

Mag
Rapp.Övr
21.659

RAPP
Övr 21.659



JÖRGEN W. WEIBULL

Darwin och marknaden

Söderbergska priset
i ekonomi 1999



TORSTEN OCH RAGNAR SÖDERBERGS
STIFTELSE HAR EFTER BESLUT AV
KUNGLIGA VETENSKAPSAKADEMIEN
TILLDELAT

Jörgen W. Weibull

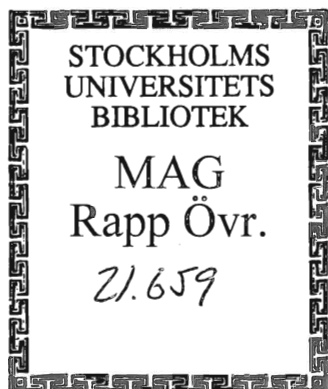
SÖDERBERGSKA PRISET
I EKONOMI 1999

*Som belöning för hans insatser
rörande evolutionära spel och deras
tillämpningar inom ekonomin*

TORSTEN OCH RAGNAR
SÖDERBERGS STIFTELSE

KUNGLIGA
VETENSKAPSAKADEMIEN





Stockholms Universitet



30001 008318778

JÖRGEN W. WEIBULL

Darwin och marknaden

Kungliga Vetenskapsakademien
och
Torsten och Ragnar Söderbergs stiftelser

Föregående mottagare av det Söderbergiska priset
i Medicin samt Ekonomi och Rättsvetenskap

- 1986 Rolf Luft*
1987 Assar Lindbeck**
1988 Nils G Kock*
1989 Kurt Grönfors**
1990 Per Björntorp*
1991 Lars E O Svensson **
1992 Per-Ingvar Brånemark*
1993 Bertil Bengtsson**
1994 Jan Holmgren och Ann-Mari Svennerholm*
1995 Torsten Persson**
1996 Björn Dahlbäck*
1997 Anders Agell**
1998 Jan-Åke Gustafsson*
1999 Jörgen W Weibull**

* genom Svenska Läkaresällskapet

** genom Kungl. Vetenskapsakademien

Kungl. Vetenskapsakademiens
Söderbergiska priskommitté 1999
Prof. Bengt Holmström, USA
Prof. Michael Hoel, Norge
Prof. Svend Hylleberg, Danmark
Prof. Torsten Persson, Sverige
Prof. Agnar Sandemo, Norge

Kungl. Vetenskapsakademien 2000
Produktion: Kungl. Vetenskapsakademien
Informationsenheten

Tryck: Mossegårds Grafiska
ISSN 1106-604x

Distribution: Kungl. Vetenskapsakademien
Receptionen
Box 50005
104 05 Stockholm
Tel: 08-673 95 00
E-post: rsas@kva.se

FÖRORD

Vid en högtidlighet på Kungl. Vetenskapsakademien den 20 januari 2000 utdelades till professor Jörgen W. Weibull det Söderbergska priset 1999 i ekonomi på 500 000 kr. Prissumman har ställts till förfogande av Torsten och Ragnar Söderbergs stiftelser.

Weibull är född 1948 och disputerade i tillämpad matematik vid Kungl. Tekniska Högskolan 1978. Han fick sin första professur i nationalekonomi år 1989 och tillträdde sex år senare sin nuvarande professur vid Handelshögskolan i Stockholm.

Jörgen Weibull har gjort viktiga insatser inom spelteorin, där han framför allt blivit internationellt känd för sin forskning rörande evolutionära spel. Sådana spel be-

skriver i matematisk form hur aktörer gradvis anpassar sitt beteende i strategiska situationer till tidigare erfarenheter: tillämpningarna sträcker sig från ekonomi till biologi. Weibulls *Evolutionary Game Theory* från 1995 är en ledande bok inom detta livaktiga forskningsområde.

Internationellt uppmärksammade är också Weibulls bidrag inom "politisk ekonomi", det forskningsområde i gränslandet mellan ekonomi och statsvetenskap som bland annat studerar drivkrafterna bakom den ekonomiska politiken. I samarbete med Assar Lindbeck har Weibull till exempel visat hur partier som tävlar om väljarnas gunst kommer att utforma offentliga transfereringsprogram.

Torsten Persson



FOTO: LARS FALCK

Professor Jörgen Weibull (t.v.) mottager det Söderbergska priset 1999 från Vetenskapsakademiens 2:e vice preses, professorn i företagsekonomi Lars Engwall vid prisutdelningsceremonien den 20 januari 2000. I bakgrunden skymtar Erik Söderberg (t.v.) och Tomas Söderberg från de Söderbergska stiftelserna.

Darwin och marknaden

JÖRGEN W. WEIBULL

I samband med millenieskiftet nämndes Charles Darwins *The Origin of Species* (1859) som ett av de viktigaste vetenskapliga bidragen under det gångna årtusendet. Två huvudteser i denna skrift kan urskiljas. För det första att arterna inte alltid har funnits; de har uppstått i en utvecklingsprocess över tiden. Denna tes stred inte bara mot kyrkans dogmer utan även mot den då förhärskande platonismen. Liksom varje guldklump i denna världsåskådning är en avspeglning eller skuggbild av "guldet idé", är växter, djur och människor ofullkomliga avbilder av motsvarande eviga idéer.

Se t.ex. Dennett (1995) för en idéhistorisk diskussion av Darwins teori.

Darwins andra, och i detta sammanhang mer centrala tes gällde drivkraften i denna utvecklingsprocess: det naturliga urvalet. Här inspirerades Darwin av nationalekonomen Thomas Malthus som i sin *Essay on the Principle of Population* (1798) utvecklade ett oroväckande scenario i vilket den globala livsmedelsproduktionen ökar linjärt över tiden medan jordens befolkning tillväxer exponentiellt. Så småningom kommer alltså, enligt Malthus, livsmedelstillgången bli otillräcklig. Läsning av denna text fick Darwin att se mekanismen i den biologiska utvecklingsprocessen: om en art tillväxer fortare i antal än dess tillgång till livsnödvändiga resurser så blir någon form av utslagning

följden och denna utslagning blir inte helt slumpmässig utan gynnar systematiskt vissa egenskaper och beteenden framför andra:

"In October 1838, that is, fifteen months after I had begun my systematic enquiry, I happened to read for amusement Malthus on *Population*, and being well prepared to appreciate the struggle for existence which everywhere goes on from long-continued observation of the habits of animals and plants, it at once struck me that under these circumstances favourable variations would tend to be preserved, and unfavourable ones to be destroyed. The result of this would be the formation of new species. Here, then, I had at last got a theory by which to work." (Charles Darwins självbiografi, återgiven i Barlow [1958, s.120]).

Idag är det i stället ekonomisk teori som inspireras av evolutionsbiologin. Darwins naturliga urval har gjort inträde i den hittills så rationalistiska nationalekonomin.

1. MARKNADER SOM SPEL

Titeln till detta föredrag innehåller också ordet "marknaden". Marknader förekommer i många former. Det kan gälla priskonkurrens, som t.ex. i dagligvaruhandeln, eller konkurrens i produktionsvolym, som

t.ex. i handeln med många jordbruksprodukter. I det senare fallet väljer varje producent sin produktionsvolym, och marknadspriset bestäms av rådande utbud och efterfrågan. Andra marknader liknar mer tävlingar, t.ex. patentjakt i läkemedelsindustrin. Här satsar företagen stora resurser på forskning och produktutveckling, och stora ekonomiska värden kan vara förknippade med att bli först med en ny produkt. På andra marknader är investeringar i produktionskapacitet av stor strategisk betydelse, t.ex. för att hålla potentiella konkurrenter borta. Till sist kan nämnas marknader för produkter som utgör länkar i ett nätverk, som t.ex. mobiltelefoner, datorer och programvara. På sådana marknader beror värdet av en viss produkt för en konsument till stor del på vilka produkter andra konsumenter i nätverket har.

Analys av denna mångfald av marknader och marknadsformer kan lätt bli splittrad och svåröverskådlig. Gemensamt har dessa marknader dock att där sker strategisk interaktion mellan de ekonomiska aktörerna. För analys av sådana interaktioner finns en sedan länge väl utvecklad formell teori, den s.k. icke-kooperativa spelteorin. Marknader kan alltså betraktas som spel, och därmed öppnas möjligheten att använda spelteoretisk metodik. Under de senaste decennierna har nationalekonomin gått i just denna riktning. Den icke-kooperativa spelteorin genomsyrar idag så gott som hela nationalekonomin.

Den gängse spelteorin bygger på två starkt rationalistiska antaganden. Man förutsätter att alla aktörer ("spelare"), d.v.s. i detta fall företag, hushåll och organisationer, är fullständigt rationella och har in-

bördes konsistenta ("rationella") förväntningar. Denna teoribildning har dock kritiserats för antagandenas brist på realism: verkliga företag löser normalt inte matematiska optimeringsproblem, och ekonomiska aktörers förväntningar är ofta sinsemellan inkonsistenta på ett sätt som svårigen kan förklaras inom ramen för rationalistisk spelteori.

Denna kritik av nationalekonomin uttrycktes redan innan spelteorin gjorde inträde på den nationalekonomiska scenen. I ett försvar av den nationalekonomiska metoden hävdade nationalekonomerna Armen Alchian (1950) och Milton Friedman (1953) att på en marknad med perfekt konkurrens kommer företagen att bete sig *som om* de vore rationella vinstmaximerare därför att konkurrensen på marknaden kommer att sortera bort dem som ej betar sig så. Om deras hypotes är riktig, så faller kritiken av nationalekonomins rationalistiska antaganden. Prediktionerna blir ändå korrekta. Genom att använda detta försvar betraktar alltså Alchian och Friedman den Darwinistiska marknadsselektionen som en mer fundamental princip än rationalitet.

"Realized positive profits, not *maximum* profits, are the mark of success and viability. It does not matter through what process of reasoning or motivation such success was achieved. The fact of its accomplishment is sufficient. This is the criterion by which the economic system selects survivors: those who realize *positive profits* are the survivors; those who suffer losses disappear." (sid 213 i Alchian [1950]).

I detta sammanhang är alltså överlevnadssannolikheten en funktion av vinsten. Under perfekt konkurrens beror vinsten, och därmed överlevnaden, endast indirekt på konkurrenternas beteende, nämligen via prissystemet som alla aktörer behandlar som fixt och givet på en sådan marknad. På en marknad med imperfekt konkurrens, däremot, beror vinsten till en stor del direkt på konkurrenternas beteenden. Ett företags överlevnad beror således på vad konkurrenterna gör, och vad dessa gör beror i sin tur på vilka av deras beteenden som har högt överlevnadsvärde för dem, som i sin tur beror vad deras konkurrenter gör, som i sin tur beror på vilka av dessas beteenden som har högt överlevnadsvärde o.s.v. En cirkeldefinition av överlevnadsvärdet tycks oundviklig. Vilket eller vilka beteenden kommer att överleva?

2. BEGREPPET EVOLUTIONÄR STABILITET

Det blev de engelska biologerna John Maynard Smith och G.R.Price (1973) som lyckades med bedriften att lösa denna Gordiska knut. Se även Maynard Smith (1974, 1980). (Maynard Smith belönades för detta med del i Crafoordpriset 1999.)

De lade därmed grunden för vad som kallas evolutionär spelteori. De tänker sig en stor population av individer som slumpvis möts i par och då interagerar med varandra på ett sätt som kan beskrivas som ett symmetriskt tvåpersoners spel. I ett sådant spel har båda spelarna samma strategimängd att välja ur.

I spelteorin är en strategi en beslutsregel som för varje beslutssituation som kan

uppkomma i spelet anger ett (deterministiskt eller randomiserat) val mellan de handlingsalternativ så då finns för handen. En strategi som randomiserar över handlingsalternativ kallas blandad, medan en strategi som inte randomiserar kallas ren. Maynard Smith och Price antar att varje ren strategi i ett symmetriskt tvåpersoners spel har ett givet överlevnadsvärde i möte med varje ren strategi. Om vi vet vilken strategifördelning som råder i en population så kan vi alltså bestämma varje strategis genomsnittliga överlevnadsvärde i det populationstillståndet.

Maynard Smith och Price definierar en strategi som evolutionärt stabil om den är robust mot småskalig "invasion" av varje annan strategi. Antag att i utgångsläget alla individer i populationen använder samma (rena eller blandade) strategi x varje gång de spelar spelet. Antag vidare att en liten populationsandel byter strategi och i stället använder strategi y varje gång. Sannolikheten att en individ ska möta en sådan "mutant" är alltså liten. Det genomsnittliga överlevnadsvärdet hos både strategi x och y i den sålunda förändrade populationen beror alltså huvudsakligen på vilket genomsnittligt överlevnadsvärde de har gentemot det stora flertalets strategi x men även, i mindre grad, på vilket genomsnittligt överlevnadsvärde de har mot den sällsynta "mutationen" y . En strategi x är evolutionärt stabil om x har högre genomsnittligt överlevnadsvärde än varje annan strategi y i varje populationstillstånd där den senares populationsandel är liten.

Denna något abstrakta definition kan illustreras i följande exempel:

	TA	DELA
TA	-1, -1	4, 1
DELA	1, 4	3, 3

I detta symmetriska tvåpersoners-spel har varje spelare två strategier att välja mellan, "ta för sig" eller "dela med sig". Siffrorna anger överlevnadsvärdet: Strategien "ta" har överlevnadsvärdet -1 mot sig själv, och överlevnadsvärdet 4 mot "dela". Strategien "dela" har överlevnadsvärdet 1 mot "ta" och överlevnadsvärdet 3 mot sig själv. Spelet kan representera en situation där två individer står inför en värdefull resurs. Det kan t.ex. gälla två personer som har möjlighet att starta ett företag tillsammans. Om båda försöker ta resursen för eget bruk (lägga beslag på företaget) resulterar detta i en konflikt som innebär en förlust av en enhet för varje part.

Om båda delar med sig (samarbetar i företaget), så får de tre enheter var. Om en försöker ta resursen och den andra delar med sig blir resultatet att den förste får 4 enheter medan den andra får 1 enhet.

Är någon strategi i detta spel evolutionärt stabil? Strategien "ta" är det inte. Ty antag att alla individer, så när som på ett litet fåtal, väljer den strategin, medan det avvikande fåtalet individer, "mutanterna", i stället använder strategin "dela". I ett sådant populationstillstånd möter varje individ ofta strategin "ta" och sällan strategin "dela". Mutanternas strategi skulle då ha ett högre genomsnittligt överlevnadsvärde, strax över 1 (de möter ibland varandra och får då 3), medan den stora majoriteten, som spelar "ta", skulle ha ett genomsnittligt överlevnadsvärde strax över

-1 (i möten med mutanter får de 4 enheter). Av samma anledning är inte heller strategien "dela" evolutionärt stabil: om nästan alla skulle använda den strategin så skulle ett fåtal mutanter som i stället spelar "ta" i genomsnitt tjäna nästan 4 enheter medan det stora flertalets strategi "dela" skulle inbringa strax under 3 enheter. Det finns således ingen ren (d.v.s. icke-randomiserad) strategi som är evolutionärt stabil i detta spel. Ett samhälle med bara "hyggliga" individer (som alltid delar med sig) saknar motståndskraft mot en småskalig invasion av "aggressiva" individer (som alltid tar för sig), och ett samhälle med enbart "aggressiva" individer saknar motståndskraft mot en småskalig invasion av "hyggliga" individer (de senare undviker konflikt med de förra och samarbetar med varandra).

Finns då någon evolutionärt stabil blandad strategi i detta spel? Man kan visa att det finns exakt en sådan strategi, nämligen att dela med sig med sannolikheten $p=2/3$. I möten med en sådan blandad strategi har alla rena och blandade strategier samma genomsnittliga överlevnadsvärde, nämligen $7/3$ enheter.

Strategin "ta" tjänar 4 enheter med sannolikheten $2/3$ och förlorar 1 enhet med sannolikheten $1/3$, vilket i genomsnitt ger $7/3$ enheter. Strategin "dela" tjänar 3 enheter med sannolikheten $2/3$ och 1 enhet med sannolikheten $1/3$, vilket återigen ger $7/3$ enheter i genomsnitt. Härav följer att även varje randomisering över "ta" och "dela" i genomsnitt ger $7/3$ enheter.

Antag att nästan alla individer i samhället använder denna blandade strategi, medan ett fåtal individer använder någon annan strategi. Skillnaden i överlevnads-

värde mellan "konformisterna", som randomiserar med sannolikheten p , och "mutanterna" består då helt och hållet av skillnaden vid möten med mutanter (ty både konformister och mutanter får i genomsnitt $7/3$ mot konformister). Antag att mutanterna använder strategien "ta". En mutant som möter en annan mutant förlorar då 1 enhet i möte med en annan mutant, medan en konformist som möter en mutant i genomsnitt tjänar $1/3$ enhet (vinst av 1 enhet med sannolikhet $2/3$, förlust av 1 enhet med sannolikhet $1/3$). En sådan mutation har således ett lägre genomsnittligt överlevnadsvärde än den stora majoritetens strategi. Antag i stället att alla mutanter använder strategien "dela". En sådan mutant erhåller då 3 enheter i möte med en annan mutant, medan en konformist som möter en sådan mutant i genomsnittlig får $10/3$ enheter (3 enheter med sannolikhet $2/3$, 4 enheter med sannolikhet $1/3$). Återigen ett lägre överlevnadsvärde för mutanternas strategi! Man kan visa att detta gäller för alla mutationer, d.v.s. för alla strategier som skiljer sig från konformisternas. Strategien att dela med sig med sannolikheten $p=2/3$ är således evolutionärt stabil i detta spel.

3. DYNAMISKA EVOLUTIONSMODELLER

Begreppet evolutionär stabilitet löser alltså den Gordiska knuten att identifiera vilka beteenden/strategier som kan överleva i situationer där överlevnadsvärdet hos ett beteende beror på omgivningen som i sin tur beror på andra beteendens överlevnadsvärden. Begreppet har emellertid sina begränsningar. För det första är det till-

lämpbart enbart på symmetriska interaktioner mellan två aktörer, medan många strategiska interaktioner av intresse bl.a. i nationalekonomin inbegriper fler aktörer och är asymmetriska. Det kan t.ex. gälla interaktionen mellan ett flertal producenter med skilda produktionskostnader som konkurrerar på en marknad, eller interaktionen mellan företagsägare och företagsledning o.s.v. För det andra avser evolutionär stabilitet endast motståndskraft mot en mutation i taget. För det tredje är begreppet statistiskt – det säger ingenting om selektionens tidsförlopp.

Taylor och Jonker (1978) utvecklade en dynamisk evolutionsmodell för symmetriska två personers spel. Denna modell vidgar alltså inte klassen av interaktioner men tar steget från en statisk till en dynamisk analys – och tillåter multipla mutationer. De visade bl.a. att en evolutionärt stabil strategi utgör ett asymptotiskt stabilt populationstillstånd i deras modell – efter en liten störning av ett sådant populationstillstånd återgår populationstillståndet asymptotiskt över tiden mot det ursprungliga tillståndet. Domänen för deras modell utvidgades senare, av Taylor (1979) och av Maynard Smith (1982), till alla spel (symmetriska så väl som asymmetriska) med ändligt många spelare och ändligt antal rena strategier. Dessa båda dynamiska modeller beskriver hur strategier sprider sig över tiden i strategiskt interagerande populationer. Därmed har de tre ovan nämnda begränsningarna övervunnits.

Man tänker sig härvid en stor – tekniskt sett oändlig – population av individer för varje spelarroll i spelet ifråga. I ett n -personers spel har man alltså n spelarpopu-

lationer. Varje ren strategi representeras av en populationsandel – den andel individer i spelarpopulationen som använder just denna strategi vid interaktion. Vektorn av populationsandelar, en andel för varje strategi som står till förfogande för en spelarroll, är matematiskt ekvivalent med en blandad strategi för spelarrollen, d.v.s. en sannolikhetsfördelning över de rena strategierna ifråga. En vektor av (blandade) strategier, en för varje spelarroll, brukar i kallas en (blandad) strategiprofil. I dessa dynamiska modeller är således en blandad strategiprofil matematiskt ekvivalent med ett populationstillstånd, d.v.s. en vektor av vektorer av populationsandelar för rena strategier. I Taylors (1979) dynamik ges tillväxthastigheten för varje populationsandel av motsvarande strategis genomsnittliga överlevnadsvärde i det aktuella populationstillståndet. I Maynard Smiths (1982) dynamik ges tillväxthastigheten i stället av motsvarande strategis relativa genomsnittliga överlevnadsvärde, d.v.s. strategis genomsnittliga överlevnadsvärde dividerat med det viktade genomsnittliga överlevnadsvärdet för alla rena strategier i spelarrollen.

Dessa två dynamiker har snarlika dynamiska egenskaper, och kan härledas från stokastiska modeller av inlärning och imitation i stora populationer av begränsat rationella individer, under mycket svaga informationsantaganden. (Se Benaim och Weibull 2000).

Tre teoretiska resultat för sådana dynamiska evolutionsmodeller kan här nämnas:

Det första resultatet är giltigt för en viss klass av populationsdynamiker, s.k. kon-

vex-monotona, dit både Taylors (1979) och Maynard Smiths (1982) dynamiker hör.

I en konvex-monoton populationsdynamik är tillväxthastigheten för varje populationsandel en växande konvex funktion av dess aktuella överlevnadsvärde (vinst, nytta). Det nämnda resultatet återfinns i Hofbauer och Weibull (1996). Specialfall bevisades först av Akin (1980) och Samuelson och Zhang (1992).

Om i utgångsläget alla rena strategier i spelet finns representerade i populationerna i fråga så kommer, enligt detta resultat, alla individer på sikt att bete sig som om de vore rationella och visste att alla individer i alla spelarpopulationer är rationella, och visste att alla andra individer visste att alla individer är rationella, o.s.v. Med rationell menas härvid att undvika rena strategier som är strikt dominerade. En ren strategi är strikt dominerad om det finns någon annan (ren eller blandad) strategi som alltid har ett högre överlevnadsvärde (ger högre vinst). Om en spelare vet att alla andra spelare är rationella i denna mening så kan spelaren utesluta de andra spelarnas strikt dominerade strategier. Detta kan leda till att spelaren själv kan utesluta fler av sina egna rena strategier, nämligen de som i det sålunda reducerade spelet blivit strikt dominerade, o.s.v. i en (ändlig) kedja av successiv eliminering av rena strategier. Denna process kallas itererad elimination av strikt dominerade strategier, och de strategier som till sist blir kvar (en ändlig och icke-tom delmängd för varje spelarroll) kallas *icke iterativt strikt dominerade*. Enligt detta resultat går alla iterativt strikt dominerade strategiers populationsandelar mot noll över

tiden, och detta gäller för alla ändliga spel utan att individerna i de interagerande populationerna behöver veta något alls om de andra spelarpopulationernas strategier eller överlevnadsvärden.

Det andra resultatet gäller för en större klass av evolutionsdynamiker, s.k. svagt payoff-monotona, som bl.a. innehåller alla dynamiker i den föregående, konvex-monotona, klassen.

Svagt payoff-monotona evolutionsdynamiker har egenskapen att om någon ren strategi existerar som, i det aktuella populationstillståndet, ger högre överlevnadsvärde än genomsnitts-strategin i population i fråga, så har minst en av dessa strategier positiv tillväxthastighet. (Se Weibull 1995).

Antag att alla rena strategier initialt finns representerade i de interagerande populationerna. Då säger detta resultat att om populationstillståndet över tiden konvergerar mot ett visst populationstillstånd, så beter sig i detta asymptotiska sluttillstånd alla aktörer som om de vore *rationella* och dessutom hade *konsistenta förväntningar*. Mer precist uttryckt beter de sig *som om de förväntade sig de andra populationernas strategifördelningar i sluttillståndet och valde strategier som är optimala under dessa förväntningar*, d.v.s. strategier som maximerar det egna förväntade överlevnadsvärdet (eller vinsten). Ett sådant populationstillstånd är ekvivalent med en *Nash-jämvikt* i det underliggande spelet.

Begreppet Nash-jämvikt är det mest centrala lösningsbegreppet i den icke-kooperativa spelteorin, och det mest använda jämviktsbegreppet i ekonomisk teori. Detta begrepp utvecklades av John Nash som även bevisade existens av sådan jämvikter i

blandade strategier i varje ändligt spel, ett bidrag som 1994 belönades med ett delat pris i ekonomisk vetenskap till minne av Alfred Nobel. Konvergens över tiden leder således till ett tillstånd där alla individer beter sig i enlighet med motsvarande Nash-jämvikt. Detta resultat återfinns i Weibull (1995). Ett specialfall härleddes först av Nachbar (1990).

Litet annorlunda formulerat: om vi hittat ett populationstillstånd som utgör den asymptotiska slutpunkten för något dynamiskt förlopp med begynnelse i något tillstånd där alla rena strategier finns representerade, så utgör sluttillståndet en Nash-jämvikt.

Det tredje resultatet gäller för samma klass av evolutionära dynamiker som det föregående men bygger inte på dynamisk konvergens utan på dynamisk stabilitet, d.v.s. egenskapen att ingen liten förändring av populationsandelarna kan föra populationstillståndet in på en bana som leder långt bort från utgångsläget.

Mer precist uttryckt är ett tillstånd x Lyapunov-stabilt om varje omgivning B till x innehåller en omgivning A till x , sådan att varje dynamiskt förlopp som startar i A förblir i B .

Resultatet utsäger att om ett populationstillstånd är dynamiskt stabilt så utgör det en Nash-jämvikt, d.v.s. alla individer beter sig som om de förväntade sig denna strategifördelning och valde strategier som är optimala under denna förväntan. Dynamisk stabilitet är i sig själv en önskvärd egenskap hos prediktioner i dynamiska modeller, eftersom små störningar annars kan leda tillståndet långt bort från prediktionen. Detta

resultat säger alltså att om vi som analytiker söker efter tillstånd med denna önskvärda egenskap så söker vi faktiskt bland spelets Nash-jämvikter, och detta utan att några rationalitetsantaganden gjorts. Alla Nash-jämvikter är dock inte dynamiskt stabila, så detta, liksom föregående, resultat visar att evolutionär dynamisk analys inte bara rättfärdigar användande av Nash-jämviktsbegreppet utan att det ibland går längre – till delmängden av dynamiskt stabila Nash-jämvikter. Detta visar sig bl.a. leda till förkastande av många blandade Nash-jämvikter.

Alla tre resultaten ger visst stöd åt Alchians och Friedmans "som om" hypotes. Två varningar är dock på plats. För det första kan i vissa spel dessa dynamiker leda till Nashjämvikter som är socialt ineffektiva – d.v.s. sådana att det finns någon annan jämvikt i spelet som resulterar i högre överlevnadsvärde för alla spelarna. Voltaires doktor Pangloss, fritt tolkad, har inte rätt – vi lever inte alltid i den bästa av alla jämvikter. För det andra: det sista resultatet har begränsad giltighet. Ty det är visserligen sant att dynamiskt stabila tillstånd utgör Nash-jämvikter, men många spel saknar dynamiskt stabila tillstånd i dessa dynamiker, och därmed förlorar detta argument för "som om" hypotesen kraft. Denna svaghet blir ännu mer påfallande om analysen fokuseras på asymptotiskt stabila tillstånd.

Mer precist så är ett tillstånd x asymptotiskt stabilt om det är Lyapunov-stabilt, och dessutom har en omgivning varifrån alla dynamiska förlopp konvergerar asymptotiskt över tiden mot x .

Denna egenskap är ännu mer önskvärd för prediktioner i dynamiska modeller än dynamisk stabilitet, eftersom asymptotisk

stabilitet innebär ännu mer robusthet mot störningar. Dessutom är asymptotisk stabilitet, till skillnad från dynamisk stabilitet, en egenskap som är robust mot små förändringar av överlevnadsvärdena i spelet. Asymptotiskt stabila tillstånd är dock per definition ännu mer sällsynta än dynamiskt stabila tillstånd.

Asymptotiskt stabila prediktioner kan trots detta alltid erhållas – till priset av minskad precision. Ty varje spel har minst en asymptotiskt dynamiskt stabil mängd av tillstånd i varje dynamik. En sådan mängd är en robust prediktion: om initialtillståndet tillhör en sådan mängd, eller befinner sig i dess närhet, så kommer tillståndet stanna kvar i eller konvergera mot mängden. En viss klass av asymptotiskt stabila mängder kan identifieras direkt ur spelet, utan att dynamiken behöver vara känd i detalj. Varje sådan mängd innehåller minst en Nash-jämvikt. Se Ritzberger och Weibull (1995).

4. ÅTER TILL MARKNADERNA SOM SPEL

Detta forskningsområde kallas evolutionär spelteori. Tidigare har analysverktyg saknats. Nu har redan vissa resultat uppnåtts, varav några nämndes ovan, och forskning pågår. Det rör sig hittills mest om grundforskning, med få konkreta tillämpningar inom nationalekonomin. För analys av marknader finns inom nationalekonomin ett stort antal spelteoretiska modeller. En angelägen forskningsuppgift är att tillämpa dessa teoretiska resultat på specifika marknadsspel, och att vidareutveckla metodiken för nationalekonomiska tillämpningar. Man kan härvid vänta sig att många

marknadsjämvikter som förutsätter att aktörerna randomiserar sina beslut kommer att visa sig vara dynamiskt instabila. I detta avseende kan alltså den evolutionära spelteorin skärpa den rationalistiska spelteorins prediktioner.

Å andra sidan kan man vänta sig att i vissa sekventiella marknadsinteraktioner de evolutionärt dynamiska prediktionerna kommer vara mindre precisa än vissa rationalistiska förfiningar av Nash-jämviktsbegreppet, som t.ex. "delspelsperfektion" – ett mycket använt förfiningskriterium utvecklat av ekonomipristagaren Reinhard Selten. Se Selten (1965, 1975). Detta kriterium utesluter bl.a. Nash-jämvikter i sekventiella spel som bygger på "icke trovärdiga hot" utanför jämvikt. Jämvikter av det senare slaget kan dock vara dynamiskt stabila i en evolutionär modell, eftersom de evolutionära krafterna som stöder sådana avvikelser, liksom de som motverkar sådana hot, kan vara mycket svaga.

5. MEDARBETARE

Jag vill tacka alla mina medarbetare och medförfattare inom området evolutionär spelteori: Abhijit Banerjee, Immanuel Bomze, Jonas Björnerstedt, Martin Dufwenberg, Josef Hofbauer, Peter Norman, Klaus Ritzberger och Maria Saez-Marti. Det har varit mycket roligt, produktivt och lärorikt att samarbeta med alla dessa, liksom med följande medarbetare inom andra delområden av nationalekonomiämnet: Kaushik Basu, Eric van Damme, Janos Kornai, Assar Lindbeck, Lars-Göran Mattsson, Sten Nyberg, Folke Snickars, David Sundén och Lars-Gunnar Svensson.

REFERENSER

- AKIN E. (1980): "Domination or equilibrium", *Mathematical Biosciences* 50, 239–250.
- BARLOW N. (1958): *The Autobiography of Charles Darwin 1809–1882*. Norton & Co (New York and London).
- BENAIM M. och J. WEIBULL (2000): "Deterministic approximation of stochastic evolution in games", opublicerad uppsats.
- DENNETT D. (1995): *Darwin's Dangerous Idea: Evolution and the Meaning of Life*. Simon and Schuster (New York).
- FRIEDMAN M. (1953): "The methodology of positive economics", in Friedman M., *Essays in Positive Economics*. University of Chicago Press (Chicago).
- HOFBAUER J. och J. WEIBULL (1996): "Evolutionary selection against dominated strategies", *Journal of Economic Theory* 71, 558–573.
- MALTHUS T. (1798): *Essay on the Principle of Population*.
- MAYNARD SMITH J. (1974): "The theory of games and the evolution of animal conflicts", *Journal of Theoretical Biology* 47, 209–221.
- MAYNARD SMITH J. (1982): *Evolution and the Theory of Games*. Cambridge University Press (Cambridge UK).
- MAYNARD SMITH J. och G.R. PRICE (1973): "The logic of animal conflict", *Nature* 246, 15–18.
- NACHBAR J. (1990): "'Evolutionary' selection dynamics in games: convergence and limit properties", *International Journal of Game Theory* 19, 59–89.
- NASH J. (1950): "Non-cooperative games". PhD thesis, Princeton University.
- RITZBERGER K. och J. WEIBULL (1995): "Evolutionary selection in normal-form games", *Econometrica* 63, 1371–1400.
- SAMUELSON L. och J. ZHANG (1992): "Evolutionary stability in asymmetric games", *Journal of Economic Theory* 57, 363–391.
- SELTEN R. (1965): "Spieltheoretische Behandlung eines Oligopolmodells mit Nachfrageträgheit", *Zeitschrift für die gesamte Staatswissenschaft* 12, 301–324.
- SELTEN R. (1975): "Re-examination of the perfectness concept for equilibrium points in extensive games", *International Journal of Game Theory* 4, 25–55.
- TAYLOR P. (1979), "Evolutionarily stable strategies with two types of player", *Journal of Applied Probability* 16, 76–83.
- TAYLOR P. och L. JONKER (1978), "Evolutionary stable strategies and game dynamics", *Mathematical Biosciences* 40, 145–156.
- WEIBULL J. (1995): *Evolutionary Game Theory*. MIT Press (Cambridge, MA).

TORSTEN OCH RAGNAR SÖDERBERGS STIFTELSE

Torsten och Ragnar Söderberg var söner till generalkonsuln Olof A Söderberg och hans hustru Otilia, född Herzog. Torsten, född 1894, var jur. kand., generalkonsul för Rumänien och chef för familjeföretaget Söderberg & Haaks verksamhet i Göteborg. Dessutom var han bl.a. ordförande i Göteborgs Köpmansförening samt vice ordförande i Göteborgs Handelskammare och Hamnstyrelse. Han avled 1960.

Ragnar, född 1900, var diplomerad från Handelshögskolan i Stockholm, sedermera ekonomie hedersdoktor. Liksom sin far var han generalkonsul för Norge. Dessutom var han bl.a. ordförande i Söderberg & Haak, Ratos, Holmens Bruk, Bulten Kant-hal, Electrolux, Esselte och Skandia samt vice ordförande i Asea och Stockholms Enskilda Bank. Han avled 1974. Bröderna grundade Ratos AB.

1960 bildades Torsten Söderbergs stiftelse, med säte i Göteborg, och Ragnar Söderbergs stiftelse, med säte i Stockholm.

Torsten och Ragnar Söderbergs stiftelser ger gemensamma anslag till vetenskaplig forskning och vetenskaplig undervisnings- och studieverksamhet företrädesvis inom de ekonomiska, medicinska och rättsvetenskapliga områdena.

Det Söderbergska Priset utdelas vartannat år inom ekonomi eller rättsvetenskap och vartannat år inom medicin; i det förra fallet efter beslut av Kungl. Vetenskapsakademien och i det andra i samarbete med Svenska Läkaresällskapet.

Det Söderbergska Handelspriset utdelas varje år i samråd med Svensk Handel.

Det Söderbergska Journalistpriset utdelas vartannat år genom Svenska Läkaresällskapet och vartannat år i samarbete med rektorerna vid handelshögskolorna i Stockholm och Göteborg, dekanerna vid de juridiska fakulteterna samt tidigare pristagare. Journalistpriset tilldelas den som genom framstående journalistisk insats bidragit till spridande av kunskap om medicin, ekonomi eller juridik.

Genom Röhsska Konstslöjdmuseet utdelas Torsten och Wanja Söderbergs Pris för nyskapande och framstående gärning inom konsthantverk och design. Detta är ett nordiskt pris.

Stiftelsernas webbplats:

www.soderbergs-stiftelse.o.se

KUNGL. VETENSKAPSAKADEMIEN

Vetenskapsakademiens tillkomst 1739 var en tidstypisk företeelse. Lärda sällskap bildades på flera håll i 1700-talets Europa. Målet var att "upparbeta och kringsprida kunskaper i matematik, naturkunnighet, ekonomi, handel och nyttiga konster och manufakturer". Akademiens nuvarande struktur, med uppgift att främja vetenskaperna, företrädesvis matematik och naturvetenskap, skapades av Jacob Berzelius på 1820-talet.

Alltjämt är akademien en självständig icke-statlig organisation, i dag med ca 350 svenska och 164 utländska ledamöter.

Verksamheten är i huvudsak inriktad mot:

- att ge vetenskaplig rådgivning och att göra utredningar till samhällets tjänst
- att verka för att vetenskapliga argument och vetenskapligt grundade överväganden förs in i samhällsdebatten
- att ge regering och riksdag förslag om forskningspolitiska prioriteringar
- att understödja forskarkontakter nationellt och internationellt
- att sprida vetenskaplig och populärvetenskaplig information i olika former
- att utdela priser, anslag och belöningar.

Ledamöterna är verksamma inom klasser och i kommittéer. De tar initiativ till utredningar, remissvar, konferenser och seminarier. Varannan vecka har akademien sina sammankomster, och i anslutning till dessa hålls öppna föredrag.

Arbetet administreras genom ett sekretariat med ett 30-tal anställda och med akademiens

ständiga sekreterare som chef. Sju forskningsinstitutioner och sex vetenskapliga tidskrifter, bl.a. miljötidskriften *Ambio*, bereder svenska och utländska forskare möjlighet till forskning och att följa forskningsfronterna. Därutöver administrerar akademien ett omfattande internationellt forskarutbyte.

Akademiens har ett starkt engagemang i miljöfrågor över hela världen. En kommitté bevakar miljöområdet samt identifierar och utreder angelägna miljöproblem. The International Geosphere-Biosphere Programme, som studerar orsaker till och effekter av globala förändringar i atmosfär, land och vatten, samordnas vid ett sekretariat på akademien.

Genom akademien har Sverige en lång tradition inom polarforskning. Polarforskningskommittén handlägger de vetenskapliga frågorna, medan det statliga polarforskningssekretariatet står för det genomförandet av forskningsprojekten.

Ett stort intresse ägnas åt utbildningsfrågor och lärarnas undervisningssituation. Genom att bl. a. anordna lärardagar, dela ut Ingvar Lindqvistpris till lärare, utge Boktips, förklara Nobelpriset i fysik och kemi på affischer vill akademien bidra till ökat intresse för naturvetenskap. Skolprojektet "Naturvetenskap och teknik för alla" drivs tillsammans med IVA. Det bygger på att stimulera lokal samverkan mellan skola/kommun, högskola och näringsliv. Kompetensutveckling för lärare, tematiskt inriktade arbetsmaterial och pensionerade naturvetenskappare, "veteraner i skolan", ingår också i projektet.

Ett stort antal fonder förvaltas av akademien, och avkastningen delas ut som stipendier och forskningsanslag. Till detta kommer utdelning av priser som Nobel- och Crafoordpriset samt Söderbergska priset.



KUNGL.
VETENSKAPSAKADEMIEN
THE ROYAL SWEDISH ACADEMY OF SCIENCES

Box 50005, 104 05 Stockholm. Tel: 08-673 95 00

Fax: 08-15 56 70, E-post: info@kva.se. Webbadress: www.kva.se