderscheid tussen endogene en exogene variabelen: er zijn enkel nog endogene variabelen of responsvariabelen en gepredetermineerde variabelen, d.i. vertraagde endogene variabelen. Dit betekent dat alle beschouwde variabelen van het model in periode t responsvariabelen zijn en dat al deze variabelen in hun vertragingen impulsvariabelen worden. De hele opzet leunt aan bij de causaliteit van Granger (1969) en er is geen sprake meer van a-priori-restricties op de parameters. Precies dit punt vormde de hoofdkritiek van Sims: de ongebreidelde en volgens hem ongeoorloofde inzet van a-priori-restricties op parameters, zeker wat betreft de vertragingparameters, waarover onvoldoende kennis bestond. Deze revolutionaire manier van econometrisch denken zou ook de kritiek van Lucas ontzenuwen.

We zien dan op econometrisch gebied een koortsachtige activiteit ontstaan, waarbij getracht wordt de vele nieuwe denkbeelden onderling te verbinden. Het is in deze periode dat een begin wordt gemaakt met de publicatie van het *Handbook of Econometrics* in vier boekdelen (1983, 1984, 1986 en 1994). Daarin worden overzichten uit verschillende tijdschriften en nieuwe materie samengebracht.

Zeer belangrijk is het minutieuze onderzoek qua nieuwe toetsen en dynamische eenvergelijkingmodellen. VAR- en VARMA-modellen zouden weinig kans op slagen hebben indien de brug naar dit minutieuze onder-

zoek niet kon worden gelegd. We grijpen dan ook even terug naar de “werkpaard”-specificatie om van daaruit de aandacht te vestigen op twee markante formuleringen, met name de COMFAC-formulering (common factors) en de ECM-formulering (*error correction mechanism*).

We starten met de ECM-formulering en herhalen even het ADL(1,1)-model:

$$Y_t = \beta_1 + \beta_2 X_t + \beta_3 Y_{t-1} + \beta_4 X_{t-1} + \varepsilon_t$$

In feite vormt dit model een algemeen compromis van de vroeger bekende restrictieve (eindige vertragingen) en niet-restrictieve (oneindige vertragingen) dynamische modellen. Indien we van beide leden Y_{t-1} aftrekken en vervolgens in het rechterlid trachten $\Delta X_t = X_t - X_{t-1}$ als variabele te verkrijgen, dan ontstaat de volgende ECM-formulering:

$$\Delta Y_t = \beta_1 + \beta_2 \Delta X_t + (\beta_3 - 1)(Y_{t-1} - \gamma X_{t-1}) + \varepsilon_t$$

waarbij:

$$\gamma = -(\beta_2 + \beta_4) / (\beta_3 - 1)$$

Deze ECM-formulering bevat een evenwichtsrelatie $\Delta Y_t = \beta_1 + \beta_2 \Delta X_t + \varepsilon_t$ maar impliceert tegelijkertijd ook een term die rekening houdt met afwijkingen tegenover dit evenwicht. Deze term staat precies voor $(\beta_3 - 1)(Y_{t-1} - \gamma X_{t-1})$. Als er dus een onevenwicht optreedt, dan zal precies deze term ervoor zorgen dat er bijgestuurd wordt in de richting van het evenwicht.

Men kan aantonen dat een COMFAC-formulering ontstaat wanneer $\gamma = 1$, wat op hetzelfde neerkomt als $(\beta_3 - 1) = -(\beta_2 + \beta_4)$. Het blijkt nu dat een COMFAC gewoon ontstaat wanneer een statische specificatie autocorrelatie vertoont. Als deze autocorrelatie AR(1) is, dan kan men gemakkelijk aantonen dat er een ADL(1,1)-model ontstaat, maar met één niet-lineaire restrictie op de parameters. In wezen betekent zulks dat het vertragingspatroom dat wordt toegepast op de responsvariabele, precies hetzelfde is als het vertragingsspatroom dat wordt toegepast op de impulsvariabele. De strategie bestaat er nu in om de COMFAC-formulering als nulhypothese te plaatsen tegenover het algemene ADL(1,1)-model. Als deze nulhypothese moet worden verworpen, dan hebben we te ma-

ken met een meer algemeen ADL(1,1)-model waarin een ECM-formulering begrepen kan zijn.

Deze ECM-formulering voor een model met één vergelijking kan nu toegepast worden op de VAR-modellen, wat voert tot het concept van de VECM-modellen. Meteen zijn we hiermee midden in de moderne econometrie aangeland, met als belangrijke onderdelen het toetsen van eenheidswortels en de cointegratieanalyse.

Meestal bezitten laagfrequente tijdreeksen eenheidswortels waardoor ze zich karakteriseren als "random walk"-processen. De vraag rijst of men bij het onderling regresseren van dergelijke reeksen eenvoudig geen "spurious" resultaat verkrijgt, waardoor er slechts een schijnbaar verband zou worden gevonden. Het klassieke macro-economische voorbeeld daarbij is de regressie van de consumptie naar het beschikbare inkomen. Als beide tijdreeksen eenheidswortels bezitten en dus $I(1)$ zijn - d.w.z. geïntegreerd van de orde één -, zou een dergelijke relatie dan "spurious" zijn? Toepassing van de ECM-formulering zal daarop een antwoord kunnen geven. Als met name deze formulering bestaat, dan is de relatie niet "spurious". Volgens het "representation theorem" van Granger zijn beide tijdreeksen dan gecointegreerd.

Bijzonder veel aandacht is in de laatste twintig jaar dan ook besteed aan het ontwikkelen en verfijnen van eenheidsworteltoetsen en aan de cointegratieanalyse. Vooral het verdere onderzoek van de cointegratieprocedure van Johansen (1991) binnen het kader van de VAR- en de VECM-modellen dient hier speciaal te worden gesignaleerd.

Vervolgens kenmerkt de beschouwde periode zich eveneens door een verdere proliferatie van de econometrische toetsen. Reeds bij Tinbergen vindt men de gewoonte alle verkregen resultaten nauwkeurig te controleren en te toetsen. Thans beschikt de econometrie over een arsenaal van instrumenten om dat veel diepgaander te kunnen uitvoeren.

Dit uiterst summiere overzicht zou erg onvolledig blijven, mochten we niet de markante vooruitgang vernoemen op het gebied van de financiële econometrie. We alluderen hier op de volatilitetsmodellen van het ARCH- en GARCH-type, die respectievelijk door R. Engle (1982) en T. Bollerslev (1986) werden gecreëerd en toepasbaar zijn op hoogfrequente tijdreeksen zoals aandelen- en wisselkoersen.

Deze modellen zijn sterk verwant met de bekende dynamische specificaties, maar ze vertonen eigen kenmerken en hebben betrekking op het modelleren van varianties i.p.v. op verwachtingswaarden. Een eenvoudig ARCH(1)-model luidt als volgt:

$$\text{Var}(\varepsilon_t | \Omega_{t-1}) = h^2_t = \alpha_1 + \alpha_2 \varepsilon_{t-1}^2$$

Het betreft hier een modellering van de conditionele variantie, omdat deze variantie geconditioneerd wordt door de verzameling informatie uit de vorige periode gesymboliseerd door Ω_{t-1} . Blijkbaar verandert deze variantie, hetgeen de verklaring biedt voor het acroniem ARCH (*autoregressive conditional heteroscedasticity*). Belangrijk daarbij is te onderstrepen dat de onvoorwaardelijke variantie daarentegen constant blijft. Als $\alpha_2 < 0$, dan is deze gelijk aan $\sigma^2 = \alpha_1 / (1 - \alpha_2)$.

De studie van deze volatiliteit is geïnspireerd door de vaststelling van Mandelbrot (1963) dat grote veranderingen de neiging hebben gevolgd te worden door grote veranderingen, en omgekeerd. Dat wordt "volatility clustering" genoemd. Er bestaan dus perioden van uitgesproken hoge volatiliteit en perioden van lage volatiliteit. Houdt men geen rekening met veranderende conditionele varianties (c.q. covarianties), dan resulteren daaruit o.m. verkeerde inschattingen van risico, alsmede niet-correcte betrouwbaarheidsintervallen bij tijdreeksvoorspellingen. De creatie van het ARCH-model door Engle heeft geleid tot een bijzonder groot aantal uitbreidingen en studies. We beperken ons tot het kort aanstippen van een van deze uitbreidingen, met name het GARCH-model. De letter G verwijst naar "generalized", zodat het GARCH-model op te vatten is als een veralgemeend ARCH-model. Deze veralgemeening ontstaat op een vrij natuurlijke wijze uit de bekende econometrische dynamische specificaties en luidt als volgt:

$$\text{var}(\varepsilon_t | \Omega_{t-1}) = h^2_t = \alpha_1 + \alpha_2 \varepsilon_t + \alpha_3 h^2_{t-1}$$

Voor een goed gedefinieerd GARCH-model moet $\alpha_1 > 0$, $|\alpha_3| < 1$ en $1 - \alpha_2 - \alpha_3 > 0$. Door deze restricties garandeert men een positieve constante onvoorwaardelijke variantie die gelijk is aan $\sigma^2 = \alpha_1 / (1 - \alpha_2 - \alpha_3)$. De hierboven gegeven specificatie is een GARCH(1,1)-model dat verwijst naar de vertragingsoorde van de laatste en voorlaatste term. Het grote voordeel van GARCH bestaat erin dat er veel minder parameters geschat moeten worden dan in ARCH, omdat de volatiliteit enkel vol-

doende capteerbaar bleek in ARCH-modellen met een veel hogere orde dan één.

Via deze modellen kan men o.a. verrassingen op de financiële markten kwantitatief onderkennen. Vervolgens kan men met de geschatte parameters ook de graad van persistentie van volatilitésschokken bepalen. De ontwikkeling van deze ARCH- en GARCH-modellen mag zonder twijfel gelden als een der markante verwezenlijkingen van deze recente periode.

Dit belet evenwel niet dat er ook op andere terreinen van de econometrie grote vooruitgang werd geboekt. Meer in het bijzonder moeten we hier de realisaties vermelden op het gebied van de kwalitatieve keuzemodellen en van de "panel data"-econometrie. Wat dit laatste onderwerp betreft, verwijzen we naar het verzamelwerk *The Econometrics of Panel Data* (1996), alsmede naar het boek van M. Verbeek (2000).

We mogen besluiten dat de econometrie zich in de beschouwde periode kenmerkte door een ongelooflijk exponentieel groeiproces. Zowel het aantal thema's waarvoor deze discipline wetenschappelijke bijdragen poogt te leveren, als het aantal gebieden waarop de econometrie in allerlei toepassingen actief is, zijn snel toegenomen.

De vraag die inmiddels bij het lezen van deze terugblik rijst, is wat er eigenlijk nog overblijft van de macro-econometrische modellen die in de eerste vijftig jaar van deze eeuw werden geconstrueerd door Tinbergen en later ook door Klein op basis van de postulaten van de Cowles Commission werden ontwikkeld. Deze vraag trachten we in de slotbeschouwingen te beantwoorden.

12. Slotbeschouwingen

De econometrie heeft op het vlak van de macro-economie zware turbulenties doorgemaakt, waardoor de niet-structurele benadering meer op het voorplan kwam. Deze niet-structurele benadering neemt in essentie de vorm aan van een VAR-model, waarvan we een eenvoudige uitdrukking in matrixalgebra kunnen schrijven als:

$$y = u + Ay + v$$

Hierin stelt y de vector voor van de beschouwde variabelen; v is een vector van storingstermen en u is een vector van constanten (die het effect van echte relevante "exogene" variabelen incorporeert). Het symbool A wijst op een matrix van parameters en meestal omvat een VAR meerdere A -matrices overeenkomstig het aantal vertragingen. Eenvoudigheids halve hebben we deze hier weggelaten. Trouwens, elke VAR kan door toevoeging van identiteitsvergelijkingen tot een VAR van de orde één worden teruggebracht. Deze laatste vorm is trouwens het interessantst om de dynamische eigenschappen van het model te onderzoeken en uiteindelijk de impulsrespons van de VAR te bepalen.

Met de VAR-modellen is er een paradigmatische verschuiving ontstaan, waarvan de motivatie niet enkel bepaald werd door methodologie, maar vooral door de zwakke voorspellingsperformantie van de traditionele structuurmodellen - in vergelijking tot de VAR-modellen. In wezen was dit een teken dat de traditionele modellen onvoldoende theoretisch gefundeerd waren.

Toch bezitten ook deze moderne VAR-modellen zwakke punten, zodanig zelfs dat momenteel opnieuw een tendens valt waar te nemen in de richting van "structurele" VAR-modellen. In zijn oorspronkelijke vorm is een VAR volledig a-theoretisch en wordt de afwezigheid van restricties op vertragingsspatronen ervaren als ongestructureerd. Impulsresponsanalyse van de oorspronkelijke VAR blijft eveneens moeilijk interpreteerbaar. Om aan deze kritiek het hoofd te bieden, werd gepoogd om VAR-modellen te herconstrueren tot de bekende gereduceerde vormen uit de traditionele modelbouw, om van daaruit de structuur te achterhalen. Een dergelijke structuur zou dan kunnen zijn:

$$By = a + Cy + w$$

Het verband met de eerder gegeven VAR-formulering wordt gegeven door: $A = B^{-1}C$; $u = B^{-1}a$ en $v = B^{-1}w$. Eenvoudigheidshalve negeren we hier de covariantiematrix van de storingstermen in het VAR-model. Om deze overgang echter te kunnen maken, dient men een groot aantal restricties op te leggen op de elementen van de matrices B en C . Veel onderzoek rond de VAR-modellen concentreert zich dan ook rond het bepalen van types van restricties en het aflijnen van adequate theorie om deze procedure operationeel te maken. Men vertrekt in deze procedure van een VAR om van daaruit de structuur af te leiden door het adequaat opleggen van restricties.

Volgens Diebold (1998) blijkt de problematiek van de moderne VAR-modellen zich opnieuw te oriënteren op de traditionele modelbouw. Allereerst wordt daarbij aangetoond hoe VAR-modellen formeel afgeleid kunnen worden als gereduceerde vormen van dynamische structuurmodellen. Dit impliceert dat men in de recentste toepassingen opnieuw start van structuren om van daaruit de VAR als herleide vormen af te leiden. Hiermee is de cirkel blijkbaar rond.

Feitelijk werd in de praktijk de structurele benadering van de econometrie nooit volledig verlaten (R. Van Straelen, 1998, blz. 44). Deze stelsels – weliswaar grondig verbeterd en aangepast – zijn zeker niet in onbruik geraakt. Verschillende internationale en nationale instellingen, zoals bijv. het IMF, de FED (Federal Reserve Board), de EEG, de centrale banken, de planbureaus enz., blijven in belangrijke mate het klassieke patroon van de simultane vergelijkingen volgen. Dat kan ook moeilijk anders, want men kan er inderdaad niet omheen dat de niet-structurele benadering tot nog toe geen valabel alternatief biedt om effecten van economisch beleid te bepalen. Ook de opbouw van scenario's en de uitvoering van impactanalyses resulteren in conditionele voorspellingen, terwijl niet-structurele econometrische modellen onvermijdelijk uitmondten in onconditionele voorspellingen.

De kritiek van Lucas en de problemen van de jaren zeventig hebben in feite de weg bereid voor nieuwe macro-econometrische modellen, die gebaseerd zijn op dynamische stochastische elementen met nadruk op preferenties, technologie en spelregels. Vandaar ook de benaming DSGE-modellen (*dynamic stochastic general equilibrium*). Hun belangrijkste vernieuwing bestaat uit de fundering op een volledig gespecificeerde stochastische dynamische optimalisatie, die ze immuun maakt voor de kritiek van Lucas.

Deze econometrische modellen die behoren tot de structuurbenadering, zijn begonnen met eenvoudige micro-economische "lineair-kwadratische" verbanden. Daarin nemen economische agenten met kwadratische preferenties optimaliseringsbeslissingen in omgevingen die gekenmerkt zijn door lineaire productietechnologieën. Het resultaat blijkt een vereniging te zijn van moderne macro-economische theorie met niet-structurele tijdreeksenconometrie en bakent aldus de weg af naar een nieuwe structurele econometrie. Alleen gaat het thans veel trager en voorzichtiger.

Wellicht kan deze terugblik de indruk wekken dat de econometrie een vak is waar meningsverschillen en controversen schering en inslag zijn. Dat is in zoverre correct omdat het in het verleden al zo was en ook in de jaren zeventig. Het controversiële karakter van de econometrie illustreert echter eveneens de onweerlegbare dynamiek van het vakgebied. Trouwens, de controversen moeten ook worden gerelativeerd, tot redelijke proporties gereduceerd en in een juist perspectief geplaatst. De vele realisaties van de econometrie buiten het domein van de macro-econometrie mogen in dit verband dan ook niet uit het oog worden verloren.

Op de in het vorige punt gestelde vraag kunnen we antwoorden dat allerlei tekenen wijzen op een schuchtere herleving van de structurele aanpak in de econometrie, weliswaar volgens compleet nieuwe vormen.

Als algemeen besluit mogen we stellen dat de econometrie als vak uitgeweid is tot een vrij solide geheel van theoretische kennis, gekoppeld aan een ruime waaier van toepassingen in de algemene economie, de bedrijfseconomie en de sociale wetenschappen. Op het specifieke bedrijfs-economische of bedrijfskundige terrein kunnen belangrijke toepassingen worden gesignaleerd, met de nadruk op de econometrie van de financiële markten, de marketing en de accountancy.

Uit dit alles mag evenwel niet worden afgeleid dat de econometrie een niveau van volledige ontwikkeling heeft bereikt. Deze jonge discipline heeft in de twintigste eeuw al een lange weg afgelegd, maar – zoals dit past in elke wetenschap – wachten verschillende onderdelen nog op verder onderzoek. Voor het vakgebied geldt niet zozeer een "happy" maar vooral een "open end", met in het vooruitzicht een verdere groei en nieuwe verwezenlijkingen.

Bibliografie

- ALLARD, R.J. (1974), *An Approach to Econometrics*, Londen, Philip Allan.
- AMEMIYA, T. (1985), *Advanced Econometrics*, Cambridge, Massachusetts, Harvard University Press.
- BARTEN, A.P. (1966), *Theorie en Empirie van een Volledig Stelsel van Vraagvergelijkingen*, Den Haag, Drukkerij Pasmans.
- BERA, A.K. en C.M. JARQUE (1981), *An Efficient Large-Sample Test for Normality of Observations and Regression Residuals*, Canberra, Australian National University Working Papers in Econometrics, 40.

- BERNDT, E.R. en L. CHRISTENSEN (1973), "The Translog Function and the Substitution of Equipment, Structures and Labor in the U.S. Manufacturing, 1929-1968", *Journal of Econometrics*, 1, blz. 81-114
- BERNDT, E.R. (1990), *The Practice of Econometrics: Classic and Contemporary*, Reading, Massachusetts, Addison-Wesley.
- BREUSCH, T.S. en L.G. GODFREY (1981), "A Review of Recent Work on Testing for Autocorrelation in Dynamic Simultaneous Models", in: D. CURRIE, R. NOBAY en D. PEEL, *Macroeconomic Analysis: Essays in Macroeconomics and Econometrics*, Londen, Croom Helm.
- BREUSCH, T.S. en A.R. PAGAN (1980), "The Lagrange Multiplier test and its applications to model specification tests in econometrics", *Review of Economic Studies*, 47, blz.239-253.
- BOLLEN, K.A. (1989), *Structural Equations with Latent Variables*, New York, John Wiley.
- BOLLERSLEV, T. (1986), "Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity", *Journal of Econometrics*, 31, blz. 149-192.
- BOWDEN, R.J. (1978), *The Econometrics of Disequilibrium*, Amsterdam, North-Holland Publ. Cy.
- BOX, G.E.P. en G.M. JENKINS (1970), *Time Series Analysis*, San Francisco, Holden Day.
- CHAREMZA, W.W. en D.F. DEADMAN (1997), *New Directions in Econometric Practice*, Cheltenham, VK, Edward Elgar, 2nd ed.
- CHOW, G.C. (1960), "Tests of equality between sets of coefficients in two linear regressions", *Econometrica*, 28, blz. 591-605.
- DIEBOLD, F.X. (1998), "The Past, Present and Future of Macroeconomic Forecasting", *Journal of Economic Perspectives*, 12, blz. 175-192.
- DRÈZE, J. (1962), *The Bayesian Approach to Simultaneous Equation Estimation*, O.N.R. Research Memorandum 67, Northwestern University.
- ENGLE, R.F. (1982), "Autoregressive Conditional Heteroskedasticity with Estimates of the Variance of U.K. Inflation", *Econometrica*, 50, blz. 987-1008.
- ENGLE, R.F. en D.L. MCFADDEN, eds. (1994), *Handbook of Econometrics*, boekdeel 4, Amsterdam, North-Holland Publ. Cy.
- ENGLE, R.F. en C.W.J. GRANGER (1987), "Co-integration and Error Correction: Representation, Estimation and Testing", *Econometrica*, 55, blz. 251-276.
- FREES, E.W. (1996), *Data Analysis Using Regression Models: The Business Perspective*, New Jersey, Prentice Hall.
- GODFREY, L. (1988), *Misspecification Tests in Econometrics*, Cambridge, Cambridge University Press.
- GORIS, H. (1972), *Inleiding in de Econometrie*, Amsterdam, J.H. De Bussy / Utrecht, A. Oosthoek.
- GRANGER, C.W.J. (1969), "Investigating Causal Relations by Econometric Models and Cross-Spectral Methods", *Econometrica*, 37, blz. 424-438.
- GREENE, W.H. (2000), *Econometric Analysis*, New Jersey, Prentice Hall, 4th ed.
- GRILICHES, Z. en M.D. INTRILIGATOR (1983, 1984, 1986), *Handbook of Econometrics*, boekdelen 1 tot 3, Amsterdam, North-Holland Publ. Cy.
- HAAVELMO, T. (1944), "The Probability Approach in Econometrics", *Econometrica*, vol. 12, supplement.
- HAAVELMO, T. (1947), "Methods of Measuring the Marginal Propensity to Consume", *Journal of the American Statistical Association*, vol. 42, blz. 105-122.
- HÄRDLE, W. (1990), *Applied Nonparametric Regression*, Econometric Society Monographs 19, Cambridge University Press.
- HAUSMAN, J. (1978), "Specification Tests in Econometrics", *Econometrica*, 46, blz. 1251-1271.
- HENDRY, D.F. en M.S. MORGAN (1995), *The Foundations of Econometric Analysis*, Cambridge, Cambridge University Press.
- HILDRETH, C. en J. HOUCK (1968), "Some Estimators for a Linear Model with Random Coefficients", *Journal of the American Statistical Association*, blz. 584-595.
- HUBER, P.J. (1973), "Robust Regression: Asymptotics, Conjectures and Monte Carlo", *Annals of Statistics*, blz. 799-821.
- JOHANSEN, S. (1991), "Estimation and hypothesis testing of cointegration vectors in Gaussian vector autoregressive models", *Econometrica*, 59, blz. 1551-1580.
- JOHNSTON, J. (1963), *Econometric Methods*, New York, McGraw-Hill.
- JUDGE, G.J., W.E. GRIFFITHS, R.C. HILL en T.C. LEE (1980), *The Theory and Practice of Econometrics*, New York, John Wiley.
- KALMAN, R.E. (1960), "A New Approach to Linear Filtering and Prediction Problems", *Journal of Basic Engineering Transactions of the ASME*, series D, 82, blz. 35-45.
- KLEIN, L.R. (1950), *Economic Fluctuations in the U.S., 1921-1941*, New York, John Wiley.
- KLEIN, L.R. (1953), *A Textbook of Econometrics*, New York, Harper & Row.
- KLEIN, L.R. (1962), *An Introduction to Econometrics*, Englewood Cliffs, New Jersey, Prentice Hall.
- KOOPMANS, T.C., ed. (1950), *Statistical Inference in Dynamic Economic Models*, New York, John Wiley.
- KOOYMAN, M.A. (1971), *Onechte Variabelen in de Econometrie*, Assen, Van Gorcum & Comp.
- LEE, C.F. (1993), *Statistics for Business and Financial Economics*, Lexington, Massachusetts, D.C. Heath and Company.
- LIU, T.C. (1960), "Underidentification, structural estimation and forecasting", *Econometrica*, 28, blz. 855-865.
- MADDALA, G.S. (1977), *Econometrics*, Tokio, McGraw-Hill Kogakusha Ltd.
- MALINVAUD, E. (1964), *Méthodes Statistiques de l'Econométrie*, Parijs, Dunod.
- MANDELBROT, B. (1963), "New Methods in Statistical Economics", *Journal of Political Economy*, oktober.
- MATYAS, L. en P. SEVESTRE, eds. (1996), *The Econometrics of Panel Data: A Handbook of the Theory with Applications*, Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.
- MORGENSTERN, O. (1928), *Wirtschaftsprognose: Eine Untersuchung ihrer Voraussetzungen und Möglichkeiten*, Wenen, Julius Springer.
- PINDYCK, R.S. en D.L. RUBINFELD (1976), *Econometric Models and Economic Forecasts*, Tokio, McGraw-Hill.
- ROUSSEEUW, P.J. (1984), "Least Median of Squares Regression", *Journal of the American Statistical Association*, 79, blz. 871-880.

- SCHILDERINCK, J.H.F. en R.A. VAN STRAELEN (1965), "Attempts towards a Quantitative Analysis of the Influence of European Integration on the Benelux Economy", in: *The Market Economy in Western European Integration*, Leuven, Ed. Nauwelaerts, blz. 313-344.
- SCHMIDT, P. (1976), *Econometrics*, New York, Marcel Dekker Inc.
- SIMS, C.A. (1980), "Macroeconomics and Reality", *Econometrica*, 48, blz. 1-48.
- STEIN, C. (1956), "Inadmissibility of the Usual Estimator for the Mean of a Multivariate Normal Distribution", *Proceedings of the Third Berkeley Symposium*, vol. 1, Berkeley, University of California Press, blz. 197-206.
- STROTZ, R. en H. WOLD (1960), "Recursive vs. nonrecursive systems: An attempt at synthesis", *Econometrica*, 28, blz. 417-427.
- THEIL, H. (1961), *Economic Forecasts and Policy*, Amsterdam, North-Holland Publ. Cy.
- THEIL, H. (1966), *Applied Economic Forecasting*, Amsterdam, North-Holland Publ. Cy.
- THEIL, H. (1971), *Principles of Econometrics*, New York, John Wiley.
- TINBERGEN, J. (1939), *An econometric approach to business cycle problems*, Parijs, Hermann & Cie.
- TINBERGEN, J. (1951), *Econometrics*, Londen, George Allen & Unwin.
- TINBERGEN, J. (1959), *Selected Papers*, edited by L.H. KLAASSEN, L.M. KOYCK and J.H. WITTEVEEN, Amsterdam, North-Holland Publ. Cy.
- TINTNER, G. (1952), *Econometrics*, New York, John Wiley.
- VAN STRAELEN, R. (1998), "Nieuwe ontwikkelingen in de econometrie", *Economische Didactiek*, jg. 31, nr. 2, blz. 37-45.
- VERBEEK, M. (2000), *A Guide to Modern Econometrics*, Chichester, John Wiley.
- WALD, A. (1936), *Berechnung und Ausschaltung von Saisonschwankungen*, Wenen, Julius Springer.
- WALD, A. (1943), "Tests of Statistical Hypotheses Concerning Several Parameters When the Number of Observations is Large", *Transactions of the American Mathematical Society*, 54, blz. 426-482.
- WOLD, H.O.A. (1938), *A study in the analysis of stationary time series*, Uppsala, Almqvist & Wiksells, 2nd ed., 1954.
- WOLD, H.O.A. (1949), "Statistical Estimation of Economic Relationships", *Econometrica*, vol. 17, 1949, supplement blz. 9-21.
- WORKING, H. (1934), "A Random-Difference Series for Use in the Analysis of Time Series", *Journal of the American Statistical Association*, 29.
- WU, D.M. (1973), "Alternative tests of independence between stochastic regressors and disturbances", *Econometrica*, 41, blz. 733-750.
- ZAREMBKA, P. (1968) "Functional form in the demand for money", *Journal of the American Statistical Association*, 63, blz. 502-511.
- ZELLNER, A. (1962), "An Efficient Method of Estimating Seemingly Unrelated Regressions and Tests for Aggregation Bias", *Journal of the American Statistical Association*, blz. 348-368.
- ZELLNER, A. (1971), *An Introduction to Bayesian Inference in Econometrics*, New York, John Wiley.

Anton P. Barten *

De wet van de vraag

1. Inleiding

Vrijwel iedere econometrist is vertrouwd met het beeld van de neerwaartse helling van de vraagcurve. Deze brengt tot uitdrukking dat een prijsverhoging leidt tot een vermindering van de vraag naar het goed waarvan de prijs stijgt. Men kan ook de relatie omkeren. Een vergroting van de hoeveelheid van een goed drukt de prijs die men voor een eenheid van het goed wil betalen. De tweede formulering heeft zeer oude papieren. Zij is afkomstig van Davenant (1699), die vaststelde dat de prijs van graan lager was naarmate de oogst omvangrijker was. Het is een van de eerste voorbeelden van een economische "wet": een empirisch verschijnsel van algemene geldigheid. In de ogen van velen is de dalende vraagcurve zo vanzelfsprekend dat deze geen nadere verklaring of rechtvaardiging nodig heeft. Samen met de stijgende aanbodskromme vormt zij de twee bladen van de schaar van Marshall, die een stabiel marktevenwicht waarborgen, althans als dat bestaat.

De economische wetenschap kent eigenlijk geen empirische wetten. Er zijn altijd wel voorbeelden te vinden waarbij de wet om een of andere reden niet opgaat. Dat is ook het geval voor de vraagwet. Neem de situatie dat een prijsstijging wordt gezien als een aankondiging van een, verdere, ernstige stijging van de prijs in de naaste toekomst. De vrager gaat

* Anton P. Barten is emeritus professor van de K.U.Leuven.

Het commentaar op een eerste versie van deze tekst door Max van de Sande Bakhuyzen is met dank verwerkt. De verantwoordelijkheid voor fouten en andere tekortkomingen blijft echter bij de schrijver berusten.