

# FÖRHANDLINGAR

## Nationalekonomiska föreningen

### 1987-10-29

Översatta, redigerade och sammanfattade av civ ek OSSIAN EKDAHL och docent ANDERS BJÖRKLUND

Ordförande: professor Karl-Göran Mäler

Inledare: professor Robert Axelrod

Övriga debattdeltagare: Ingolf Ståhl, Pavel Pelikan, Marian Radetzki, Hans

T:son Söderström, Karl Nordling.

## Från konflikt till samverkan – varför egoister samarbetar

### Karl-Göran Mäler:

Jag vill hälsa er välkomna till kvällens debatt. Kvällens inledare är professor Robert Axelrod som kommer från University of Michigan och forskar inom ämnet "Political Science", vilket ungefär svarar mot statskunskap i Sverige. I boken *Från konflikt till samverkan*, som nyligen utkommit på svenska, förklarar han hur samarbete kan ha utvecklats med hjälp av spelteori. Min gissning är att Axelrods bok kommer att spela en mycket viktig roll i den svenska diskussionen inom detta område den närmaste tiden. Vi är mycket glada att Robert Axelrod kunde komma och hålla ett föredrag om sin forskning.

Vi har också bjudit in professor Ingolf Ståhl från Handelshögskolan som debattdeltagare ikväll. Ingolf Ståhl gav ett centralt bidrag till spelteorin i sin avhandling i början på 70-talet. Under senare år har detta arbete allt oftare kommit att citeras i artiklar om förhandlingsproblem.

### Robert Axelrod:

Den fråga jag är intresserad av är: Under vilka omständigheter kan samverkan uppstå bland egoister när det inte finns någon central myndighet. Detta är ett problem

som återfinns inom många olika områden. Exempelvis har Thomas Hobbes, en politisk filosof, sagt att om alla är egoister och man inte har någon central myndighet så kommer livet att vara ondskefullt, otrevligt och kort eftersom alla kommer att vägra samarbeta. Mitt främsta intresseområde har varit internationell politik även om jag i kväll mest kommer att prata om nationalekonomiska frågor. Inom internationell politik är kapprustningen ett viktigt problem där de inblandade nationerna är egoister och ser i första hand till sina egna intressen. Det finns inte någon central myndighet som kan påverka deras beteende. Jag är intresserad av att se om samverkan kan uppstå i sådana situationer. Samma sorts problem uppstår i sociala relationer mellan vänner eller släktingar och i många olika ekonomiska situationer, exempelvis köpare och säljare där köparen betalar som överenskommet och säljaren tillhandahåller en vara med tillräcklig kvalitet. Även om det i detta exempel finns domstolar som kan döma den felande parten så vet vi att det i det verkliga livet oftare är chansen till fortsatt samarbete och inte hotet om domstol som gör att parterna håller sin del av kontraktet.

Ett annat ekonomiskt exempel är inter-

Figur 1 Fångarnas dilemma.

		SPELARE II	
		SAMARBETAR	MOTARBETAR
SPELARE I	SAM- ARBETAR	$B = 3$ $B = 3$	$F = 5$ $L = 0$
	MOT- ARBETAR	$L = 0$ $F = 5$	$S = 1$ $S = 1$

nationell handel där tullmurar är ett sätt för en nation att försöka vinna fördelar på andra nationers bekostnad.

Ytterligare ett exempel kan få visa att samarbete inte alltid är bra. Anti-trustlagarna i USA skall hindra två eller flera företag på samma marknad att samarbeta om priset på en vara eftersom detta samarbete skulle vara till förfång för konsumenterna. Det jag i fortsättningen kommer att säga är lika användbart vare sig vi vill uppmuntra eller förhindra ett samarbete.

Jag tänker lägga upp föredraget så att jag i den första delen, ca två tredjedelar, pratar mest om min bok som i huvudsak handlar om spel med två deltagare. Sedan kommer jag i den sista tredjedelen att tala mer om spel med fler än två spelare och därmed diskutera sociala och politiska normer.

### Fångarnas dilemma

Ett bra sätt att visa hur samarbete i ett spel med två personer kan uppstå och utvecklas är det spel som brukar kallas "Fångarnas dilemma."

I *Figur 1* ser vi att vi har två spelare, I och II, som antingen kan samarbeta eller motarbeta. Vad spelarna tjänar är beroende av båda spelarnas val. Om båda spelarna samarbetar så får båda spelarna en belöning på  $B=3$ . Om den första spelaren samarbetar men spelare nummer två motarbetar så är spelare två frestad av den höga vinsten på  $F=5$  och den första spelaren blir lurad och får inte någonting  $L=0$ . Spelet är helt symmetriskt så motsvarande gäller om spelare två samarbetar och spelare ett motarbetar. Om båda spelarna motarbetar varandra blir båda bestraffade och får endast en poäng  $S=1$ .

Om spelet endast spelas en enda gång så kommer båda spelarna att välja att motarbeta den andra. Vad den andre spelaren än väljer för strategi så tjänar man själv på att välja motarbetsstrategin vilket får till följd att båda spelarna får en poäng var medan de kunde ha fått 3 poäng var. Dilemmat är alltså att det är bättre för båda om de samarbetar men att det är individuellt rationellt att motarbeta den andra.

Ett spel som spelas mer än en gång blir genast mycket mer intressant, många fler möjligheter till interaktion uppstår. Ex-

empelvis kan vi utforma en strategi som utifrån historien bestämmer sannolikheten att man kommer att samarbeta i nästa spelomgång. För att vara en strategi så måste regeln, utifrån alla möjliga sekvenser, kunna tala om sannolikheten för att samarbeta. Ett exempel på en sådan, mycket enkel, strategi är LIKA-FÖR-LIKA (Tit-for-Tat) som säger att man skall samarbeta i första spelomgången och sedan göra som den andra spelaren gjorde i förra spelomgången. Om den andre spelaren samarbetar i det första draget så samarbetar du i det andra draget och vice versa. Ett annat exempel på en mycket komplicerad strategi, som har föreslagits, är att man först sätter upp en Markov-modell för vad den andre spelaren kommer att göra i nästa drag. Därefter används Bayesiansk inferens för att, utifrån spelets historia, bedöma motspelarens parametrar för att sedan utifrån skattningar med hjälp av linjärprogrammering bestämma vilket som är det optimala draget. Efter varje spelomgång görs denna procedur om för att varje gång göra det bästa draget. Om ni inte förstod allting så är det helt okey! Det viktiga är att det finns hela skalan från väldigt enkla till otroligt komplicerade strategier.

Det förväntade värdet av att ha en viss strategi kan beräknas givet att man vet vilken strategi motspelaren kommer att använda sig av. Som exempel kan vi ta värdet av att alltid luras när motspelaren alltid använder sig av LIKA-FÖR-LIKA. I första rundan erhåller den som motarbetar poängen F eftersom spelaren med LIKA-FÖR-LIKA som strategi samarbetar i första draget. I andra draget, som vi diskonterar med faktorn  $w$ , får spelaren poängen  $S$  eftersom båda spelarna motarbetar varandra. I drag tre och efterföljande motarbetar båda spelarna varandra och får  $S$  (diskonterat med faktorn  $w$ ). Vi kan skriva detta som

$$\begin{aligned} V(\text{alltid motarbeta} | \text{LIKA-FÖR-LIKA}) &= F + wS + w^2S + w^3S + \dots \\ &= F + wS(1 + w + w^2 + \dots) = F + \frac{wS}{1-w} \end{aligned}$$

Denna beräkning reser naturligtvis frågan

om vilken strategi som är den bästa. Svaret på frågan är att det finns ingen bästa strategi eller för att vara mer precis:

*Teorem 1:* Det finns ingen bästa strategi som är oberoende av vilken strategi som motspelaren väljer, om  $w$  är nog stort.

Anledningen till detta är att den bästa strategin är beroende av vilken strategi som motspelaren väljer. Antag att motspelaren alltid motarbetar dig, då är det bästa du kan göra att alltid motarbeta den andra. Men om motspelaren väljer en strategi som kallas permanent bestraffning, vilket innebär att han samarbetar tills du motarbetar honom för första gången men därefter aldrig mer samarbetar, så lönar det sig att använda en snäll strategi dvs att välja en strategi som aldrig motarbetar först. Detta leder mig till ett helt annat sätt att analysera strategierna. Eftersom det inte finns en bästa strategi så vill jag veta om det finns någon strategi som är bra i jämförelse med övriga strategier.

### Datorturneringen

Jag inbjöd spelteoretiker, från vetenskaper som nationalekonomi, psykologi och matematik, att vara med i en tävling där de kunde välja strategi efter hur de ville spela Fångarnas dilemma i flera omgångar. Vad jag fick var fjorton deltagare som hade olika strategier, en del enkla och en del komplicerade bl a den jag talade om tidigare. Sedan lät jag en dator köra dessa strategier mot varandra i tvåhundra omgångar. Vinnare lät jag bli den strategi som samlade flest poäng. Den bästa strategin blev den enklaste; LIKA-FÖR-LIKA.

Därefter samlade jag fler spelare och informerade dem om det smått uppseendeväckande resultatet och lät deras 62 strategier tävla mot varandra och LIKA-FÖR-LIKA vann igen. Detta innebär att det är en mycket robust strategi. Att LIKA-FÖR-LIKA vinner så här kan man säga är endast en del av historien, jag ville dessutom veta är om strategin är stabil.

Genom att studera strategierna på

samma sätt som utvecklingsbiologer studerar utvecklingen av olika arter så kunde jag ta reda på om LIKA-FÖR-LIKA var en strategi som skulle kunna överleva i en population av andra strategier. Vad jag ville veta var alltså om någon strategi kunde överträffa LIKA-FÖR-LIKA. Med ordet överträffa menar jag då att strategi A överträffar B om och endast om  $V(A|B) > V(B|B)$ . En annan definition som vi behöver är att B är kollektivt stabil om det inte finns någon strategi som kan överträffa den.

**Teorem 2:** LIKA-FÖR-LIKA är kollektivt stabil om diskonteringsfaktorn är tillräckligt hög, dvs om

$$w > \text{Max} \left[ \frac{F-B}{F-S}, \frac{F-B}{B-L} \right].$$

Eftersom LIKA-FÖR-LIKA har så kort minne – strategien minns endast det förra draget – så finns det endast fyra strategier som skulle kunna slå LIKA-FÖR-LIKA. Dessa är; alltid samarbete, alltid motarbete, samarbete/motarbete varannan gång och motarbete/samarbete varannan gång. Efter lite kalylerande där man försöker se när dessa strategier kan slå LIKA-FÖR-LIKA så får man fram ovanstående värden. Slutsatsen av detta är att LIKA-FÖR-LIKA och liknande regler inte är stabil om den ena parten är svag, t ex ett företag som är nära konkurs, dvs framtida spelomgångar inte har så stor betydelse. En annan slutsats kan vara att om man vill hindra samarbete så skall man inte ha spelomgångarna ofta, eftersom det innebär en hög diskonteringsfaktor.

Det finns ett problem som återstår. Problemet är att det inte bara är LIKA-FÖR-LIKA som är kollektivt stabilt utan även strategin att alltid motarbete är kollektivt stabil. Om alla andra alltid motarbetar kan du inte göra något åt detta utom att själv motarbete. Hur skall man få samarbete till stånd i en värld med endast motarbetande strategier. Svaret på detta problem är kluster. Det räcker med att några agenter, företag eller personer, använder sig av LIKA-FÖR-LIKA. Det behöver inte vara många för att de skall göra

bättre resultat än den övriga populationen när de träffas. Detta leder då till att andra som ser deras resultat kommer att imitera deras strategi. Exempelvis om  $w = 0,9$  så räcker det att strategierna LIKA-FÖR-LIKA har 5 procents sannolikhet att träffa varandra för att de skall göra bättre resultat än den resterande populationen. Det är dessutom så att ett kluster av LIKA-FÖR-LIKA kan överträffa en population med strategin att alltid motarbete, men det omvända kan aldrig ske. Det finns med andra ord en asymmetri i den sociala utvecklingen till förmån för samarbete.

### Tillämpningar

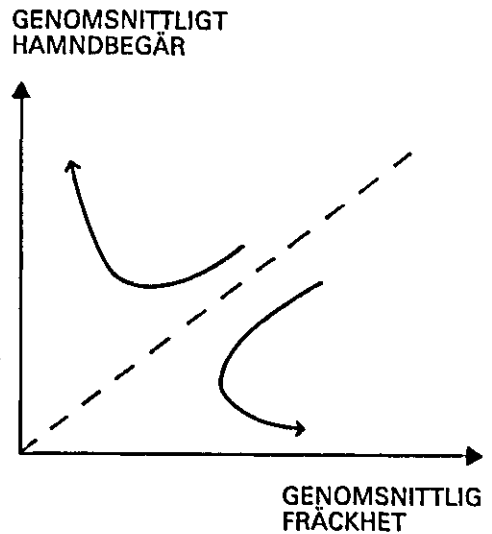
En av de första tillämpningar som slog mig var inom biologisk utvecklingslära. Jag har, tillsammans med Leonard Hamilton, utarbetat ett antal exempel om när och hur man förväntar sig att djur skall samarbete med varandra. Senare har många andra gjort empiriska studier som visar att djur (apor, fåglar, fladdermöss, fiskar med flera) verkligen samarbetar när betingelserna är lämpliga enligt de riktlinjer som vi drog upp. Det finns även andra teoretiska utvecklingar av modellen, exempelvis vad som händer med bl a stabilitetsvillkor om man inkluderar missförstånd och dylikt. Andra har gjort utvecklingar av turneringarna, t ex tre olika företag som skall sätta priset på en vara. Vad jag har sysslat med sen jag skrev boken är t ex hur man skall strukturera regler och normer så att samarbete uppmuntras.

Hittills har vi sysslat med spel för två personer och väldigt många av verklighetens spel har den formen. Men i andra situationer är det fler personer inblandade. Jag är intresserad av hur man kan få till stånd samarbete under sådana mer komplicerade förhållanden. Detta kan man modellera som ett n-personers Fångarnas dilemma. Om alla samarbetar tjänar alla på detta. Ju fler som motarbetar de andra desto mer förlorar alla utom de som motarbetar. Ett exempel är miljöföreningar. Alla vill ha en ren miljö men de som förorenar tjänar på att göra det. Ett

annat exempel kan vara studenter som fuskar på en skrivning, alla hoppas att ingen annan fuskar. Här har man möjligheten att upptäcka dem som fuskar och på något sätt bestraffa dem. Besträffningen kan innebära en kostnad för den som utför den, eftersom bestraffningen är tidskrävande. Under dessa förutsättningar kan man ställa sig samma frågor som tidigare: Kan vi få till stånd ett samarbete och kan vi få samarbetet att fortsätta?

Denna gång fanns det vissa problem att ha en turnering varför jag bestämde mig för att istället simulera spelare med slumpmässiga strategier och sedan låta de bästa strategierna vinna och få efterföljare. Spelet fungerar så att det finns en känd sannolikhet att bli upptäckt om man fuskar. Varje strategi får två olika parametrar. För det första en parameter som visar hur fräck man är (vilken är den högsta sannolikheten att bli upptäckt som man accepterar) och för det andra vilket hämndbegär man har (vad man gör när man upptäcker någon som fuskar, dvs sannolikheten att man bestraffar den som upptäcks fuska). Spelet kan läggas upp så att spelarna har en lockelse att fuska; om man fuskar får man själv tre poäng och skadar alla andra med minus ett poäng. Bli man upptäckt och bestraffad forlorar man nio poäng samtidigt som det kostar den som utför bestraffningen två poäng. Vad händer då när man simulerar detta och startar med spelare som har slumpmässiga nivåer på fräckhet och hämndbegär? Jag har infört en regel som innebär att de som får ett bra resultat är villiga att behålla sin strategi och de som får dåliga resultat byter strategi. Vad som händer är att i början finns det personer som straffar dem som upptäcks vilket innebär att det inte lönar sig att vara fräck. Den genomsnittliga fräckheten minskar. Då kommer också bestraffningarna att minska eftersom det kostar att straffa medan vinsterna av bestraffningen blir mindre ju lägre den genomsnittliga fräckheten är. När hämndbegäret minskar kommer det att löna sig att vara fräck och spelet kommer att kollapsa med maximalt fuskanke och inga bestraffningar (se *Figur 2*).

*Figur 2* Maximalt fuskanke och inga bestraffningar.



#### *Metanormer*

Vad måste till för att det hela skall fungera? Jag brukar kalla det för metanormer. Det går ut på att man skall straffa även dem som upptäcker någon med att fuska utan att straffa vederbörande. Jag har antagit att man har samma hämndbegär mot dem som inte bestraffar fuskare som man har mot dem som fuskar. Det som händer i detta fall är att det genomsnittliga hämndbegäret i samhället ökar eftersom det finns folk som hämnas och är man inte en av dem så förlorar man. När hämndbegäret ökar kommer fräckheten att minska. Vi har alltså hittat en stabil norm mot fusk. Det visar sig emellertid att resultatet beror på var spelet startar. Om vi startar i en punkt med "för mycket" fräckhet och "för lite" hämndbegär, så kommer spelet att kollapsa på samma sätt som när vi inte hade någon metanorm. Detta visar att det går att få till stånd ett samarbete mellan fler än två spelare. Ett exempel kan vara om något land gör något som inte är acceptabelt för övriga länder, exempelvis inför handelshinder, visumtvång eller apartheid. Då räcker det inte för övriga länder att straffa den nation som utfört handlingen utan man måste också straffa de länder som inte

straffar syndaren. Jag vill också säga att det, precis som i två-personers-spelet, inte är säkert att samarbete är något bra men i dylika fall är det bara att vända på resonemanget och se efter vad som krävs för att man skall kunna förhindra samarbetet.

Låt mig till sist summera och dra några ytterligare slutsatser. I två-personers-fallet kunde vi specificera de krav som fanns för utvecklingen av samarbete. Det behövs inte vara vänskap, spelarna behöver inte tycka bra om varandra. I mitten av första världskriget fanns ett system som kallades "Live and let live", man sköt inte för att döda. Att ett sådant samarbete kunde uppstå och fortleva berodde på att förutsättningarna för samarbete fanns och man använde en strategi som påminner om LIKA-FÖR-LIKA. Man behöver inte heller kunna se in i framtiden och veta vad motspelaren tänker göra, vilket exempelvis visas av de biologiska försöken, även fiskar kan samarbeta. Det behövs ingen central myndighet. Det som behövs är att man vet vem den andra spelaren är, att det är samma som du mött tidigare. Man måste komma ihåg historien och framtiden måste spela roll. I fler-personers spelet måste man kunna upptäcka dem som fuskar, sannolikheten för upptäckt måste inte vara hög men möjligheten måste finnas. Möjligheten till individuella straff måste också finnas, vet man inte vem som förorenade floden kan man naturligtvis inte heller straffa densamma. Om dessa förutsättningar tillsammans med metanormer existerar, vilket jag tror att de ofta gör, kan man få ett stabilt samarbete till stånd.

Metodmässigt skiljer sig det jag har gjort från traditionell spelteori genom att jag inte bara är intresserad av stabilitet utan även intresserar mig för hur samarbetet kan ha utvecklats. Mitt arbete skiljer sig från vanlig ekonomisk teori genom att inte förutsätta att vi befinner oss i någon jämvikt och genom att inte förutsätta att människor är helt rationella. Man behöver inte veta någonting om varför strategier fungerar eller om den man byter till kommer att vara bättre än den man byter från. Den enda rationalitet som behövs är att man behåller sin strategi om den fun-

gerar bra och byter om strategin fungerar sämre.

### Ingolf Ståhl:

Jag är mycket glad över att få äran att lämna några kommentarer till professor Axelrods bok *Från konflikt till samarbete*. Det är en mycket intressant och viktig bok. Den har med rätta blivit lovordad för sin betydelse när det gäller att handskas med olika konfliktområden. Jag skulle här vilja rikta uppmärksamheten på den betydelse detta verk kan ha för ett mer fundamentalt vetenskapligt område, nämligen den allmänna metodiken för att handskas med konfliktsituationer.

Man kan skilja mellan tre huvudsakliga metoder för att studera konflikter eller, om man så vill, strategiska spelsituationer, nämligen

- a) spelteori, där vi använder mycket specifika "rationalitetsantaganden" beträffande deltagarnas beteende.
- b) experimentella spel, där vi studerar beteendet hos verkliga personer som spelar spel, t ex upprepade Fångarnas dilemma-spel, s k PD-spel (Prisoners' Dilemma-spel).
- c) spelsimulering, där forskaren fritt kan välja beteendeantaganden för deltagarna, men ofta väljer dessa på grundval av resultaten av experimentella spel, och sedan omvandlar dessa antaganden till datorsubrutiner och använder dem i en dator.

För att nämna några framstående exempel på de tre typerna, har vi för spelteori von Neumann-Morgensterns *Theory of Games and Economic Behavior* från 1944, för experimentella spel boken om PD-spel av Anatol Rapoport och Albert Chammah från 1965 och för spelsimulering Robert Axelrods arbete från 1980-talet.

Gemensamt för alla tre metoderna är att man först måste definiera spelets regler, dvs de institutionella antagandena, rörande t ex antalet spelperioder, poängberäkning, tillgänglig information m m. Även om det är främst beträffande de be-

teendemässiga antagandena som metoderna skiljer sig, måste man dock betona att i spelexperiment och simulering måste man vara noggrann när man bestämmer de institutionella antagandena. Spelarna och datorn måste veta exakt vad spelet gäller. I spelteori är de institutionella antagandena ofta underförstådda och ibland oklara.

För att kunna jämföra de tre synsätten, låt oss först se på spelteorins sk rationella lösning av de PD-spel som används i Axelrods turneringar.

I den första turneringen med 200 omgångar, är det klart att den spelteoretiska lösningen – den sk perfekta jämviktspunkten – är den att båda parter hoppar av i alla 200 omgångarna. I den sista omgången, omgång 200, hoppar båda av, på grund av dominans, dvs *avhopp* ger en part högre belöning både när motparten spelar *samarbeta* och när han spelar *avhopp* (se *Figur 1*, där  $F=5 > B=3$  och  $S=1 > L=0$ ). I omgång 199, med omgång 200 bestämd, dominerar *avhopp* *samarbeta*, och på motsvarande sätt bestäms spelet för omgång 198, 197 osv.

Även i den andra turneringen är den spelteoretiska lösningen likaledes att båda parter hoppar av i varje omgång. Tyvärr framgår detta *inte* klart i Axelrods bok. Om vi betraktar de institutionella antagandena, som de beskrivs i själva datorprogrammen, finner vi i fotnot 5 till kapitel 2, att turnering 2 i realiteten bestod av 5 spel, på vardera 63, 77, 151, 156 och 308 omgångar. För vart och ett av dessa fem spel är den perfekta jämviktspunkten att båda parter hoppar av i samtliga omgångar.

Ett annat sätt att få samma resultat för detta avslutande spel är att notera att det finns en sista omgång med ett finit nummer, kalla det L, vilket skulle kunna vara 308, men egentligen är vilket finit nummer som helst. Om spelet skulle fortsätta till omgång L, skulle båda hoppa av. I omgång L-1, tilldelar båda parterna en sannolikhet P (t ex 0,0346) till fallet att omgång L skall vara den sista och sannolikheten 1-P till fallet att L-1 är den sista. I det fall L-1 är den sista omgången kommer båda att hoppa av, i enlighet med ovanstående resonemang. Om L däremot

är den sista omgången, kommer båda ändå att hoppa av i omgång L-1, eftersom de vet att de kommer att hoppa av i omgång L. Denna slutsats är oberoende av storleken på sannolikheten P.

På detta sätt kan vi gå bakåt, omgång efter omgång, och etablera att båda hoppar av i alla omgångar. Oberoende av storleken på den angivna sannolikheten, men så länge som det finns en sista omgång med ett finit nummer, kan vi således sluta oss till att den perfekta jämviktslösningen är den att parterna kommer att hoppa av i varje omgång.

Någon kan då replikera att de som lämnade in program till turneringen inte visste att maximum av L var 308. De kunde emellertid programmera i BASIC eller FORTRAN, och de visste att beslutet för varje omgång kunde bero på utgången av tidigare omgångar och att man därför måste spara alla beslut under ett spel i en vektor. Eftersom ett BASIC eller FORTRAN program har en maximal vektorstorlek, visste programinlämnarna att det måste finnas en bestämd sista omgång, mest troligt med ett högsta nummer 32767 ( $2^{15}-1$ ). Även om detta är ett högt nummer, så gäller det, om man tillämpar spelteorin strikt, att det bara finns *en* perfekt jämvikt, nämligen att båda parter hoppar av i varje omgång. Den spelteoretiska lösningen påverkas således inte av att spelet slutar i varje omgång med den påstådda sannolikheten 0,00346. Vi kan därför dra slutsatsen att hänvisningar till den oändliga PD-spellösningen inte är av intresse för spelet i den andra turneringen heller.

Den intressanta slutsatsen är att *ingen* i någon av de två turneringarna lämnade in ett program som innehöll den enda regel som är "standardspelteorins" optimala regel, nämligen att hoppa av i varje omgång. Jag tror att boken skulle ha varit ännu bättre om detta faktum hade framstått klarare. Denna kommentar minskar emellertid inte på något sätt värdet av de huvudsakliga slutsatserna eller värdet av simulationsmetodiken. Jag anser snarare att den ökar det, eftersom det mera klart tar fram kontrasten mellan å ena sidan den traditionella, helt deduktiva, spelteoretiska behandlingen av PD-situationen

och å andra sidan resultatet av PD-experiment och Axelrods simulationsturneringar.

Vare sig i experimenten eller i Axelrods simuleringar har avhopp i *alla* omgångar av båda parter kunnat konstateras. De experimentella PD-spelen, som t ex Rapaports experiment, karaktäriseras i stället av en ganska hög frekvens av ömsesidigt samarbete och därigenom stöder de Axelrods simuleringresultat.

Det perfekta jämviktskonceptet såsom det tillämpas på upprepade PD-spel kan inte, enligt min åsikt, räddas av hänvisning till oändliga spel. Åtminstone när det gäller experimentella spel och datorsimuleringar är oändlighetsantagandet inte giltigt. Huruvida oändlighetsantagandet kan användas vid applikationer i det verkliga livet är kanske fundamentalt en filosofisk fråga.

Antagandet om oändlighet kan naturligtvis användas, som gjorts i kapitel 5 i Axelrods bok, som en del i en approximativ metod som ersätter en mer komplex metodik, baserad på det *verkliga* resonemanget bakom t ex LIKA-FÖR-LIKA, som sammanfattats i det mycket intressanta kapitlet 6 i boken. Det skall dock betonas att resonemang bakom den spelteoretiskt perfekta jämviktspunkten inte medför någon förståelse för hur man spelar ett PD-spel, vare sig med eller utan någon slutregel, dvs vare sig det är finit eller oändligt.

Det är viktigt att betona att antagandet av möjligheten till ett oändligt fortgående spel *inte* alls är en bra uppskattning av ett *mycket* stort antal omgångar. Faktum är att den perfekta jämvikten, tillämpad på PD-spelen, leder till en lösning i fallet med ett mycket stort antal omgångar och en helt annorlunda grupp av lösningar i fallet med möjligen oändligt många omgångar.

Däremot verkar det vara en mycket liten skillnad i det verkliga resultatet, mätt t ex i totalt antal poäng som samlats i antingen experiment eller i simuleringsturneringar, mellan det fall där man har en slutregel (finit spel) och det fall där man låtsas som om man inte har någon slutregel.

Jag kan förstå varför man vill undvika

att bestämma *en* given sista omgång, som t ex 200 i den första turneringen. I en sådan turnering kommer strategin: LIKA-FÖR-LIKA i omgångarna 1-199 och hoppa av i omgång 200, att dominera strategin: LIKA-FÖR-LIKA i alla omgångar, eftersom den förra kommer att vara bättre gentemot någon annan regel (t ex LIKA-FÖR-LIKA) och åtminstone lika bra gentemot de återstående reglerna.

Denna sluteffekt skulle emellertid, som bevisats i många experiment, inklusive flera jag själv har gjort, begränsas till de allra sista omgångarna och skulle därför bli ganska betydelselös. För att undvika några som helst sluteffekter, räcker det förmodligen med att förklara att det skall t ex vara mellan 195 och 200 omgångar. I detta sammanhang skulle jag vilja betona att ytterligare arbete med andra simuleringsturneringar borde omfatta en helt öppen och noggrann förklaring av spelets institutionella antaganden, inklusive de verkliga reglerna för när spelet stoppas.

Slutsatsen av det jag hittills sagt är att den traditionella spelteoretiska infallsvinkeln med perfekt jämvikt inte ger någon insikt i det rationella spelandet av PD-spelen.

Som jag ser det tillhandahåller Axelrods bok en god utgångspunkt för försök att konstruera en ny, reviderad teori för rationellt spelande. Med rationell menar jag här att båda parter verkligen strävar efter att maximera någon typ av nyttovärde och att tillbringa avsevärd tid med att begrunda den andra partens strategiska val. Något jag inte nödvändigtvis vill se inkluderat i en sådan rationell teori är antaganden om att parterna har korrekta förväntningar beträffande den andra partens förväntningar.

För att klargöra det sagda, låt oss titta på ett PD-spel vilket båda parter vet kommer att repeteras i 20 omgångar. I ett sådant spel kommer LIKA-FÖR-LIKA inte att fungera helt. I omgång 20 kommer båda att hoppa av på grund av maximeringsantagandet: A maximerar. Detta är också vad som händer med en hög frekvens i experiment, där parterna spelar om riktiga pengar. I omgång 19 skulle de, enligt teorin, också hoppa av beroende på ett antagande om korrekta förväntningar



om den andres uppträdande: B vet att A maximerar. I experiment finns det en hel del avhopp i omgång 19, men inte alls så många som i omgång 20. Följaktligen bryter vissa maximerare mot antagandet om korrekta beteendeförväntningar. I omgång 18, liksom i *alla* föregående omgångar, skulle avhopp ske, om parterna har korrekta förväntningar beträffande den andra partens förväntningar, t ex i omgång 18: A vet att B vet att A maximerar. Avhopp i experiment är emellertid mycket mindre ofta förekommande i omgång 18 än i omgång 19 och naturligtvis än i omgång 20.

Varför betar sig då inte spelare enligt spelteorin? Svaret är att parterna har ett *intresse* av att denna teorins antagande om korrekta förväntningar beträffande den andra partens förväntningar blir förkastade. När en part samarbetar i en omgång, sänder han ut signalen att han *inte* följer de beteendeantaganden som ligger i spelteorin. Från och med denna omgång, vilket ofta är en av de första, är de spelteoretiska antagandena förkastade.

En teori för spelbeteende, som är realistisk, men fortfarande rationell, i betydelsen förenlig med maximering av något nyttovärde, borde tillåta någon form av inläring, t ex i form av att tillåta revidering av sannolikhetsuppskattningar, t ex enligt Bayes theorem. På så sätt skulle t ex Bs subjektiva sannolikhet för att A tror att B tror att A maximerar minska med det antal gånger som A valt alternativet samarbete.

Att konstruera en sådan mer realistisk teori är säkerligen en ytterst komplex uppgift. Analytiska lösningar är troligtvis omöjliga. Datorsimuleringar verkar vara den enda möjliga vägen. Jag har personligen gjort några försök till en sådan simulering i ett arbetspapper 1975 "The Prisoners' Dilemma Paradox, Bargaining Theory and Game Theoretic Rationality". Min modell i detta papper har vissa likheter med en modell som presenterades 1982 "Rational Co-operation in the Finitely Repeated Prisoners' Dilemma" av Kreps, Milgrom, Roberts och Wilson.

Min modell innebar en slags Bayesiansk revidering av sannolikheten som en part tilldelar fallet att den andra parten

har ett visst antal länkar i kedjan av korrekta förväntningar, t ex beträffande huruvida A inser att B inser att A maximerar, eller B inser att A inser att B inser etc. Problemet med min modell var att den blev alltför komplex för att tillåta meningsfulla simuleringar med de begränsade datorresurser jag då hade tillgång till.

Det skall nu betonas att Axelrods simuleringsarbete kastar ett hälsosamt tvivel på en sådan mycket komplex ansats. Man kanske skulle kunna använda något slag av turneringssimuleringar som i Axelrod-boken för att leta ut lämpliga regler för inläring från tidigare beteende. Det väsentliga verkar vara att finna en tämligen enkel kompromiss mellan å ena sidan den spelteoretiska *framåt*blickande mekanismen och å andra sidan inläringen av vilket slags förväntningar den andra parten har, på grundval av *tidigare* beteende, dvs det slags synsatt som präglar forskningen i experimentella spel och Axelrods simulering.

Man kan säga att problemet med traditionell spelteori är att den *inte* kan se bakåt, dvs den är som en bil utan bakrutor eller speglar. Å andra sidan är inläringssynsättet, baserat på analys enbart av tidigare beteende, att likna vid en bil utan vindruta. Jag skulle då föredra att behålla spelteorins vindruta, men till denna lägga de experimentella spelens bakruta och backspeglarna hos Axelrods simuleringsturneringar. Lägg till denna bil turbomotor i form av billig persondatorkraft, och jag tror att vi skulle få en bil för både säker och spännande körning på de vindlande vägarna i studiet av mänskliga konflikter.

### Robert Axelrod:

Jag håller med om att det blir som du säger i ett spel där spelarna vet hur många omgångar som spelas. I de simuleringar jag har gjort har jag talat om för deltagarna att det finns en viss sannolikhet att spelet slutar efter nästa drag. Det är det enda spelarna vet om.

Jag tycker att du använde ett bra uttryck när du sa att alla tjänar på att få

motspelarna att tro att man inte är helt rationell, det är helt rätt. Jag håller också med om att vi behöver mer kunskap om hur människor lär sig saker. En rationell aktör utrustad med både framruta och backspegel skulle använda spelets historia och skulle dessutom försöka se framåt, att se neråt vägen. Om man studerar detta problem, vilket du säkert har gjort, ser man att det snabbt blir oerhört komplicerat. För stunden koncentrerar jag mig på att försöka undersöka hur människor lär sig från historien. Ett sätt att göra detta i mitt fall är att konstruera regler för hur man byter strategi. Den spelare som gjorde ett dåligt resultat i förhållande till andra kommer att vilja byta strategi. Ett sätt att byta strategi är att harma de spelare som lyckades bra. Man kan se detta på två olika sätt, antingen att de företag som har bra strategier kommer att överleva och därmed får bra strategier stor spridning eller som att företag med dålig strategi imiterar andra dvs. företagen överlever men strategierna överlever inte. Här kommer en stark koppling till utvecklingsbiologin in, det finns många bra modeller på det området.

#### **Pavel Pelikan:**

Jag skulle vilja ställa en generell fråga. Det som du har visat är att vi klarar av att samarbeta med varandra, vi klarar oss bättre än vid total anarki. Men vi samarbetar inte i den utsträckning som är önskvärd. Det verkar som om man enligt era resultat skulle få det bättre med en central myndighet som tvingar oss att samarbeta med varandra. Jag är inte någon stor anhängare av en stark central myndighet men det verkar som om en sådan skulle ha en positiv inverkan. Även den biologiska utvecklingen som du hänvisar till visar sådana tendenser. I många miljoner år fanns det endast encelliga små organismer, sedan har utvecklingen fortskridit tills vi idag har sådana starkt fascistiska system som det centrala nervsystemet utgör. Har du gjort några undersökningar på detta område t ex undersökt hur det spontana samarbetet enligt Fångarnas dilemma klarar sig mot ett spel med en central myndighet?

#### **Robert Axelrod:**

För att göra en sådan undersökning måste man ha någon slags måttstock så att man kan jämföra resultaten. En sådan skulle kunna vara den genomsnittliga poängen i befolkningen. Om man är intresserad av att maximera antalet poäng så måste folk samarbeta. Om den centrala myndigheten tvingar människor att samarbeta så är det ett sätt som åtminstone är lika bra som något annat sätt. Exempelvis så skulle jag vilja att det fanns starka internationella lagar eftersom jag inte tycker att Sovjetunionen och USA är tillräckligt bra på att samarbeta när det gäller nedrustning. Vad jag däremot inte är säker på är att myndigheten skulle ha den målfunktion som vi förutsatte. Den kan ha sina egna mål som kanske inte är att maximera det genomsnittliga antalet poäng. Vi behöver då en modell för hur myndigheten kommer att uppföra sig.

En sak som jag har upptäckt när vi studerat normer och metanormer är att myndigheterna kommer in i bilden väldigt sent. Ta exemplet med rökfria områden, där får vi en lagstiftning som endast reglerar en sak som länge varit accepterad.

#### **Karl-Göran Måler:**

De turneringar som du utfört har varit spel i en helt statisk omgivning, spelreglerna ändras inte under tiden spelet spelas. I det exempel du nämnde förut om första världskriget så ändrades förutsättningarna ofta, det kom en ny general och förändrade spelreglerna. Har du gjort några undersökningar, simuleringar eller analytiska, om spel där förutsättningarna ändras på ett icke förutsägbart skick. Jag tror inte att det kan vara några stora principiella skillnader mot det ni gjort tidigare, förutsatt att alla spelare har samma möjligheter att förutse dessa förändringar.

En andra fråga gäller spel där man har mer än två alternativ i varje drag. I ett sådant spel skulle det finnas många enperiodsresultat som skulle dominera Nash-lösningen. Finns det några simuleringar som kan hjälpa oss att ta fram vil-

ken lösning som kan bli en samarbetslösning?

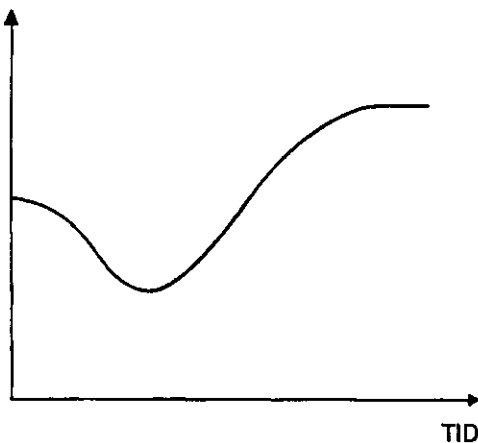
**Robert Axelrod:**

På den första frågan kan jag säga att jag har gjort en simulering där jag valde ut alla strategier som hade ett längre minne än tre spelomgångar, dvs strategierna tog hänsyn till de tre sista omgångarna. Dessa strategier lät jag tävla mot varandra och lät de som vunnit fortsätta tävla mot varandra. På detta sätt ändras omgivningen för de strategier som överlever eftersom motståndarna hela tiden blir bättre. I *Figur 3* ser man vad som händer med andelen samarbetande drag. I början minskade andelen eftersom strategierna mötte varandra slumpmässigt och de som motarbetade den andra spelaren tjänade på detta.

- Efter en tid steg åter andelen samarbete på grund av att många motarbetade varandra och att när strategier som påminde om LIKA-FÖR-LIKA mötte varandra så samarbetade man och tjänade på detta.

*Figur 3* Andelen samarbetande drag.

ANDEL SAM-  
ARBETANDE DRAG



Angående simuleringar med mer än två valalternativ kan jag säga att jag inte har gjort några sådana. Det finns en grupp under professor Hauser vid MIT som har gjort en liknande simulering med kontinuerliga valalternativ, de arbetade med en prissättningsmodell och hade tre spelare. Varje spelare hoppades alltså att de

övriga satte ett högt pris och att man själv hade det lägsta priset.

Resultatet blev vad de kallade implicita koalitioner, att spelarna tenderade att bilda koalitioner och samarbeta sinsemellan. En anledning till att jag inte valde att arbeta med kontinuerliga val är att detta i stort sett är ekvivalent med att göra tiden mellan spelomgångarna kortare och kortare. Att välja att motarbeta nio gånger av tio är inte mycket annorlunda än att välja 0,9 på en skala från noll till ett. Att få ett samarbete till stånd för att de ingående företagen skall maximera den totala vinsten tror jag därför är analogt med de spel som jag har utfört. En annan fråga är dock hur denna gemensamma vinst skall fördelas mellan spelarna och på det området har jag inte genomfört några studier.

**Marian Radetzki:**

Jag är mycket imponerad av det arbete som ni gjort. Jag är fascinerad av hur bra resultaten från era teoretiska resonemang stämmer överens med saker som vi ser i verkligheten. Min undran är hur långt er del av vetenskapen har nått när det gäller praktiska spörsmål. Jag skulle vilja ställa frågan på följande sätt: Har du och dina kollegor blivit utnyttjade som konsulter för att lösa spelrelaterade problem av t ex multinationella företag eller arbetsgivarorganisationer eller dylikt? Om inte, förväntar ni er att bli detta i framtiden när den typen av arbete som ni har utfört har utvecklats längre?

**Robert Axelrod:**

En ganska komplicerad fråga. Jag har blivit tillfrågad av ett antal företag och framförallt av handelsorganisationer om att komma och hålla kurser om samarbete inom organisationerna och mellan organisationen och dess medlemmar och kunder. Jag kunde nog ha tjänat en del pengar på konsultarbete men jag ville inte göra detta eftersom jag är mer intresserad genom att publicera min bok att få andra människor att använda den som underlag för dylika konsultuppdrag och undervisning. En del advokater har också, med utgångspunkt från min forskning, skrivit ar-

tiklar om hur man t ex skall utforma anti-trustlagarna. Dessa är nu utformade så att man skall ha bevis för att direktörerna i två företag träffats i hemlighet på ett hotellrum för att göra upp om priserna. Det jag har skrivit om i min bok visar att ett sådant samarbete kan komma till stånd utan formella överenskommelser. Frågan man ställer är hur lagarna bäst skall utformas för att hindra sådant skadligt samarbete. Amerikanska vetenskapsakademien (The American National Academy of Science) ordnade för en tid sedan en konferens om sådana här frågor angående internationell politik där jag tog aktiv del. Jag deltar också i ett samarbete mellan amerikanska och sovjetiska forskare om hur vi skall kunna undvika ett kärnvapenkrig.

#### Ingolf Ståhl:

Jag har aldrig tjänat ett öre på konsultuppdrag om spelteori. Däremot har jag utfört uppdrag där jag har haft stor nytta av mina kunskaper i spelteori. Exempelvis har jag konstruerat ett managementspel som är en blandning mellan ett inläringsspel och ett organisatoriskt spel. Många företag har använt sig av detta spel före strategibeslut.

#### Hans T:son Söderström:

När vi går hem från kvällens möte kommer många av oss att gå på mörka gator och möta en del människor. Någon av dessa kan komma fram till oss och slå ner oss vilket innebär att de motarbetar oss. De förbipasserande kan då välja på att antingen ingripa eller gå över till andra sidan gatan och fortsätta som om ingenting hade hänt. Eftersom vi vill att så få människor som möjligt skall ägna sig åt att slå ner andra har vi skaffat en central myndighet, polisen. Om vi låter polisens antal gå mot noll, vilket är en bra approximation till verkligheten, så behöver vi tydligen någon form av metanorm. Vad jag förstår så menar du att vi måste straffa de förbipasserande som inte ingriper om vi vill att så få som möjligt blir nerslagna.

#### Robert Axelrod:

Jag trodde inte att sådana saker kunde inträffa i Stockholm. I princip stämmer det som du säger. Anledningen till att vi inte inför sådana straff är att det kan vara förenat med livsfara att ingripa. Det verkar lite väl starkt att begära av människor att de skall riskera livet för en främling. Man skulle dock kunna vända på problemet och säga att det skulle förbättra situationen om vi verkligen belönade de människor som ingriper.

#### Karl Nordling:

I det verkliga livet finns det alltid saker som stör spelet mellan agenterna. Det finns alltid ett visst brus. Om man vill spela LIKA-FÖR-LIKA så händer det ibland att man ger fel svar, dvs man motarbetar oavsiktligt. Om båda spelarna spelar LIKA-FÖR-LIKA medför detta att de i fortsättningen kommer att motarbeta varandra. Ett annat problem uppkommer när det förra problemet skall lösas. En lösning är nämligen att införa en moral; straffa inte din motspelare, åtminstone inte direkt. Genom att predika en moral som säger att man inte skall straffa sin motspelare kan jag få mina motståndare att aldrig straffa mig vilket jag tjänar på när jag motarbetar dem.

#### Robert Axelrod:

Jag byggde inte in något brus i min modell trots att jag är medveten om att det i det verkliga livet ofta är viktigt. Bruset kan komma från två källor, antingen misslyckas jag att genomföra min strategi eller så missuppfattar motståndaren mitt drag. Mitt förslag är att man bör vara något mer förlåtande än LIKA-FÖR-LIKA, vilket jag rekommenderar i min bok. Exempelvis kan man ha en strategi som går ut på att om motspelaren motarbetar dig så motarbetar du honom med sannolikheten 0,9. Du har rätt i att detta kommer att medföra att en del människor kommer att utnyttja detta, de stjälar ens plånbok och säger att det var ett misstag. Om man inte kan skilja på riktiga misstag och ett utnyttjande av den förlåtande attityden kan

man bli för förlåtande och därmed inbjuda till missbruk. Med rätt val av sannolikhet för att straffa kan man gå balansgång mellan dessa två olika förluskällor.

**Karl-Göran Mäler:**

Jag skulle vilja tacka professor Axelrod för en mycket intressant och lärorik diskussion över detta ämne, jag vill också tacka Ingolf Ståhl och övriga debatttagare.