

Kunskap, ekonomi och klimat i växelverkan

Året ekonomipristagare har utvecklat metoder för att besvara några av vår tids mest avgörande och utmanande frågor om långsiktig tillväxt och globalt välstånd.

Ekonomi handlar i grunden om hur mänskligheten hanterar begränsade resurser. Ekonomer har i alla tider betraktat *naturen* och våra samlade *kunskaper* som de största begränsningarna för ekonomisk tillväxt. Naturen sätter ramarna och våra kunskaper avgör hur vi kan verka inom dessa ramar. Trots att natur och kunskap spelar så centrala roller har ekonomer traditionellt inte studerat deras växelverkan med marknad och ekonomiska beteenden. Årets pristagare Paul M. Romer och William D. Nordhaus har vidgat vyerna för ekonomisk analys genom att konstruera de verktyg som krävs för att analysera hur marknadsekonomin långsiktigt påverkar naturen och våra samlade kunskaper.



Båda pristagarna bygger vidare på Solows tillväxtmodell, som belönades med Ekonomipriset 1987.

Kunskap De senaste hundra åren har den globala ekonomin växt i en historiskt hög och relativt stadig takt. När en stadig ekonomisk tillväxt på några procent per år ackumuleras över årtionden förändrar den människors levnadsvillkor i grunden. Men tillväxttakten har varit låg under större delen av mänsklighetens historia och varierat stort mellan olika länder. Hur förklarar man var och varför tillväxt uppstår? Det traditionella svaret från ekonomer är: genom teknologisk utveckling. Uppfinnare, ingenjörer och vetenskapsmän omvandlar vårt ökande kunnande till ny teknik. I början av 1980-talet, när han var doktorand vid University of Chicago, började Romer utveckla sin teori om *endogen* tillväxt. Han ville visa hur tekniska framsteg inte bara uppstår ur tomma intet utan skapas genom målmedvetna insatser på en marknad. I tidigare ekonomiska modeller har den teknologiska utvecklingen funnits med som en *exogen* oförklarad faktor. Romers upptäckter låter oss bättre förstå vilka förutsättningar som krävs för att en marknad ska generera innovationer och nya

idéer. Hans arbeten hjälper oss att utforma institutioner och regelverk som ökar välfärden genom att skapa rätt förutsättningar för teknologisk utveckling.

Natur Nordhaus inledde sitt arbete på 1970-talet i en tid när forskarvärldens oro för riskerna med förbränning av fossila bränslen ökade allt mer. Nordhaus tog sig an utmaningen att med hjälp av teorier och empirisk forskning från ekonomi, fysik och kemi undersöka samspelet mellan mänskliga aktiviteter och klimat. Han betraktade inte naturen som given utan som något som i allra högsta grad påverkas av ekonomisk verksamhet. Nordhaus var den förste att utveckla en enkel men dynamisk och kvantitativ integrerad beräkningsmodell, en så kallad IAM (*Integrated Assessment Model*). Hans modell gör det möjligt att simulera hur ekonomi och klimat skulle kunna utvecklas i framtiden och låter oss undersöka konsekvenserna av olika antaganden om klimatsystem, kolcykeln, marknadsekonomin och energipolitiska åtgärder.

Globala marknadsmisslyckanden Årets pristagare lägger stor vikt vid hur beslut som fattas av enskilda innovatörer eller företag spiller över på hela samhället. Varhelst en ny idé eller uppfinning har sina rötter kan man använda den över hela världen för att skapa nya produkter och idéer – nu och i framtiden. På samma sätt sprider sig en enhet koldioxid, oavsett ursprung, snabbt i atmosfären och påverkar oss alla genom att bidra till global uppvärmning – nu och i framtiden. Ekonomer kallar sådana spridningseffekter för *externa effekter*. De externa effekter som Romer och Nordhaus analyserar har globala långsiktiga konsekvenser och utan reglering kommer de att leda till att marknaden inte fungerar väl. Romers och Nordhaus forskning talar alltså tydligt för att det krävs marknadsreglering för att komma tillrätta med sådana positiva eller negativa externa effekter.



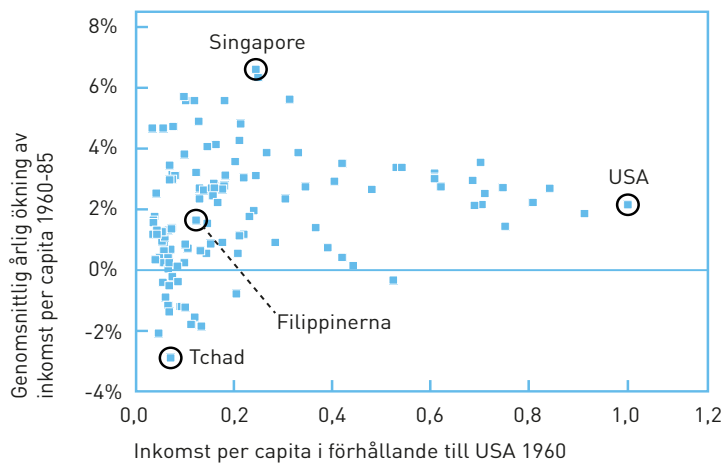
Romers forskning visar hur ackumulering av idéer skapar uthållig tillväxt.

finns någon relation mellan initial inkomst och tillväxt. Vissa fattiga länders ekonomier växer snabbt medan andras faktiskt krymper. Romer drog slutsatsen att det är av avgörande betydelse att förstå ursprunget till dessa ihållande och kraftiga skillnader i tillväxt.

Teknologisk utveckling

Motivation Långvariga skillnader i tillväxt får stora konsekvenser. Om två ekonomier börjar på samma inkomst per capita men den ena växer fyra procent snabbare per år så kommer det ge fem gånger högre inkomster på 40 år. En mer blygsam tillväxt på två procent kommer ge en dubblering av den relativa inkomsten.

I slutet av 1980-talet konstaterade Romer att tillväxttakten i faktiska data skiljde sig kraftigt mellan olika länder. Figur 1, hämtad från en av Romers uppsatser, visar inkomst per capita 1960 och genomsnittlig tillväxttakt under de följande 25 åren för över 100 länder (en graf med uppdaterad data skulle se praktiskt taget identisk ut). Varje fyrkant representerar ett land och diagrammet visar att tillväxttakten ofta skiljer sig med flera procentenheter mellan olika länder. Det är ett stort gap på omkring tio procentenheter mellan de snabbast och långsammast växande länderna. Dessutom visar figuren att det inte



Figur 1: Inkomst per capita (i förhållande till USA) 1960 för över 100 länder (horisontell axel) och genomsnittlig årlig ökning av inkomst per capita 1960-85 (vertikal axel). Varje fyrkant representerar ett land. Data från Robert Summers och Alan Heston.

Empiriska och teoretiska tillkortakommanden Romer såg att den då dominerande modellen – Solows tillväxtmodell, som belönades med Ekonomipriset 1987 – visserligen kunde förklara många aspekter av ekonomisk tillväxt men inte de stora och ihållande skillnaderna mellan länder. Solow-modellen förutspår att fattigare länder borde ha högre tillväxt och komma ikapp de rikare relativt fort, men det är inte vad figur 1 visar. I Solows modell kan en ekonomi växa genom att ackumulera fysiskt kapital, till exempel maskiner eller infrastruktur. Men tillväxt driven av fysiskt kapital kommer alltid att sakta in över tid. För att förklara förekomsten av långsiktig tillväxt (och skillnader mellan länder) måste man därför anta att produktionen blir alltmer effektiv genom teknologisk utveckling (i olika takt för olika länder). Solows tillväxtmodell förklarar emellertid inte hur den teknologiska utvecklingen uppstår, den bara ”finns” som en utifrån given oförklarad faktor.

Ett stort genombrott Romer lyckades med den imponerande uppgiften att förklara denna faktor genom att visa hur nya idéer, som genom teknologisk utveckling leder till nya varor och tjänster, endogen kan skapas i en marknadsekonomi. Han visade dessutom hur endogen utveckling skapar tillväxt och vilka politiska insatser som krävs för att marknaden ska fungera optimalt. Romers bidrag har haft en enorm inverkan på ekonomisk forskning; hans teoretiska upptäckter har lagt grunden för fortsatt forskning om endogen tillväxtteori och hans observationer om länders olika tillväxttakt har lett fram till ny och dynamisk empirisk forskning.

Vad är så speciellt med idédriven tillväxt? För att svara på den frågan så måste vi förstå hur idéer skiljer sig från fysiskt kapital och humankapital. Romer visar att det går att kategorisera produkter i två dimensioner, som visas i figur 2.

I den första dimensionen är fysiskt kapital och humankapital ”rivaliserande produkter”, det vill säga om en viss maskin eller ingenjör används i en fabrik så kan inte samma maskin eller ingenjör samtidigt användas i en annan. Idéer å andra sidan är ”icke-rivaliserande” produkter – att en person eller företag använder en idé hindrar inte att andra också gör det.

I den andra dimensionen är dessa produkter exkluderbara om ett företag kan förhindra andra att nyttja dem. För vissa idéer är detta svårt eller till och med omöjligt – ta till exempel ett matematiskt genombrott som Pythagoras sats. För andra idéer är det möjligt att exkludera användare genom tekniska lösningar (kryptering) eller patentlagar. Romers genombrotts-artikel visade hur idéernas rivalitet och exkluderbarhet är avgörande för ekonomisk tillväxt.



Figur 2: Rivaliserande och exkluderbara produkter.

Romer menade att en teori för marknadsproduktion av idéer måste ta hänsyn till att kostnaderna för varor som bygger på nya idéer ofta sjunker snabbt. Den första prototypen är dyr att ta fram, men marginalkostnaden för att sedan reproducera den är låg. En sådan kostnadsstruktur gör att företag måste sätta tillräckligt höga marginaler på nya produkter för att kunna ta igen startkostnaden. För att ha incitament att ta fram nya produkter måste ett företag därför ha en viss monopolställning, något som bara är möjligt för exkluderbara idéer. Romer visade också att, till skillnad från tillväxt som bygger på ackumulering av fysiskt kapital så behöver inte tillväxt som bygger på ackumulering av idéer avstanna. Med andra ord så visade Romer att uthållig tillväxt måste vara idédriven.

Marknadsmislyckanden och regleringsbehov Framgångsrik forskning och utveckling, FoU, genererar ny global kunskap som dagens och framtidens innovatörer och entreprenörer kan dra nytta av. Men marknaden tenderar att inte fullt ut belöna innovatörer för detta bidrag till samhällsnyttan vilket ger för lite investeringar i FoU. Dessutom leder marknadsincitament i form av monopolrättigheter till att det generellt kommer produceras för lite av nya produkter när de väl har uppfunnits. Nyare forskning visar att marknaden i vissa fall också kan generera för mycket FoU, antingen när nya idéer konkurrerar ut för många etablerade företag eller när nya idéer leder till samhällsskadlig teknik (till exempel gör det möjligt att utvinna eller förbränna stora mängder fossila bränslen och på så vis påverka klimatet negativt).

Sammanfattningsvis visar Romer att oreglerade marknader kan driva teknologisk utveckling, men i för låg grad än vad som är samhällsekonomiskt önskvärt. Att komma tillrätta med underskottet av FoU fodrar en väl utformad regleringspolitik. Romers analys visar att sådana ingripanden är nödvändiga för långsiktig tillväxt, inte bara inom ett land utan också globalt. Romers modell ger även riktlinjer för reglering: patentlagstiftningen måste hitta en balans som både uppmuntrar till innovation, genom att ge innovatörer vissa monopolrättigheter, men också främjar spridningen av nya idéer, genom att i viss utsträckning begränsa dessa rättigheter.



Nordhaus forskning visar hur ekonomi i växelverkan med kemi och fysik skapar klimatförändringar.

Klimatförändring

Mänskliga aktiviteter har bidragit till att jordens medeltemperatur snabbt ökat under de senaste 100 åren. Det råder stor osäkerhet om hur stora de framtida klimatförändringarna kommer att bli. Forskarvärlden är dock överens om att klimatförändringarna riskerar bli mycket stora om vi inte lyckas bryta nuvarande trender.

Bakgrund I början av 1970-talet, som nyanställd forskare vid Yale University, blev William Nordhaus medveten om de allt tydligare tecknen på global uppvärmning och dess bakomliggande orsaker. Hans oro fick honom att utveckla nya verktyg för att förstå hur ekonomi bidrar till klimatförändringar och vilka samhällskonsekvenser det kan leda till. Hans mål var att skapa ett ramverk för att analysera samspelet mellan ekonomisk tillväxt och klimat i termer av kostnader och nyttor.

En rejäl utmaning Precis som Romer byggde Nordhaus vidare på Solows tillväxtmodell med en ny uppsättning av viktiga externa effekter, däribland global uppvärmning orsakad av koldioxidutsläpp. De externa effekterna är i det här fallet framförallt negativa. Effekterna av och drivkrafterna bakom klimatförändringar orsakade av mänsklig aktivitet bygger på processer som studeras inom naturvetenskaperna. En global analys av klimatförändringen kräver därför en tvärvetenskaplig modell där samhälle och klimat växelverkar dynamiskt. Nordhaus blev en föregångare inom sitt område genom att utveckla en *integrerad beräkningsmodell*. Den består av tre samverkande moduler:

En kolcykel-modul – visar hur koldioxidhalten i atmosfären påverkas av utsläpp av koldioxid. Den bygger på grundläggande kemi och beskriver hur koldioxidutsläpp cirkulerar mellan olika kolsänkor – havsytan, biosfären, djuphaven och atmosfären. Resultatet är en tidsserie över koldioxidkoncentrationen i atmosfären.

En klimatmodul – visar hur koncentrationen av koldioxid och andra växthusgaser i atmosfären påverkar jordens energibalans. Den bygger på grundläggande fysik och beskriver förändringar i den globala energibudgeten över tid. Resultatet är en tidsserie för den globala temperaturökningen, ett nyckeltal för att mäta klimatförändringar.

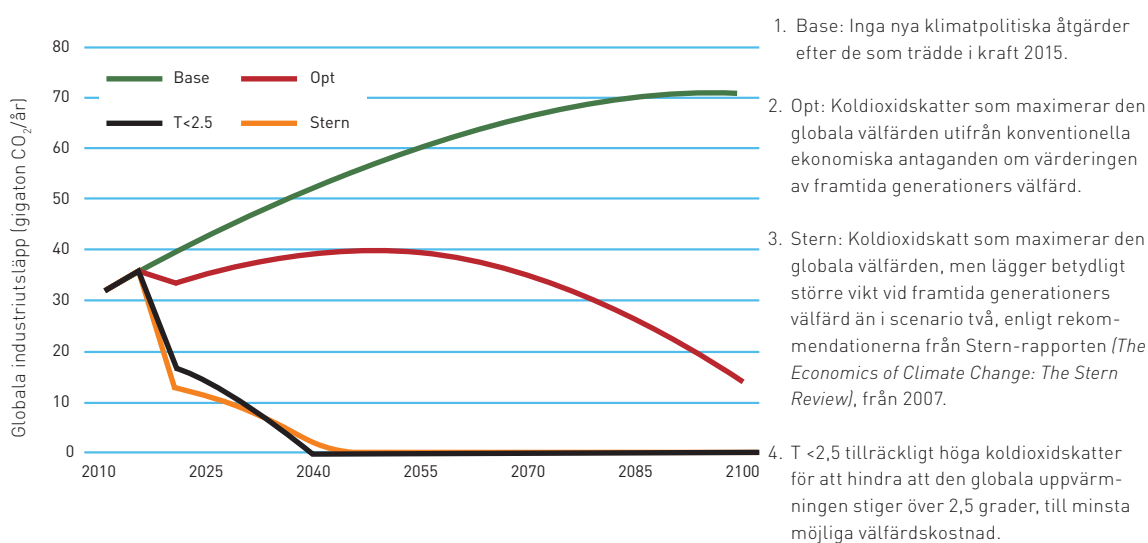
En modul för ekonomisk tillväxt – beskriver en global marknadsekonomi som producerar varor med hjälp av arbete, kapital och energi. En del av energin kommer från förbränning av fossila bränslen som leder till koldioxidutsläpp. Den här modulen beskriver hur olika klimatpolitiska åtgärder, till exempel skatter eller utsläppsrätter påverkar ekonomin och utsläppen av koldioxid. Resultatet är en tidsserie över BNP, välstånd och globala koldioxidutsläpp samt en tidsserie för de skador som klimatförändringen leder till.

Ett globalt dynamiskt system Tillsammans bildar de tre modulerna en enkel men dynamiskt interaktiv modell av världen. Det finns två versioner av Nordhaus modell: the Regional Integrated Climate-Economy (RICE) som har åtta separata regioner, och den förenklade DICE-modellen

som har en region. Nordhaus integrerade beräkningsmodeller kan användas för att simulera konsekvenserna av "business-as-usual" eller av olika politiska interventioner. Modellerna ger oss också riktlinjer för att styra marknadsekonomin mot utsläppsnivåer som rätt avväger samhällsnytta mot kostnader. Detta kräver en modell där människor – precis som i verkligheten – påverkas av klimatet och klimatet påverkas av mänsklig aktivitet.

Klimatpolitiska rekommendationer Nordhaus menar att det mest effektiva sättet att minska utsläppen av koldioxid skulle vara ett globalt system för koldioxidskatt. Denna rekommendation tillämpar en princip som redan under 1920-talet härleddes av den brittiske ekonomen A.C. Pigou, nämligen att varje förorenare ska betala samhällskostnaden av sina utsläpp. Ett system för handel med utsläppsrätter kan ge samma effekt så länge utsläppsgränserna är höga nog för att ge rätt pris på koldioxid.

Nordhaus integrerade beräkningsmodeller förser oss inte bara med kvalitativa resultat. De ger oss också möjlighet att göra kvantitativa analyser av nivån på en optimal koldioxidskatt och hur denna nivå beror på antaganden om olika parametrar, till exempel hur mycket temperaturen påverkas av koldioxidkoncentrationen i atmosfären, hur länge kolet stannar i atmosfären och hur stora skador klimatförändringar orsakar. En färsk studie från Nordhaus visar hur en integrerad beräkningsmodell kan användas för att simulera utfallet av olika klimatpolitiska scenarier. I denna simulerar han utfallet av fyra klimatpolitiska åtgärder med användning av den senaste versionen av DICE.



Figur 3: Koldioxidutsläpp över tid för fyra olika klimatpolitiska alternativ: Simulering från DICE-2016R2-modellen, enligt Nordhaus egna beräkningar.

Figur 3 visar koldioxidutsläpp över tid för de fyra olika alternativen. Graferna visar att koldioxidskatten – och därmed också klimatpåverkan – varierar kraftigt mellan de olika scenarierna. I scenario två börjar skatten på cirka 30 dollar/ton koldioxid och stiger med tiden i ungefär samma takt som global BNP. I scenario 3 och 4, där minskningen av koldioxidutsläpp är mer drastisk, är skatten sex till åtta gånger högre.

Stor osäkerhet Det råder osäkerhet kring ett flertal aspekter rörande klimatförändringarna inom både natur- och samhällsvetenskapen. Vi vet till exempel inte exakt hur känsligt klimatet är för utsläpp av växthusgaser eller när vi riskerar att passera en kritisk punkt där effekterna blir okontrollerbara. Vi har inte heller full kunskap om vilka ekonomiska och mänskliga förluster klimatförändringen orsakar eller hur mycket utfasningen av fossila bränslen kommer att kosta. Nordhaus modell kan inte undanröja dessa osäkerheter. Däremot gör hans modell det möjligt att analysera hur det önskvärda priset på koldioxid påverkas av olika antaganden, till exempel en högre klimatkänslighet, eller en större risk att vi passerar en katastrofal tröskelpunkt vid en viss temperatur.

Paul Romers och William Nordhaus insatser för den ekonomiska forskningen bidrar med avgörande pusselbitar för att analysera problem som rör hela mänsklighetens framtid. Årets pristagare levererar inte färdiga lösningar, men de har gett dagens och framtidens forskare ovärderliga verktyg för att lösa pusslet om hur vi på bästa sätt skapar hållbar och uthållig global ekonomisk tillväxt i världen.

LÄNKAR OCH LÄSTIPS

Mer information om årets priser, bland annat en vetenskaplig bakgrundsartikel på engelska, finns på Kungl. Vetenskapsakademiens webbplats, www.kva.se, och <http://nobelprize.org>. Där och på www.kva.se/video kan man också titta på presskonferenser, Nobelföreläsningar och annat videomaterial. Mer information om utställningar och aktiviteter kring Nobelpriset och Ekonomipriset finns på www.nobelcenter.se.

Böcker

Nordhaus, W.D. (2015) *the Climate Casino: Risk, Uncertainty, and Economics for a Warming World*, Yale University Press

Warsh, D. (2007) *Knowledge and the Wealth of Nations, A Story of Economic Discovery*, WW Norton & Co

Populärvetenskapliga artiklar

Krugman, P. (2013) *Gambling with Civilization*, the New York Review of Books

<https://www.nybooks.com/articles/2013/11/07/climate-change-gambling-civilization/>

The growth of growth theory (2006) *the Economist*

<https://www.economist.com/finance-and-economics/2006/05/18/the-growth-of-growth-theory>

Romer, P.M. (1994) *The Origins of Endogenous Growth*, *The Journal of Economic Perspectives*, Vol. 8, No1

<https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/jep.8.1.3>

Romer, P.M. (1993) *Two Strategies for Economic Development: Using Ideas and Producing Ideas*, in *Proceedings of the World Bank Annual Conference of Development Economics 1992*, Washington, DC: World Bank.

<http://documents.worldbank.org/curated/en/353181468739245145/pdf/multi0page.pdf>

Video

What Will Climate Change Do to the Economy? (2014) en intervju med William Nordhaus, Yale School of Management

<https://www.youtube.com/watch?v=fOTLjYxd-2Y>

Kungl. Vetenskapsakademien har beslutat utdela Sveriges Riksbanks pris i ekonomisk vetenskap till Alfred Nobels minne 2018 till

WILLIAM D. NORDHAUS

Född 1941 i Albuquerque, USA.

Fil.dr 1967 vid Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, USA. Sterling Professor of Economics, Yale University, New Haven, USA.

<https://economics.yale.edu/people/william-d-nordhaus>

PAUL M. ROMER,

Född 1955 i Denver, USA.

Fil.dr 1983 vid University of Chicago, USA. Professor vid NYU Stern School of Business, New York, USA.

www.stern.nyu.edu/faculty/bio/paul-romer

”för att ha integrerat klimatförändringar i långsiktig makroekonomisk analys”

”för att ha integrerat teknisk utveckling i långsiktig makroekonomisk analys”

Vetenskapsredaktörer: John Hassler, Per Krusell, Torsten Persson och Per Strömberg
Kommittén för priset i ekonomisk vetenskap till Alfred Nobels minne
Illustrationer: ©Johan Jarnestad/The Royal Swedish Academy of Sciences
Redaktör: Sara Gustafsson
©Kungl. Vetenskapsakademien