

IFN Policy Paper nr 14, 2007

Vad kan tidigare teknologiska genombrott lära oss om IKT-revolutionen?

Harald Edquist och Magnus Henrekson

VAD KAN TIDIGARE TEKNOLOGISKA GENOMBROTT LÄRA OSS OM IKT- REVOLUTIONEN?

Harald Edquist och Magnus Henrekson

20 april 2007

Sammanfattning: Ett fåtal teknologiska genombrott har haft en avgörande betydelse både för den långsiktiga tillväxten och för förändringarna i vårt sätt att leva och producera varor och tjänster. En jämförelse mellan hur produktivitetsokningstakten påverkas av introduktionen av ångmaskinen, elektrifieringen och datorerna (IKT) visar både att eftersläpningarna är stora och att mönstret skiljer sig åt. Spridningen av ångmaskinen gick långsammast, men det tog ändå så mycket som 40–50 år för elektrifieringen och IKT-revolutionen att lämna tydliga spår i produktivitetsstatistiken. Produktivitetseffekten inom den IKT-producerande sektorn förefaller dessutom kraftigare än effekten i den sektor som producerade elektriska motorer, även om det inte kan uteslutas att detta delvis förklaras av andra mätmetoder idag än för 100 år sedan.

Om författarna:

Harald Edquist är doktor i ekonomisk historia och verksam som forskningsledare vid SNS, Studieförbundet Näringsliv & Samhälle. Hans huvudsakliga forskningsintresse är teknologisk förändring och dess effekter på produktivitet och tillväxt. E-post: Harald.Edquist@sns.se.

Magnus Henrekson är chef för Institutet för Näringslivsforskning (IFN) och professor i nationalekonomi vid Handelshögskolan i Stockholm. Han forskar huvudsakligen kring förklaringar till ekonomisk tillväxt och företagandets villkor. E-post: Magnus.Henrekson@ifn.se.

INTRODUKTION¹

Denna artikel är skriven på en dator med ett RAM-minne på 1024 MB. Om den hade skrivits för 10 år sedan skulle den ha skrivits på en dator med 16 MB RAM-minne. Dagens standarddator har alltså ett RAM-minne som är 64 gånger större jämfört med en 10 år gammal dator. Ändå skulle det ta precis lika lång tid att skriva artikeln idag som för tio år sedan. Detta är dock bara halva sanningen. Även om teknikutvecklingen av datorminne inte har inneburit att vi läser eller skriver snabbare nu än för 10 år sedan, så har den gett upphov till nya möjligheter såsom att ladda ner stora mängder information från Internet, titta på bilder och TV via datorn, surfa snabbare och använda mer sofistikerade statistikprogram. Att samla och analysera informationen till denna artikel har därför gått snabbare än vad det skulle gjort för 10 år sedan.

Enligt många har vi varit med om en teknologisk revolution baserad på Informations- och KommunikationsTeknologins (IKT) genombrott. Hur vi lever våra liv och hur vi producerar varor och tjänster har redan i hög utsträckning påverkats av den nya teknologin. Ändå tog det lång tid innan investeringar i IKT gav märkbara effekter på produktivitetstillväxten. Under senare delen av 1990-talet har produktiviteten ökat snabbare i Sverige och USA. Flera studier visar att IKT-investeringar har haft en avgörande betydelse för produktivitetstillväxten, men skillnaden mellan branscher är stora. Exempelvis uppmättes den årliga produktivitetstillväxten 1993–2005 till 44 procent inom teleproduktindustrin jämfört med bara 2,3 procent inom metallvaruindustrin. Detta trots att så gott som samtliga svenska företag använde sig av datorer år 2005.

IKT-revolutionen är inte det enda större teknologiska genombrott som skett sedan den industriella revolutionen. Ett sätt att urskilja större teknologiska genombrott är att använda sig av ansatsen ”general purpose technology”, GPT (Bresnahan & Trajtenberg 1995). Lipsey *et al.* (1998) menar att för att en teknologi ska klassificeras som en GPT så måste följande kriterier vara uppfyllda:

¹Denna uppsats bygger i hög grad på Edquist & Henrekson (2006).

- 1) stor potential för förbättring och utveckling;
- 2) tillämpbarhet inom ett stort spektrum av användningsområden;
- 3) potential att användas inom en rad olika produkter och processer;
- 4) stark komplementaritet i förhållande till andra existerande teknologier.

Ytterligare två viktiga teknologiska genombrott som kan klassificeras som GPT är ångmaskinen och elektriciteten. Självklart är skillnaden mycket stor mellan att skicka ett e-mail via en dator och att låta en ångmaskin driva ett sågverk. Ändå har dessa tre teknologiska genombrott skapat utrymme för utveckling och effektivisering inom en rad olika områden som kommit att påverka hela samhället. Men det finns också stora skillnader i hur dessa genombrott kommit att påverka produktiviteten, ekonomin och samhället i stort.

ÅNGMASKINENS GENOMBROTT

Världens första allmänt utbredda ångmaskin uppfanns 1712 av Thomas Newcomen i Storbritannien. Denna användes främst i gruvdrift och verkningsgraden var låg. Först 1765 då James Watt utvecklade en separat kondensator blev ångmaskinen så pass energisnål att den kunde användas även där tillgången på kol var begränsad. Övergången till ångkraft var dock långsam eftersom prisskillnaden mellan vatten- och ångkraft förblev stor och det var först med ökad mobilitet och effektivitetsförbättringar hos senare generationer av ångmaskiner som ångkraft kunde konkurrera med vattenkraft. Det dröjde ända till ca 1840 innan mer pålitliga högtrycksångmaskiner hade utvecklats som var så effektiva att ångkraft kunde användas i stor skala i fabriker och för transport i form av järnvägar och ångfartyg.

Tabell 1 visar att detta emellertid främst gällde Storbritannien och i något mindre utsträckning USA. Dessa två länder svarade 1840 för mer än 80 procent av världens totala ångkraft. Användningen av ångmaskinen i andra stora europeiska länder, så som Frankrike och Tyskland, var fortfarande ytterst begränsad. Under resten av århundradet växte dock ångkraftskapaciteten fortare i övriga Europa än i Storbritannien. Tyskland var det land som uppvisade den högsta ökningstakten med nästan 10 procent per år. 1896 hade därför USAs och Storbritanniens andel av världens ångkraft minskat till 48 procent. Storbritannien, med 34 hästkrafter per 100 invånare, svarade emellertid fortfarande för den högsta kapaciteten per capita. Detta

kan jämföras med 25 hästkrafter per 100 invånare i USA, 15 i Frankrike och Tyskland samt 10 i Sverige.

ÅNGKRAFTEN ÖKAR PRODUKTIVITETEN

Hur påverkade utvecklingen av ångmaskinen produktiviteten? *Tabell 2* visar ångkraftens verkan på produktivitetstillväxten baserad på s.k. tillväxtbokföring (Solow 1957) 1760–1910. Med utgångspunkt från *tabell 2* tycks ångmaskinens inverkan på produktiviteten vara i princip försumbar före 1800-talet. Även under århundradets tre första decennier var ångmaskinens bidrag till den totala produktivitetstillväxten ytterst marginell. 1830–1850 svarade den för 0,2 procentenheter av den totala årliga produktivitetsökningen på 1,65 procent. Under 1800-talets andra hälft kom ångans betydelse att öka ytterligare och den bidrog årligen med mellan 0,3 och 0,4 procentenheter till produktivitetstillväxten. Ångkraftens ökande betydelse kan delvis förklaras med de stora investeringar som gjordes i järnvägens utbyggnad under perioden då det främst var järnvägen som skapade produktivitetstillväxten (Crafts 2004).

Det tycks framförallt ha varit ett par sektorer som drog nytta av ångkraftens intåg. Mer än hälften av ångkraften inom industrin användes för gruvdrift, textilproduktion och metallindustri och åtminstone för textilproduktionen åtföljdes detta av en hög produktivitetstillväxt (McCloskey 1981; Harley 1993). Viktiga sektorer så som jordbruk och tjänster (med undantag för transporter) var däremot mycket långsamma när det gällde att utnyttja ångmaskinen, vilket kan förklara varför tillväxten inte var högre under perioden.

Ångkraftens ringa betydelse fram till 1800-talets mitt –140 år efter Newcomens ångmaskin och 85 år efter Watts separata kondensator – tyder på att ingen väsentlig produktivitetsökning hade skett inom produktionen av ångkraft. Mellan 1800 och 1840 skedde mycket få och begränsade innovationer inom ångmaskinssektorn och kostnaden för ångmaskiner var relativt konstant. Under de följande åren gick dock utvecklingen snabbt med innovationer så som högtrycksångmaskinen och Corliss ångmaskin, vilken hade en farthållningsmekanism som möjliggjorde stora energibesparingar. Kostnadsreduceringarna var avsevärda; jämfört med 1800-talets

början hade priset på ångkraft halverats 1850 och 1910 hade priset sjunkit med bortåt 80 procent.

USA hade en liknande utveckling även om ångmaskinen gjorde sitt intåg i Amerika långt efter det att den börjat användas i England. Det var egentligen först med Corliss ångmaskin runt 1850 som ångkraften fick en påtaglig inverkan på den amerikanska produktivitetstillväxten (Rosenberg & Trajtenberg 2004). Vilken betydelse ångkraften hade för tillväxten i andra europeiska länder går inte att säga med säkerhet. Dock antyder tillväxtsiffrorna per capita på ungefär 0,7 till 0,8 procent årligen mellan 1820 och 1870 att ångkraftens inverkan på produktiviteten kom senare än för Storbritannien och USA. Och mot 1800-talets slut hade en annan revolution börjat ta fart – elektriciteten gjorde sitt intåg.

ELEKTRICITETENS GENOMBROTT

Även om principen bakom dynamon – teorin om elektromagnetisk induktion – upptäcktes redan 1831 av Michael Faraday var det först 40 år senare dynamon kom att användas kommersiellt. Under dessa 40 år kom ett flertal innovationer som ledde till ökad effektivitet i energiproduktionen (David 1990; 1991). 1867 kom idén om att använda elektromagnetiska fält genererade av dynamon själv. Gramms dynamo byggde på denna princip och kunde generera energi tillräckligt billigt för kommersiell användning av elektriskt ljus. Även innovationer som Swann-Edisons lampa och Edisons kraftstationer i New York och London 1881 var viktiga för elektricitetens spridning. Tillkomsten av transformatorer och växelströmgeneratorer möjliggjorde användning av växelström istället för likström, vilket avsevärt minskade kostnaderna för att transportera elektricitet.

Elektricitet är inte en kraftkälla i sig utan en energiform som är lätt att transportera, vilket ger vinster i form av effektivitet och flexibilitet. Under 1800-talet producerades elektrisk energi företrädesvis antingen med hjälp av fallande vatten eller med ånga. Elektrifieringen inleddes på 1880-talet såväl i USA som i Europa. Till en början användes elektricitet främst till belysning, men den spreds sedan till spår- och järnvägar. Den snabba tekniska utvecklingen av elektriska motorer ledde dock till att allt mer av den producerade elektriciteten kom att användas inom

tillverkningsindustrin. Redan 1907 användes hälften av all ström i Storbritannien till att driva fabriksmotorer (Byatt 1979).

Även andra stora europeiska länder som Frankrike och Tyskland elektrifierades snabbt kring sekelskiftet. I Tyskland var utvecklingen som mest anmärkningsvärd. 1907 var generatorkapaciteten i Tyskland och Storbritannien ungefär densamma. 1925 var den tyska kapaciteten mer än 50 procent högre än den brittiska. Dessutom hade tyska företag som Siemens & Halske och Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft (AEG) blivit världsledande tillverkare av elektrisk utrustning. 1913 var denna industri nästan lika stor som den amerikanska och dubbelt så stor som den brittiska (Landes 1969).

STORBRITANNIEN PÅ EFTERKÄLKEN

I USA började elektricitet användas i produktionen på 1880-talet och användningen ökade sedan successivt. På 1920-talet var elektricitet den viktigaste energiformen i tillverkningsindustrin. Vid en jämförelse mellan USA och Storbritannien blir det tydligt att Storbritannien halkade efter. Det var framför allt inom gruvbrytning och bomullstextilier som Storbritannien hamnade på efterkälken (Byatt 1979). De industrier som tidigt gick över till att använda ångkraft i Storbritannien var således långsamma med att ställa om till elektricitet.

En närliggande förklaring till detta är att de stora investeringarna i ångmaskiner gjorde dessa branscher ovilliga att återigen göra stora investeringar i elektricitet. Dessutom hade Storbritannien osedvanligt avancerade tillämpningar av ångkraft, vilket gjorde denna energiform jämförelsevis billig. Detta pekar på att val av teknologi i hög utsträckning är spårberoende – de beror på tidigare investeringsbeslut – och det finns en risk att samhället låser fast sig i gamla lösningar. Detta gör att nya teknologiska principer oftare har lättare att få fotfäste i ett land där tidigare lösningar inte hunnit bli lika utbredda (Gerschenkron 1952). Emellertid var inte USA lika konservativt som Storbritannien: många amerikanska branscher, inte minst textilindustrin, övergick snabbt från ånga till elektricitet trots att de tidigare varit storkonsumenter av ångkraft.

I Sverige började elektricitet att användas för belysning 1876. Inledningsvis användes huvudsakligen ångkraft för att generera el, men gradvis blev vattenkraft allt mer dominerande. Inom industrin spreds användningen av elektriska motorer snabbt och kapaciteten mer än tjugofaldigades mellan 1906 och 1937 (Hjulström 1940). Ökningen av den elektriska motorkapaciteten var avsevärd i alla branscher. Under perioden 1913–31 skedde den största procentuella ökning av kapaciteten inom trävaruindustrin. I likhet med Storbritannien var ökningen långsammast inom textilindustrin.

1920-TALETS PRODUKTIVITETSEXPLSION

I fråga om hur elektrifieringen påverkade produktiviteten fanns liksom för ångmaskinen en stor fördröjning mellan tillkomsten av den nya teknologin och att den fick genomslag på produktiviteten. För USA:s del var det först på 1920-talet som en produktivitetssökning till följd av elektrifieringen kunde utläsas – 40 till 50 år efter att elektriciteten hade börjat användas kommersiellt. Arbetsproduktivitetstillväxten i tillverkningsindustrin var mer än fem procent årligen, en takt som vida översteg någon tidigare epok.

Att det tog så lång tid för elektriciteten att få genomslag på produktiviteten berodde på att det krävdes stora omställningar i tillverkningsprocesserna innan det blev möjligt att tillgodogöra sig effektivitetsvinsterna från elkraften. Tidigare hade en enda kraftkälla använts för att driva en hel produktionsprocess genom att alla maskiner var knutna till långa drivlinor. Användningen av elektricitet medförde att varje maskin kunde kopplas till en egen motor, vilket minskade energiåtgången och ökade flexibiliteten.

Tabell 3 visar produktivitetstillväxten i den amerikanska tillverkningsindustrin 1899–1937. Av tabellen framgår att produktivitetstillväxten ökade i samtliga branscher och var relativt jämnt fördelad. Inte bara för de sektorer som använde elektriciteten ökade produktiviteten kraftigt utan även inom produktionen av elektricitet. Under 1900-talets tre första decennier minskade den mängd kol som krävdes för att producera en kilowattimme el från 3,3 till 0,7 kilo. Emellertid var produktivitetstillväxten inom själva tillverkningen av elektriska maskiner lägre än för industrin i allmänhet. Tillväxten i faktorproduktiviteten var endast 3,5 procent per år för elektriska maskiner

jämfört med 5,1 procent för hela tillverkningsindustrin. Det var således inte i första hand den sektor som producerade elektrisk utrustning utan de sektorer som använde dem som kunde tillgodoräkna sig produktivitetsvinsten.

Den brittiska industrins långsamma övergång till elektricitet höll tillbaka utvecklingen. Produktivitetstillväxten i Storbritannien var avsevärt lägre än den amerikanska och den var även lägre än utvecklingen i de flesta andra industrialiserade länder (Maddison 1991). Utvecklingen i Tyskland påminde om den amerikanska. Framförallt var det kemisk industri och metalltillverkning som utvecklades starkt (Hoffman 1965). Även produktiviteten i den svenska industrin ökade betydligt under 1920-talet. För tillverkningsindustrin var den närmare 4 procent årligen (Schön 1988).

Elektriciteten var också grundförutsättning för ett antal innovationer såsom kylskåpet, luftkonditioneringen och dammsugaren. Ytterligare en innovation som förutsätter tillgång till elektricitet var transistorn som kom att utgöra grunden för nästa stora teknologiskt genombrott.

IKT-REVOLUTIONEN

Den första transistorn uppfanns redan 1947 av Bardeen, Brattain och Shockley och utgjorde grunden för en rad senare elektroniska innovationer som tillsammans kom att kallas IKT.² Informationsteknologisektorn har genomgått en snabb utveckling under de senaste 50 åren. På 1960-talet kom kommunikationssatelliter, på 1970-talet fiberoptiska kablar och på 1980-talet gjorde de första mobiltelefonerna entré för att nämna några viktiga exempel på produktinnovationer. En annan viktig innovation är Internet som ju av många förutspått bli en viktig källa till framtida ekonomisk tillväxt (Litan & Rivlin 2001; Lipsey *et al.* 1998).

Men hur har informationsteknologin egentligen påverkat produktiviteten? Trots stora investeringar i datorer och annan informationsteknologi under 1970- och 1980-talen föll takten i produktivitetstillväxten i de flesta länder. Detta var ett mysterium för de

² Enligt OECD (2002) definieras IKT-produkter som produkter "avsedda för att utföra informationsbearbetning och kommunikation, vilket inkluderar överföring och visning; eller använder elektronisk bearbetning för att upptäcka, mäta och/eller registrera konkreta fenomen eller kontrollera en fysisk process". För att klassas som IKT-tjänst krävs att de producerande tjänsterna skall "vara avsedda för att möjliggöra informationsbearbetning och kommunikation genom användning av elektroniska hjälpmedel".

flesta ekonomer. En förklaring till detta är att tillbakagången berodde på 1970-talets oljekriser som krävde stora omställningar i de rika ländernas livsstil och produktionsapparater. Emellertid förklarar den hypotesen inte varför nedgången kvarstod efter det att oljepriset kollapsat på 1980-talet.

Under 1990-talet var investeringarna i IKT mycket omfattande i de flesta OECD-länder. I exempelvis Sverige och USA ökade investeringarna i IKT kapital med mellan 15–20 procent per år under den andra halvan av 1990-talet (Timmer *et al.* 2003). Vissa länder gjorde dock större investeringar i IKT jämfört med andra. Lundgren *et al.* (2007) visar att IKT-kapitalet som andel av totalt kapital var betydligt högre i länder som Sverige och USA än i EU i genomsnitt.

För att beräkna vilken påverkan IKT har haft för arbetsproduktiviteten kan man använda sig av tillväxtbokföring. Genom att förfina denna metod är det möjligt att göra en uppdelning mellan IKT-kapital, övrigt kapital och total faktorproduktivitet (se Oliner & Sichel 2000).

Tabell 4 visar resultaten från dessa beräkningar för tre olika perioder 1990–2004. Under 1990–95 var arbetsproduktivitetstillväxten hög i EU medan den var lägre i Sverige och USA. Andra halvan av 1990-talet skedde en markant ökning av produktivitetstillväxten i framförallt USA, men även i Sverige. Den föll däremot kraftigt inom EU. Sverige hade den högsta tillväxten med 2,6 procent per år i genomsnitt. Motsvarande siffror för EU och USA var 1,8 respektive 2,3 procent. Bidraget från IKT-kapital ökade i alla tre regionerna. Sverige och USA hade ett tydligt större bidrag från IKT-kapital jämfört med EU.

Under perioden 2000–2004 fortsatte produktivitetstillväxten att öka i USA och Sverige, medan den minskade avsevärt i EU. Således fortsatte den avmattning av arbetsproduktivitetstillväxten inom EU som pågått sedan första halvan av 1990-talet. Bidraget från IKT-kapital minskade dock betydligt i alla tre regionerna. Istället var det TFP-tillväxten som stod för större delen av arbetsproduktivitetens ökning i USA

och Sverige.³ Lundgren *et al.* (2007) visar att det verkar finnas ett samband mellan de IKT-investeringar som gjordes under 1990-talet och TFP-tillväxten 2000–2004. Sammanfattningsvis verkar det som om det var först under den andra halvan av 1990-talet som IKT började ha en markant inverkan på den uppmätta produktiviteten, dvs. ca 50 år efter uppfinningen av transistorn.

IKT-PRODUCENTERNA ÖKAR TILLVÄXTEN

Tabell 5 visar produktivitetstillväxten och bidraget till produktivitetstillväxten uppdelat på IKT-producerande branscher och övriga branscher i EU, Sverige och USA. Det framgår att de IKT-producerande branscherna har haft betydligt högre produktivitetstillväxt än genomsnittet för övriga branscher i alla tre regionerna. I USA var exempelvis den årliga produktivitetstillväxten i den IKT-producerande branscherna 10,3 procent jämfört med 2,3 procent för övriga branscher.

Även bidragsmässigt har de IKT-producerande branscherna stått för en avsevärd andel av produktivitetstillväxten. I Sverige stod de IKT-producerande branscherna för nästan 33 procent av den totala produktivitetstillväxten i näringslivet 1995–2003. Motsvarande siffror för EU och USA var 28,5 respektive 28,0 procent. Även om produktivitetstillväxten också har varit hög i ett antal andra branscher så har senare års totala produktivitetstillväxt varit betydligt mer ojämnt fördelade jämfört med elektricitetens påverkan på 1920-talet då de positiva effekterna var relativt jämnt spridda över olika näringsgrenar.

Tabell 5 visar också att övriga branscher i absoluta tal bidrog betydligt mer till produktivitetstillväxten i USA jämfört med EU. Huvudanledningen till dessa skillnader är att tjänstesektorerna detaljhandeln, partihandeln och finansiella tjänster har haft högre produktivitetstillväxt i USA än i Europa (van Ark 2003). Att dessa branscher haft en så stark utveckling i USA kan bero på att det i USA funnits färre institutionella hinder mot utnyttjandet av den tillväxtpotential som finns i den nya teknologin. Likaså gör det större konkurrenstrycket i USA att det blir ett överlevandsvillkor för företagen att dra nytta av den nya teknologin för att bli

³ TFP betecknar total faktorproduktivitet och är ett mått på den förändring i produktiviteten som inte kan förklaras av förändringen i övriga produktionsfaktorer. En förändring i total faktorproduktivitet brukar förklaras med teknologisk utveckling eller organisatoriska förändringar.

effektivare. Här finns en tydlig parallell i den långsamma övergången från ånga till el i Storbritannien kring förra sekelskiftet.

EFFEKTER AV TEKNOLOGISKA GENOMBROTT TAR TID

En jämförelse mellan de tre teknologiska genombrotten pekar på att det tar lång tid från den ursprungliga uppfinningen till dess att den ger avtryck i form av produktivitetstillväxt. För ångmaskinen var denna fördröjning ca 140 år, eller 85 år om man utgår från Watts ångmaskin, medan den för såväl elektriciteten som för informationsteknologin var mellan 40 och 50 år.

Den direkta effekten av den nya teknologin i sig är liten, istället är det utrymmet som teknologiska genombrott skapar för användarna att förbättra sina egna teknologier som ger upphov till ökad produktivitet. Det var till exempel nödvändigt att uppfinna och utveckla elektriska maskiner innan elektriciteten kunde ha någon verkan på tillverkningsindustrin. Även det faktum att det är tidskrävande att utveckla nya organisatoriska system har lyfts fram som en förklaring till varför det tar tid för teknologiska genombrott att lyfta produktiviteten (David 1991). Dessutom har ny teknologi till en början endast ersatt de funktioner som den gamla redan utförde, vilket medfört att tidigare investeringar förlorat sitt värde och att de positiva produktivitetseffekterna fördröjts (Devine 1983).

INGEN MOORES LAG FÖR ÅNGA OCH ELEKTRICITET

Det finns också stora skillnader i hur de tre teknologiska genombrotten påverkade ekonomin. Ångmaskinen spreds aldrig till alla sektorer utan användes inom några nyckelnärings, framförallt textil, kolbrytning och transport. Dessa hade också en högre produktivitetstillväxt än genomsnittet. Elektriciteten hade en avsevärd inverkan på produktiviteten i tillverkningsindustrin och även inom framställningen av elektricitet var effektivitetsökningen stor. Dock tycks detta inte gälla för själva tillverkningen av elektriska maskiner. Det var snarare de branscher som använde den elektriska utrustningen som kunde tillgodogöra sig de positiva produktivitetseffekterna.

Här föreligger en betydande skillnad i jämförelse med IKT-revolutionen som i första hand har lett till ökad produktivitet inom de branscher som producerar den nya

teknologin. Även om en del av denna skillnad beror på att den historiska statistiken inte beaktar kvalitetsutvecklingen för de branscher som producerade ångmaskiner och elektrisk utrustning (Edquist 2005), tycks den teknologiska utvecklingen under IKT-revolutionen ha varit betydligt snabbare. För ångmaskinen och elektriciteten verkar det helt enkelt inte ha funnits någon motsvarighet till ”Moore’s lag” enligt vilken antalet transistorer per ytenhet i en integrerad krets fördubblas var 18:e månad.

Även om IKT-teknologin har förbättrats i en snabbare takt än ångmaskinen och den elektriska motorn är det inte uppenbart att den kommer att ha en större effekt på produktiviteten i hela ekonomin framöver. Detta beror på den produktivitetshöjande effekten hos nya innovationer, baserade på IKT-teknologin. Att ha en bättre dator innebär inte att man skriver snabbare, men med större datorkraft skapas förutsättningar för nya innovationer. Det återstår dock att se hur långvarig produktivitetseffekten blir från innovationer som Internet, mobiltelefoner, plasma-TV, digitalkameror och TV-spel. Av tidigare teknologiska genombrott kan vi lära oss att det tar tid innan den fulla potentialen hos en ny teknologi övergår i mätbar produktivitetstillväxt. Även om uppfinningar som den elektriska motorn och ångmaskinen jämfört med dagens teknologi verkar triviala så betyder det inte att dessa två genombrott påverkade vårt sätt att leva på ett mindre genomgripande sätt.

REFERENSER

- Bresnahan, T. F. & Trajtenberg, M. (1995), “General Purpose Technologies ‘Engines of Growth’?”. *Journal of Econometrics* 65, 83–108.
- Byatt, I. C. R. (1979), *The British Electrical Industry 1875–1914: The Economic Returns to a New Technology*. Clarendon Press, Oxford.
- Crafts, N. F. R. (2004), “Steam as a General Purpose Technology: A Growth Accounting Perspective”. *Economic Journal* 114, 338–351.
- David, P. A. (1990), “The Dynamo and the Computer: An Historical Perspective on the Modern Productivity Paradox”. *American Economic Review* 80, 355–361.
- David, P. A. (1991), “Computer and Dynamo: The Modern Productivity Paradox in a Not-Too-Distant Mirror”. I *Technology and Productivity: The Challenge for Economic Policy*. OECD, Paris.

- Devine, W. (1983), "From Shaft to Wires: Historical Perspective on Electrification". *Journal of Economic History* 43, 347–372.
- Edquist, H. (2005), "Do Hedonic Price Indexes Change History? The Case of Electrification". SSE/EFI Working Paper nr 585, Handelshögskolan i Stockholm.
- Edquist, H. & Henrekson, M. (2006), "Technological Breakthroughs and Productivity Growth". *Research in Economic History* 24, 1–53.
- Gerschenkron, A. (1952), "Economic Backwardness in Historical Perspective". I *The Progress of Underdeveloped Areas* (red. B.F. Hoselitz). University of Chicago Press, Chicago.
- GGDC, Groningen Growth and Development Centre (2006), *60-industry Database*. Groningen.
- Harley, K. C. (1993), "Reassessing the Industrial Revolution: A Macro View". In *The British Industrial Revolution: An Economic Perspective* (red. J. Mokyr). Westview Press, Boulder.
- Hjulström, F. (1940), *Sveriges elektrifiering: En ekonomisk-geografisk studie över den elektriska energiförsörjningen*. Geographica, Uppsala.
- Hoffmann, W. G. (1965), *Das Wachstum der deutschen Wirtschaft seit der Mitte des 19. Jahrhunderts*. Springer, Berlin.
- Kendrick, J. W. (1961), *Productivity Trends in the United States*. Princeton University Press, Princeton.
- Landes, D. S. (1969), *The Unbound Prometheus: Technological Change and Industrial Development in Western Europe from 1750 to the Present*. Cambridge University Press, Cambridge, MA.
- Lipsey, G., Bekar, C. & Carlaw, K. (1998), "What Requires Explanation?". I *General Purpose Technologies and Economic Growth* (red. E. Helpman). MIT Press, Cambridge, MA.
- Litan, R. E. & Rivlin, A. M. (2001), *Beyond the dot.coms*. Brookings Institution Press, Washington DC.
- Lundgren, S., Edquist, H. & Wallgren, A. (2007), *Tillväxt i otakt*. Konjunkturrådets rapport 2007, SNS Förlag, Stockholm.
- Maddison, A. (1991), *Dynamic Forces in Capitalist Development: A Long-Run Comparative View*. Oxford University Press, Oxford.
- McCloskey, D. (1981), "The Industrial Revolution 1780–1860: A Survey". I *The Economic History of Britain since 1700: Volume 1: 1700–1860* (red. R. Floud & D. McCloskey). Cambridge University Press, Cambridge.

- Mulhall, M. G. (1899), *The Dictionary of Statistics*. Routledge and Sons, London.
- OECD (2001), *OECD Productivity Manual: A Guide to the Measurement of Industry Level and Aggregate Productivity Growth*. Directorate for Science, Technology and Industry, Paris.
- OECD (2002), "Measuring the Information Economy". OECD Working Paper, Paris.
- OECD (2006), *STAN Database*. OECD, Paris.
- Oliner, S. D. & Sichel, D. E. (2000), "The Resurgence of Growth in the Late 1990s: Is Information Technology the Story?". *Journal of Economic Perspectives* 14, 3–22.
- Rosenberg, N. & Trajtenberg, M. (2004), "A General-Purpose Technology at Work: The Corliss Steam Engine in the Late-Nineteenth-Century United States". *Journal of Economic History* 64, 61–99.
- Schön, Lennart (1988), *Historiska nationalräkenskaper för Sverige: Industri och hantverk 1800–1980*. Ekonomisk-Historiska Föreningen, Lund.
- Solow, R. M. (1957), "Technical Change and the Aggregate Production Function". *Review of Economics and Statistics* 39, 65–94.
- Timmer, M. P, Ypma, G & van Ark, B. (2003), "IT in the European Union: Driving Productivity Divergence?". Research Memorandum GD–67, University of Groningen, Appendix Tables, updated June 2005.
- van Ark, B., Inklaar, R. and McGuckin R. H. (2003), "'Changing Gear' Productivity, ICT and Service Industries: Europe and the United States". I *The Industrial Dynamics of the New Digital Economy* (red. J. F. Christensen & P. Maskell). Edward Elgar, Cheltenham.

TABELLER

Tabell 1. Ångkraftskapacitet i olika länder 1840–1896.

Länder	Hästkrafter, tusental						Årlig tillväxttakt 1840–1896	Per 100 invånare 1896/97
	1840	1850	1860	1870	1880	1896		
Belgien	40	70	160	350	610	1 180	6,2	18
Danmark	i.u.	i.u.	10	30	90	260	i.u.	11
Frankrike	90	370	1 120	1 850	3 070	5 920	7,8	15
Italien	10	40	50	330	500	1 520	9,4	5
Nederländerna	i.u.	10	30	130	250	600	i.u.	12
Norge	i.u.	i.u.	10	40	90	410	i.u.	20
Portugal	i.u.	i.u.	10	30	60	170	i.u.	3
Ryssland	20	70	200	920	1 740	3 100	9,4	3
Schweiz	i.u.	i.u.	90	140	230	580	i.u.	19
Spanien	10	20	100	210	470	1 180	8,9	7
Storbritannien	620	1 290	2 450	4 040	7 600	13 700	5,7	34
Sverige	i.u.	i.u.	20	100	220	510	i.u.	10
Tyskland	40	260	850	2 480	5 120	8 080	9,9	15
USA	760	1 680	3 470	5 590	9 110	18 060	5,8	25
Österrike	20	100	333	800	1 560	2 520	9,0	6
Världen	1 650	3 990	9 380	18 460	34 150	66 100	6,8	i.u.

Källa: Mulhall (1899) och egna beräkningar.

Anm: Data för ångkraft per 100 invånare baseras på ångkraftskapacitet år 1896 och befolkningsberäkningar år 1897. i.u. = ingen uppgift.

Tabell 2. Bidrag från ångkraft till arbetsproduktivitetstillväxt i Storbritannien, 1760–1910 (procentenheter).

	1760–1800	1800–30	1830–50	1850–70	1870–1910
Stationära ångmaskiner					
<i>ΔKapitalintensitet</i>	0,004	0,02	0,02	0,06	0,09
<i>TFP</i>	0,005	0,001	0,02	0,06	0,05
Total	0,01	0,02	0,04	0,12	0,14
Ånglok					
<i>ΔKapitalintensitet</i>	–	–	0,14	0,12	0,01
<i>TFP</i>	–	–	0,02	0,14	0,06
Total	–	–	0,16	0,26	0,07
Ångbåtar					
<i>ΔKapitalintensitet</i>	–	–	–	0,02	0,05
<i>TFP</i>	–	–	–	0,01	0,05
Total	–	–	–	0,03	0,1
Total ångkraft	0,01	0,02	0,20	0,41	0,31

Källa: Crafts (2004).

Anm: Bidraget från ångkraft baseras på förändring i kapitalintensitet och TFP hos stationära ångmaskiner, ånglok och ångbåtar.

Tabell 3. Årlig tillväxt i arbets- och total faktorproduktivitet inom tillverkningsindustrin i USA 1899–1937.

Industry	1899–1909		1909–1919		1919–1929		1929–1937	
	AP	TFP	AP	TFP	AP	TFP	AP	TFP
Livsmedel	0,6	0,3	0	-0,4	5,2	5,2	0,9	1,5
Dryckesvaror	1,3	0,9	-6,6	-5,8	0,5	-0,2	13,5	14,1
Tobaksvaror	1,7	1,2	5,9	4,8	7,0	4,3	7,3	6,1
Textilvaror	1,4	1,1	1,7	0,9	2,4	2,9	4,3	4,5
Beklädnadsvaror	0,9	0,7	3,3	2,7	3,9	3,9	2,1	2,5
Trävaror	-0,2	-0,4	-1,0	-1,2	2,9	2,5	-0,2	0,4
Möbler	-0,7	-0,8	-0,4	-0,5	4,2	4,1	0,3	0,5
Pappersvaror	3,0	2,4	0,5	0,3	4,9	4,5	4,4	4,2
Förlag och grafik	3,9	3,8	3,2	3,0	3,7	3,7	2,6	2,6
Kemiska produkter	1,3	0,6	-0,3	-0,7	7,9	7,2	3,0	3,0
Petroleumprodukter	3,0	0,7	1,8	-1,0	8,6	8,2	5,5	2,7
Gummivaror	2,5	2,2	7,6	7,1	8,1	7,4	3,4	3,9
Läderprodukter	0,5	0,1	0,9	0,5	2,5	2,9	3,2	3,5
Sten och betong	2,7	2,2	1,0	0,7	6,1	5,6	1,7	2,2
Stål och metallverk	3,7	2,6	-0,4	-0,5	5,6	5,4	-0,9	-1,3
Metallvaror	2,8	2,3	2,0	1,8	5,0	4,5	0,5	1,0
Maskiner, ej elektriska	1,8	1,0	0,7	0,7	2,9	2,8	1,9	2,2
Elektriska maskiner	1,3	0,6	0	0,3	3,9	3,5	2,8	3,1
Transportutrustning	1,3	1,1	7,4	6,8	8,7	8,1	-0,2	-0,4
Övrig industri	1,1	0,8	-0,6	-0,6	5,3	4,5	2,2	2,8
Total tillverkning	1,3	0,7	1,1	0,3	5,4	5,1	2,0	1,9

Källa: Kendrick (1961) och egna beräkningar.

Anm: Arbetsproduktivitet definieras som förädlingsvärde per arbetad timma. AP = arbetsproduktivitet, TFP = total faktorproduktivitet.

Tabell 4. Bidrag till produktivitetstillväxten från IKT-kapital, övrigt kapital samt total faktorproduktivitet (TFP) i Sverige, EU-15 och USA 1990–2004 (procentenheter).

<i>Land</i>	<i>Arbetsproduktivitetstillväxt</i>	<i>Bidrag från förändring i kapitalintensitet</i>		<i>TFP</i>
Sverige		<i>IKT-kapital</i>	<i>Övrigt kapital</i>	
1990–1995	2,0	0,5	0,5	1,0
1995–2000	2,6	1,0	0,2	1,4
2000–2004	2,6	0,4	0,3	1,9
EU-15				
1990–1995	2,4	0,4	0,9	1,2
1995–2000	1,8	0,6	0,3	0,9
2000–2004	1,1	0,3	0,4	0,4
USA				
1990–1995	1,2	0,5	0,1	0,6
1995–2000	2,3	1,0	0,2	1,1
2000–2004	2,8	0,6	0,5	1,7

Källa: Lundgren *et al.* (2007).

Anm.: På grund av avrundning är det inte säkert att summan av samtliga värden är lika med summan av arbetsproduktivitetstillväxten.

Tabell 5. Årlig arbetsproduktivitetstillväxt och bidrag till tillväxten från IKT-producerande och övriga branscher i EU, Sverige och USA 1995–2003.

<i>Land</i>	<i>Tillväxt</i>	<i>Bidrag (procentenheter)</i>	<i>Bidrag (procent av total)</i>
EU			
IKT-producerande	5,2	0,4	28,0
Övriga	1,0	1,0	72,0
Sverige			
IKT-producerande	9,3	0,7	32,9
Övriga	1,7	1,5	67,1
USA			
IKT-producerande	10,3	0,9	28,5
Övriga	2,3	2,3	71,5

Källa: OECD (2006), GGDC (2006) och egna beräkningar.

Anm.: Arbetsproduktivitet definieras som förädlingsvärde per sysselsatt. För en detaljerad redogörelse för hur bidraget till produktivitetstillväxten har beräknats se OECD (2001). Arbetskompensation för EU har beräknats för perioden 1995–2002 genom att PPP justera data från följande länder: Danmark, Finland, Frankrike, Italien, Grekland, Nederländerna, Sverige, Storbritannien, Tyskland och Österrike. Förädlingsvärde för EU är baserade på GGDC (2006) och har justerats med industrispecifika PPP:s. Den IKT-producerande sektorn definieras som följande branscher, el- och optikprodukter (ISIC 30–33), Telekommunikationsföretag (ISIC 64) och Datakonsulter (ISIC 72). Det finns inga tillgängliga och jämförbara data på lägre aggregationsnivåer, vilket medför att definitionen avviker något från den definition som används av OECD (2002). Beräkningarna är baserade på nationella deflatorer.