

# Årsag og virkning i økonomien – en oversigt

Niels Kærgård og Anders Milhøj

Økonomisk Institut/Statistisk Institut, Københavns Universitet

*SUMMARY: The article surveys the literature relating to causality and exogeneity from the past 15 years or so. Both Granger's causality definition, tests for Granger-causality and the new terms weak, strong and super exogeneity are discussed. It is shown that the new definitions of exogeneity are closely related to the older terms »exogenous and pre-determined variables« as well as to »autonomous relations« by Frisch and others. The new definitions are seen both as a clarification of the old ones and as an attempt to make them statistically testable.*

---

## Indledning

Diskussionen af hvilke årsagssammenhænge, der er gældende, er og har altid været central i økonomien såvel som i de fleste andre videnskaber. Dette gælder såvel den økonomisk-politiske debat som i fagligt-videnskabelige sammenhænge.

Hvad man præcist forstår ved, at der er en årsagssammenhæng, og hvordan det om muligt statistisk skal testes, om der er en sådan, har derimod alt for tit været særdeles uklart.

De metoder, man ser i visse statistiske anvendelser, hvor man betragter en høj korrelation som en indikation for et årsagsforhold, er selvfølgelig ikke særlig fornuftige. For det første siger korrelation intet om, hvad vej kausalitet mellem de to korrelerede størrelser går, for det andet kan korrelation også skyldes, at begge de undersøgte forhold påvirkes af en fælles tredje faktor (høj rente og høje investeringer kan følges ad, men det er ikke fordi der er nogen årsagssammenhæng, men fordi begge reagerer på en generelt øget efterspørgsel i økonomien). Endelig vil der i en situation med trend i de variable kunne forekomme ren nonsens korrelation.

Siden omkring 1970 har en række statistikere og økonometrikere startende med

---

Forfatterne takker Karsten Albæk, Per Bremer Rasmussen, Svend Hylleberg og Bent Sørensen for nyttige kommentarer til tidligere udkast til denne artikel.

Denne artikel er den sjette i en række af oversigtsartikler i Nationaløkonomisk Tidsskrift. Tidligere har været offentliggjort: Jørgen Birk Mortensen: Nyere kapitalteori — en oversigt, *NT* 120 (1982):119-39; Ellen Andersen: Opbrud i makroøkonomien — en oversigt, *NT* 121 (1983):1-16; Peder J. Pedersen: Nyere arbejdsmarkedsteori — en oversigt, *NT* 121 (1983):141-59; Peter Erling Nielsen: Nyere penge teori — en oversigt, *NT* 122 (1984):1-29; Gunnar Viby Mogensen: Forskning i sort økonomi — en oversigt, *NT* 123 (1985):1-19. *Red.*

# Årsag og virkning i økonomien – en oversigt

Niels Kærgård og Anders Milhøj

Økonomisk Institut/Statistisk Institut, Københavns Universitet

*SUMMARY: The article surveys the literature relating to causality and exogeneity from the past 15 years or so. Both Granger's causality definition, tests for Granger-causality and the new terms weak, strong and super exogeneity are discussed. It is shown that the new definitions of exogeneity are closely related to the older terms »exogenous and pre-determined variables« as well as to »autonomous relations« by Frisch and others. The new definitions are seen both as a clarification of the old ones and as an attempt to make them statistically testable.*

---

## Indledning

Diskussionen af hvilke årsagssammenhænge, der er gældende, er og har altid været central i økonomien såvel som i de fleste andre videnskaber. Dette gælder såvel den økonomisk-politiske debat som i fagligt-videnskabelige sammenhænge.

Hvad man præcist forstår ved, at der er en årsagssammenhæng, og hvordan det om muligt statistisk skal testes, om der er en sådan, har derimod alt for tit været særdeles uklart.

De metoder, man ser i visse statistiske anvendelser, hvor man betragter en høj korrelation som en indikation for et årsagsforhold, er selvfølgelig ikke særlig fornuftige. For det første siger korrelation intet om, hvad vej kausalitet mellem de to korrelerede størrelser går, for det andet kan korrelation også skyldes, at begge de undersøgte forhold påvirkes af en fælles tredje faktor (høj rente og høje investeringer kan følges ad, men det er ikke fordi der er nogen årsagssammenhæng, men fordi begge reagerer på en generelt øget efterspørgsel i økonomien). Endelig vil der i en situation med trend i de variable kunne forekomme ren nonsens korrelation.

Siden omkring 1970 har en række statistikere og økonometrikere startende med

---

Forfatterne takker Karsten Albæk, Per Bremer Rasmussen, Svend Hylleberg og Bent Sørensen for nyttige kommentarer til tidligere udkast til denne artikel.

Denne artikel er den sjette i en række af oversigtsartikler i Nationaløkonomisk Tidsskrift. Tidligere har været offentliggjort: Jørgen Birk Mortensen: Nyere kapitalteori — en oversigt, *NT* 120 (1982):119-39; Ellen Andersen: Opbrud i makroøkonomien — en oversigt, *NT* 121 (1983):1-16; Peder J. Pedersen: Nyere arbejdsmarkedsteori — en oversigt, *NT* 121 (1983):141-59; Peter Erling Nielsen: Nyere penge teori — en oversigt, *NT* 122 (1984):1-29; Gunnar Viby Mogensen: Forskning i sort økonomi — en oversigt, *NT* 123 (1985):1-19. *Red.*

C.W.J. Granger arbejdet med kausalitetsproblemer, både for at få formaliseret, hvad der menes med kausalitet, og for at få udviklet anvendelige statistiske test. Med Engle, Hendry og Richards artikel fra 1983 er den gamle skelnen mellem eksogene og endogene variable samtidig blevet præciseret, delvist ved hjælp af de nye kausalitetsbegreber. I denne artikel skal gives en oversigt over disse arbejder vedrørende kausalitet og eksogenitet.<sup>1</sup>

I næste afsnit skal der gives en oversigt over analyserne vedrørende kausalitet, 3. afsnit refererer de nye eksogenitetsbegreber, og i 4. afsnit sættes de nye begreber i relation til det apparat, der var udviklet i økonometrien før 1970, d.v.s. den opfattelse der vel stadig må betragtes som konventionel visdom, og som er det, der indgår i de fleste lærebøger i økonometri og økonomisk metode. I sidste afsnit diskuteres, hvor langt man kan komme med de nye begreber og test.

## 2. Kausalitet og kausalitetstest

Når man taler om årsagssammenhænge kan man mene mange ting; man kan have situationer, hvor et forhold nødvendigvis følger af et andet, eller hvor sandsynligheden for det andet stiger, hvis det første foreligger. Derfor plejer man, når man taler om det kausalitetsbegreb, der skal gennemgås her, at omtale det som Granger-kausalitet, eller at et forhold Granger-forårsager et andet. Derved har man præciseret, at man arbejder indenfor det begrebsapparat, som er opstillet af C.W.J. Granger (Granger, 1969; for en oversigt se Granger 1980).

Grundideen er den intuitive, at årsagen tidsmæssigt må komme før virkningen, og at årsagsforhold derefter kan formuleres som et udsagn i betingede sandsynligheder. Granger definerer udsagnet, at B forårsager A, som ensbetydende med, at sandsynligheden, for at A forekommer i næste periode<sup>2</sup>, afhænger af, om man ved at B er indtruffet eller ej; d.v.s. B er en årsag til A, hvis

$$P(A_{t+1} | \Omega_t) \neq P(A_{t+1} | \Omega_t \setminus B_t) \quad (1)$$

hvor  $P(A_{t+1} | \Omega_t)$  betegner sandsynligheden for, at A indtræffer i periode  $t+1$  givet alle relevante forhold  $\Omega$  i periode  $t$ , og  $P(A_{t+1} | \Omega_t \setminus B_t)$  er den tilsvarende sandsynlighed givet alle andre relevante forhold, men ikke B. Hvis B ikke er årsag til A, er sandsynligheden for A altså uafhængig af, om man betinger med B eller ej.

Denne definition af, at der er en virkning fra B til A siger altså ikke, at hvis B er ind-

<sup>1</sup> En mere formaliseret gennemgang med en række pædagogiske eksempler findes i Milhøj (1985).

<sup>2</sup> At der er én periode imellem er ikke noget specielt; tidsenheden kan blot defineres, som den tidsmæssige afstand mellem årsag og virkning.

truffet, da indtræffer A, men blot at sandsynligheden, for at A indtræffer, ændres. Definitionen udelukker ikke, at der både er en virkning fra A til B og en fra B til A; sandsynligheden for store lønstigninger i næste periode kan afhænge af prisstigningerne i denne, samtidig med at sandsynligheden for store prisstigninger i næste periode afhænger af lønstigningerne i nuværende periode.

Et specielt tilfælde er øjeblikkelig kausalitet, hvor der ikke kan registreres nogen forsinkelse mellem årsag og virkning; der er intet i vejen for at definere en sådan, men her er det selvfølgelig empirisk umuligt at afgøre, hvad vej årsagsvirkningen går. Dette problem er teoretisk næppe særligt betydningsfuldt, men i praksis, hvor der arbejdes med tal, der offentliggøres med længere mellemrum (f.eks. hvert kvartal eller hvert år), vil det være ofte forekommende.

Den her opstillede definition af Granger-kausaltet er ikke umiddelbart praktisk implementerbar, idet den uhåndterlige informationsmængde  $\Omega$  er antaget at indeholde al relevant information. I praksis vil man foretage en afgrænsning til en mængde I, som kun indeholder, hvad analytikeren betragter som de mest nødvendige baggrundsvARIABLE. Derved bliver analysen selvfølgelig åben for en kritik, der går på, at når der er fundet en kausalitet i undersøgelsen, så skyldes det alene, at der er udeladt en variabel i informationsmængden, som påvirker både det, der er fundet som »årsag« og som »virkning«.

I økonometriske sammenhænge er de forhold, der indgår, typisk tidsserier, d.v.s.  $A_{t+1}$  er værdien af en tidsserie Y i periode t+1 og  $B_t$  tilsvarende tidsserieværdien  $X_t$ . Det skal da, for at man vil sige at X ikke påvirker Y, ikke kun gælde, at  $Y_{t+1}$  er fordelt uafhængigt af  $X_t$ , men også uafhængigt af  $X_{t-1}, X_{t-2}, \dots$

Det er imidlertid umuligt at arbejde med de samlede fordelinger, og man vil derfor normalt kun se på fordelingernes middelværdi, d.v.s. at man kan definere noget, der kunne kaldes »årsag i middel« på den måde, at X forårsager Y i middel, hvis

$$E(Y_{t+1} | I_t) \neq E(Y_{t+1} | I_t \setminus X_t, X_{t-1}, X_{t-2}, \dots) \quad (2)$$

Fra den oprindelige definition, der var et udsagn om de samlede fordelinger betinget af al relevant information  $\Omega$ , er problemet forenklet til et udsagn alene om middelværdien og kun set i relation til den forenkledede informationsmængde I.

Her standser forenklingen imidlertid ikke. I økonomiske kausalitetsundersøgelser har man ofte antaget, at modellen var lineær, og at den information, det er nødvendigt at inddrage i I, indskrænker sig til de laggede værdier af Y. Derved er modellen simplificeret til

$$Y_t = \sum_{i=1}^n \alpha_i Y_{t-i} + \sum_{j=1}^m \beta_j X_{t-j} + u_t \quad (3)$$

hvor det kan testes, om der er en kausal sammenhæng fra X til Y, ved at teste om  $\beta_j$ 'erne er forskellige fra 0. Dette gøres normalt ved et F-test, hvori det undersøges, om residualvariansen i (3) er signifikant mindre end i

$$Y_t = \sum_{i=1}^p \alpha_i Y_{t-i} + v_t \quad (4)$$

Dette test bygger på alle de forudsætninger og indskrænkninger, der er gjort undervejs ved forenklingen af problemstillingen. Det kan let tænkes, at hvis der inddrages en tredje variabel  $Z_t$  (d.v.s. hvis informationsmængden  $I$  udvides fra kun at indeholde laggede  $Y$ 'er til også at indeholde  $Z$ 'er), så vil en virkning fra X til Y, der fandtes ved at analysere på (3) og (4), forsvinde.

Der ligger også i den gjorte analyseform en antagelse om, at den kausale struktur er stabil i den analyserede periode. I praksis kan man let tænke sig situationer, hvor strukturen i økonomien og dermed årsagssammenhænge skifter fra periode til periode, f.eks. efter om der er overskudsefterspørgsel eller overskudsudbud.

Et andet problem er hvorvidt de analyserede tidsserier fra starten har pæne egenskaber; ofte vil deres udvikling være præget af en klar trend. I så fald anbefales det at gøre dem stationære, f.eks. ved at gå over i ændringer. Visse forfattere anbefaler at gå videre, idet de gennemfører en tilbunds gående tidsrække-analyse af de enkelte serier (beskriver dem med en ARIMA-model), og så først begynder at se på korrelationen mellem serierne for de residualer, der bliver tilbage – de såkaldt prewhitenede serier, se Box Jenkins (1970). Der er selvfølgelig en jævn overgang fra utransformerede variable til fuld prewhitening (både ændringer og andre ad hoc transformationer har været brugt af flere forfattere<sup>3</sup>).

En anden variant af analysen, der har fundet en betydelig udbredelse i økonometrien, bygger på en idé, Sims anvendte ved sin analyse af samspillet mellem pengemængde og nationalindkomst (Sims 1972). Her sker en drejning af problemet over mod at analysere, hvad vej en kausal relation mellem to variable går. Det vises under relativt generelle statistiske forudsætninger, at det i (3) og (4) udførte test, kan erstattes af et test på relationen

$$Y_t = \sum_{i=-n}^m \alpha_i X_{t-i} + \epsilon_t \quad (5)$$

Variablen  $Y_t$  søges altså forklaret med både fortidige og fremtidige X, og det testes om  $\alpha_i$  er 0 for  $i = -m, \dots, 0$ ; d.v.s. hvis virkningen går fra X til Y, da skal fremtidige (leadede) værdier af X ikke være korrelerede med  $Y_t$ . Testet ligger tæt op ad den intuitive be-

3. F.eks. har en række forfattere bl.a. Sims anvendt  $x_t - 1,5x_{t-1} + 0,5625x_{t-2}$ , d.v.s.  $(1-0,75L)^2 x_t$ , hvor L er en lagoperator.

tragtning, at årsagen skal komme før virkningen, men denne testprocedure er følsom for autokorrelationen i restleddet; hvilket der dog kan tages hensyn til på forskellig måde.

Det blev denne artikel af Sims, hvori han søgte at anvende kausalitetstest til at afgøre striden mellem keynesianere og monetarister om, hvorvidt virkningen går fra pengemængde til indkomst eller den modsatte vej, der for alvor fik økonomerne til at interessere sig for disse test. Undersøgelsen blev efterfulgt af en række andre om samme emne, og senere blev andre emnekredse taget op. Fælles for alle er dog, at det er analyser af to serier, hvor spørgsmålet er, hvad vej kausaliteten går. Der findes f.eks. undersøgelser af lønninger og priser, af pengemængde og inflationstakt og af flere andre problemstillinger. Oversigter over analysemetoderne og resultater findes bl.a. i Pierce og Haugh (1977), og i Feige og Pearce (1979).

Det må nok generelt siges, at testene er blevet kastet ud på det dybe vand fra starten. De er blevet brugt som redskaber til afklaring af de store stridsspørgsmål i økonomien, og det er selvfølgelig sådanne steder, det er vanskeligst at få resultater og metoder generelt accepteret. Her vil der næppe være enighed om hverken problemformulering eller variabel-definition, endsize om hvilke informationsmængder og signifikansniveauer, der er relevante. Dette kan være med til at bringe testene i miskredit, og det er synd – de kan utvivlsomt være et nyttigt værktøj i situationer, hvor fronterne er mindre skarpt optrukne. Der findes en række situationer under modelbygning eller anden empirisk analyse, hvor man er villig til at lade data tale, og hvor afgørelsen ikke er særlig kontroversiel. Dette ville nok være en rimeligere arbejdsmark for disse test – i hvert fald indtil de er blevet en generelt accepteret del af det økonometriske testapparat.

### 3. Eksogenitet

Forsøgene på at definere kausalitet, så begrebet blev præcist og statistisk implementerbart måtte naturligt føre til overvejelser også vedrørende eksogenitetsbegrebet. Nye, statistisk præcise definitioner heraf blev opstillet i en artikel af Engle, Hendry og Richard i *Econometrica* 1983. Heri skelnes mellem tre forskellige former for eksogenitet, nemlig svag, stærk og super eksogenitet.

Udgangspunktet er igen sandsynlighedsfordelingerne for de indgående variable. Sandsynlighedsfordelingen for to variable  $u$  og  $v$  kan generelt spaltes op i sandsynligheden for den ene gange sandsynligheden for den anden betinget af den førstes værdi:

$$p(u, v | \Theta) = p(u | v, \Theta_u) \cdot p(v | \Theta_v) \quad (6)$$

hvor  $\Theta$ ,  $\Theta_u$  og  $\Theta_v$  er de i sandsynlighedsfordelingerne indgående parametre. Er man kun interesseret i parametrene  $\Theta_v$ , og hverken i  $\Theta_u$  eller i  $u$ 's fordeling, og er der ingen

bånd mellem parametrene  $\Theta_u$  og parametrene  $\Theta_v$ , da vil man kunne finde  $\Theta_v$  ved maksimum likelihood estimation alene ved at maksimere  $p(v | \Theta_v)$  og se bort fra  $p(u | v, \Theta_u)$ , der kun vil optræde som en proportionalitetsfaktor. Variablen  $u$  kan altså betragtes som irrelevant, og holdes uden for analysen.

Er man derimod interesseret i  $\Theta_u$ , og er der stadig ingen bånd mellem  $\Theta_u$  og  $\Theta_v$ , da vil man kunne estimere ved hjælp af  $p(u | v, \Theta_u)$ , uden at tage hensyn til  $p(v | \Theta_v)$ , idet  $v$  blot betragtes som udefra givet. Dette er, hvad der forstås ved, at  $v$  er en *svagt eksogen* variabel. Men definitionen må præciseres lidt. Betragt en model, hvis variable kaldes  $X_t$ , og som antages at være givet ved en tæthedsfunktion, der afhænger af parametrene  $\Theta$  og historien frem til tidspunkt  $t$  [d.v.s.  $\tilde{X}_{t-1}$ , hvor  $\tilde{X}_{t-1} = (X_{t-1}, X_{t-2}, \dots)$ ]. Antages de irrelevante variable (defineret som ovenfor) at være udeladte<sup>4</sup>, kan den samlede mængde af variable  $X$  deles op i  $Y_t$  og  $Z_t$ , og fordelingsfunktionen deles op (faktoriseres) på samme måde som (6):

$$f(X_t | \tilde{X}_{t-1}, \Theta) = f(Y_t, Z_t | \tilde{X}_{t-1}, \Theta) = f(Y_t | \tilde{X}_{t-1}, Z_t, \Theta_Y) \cdot f(Z_t | \tilde{X}_{t-1}, \Theta_Z) \quad (7)$$

Hvis man kun er interesseret i parametrene i  $\Theta_Y$ , og der ikke er bånd mellem  $\Theta_Y$  og  $\Theta_Z$ , kan man, jævnfør diskussionen i forbindelse med (6), nøjes med at betragte  $f(Y_t | \tilde{X}_{t-1}, Z_t, \Theta_Y)$  og betragte  $Z$  som eksogent givet. Man siger da, at  $Z_t$  er *svagt eksogen* med hensyn til alle de parametre  $\psi$ , der kun afhænger af  $\Theta_Y$ . Det er vigtigt at gøre sig klart, at i denne definition af eksogenitet er begrebet et relativt begreb, der afhænger af, hvilke parametre man interesserer sig for. Det betyder, at illusionen om, at man interesserer sig for og estimerer på parametrene i en given »sand« model, er opgivet. I praksis vil det jo ofte være multiplikatorer eller elasticiteter i mere eller mindre reducerede systemer, der estimeres, og da vil det afhænge af, hvilke parametre man er interesseret i, hvad der kan betragtes som eksogent.

Svag eksogenitet er præcis, hvad man har brug for, når man skal estimere  $\psi$ . Det er et udsagn om, at det kan være ligegyldigt, hvorledes  $Z$  er frembragt, når man kun interesserer sig for  $\psi$ 's fordeling. Der stilles således ingen krav om, hvorledes  $Z_t$  er frembragt. Den kan være helt ude af menneskelig kontrol, eller den kan blot være bestemt i processer, der ligger udenfor det, man interesserer sig for i undersøgelsen.

I situationer, hvor man vil forudsige eller simulere flere perioder frem, har det imidlertid også betydning, om de processer, der frembringer  $Z_t$  er påvirkede af tidligere perioders  $Y_t$  – om der er en feedback-mekanisme fra den proces, der analyseres, til senere perioders  $Z$ 'er. Hvis det er tilfældet, må man for at modellere et længere forløb også

---

<sup>4</sup> Sådanne irrelevante variable vil normalt blive »valgt« intuitivt ved undersøgelsens start, idet det da vælges, hvilke variable det er relevant at medtage; men der kunne ud fra (6) angives præcise testprocedurer til at afgøre, hvornår man kan tillade sig at betragte en variabel som irrelevant.

til at modellere disse feedback-mekanismer. Er der ikke sådanne mekanismer, d.v.s. hvis  $Z_t$  foruden at være svagt eksogen for  $Y_t$  heller ikke påvirkes af  $Y$  i Grangers forstand, da siges  $Z_t$  at være *stærkt eksogen*.

Det tredje eksogenitetsbegreb er tydeligt inspireret af den problemkreds vedrørende den økonomiske politik, der er rejst af Lucas og hans tilhængere (Lucas, 1976). Ideen heri er, at økonomiske modeller ikke kan bruges til at designe økonomisk politik, da modellen ændres, hvis man ændrer politik. Selv om skatterne i og for sig har status af eksogene variable, så lader virkningen af en skattereform sig ikke beregne i modellen, da den ændrede politik, ændrer de i modellen indgående forbrugsmønstre. Hvis man skal undgå denne situation, kræves altså dels, at de instrumenter  $Z$ , hvis virkning man vil analysere, er svagt eksogene, og dels at de parametre, man interesserer sig for, ikke påvirkes af ændringer i de mekanismer (fordelinger), der genererer  $Z$ . Dette kaldes *super eksogenitet*, og dette begreb har også interesse i en række situationer, hvor de super eksogene variable ikke er økonomisk-politiske instrumenter.

Begrebet kan anskueliggøres ved følgende lille løn-pris model:

$$p = p(q) \quad (8)$$

$$w = \alpha p \quad \begin{cases} \alpha = 0,3 & p \leq k \\ \alpha = 1 & p > k \end{cases} \quad (9)$$

hvor prisstigningstakten  $p$  er en funktion af den eksogent importerede prisstigningstakt  $q$ , og lønstigningstakten er en konstant  $\alpha$  gange prisstigningstakten. Denne konstant er imidlertid ikke uafhængig af hvilken situation økonomien er i – er der ingen særlig inflation (d.v.s.  $p \leq k$ ), da er  $\alpha$  lille; hvis økonomien derimod er indrettet på stor inflation, da kræver lønmodtagerne fuld compensation. I en situation uden inflation (eller i en med) er  $p$  svagt eksogen med hensyn til parameteren  $\alpha$ , idet  $p$ 's fordeling er upåvirket af  $w$ . Men  $\alpha$  afhænger altså af, om økonomien er i en inflationær situation eller ej; og i et sådant tilfælde, hvor en variabel kun er svagt eksogen for et givet regime, er der ikke tale om super eksogenitet.

Hermed er opstillet et begrebsapparat med tre forskellige eksogenitetsbegreber, der hver for sig sigter mod at angive en præcis betingelse for i hvilken analyseform en variabel kan betrages som eksogen. Interesserer man sig alene for estimation af parametre i en opstillet model, er svag eksogenitet det relevante begreb; vil man forudsige eller simulere, er stærk eksogenitet nødvendig, og vil man endelig beregne virkningen af en ændret økonomisk politik, har man brug for super eksogenitet.

I modsætning til det ældre begrebsapparat er det nye direkte indrettet på at give nødvendige og tilstrækkelige betingelser for at anvende en bestemt analyseform i en stokas-



tisk formuleret model. Omkostningen herved er, at definitionerne bliver mindre umiddelbart intuitivt forståelige end de gamle.

I næste afsnit skal de ny definitioner sættes i relation til den skov af ældre begreber, der behandler nogenlunde samme emnekreds. Hvor de nye eksogenitetsbegreber er opstillet i én artikel som et forsøg netop på at standardisere terminologien, er de gamle begreber groet frem gennem generationers analyser af vidt forskellige problemstillinger, og der kan derfor være betydelig variation i de enkelte forfatteres brug af begreberne. Det skal imidlertid vises, at selv om ingen af de gamle begreber svarer præcist til de nye, så er forbindelsen fra de gamle til de nye ganske tæt i en lang række normale situationer.

#### 4. Ældre eksogenitetsbegreber

Der er to forskellige eksogenitetsbegreber, der normalt optræder i standardlærebøger i økonomi og økonometri, dels et rent deterministisk i økonomisk metode og dels et stokastisk i økonometrien.

Startes med *deterministiske modeller*, som gennemgået i f.eks. Kogiku (1968) og Andersen (1979), defineres de eksogene ved, at der ikke er nogen feedback fra endogene til eksogene: »De endogene variable bestemmes i systemet, d.v.s. af modellens relationer, mens de eksogene variable og parametrene bestemmes udenfor systemet« (Andersen 1979 side 13).

Betragt følgende eksempel på en model:

$$P_t = P(P_{t-1}, K_{t-1}, Y_{t-1}) \quad (10)$$

$$\cdot M_t/P_t = M(r_t) \quad (11)$$

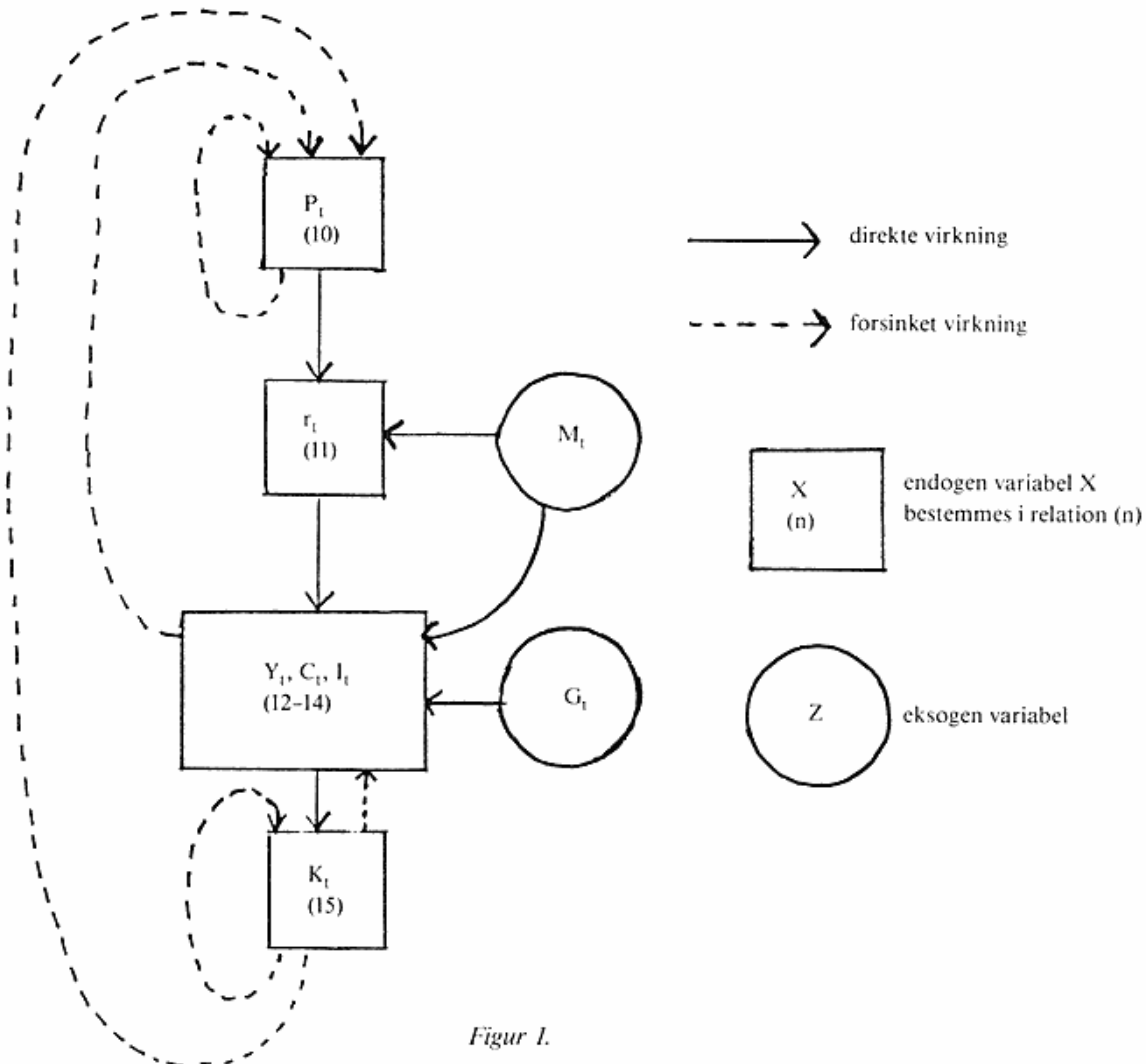
$$I_t = I(Y_t, r_t, K_{t-1}) \quad (12)$$

$$C_t = C(Y_t, M_t/P_t) \quad (13)$$

$$Y_t = C_t + I_t + G_t \quad (14)$$

$$K_t = K_{t-1} + I_t \quad (15)$$

Hvor (10) angiver, at prisniveauet  $P_t$  er en funktion af forrige periodes prisniveau og den til rådighed stående kapital,  $K_{t-1}$ , og efterspørgslen,  $Y_{t-1}$ . Ligning (11) er en pengeefterspørgselsfunktion, hvor kun renten er argument. Investeringerne betegnes  $I_t$  og forbruget  $C_t$ . Ligningerne (12)–(14) udgør således en traditionel keynesmodel. Til



Figur 1.

sidst definerer (15) næste periodes kapital. I modellen betragtes pengemængden  $M_t$  og de offentlige udgifter  $G_t$  som eksogene, hvilket vil sige, at modellen fungerer som vist i fig. 1. Først bestemmes  $P$  i relation (10), dernæst  $r$  i (11) og så  $Y, C$  og  $I$  i en simultan blok bestående af ligning (12-14). Til sidst defineres kapitalapparatet i næste periode i (15).

Efter den sædvanlige praksis fra metodelærebøgerne (Andersen 1979, Kogiku 1968), vil man i denne model tale om  $M_t$  og  $G_t$  som eksogene variable,  $P_{t-1}$ ,  $K_{t-1}$  og  $Y_{t-1}$  som laggede endogene,  $P_t$  som endogen af 0'te kausale orden,  $r_t$  som endogen af 1. orden,  $I_t$ ,  $Y_t$  og  $C_t$  som endogen af 2. orden og endelig  $K_t$  som endogen af 3. orden.

Nu er det klart, at den nye terminologi ikke uden videre lader sig overføre på modellen, idet denne ikke er stokastisk og det ikke er præciseret, hvad der ønskes estimeret.

Lad os imidlertid antage, at det er forbrugsfunktionens parametre, der ønskes estimeret. Lad stokastikken bestå i et stokastisk restled med middelværdien 0 for hver af relationerne (10-13), og antage, at disse restled er uafhængige af hinanden, d.v.s. modellen har residualerne  $u_t = (u_{10t}, u_{11t}, u_{12t}, u_{13t})$  hvor

$$E(u_t' u_t) = \begin{bmatrix} \sigma_{10}^2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \sigma_{11}^2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_{12}^2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \sigma_{13}^2 \end{bmatrix} \quad (16)$$

Det antages yderligere, at der ikke er nogen form for autokorrelation, d.v.s.  $E(u_t' u_{t-k}) = 0$  for alle  $k$ .

Når det er forbrugsfunktionen, der betragtes, kan man se bort fra alle de dele af modellen, der i kausal henseende ligger før den 3. blok, hvori forbruget bestemmes. Likelihoodfunktionen kan skrives som sandsynligheden for de variable i den 3. blok betinget af det, der ligger forud i kausal orden, gange sandsynligheden for dette foranliggende, d.v.s.

$$L(\Theta_A) = L_1(I_t, Y_t, C_t \mid r_t, P_t, M_t, G_t, \Theta_A) \cdot L(r_t, P_t, M_t, G_t \mid \Theta_B) \quad (17)$$

hvor  $\Theta_A$  er parametrene i 3. kausale blok (herunder i forbrugsfunktionen) og  $\Theta_B$  parametrene i de relationer, der ligger før. Dette svarer til definitionen på svag eksogenitet, hvis der ikke er bånd mellem parametrene i  $\Theta_A$  og i  $\Theta_B$ .

Med disse forudsætninger vil følgende variable kunne betragtes som svagt eksogene efter definitionen i afsnit 3 ved estimation af parametrene i forbrugsfunktionen<sup>5</sup>: de »eksogene«, de laggede endogene og endogene af lavere kausal orden end  $C_t$ , d.v.s.  $G_t$ ,  $M_t$ ,  $P_{t-1}$ ,  $Y_{t-1}$ ,  $K_{t-1}$ ,  $P_t$  og  $r_t$ . Det må imidlertid understreges, at hele dette ræsonnement, der giver en simpel forbindelse mellem traditionelle økonomiske klassifikationer og svag eksogenitet, bygger på, at stokastikken er af den mest simple type med et uafhængigt restled for hver ligning for sig.

Går man nu over til at se på stærk eksogenitet, og betragtes stadig estimation af forbrugsfunktioner i modellen (10-15), da er kravet til de variable, at de dels er svagt ekso-

5 Når man opregner de variable, der indgår i modelberegningerne for periode  $t$ , optræder også de laggede endogene. Disse kan enten betragtes som repræsenterende et i periode  $t$  eksisterende forhold (vaner, overførsler fra forrige periode o.s.v.) og er så svagt eksogene, eller som hørende til i tidligere periode og er da slet ikke med blandt de variable for periode  $t$  (d.v.s. de indgår hverken i  $Y$  eller  $Z$  i (7), men i  $\tilde{X}_{t-1}$ ). Hvilken terminologi, der anvendes, er et rent semantisk spørgsmål, idet man under alle omstændigheder kan tillade sig at betragte disse variable som givne og betinge med dem. Når den første lidt krøllede mulighed er valgt, er det, fordi man derved får klassificeret samtlige variable i modellen.

gene, og dels ikke Granger-forårsaget af C. Forbrugstal skal altså ikke kunne bruges til at forudsige nogen fremtidig værdi af en stærk eksogen variabel. Betragtes de ovenfor fundne svagt eksogene variable, så vil C i løbet af en periode påvirke de laggede endogene, og det samme gælder endogene af lavere kausal orden, idet disse variable, når virkningen i næste periode er nået en gang rundt i modellen, vil blive påvirket af C (f.eks. vil  $C_t$  og  $I_t$  blive bestemt simultant, og  $I_t$  bestemmer  $K_t$ , der igen er medbestemmende for  $P_{t+1}$ ). De stærkt eksogene variable er altså alene de traditionelle eksogene variable.

Forlades den økonomiske teori og betragtes i stedet *økonometrien*, har man her altid arbejdet med stokastiske modeller, og der findes en tradition tilbage fra de tidlige undersøgelser i Cowles-kommission (se Koopman og Hood, 1953), som mere eller mindre eksplicit går igen i diverse økonometrilærebøger (f.eks. eksplicit i Christ (1966) side 156 og 227), hvorefter der gives en stokastisk definition af begreberne prædeterminerede og eksogene variable.

Formuleringen tager udgangspunkt i en model

$$f(X_{1t}, \dots, X_{nt}, \dots) = u_t \quad (18)$$

hvor  $u_t$  er et stokastisk restled med middelværdien 0. Prædeterminerede variable er da variable, der er ukorrelerede med restleddets værdi i nutid og fremtid, d.v.s.  $X_{nt}$  er prædetermineret, hvis middelværdien  $E(X_{nt} \cdot u_{t+i}) = 0$  for  $i \geq 0$ . Tilsvarende er eksogene variable normalt defineret som variable, der er uafhængige af restleddet, d.v.s.  $X_{nt}$  er eksogen, hvis  $E(X_{nt} \cdot u_{t+i}) = 0$  for  $i$  løbende fra  $-\infty$  til  $+\infty$ . Der kan jvf. Engle, Hendry og Richard (1983) side 298–300 opstå specielle komplikationer, men betragtes normaltilfældet, som den simple model (10–15) repræsenterer, vil de variable, der i ældre økonometrisk litteratur blev kaldt prædeterminerede, være de svagt eksogene, og begrebet eksogen i traditionel økonometri vil være identisk med det moderne begreb stærk eksogene.

I simple modeller vil svagt eksogene variable altså være de samme som tidligere i økonometrien blev kaldt prædeterminerede, og omfatte det, der i deterministisk økonomi betegnes som eksogene, laggede endogene og endogene af lavere kausal orden end den betragtede variabel.<sup>6</sup> Tilsvarende vil stærkt eksogene variable være dem, der både i økonometri og deterministisk økonomi er blevet betegnet eksogene.

Generelt svarer de nye begreber således til de gamle, men i tvivlstilfælde er det de nye,

---

<sup>6</sup> Det i økonometrilærebøger anførte resultat, at man kan estimere med OLS i rekursive modeller uden at få inkonsistente resultater, selvom der står »endogene« variable på højre side af lighedstegnene, betragtes ofte som et lidt underligt specialtilfælde. Dette er efter de her anførte definitioner imidlertid helt naturligt, da der her er tale om »endogene«, der er bestemt tidligere i den kausale struktur, og altså efter den nye terminologi variable der er svagt eksogene.

der er de præcise. Hvad forstås f.eks. ved prædeterminerede variable i en situation med autokorrelation? Eller hvordan påvirkes de gamle klassifikationer, hvis der er bånd mellem parametrene (det er f.eks. de samme input-output vægte, der indgår både i prisdannelsesrelationen og i produktionsfunktionen)? Der vil være en lang række af den slags tilfælde, som de ældre begreber ikke tog hensyn til; og blev der taget hensyn til dem, ville man ende i de nye definitioner.

Det er således dokumenteret, at stærk og svag eksogenitet er en præcisering af ældre kendte begreber – og noget tilsvarende gælder til en vis grad super eksogenitet. Det er dog klart, at dette begreb først og fremmest er udsprunget af en række modefænomener i økonomisk teori. Det er blevet almindeligt at opstille generelle modeller, hvor f.eks. keynesmodellen optræder som et specialtilfælde – et regime. I sådanne modeller med flere forskellige regimer, er det selvfølgelig nærliggende at jage strukturer, der er stabile også ved regimeskift. Som nævnt tidligere er hele Lucas' kritik af økonometriske modeller bygget på, at disse ikke er uafhængige af hvilken økonomisk politik, der føres. Parametrene skifter med hvilket økonomisk-politisk regime man er i.

Dette er altså det aktuelle udgangspunkt for begrebet, men ser man nærmere på ældre arbejder, så minder dette slående om *autonomi*-begrebet som dette er udviklet bl.a. af Haavelmo og Frisch (se Nørregaard Rasmussen, 1963, kap. 7, eller Nørregaard Rasmussen, 1957), jfr. f.eks. følgende citat:

Helt foreløbig og upræcist vil man kunne sige, at en given relation er mere autonom end en anden, såfremt den er mere stabil overfor ændringer i strukturen i de øvrige dele af systemet. Sagt på en anden måde gælder det om at tilsikre, at en bestemt relation (et ræsonnement) kan fastholdes selv om man ændrer på strukturen (parametrene) eller på exogene variable i andre dele af det system, som tilsammen danner vores model [Nørregaard Rasmussen 1963, side 79].

Dengang var det bl.a. et led i en argumentation for store modeller specificerede på strukturform, men det er ikke den konklusion nyere forfattere som Sims og Lucas vil drage (se Kærgård, (1984) for en oversigt over deres metodesyn). De mener ikke store modeller er identificerede, og vil derfor tværtimod holde sig til små modeller. Denne holdningsforskel forandrer imidlertid ikke, at det nye begreb »super eksogenitet« og det gamle »autonomi« har særdeles meget med hinanden at gøre. Men medens forbindelsen tilbage fra svag og stærk eksogen helt klart fremgår af Engle, Hendry og Richard (1983), er super eksogenitets rødder i økonometriens historie ikke på samme måde velbelyst.

## 5. Konklusion

I det foregående er det vist, at der i de sidste 10-15 år med de nye begreber – Granjer-forårsage, svag, stærk og super eksogenitet – fortrinsvis er sket en præcisering af

begreber, som »forårsaget af«, »eksogene«, »prædeterminerede« og »autonom«, der hver for sig har været anvendt i hvert fald fra den formaliserede økonometriske start tilbage i 1940'erne. Dette er ganske ukontroversielt og utvivlsomt et fremskridt.

Men meget af den nye litteratur indeholder også en anden tendens, nemlig en drejning af begreberne over mod at gøre nye områder empirisk testbare. Test af, hvad vej kausaliteten går, og af, om en variabel er eksogen eller endogen, var fremmed for den klassiske økonometri; det var ting, der blev indlagt i aprioriantagelserne for den opstillede model. Men det er selvfølgelig fristende – specielt i en situation, hvor økonomerne er stærkt uenige om, hvorvidt den grundlæggende model skal være keynasiansk, monetaristisk, marxistisk, nyklassisk, eller noget helt femte – som empiriker at opgive at bygge for meget på økonomiske teorier (d.v.s. aprioriforudsætninger), og i stedet gå igang på bar bund f.eks. med at teste, hvad vej kausaliteten går. Der er da også mange, der fra Sims (1972) og frem er gået igang med at anvende de nye begreber og test til at finde det endelige svar på økonomiens store stridsspørgsmål.

Men er økonomiens data af en sådan kvalitet, at de kan bære afgørelser af den type problemer? Med års- og kvartalstal vil det være svært at registrere tidsforskelle mellem årsag og virkning, der kan være væsentligt under ét kvartal. Økonomien er ikke en eksperimenterende videnskab, og data vil derfor ofte set fra et statistisk synspunkt have en yderst uheldig struktur, f.eks. således at der er trend i alle variable. Man har derfor også ofte set, at lidt andre forudsætninger giver radikale ændringer i konklusionerne (se f.eks. Feiges og Pearces analyse af Sims' oprindelige undersøgelse).

Det er derfor nok klogt hele tiden at holde sig for øje, at resultatet af et kausalitetstest ikke er den endelige sandhed, men er betinget af den informationsmængde (det vil bl.a. sige antal timelags) og det signifikansniveau, der er anvendt i undersøgelsen. Det man ser, er kun en tilsyneladende årssagssammenhæng givet de indlagte forudsætninger (Granger taler systematisk om en *prima facie* årsag), og resultatet vil måske med andre tal eller forudsætninger vise sig at dække over noget helt andet.

Kausalitets- og eksogenitetstest er således i lighed med andre empiriske test ikke redskaber, hvis resultater uden videre står til troende; men brugt med omtanke og forsigtighed hører de utvivlsomt med i det arsenal af statistisk værktøj, økonometrikeren kan bruge til at vriste information ud af de ofte umiddelbart alt for intetsigende data.

### Litteratur

Andersen, Ellen. 1979. Økonomisk Analyse, Københavns Universitets Økonomiske Instituts blå memoserie nr. 82.

Box, G.E.P. og G.M. Jenkins, 1970. *Times series Analysis: Forecasting and Control*. San Francisco.

begreber, som »forårsaget af«, »eksogene«, »prædeterminerede« og »autonom«, der hver for sig har været anvendt i hvert fald fra den formaliserede økonometriske start tilbage i 1940'erne. Dette er ganske ukontroversielt og utvivlsomt et fremskridt.

Men meget af den nye litteratur indeholder også en anden tendens, nemlig en drejning af begreberne over mod at gøre nye områder empirisk testbare. Test af, hvad vej kausaliteten går, og af, om en variabel er eksogen eller endogen, var fremmed for den klassiske økonometri; det var ting, der blev indlagt i aprioriantagelserne for den opstillede model. Men det er selvfølgelig fristende – specielt i en situation, hvor økonomerne er stærkt uenige om, hvorvidt den grundlæggende model skal være keynasiansk, monetaristisk, marxistisk, nyklassisk, eller noget helt femte – som empiriker at opgive at bygge for meget på økonomiske teorier (d.v.s. aprioriforudsætninger), og i stedet gå igang på bar bund f.eks. med at teste, hvad vej kausaliteten går. Der er da også mange, der fra Sims (1972) og frem er gået igang med at anvende de nye begreber og test til at finde det endelige svar på økonomiens store stridsspørgsmål.

Men er økonomiens data af en sådan kvalitet, at de kan bære afgørelser af den type problemer? Med års- og kvartalstal vil det være svært at registrere tidsforskelle mellem årsag og virkning, der kan være væsentligt under ét kvartal. Økonomien er ikke en eksperimenterende videnskab, og data vil derfor ofte set fra et statistisk synspunkt have en yderst uheldig struktur, f.eks. således at der er trend i alle variable. Man har derfor også ofte set, at lidt andre forudsætninger giver radikale ændringer i konklusionerne (se f.eks. Feiges og Pearces analyse af Sims' oprindelige undersøgelse).

Det er derfor nok klogt hele tiden at holde sig for øje, at resultatet af et kausalitetstest ikke er den endelige sandhed, men er betinget af den informationsmængde (det vil bl.a. sige antal timelags) og det signifikansniveau, der er anvendt i undersøgelsen. Det man ser, er kun en tilsyneladende årssagssammenhæng givet de indlagte forudsætninger (Granger taler systematisk om en *prima facie* årsag), og resultatet vil måske med andre tal eller forudsætninger vise sig at dække over noget helt andet.

Kausalitets- og eksogenitetstest er således i lighed med andre empiriske test ikke redskaber, hvis resultater uden videre står til troende; men brugt med omtanke og forsigtighed hører de utvivlsomt med i det arsenal af statistisk værktøj, økonometrikeren kan bruge til at vriste information ud af de ofte umiddelbart alt for intetsigende data.

### Litteratur

Andersen, Ellen. 1979. Økonomisk Analyse, Københavns Universitets Økonomiske Instituts blå memoserie nr. 82.

Box, G.E.P. og G.M. Jenkins, 1970. *Times series Analysis: Forecasting and Control*. San Francisco.

- Christ, C.F. 1966. *Econometric Models and Methods*. New York.
- Engle, R.F., D.F. Hendry og J.-F. Richard. 1983. Exogeneity. *Econometrica* vol. 51, side 277-304.
- Feige, E.L. og D.K. Pearce. 1979. The Casual causal relationship between money and income: Some caveats for Time Series analysis. *The Review of Economics and Statistics*, side 521-533.
- Granger, C.W.J. 1969. Investigating causal relations by econometric models and cross-spectral methods, *Econometrica* vol. 37, side 424-438.
- Granger, C.W.J. 1980. Testing for causality. *Journal of Economic Dynamics and Control* vol 2, side 329-352.
- Harvey, A.C. 1981. *The Econometric Analysis of Time Series*. Southampton.
- Hendry, D.F. og J.-F. Richard. 1983. The econometric analysis of economic time series. *International Statistical Review*, vol 51, side 111-163.
- Kogiku, K.C. 1968. *An introduction to Macroeconomic Models*. New York.
- Koopmans, T.S. og W.C. Hood. 1953. The Estimation of Simultaneous Linear Economic Relationships, i Hood, C.W. og F.C. Koopmans (red.): *Studies in Econometric Methods*. Yale.
- Kærgård, N. 1984. Den økonometriske metode og kritikken heraf i L. Spange Mortensen (red): *Symposium i anvendt statistik*. Århus.
- Lucas, R.E. Jr. 1976. Econometric Policy Evaluation: A Critique, *Journal of Monetary Economics, supplementary series*, vol. 1 (red. K. Brunner og A. Meltzer), side 19-46. Amsterdam.
- Milhøj, A. 1985. Kausalitet og eksogenitet. *Københavns Universitets Statistiske Instituts blå notatserie* nr. 14.
- Nørregaard Rasmussen, P. 1957. Om Spådomme. *Nationaløkonomisk Tidsskrift*, bind 95, side 93-103.
- Nørregaard Rasmussen, P. 1963. *Om Økonomiens Metode*. Memorandum fra Københavns Universitets Økonomiske Institut. København.
- Pierce, D.A. og L.D. Haugh. 1977. The assessment and detection of causality in temporal systems. *Journal of Econometrics*, vol. 5, side 265-293.
- Sims, C.A.. 1972. Money, income, and causality. *The American Economic Review*, vol. 62, side 540-552.