

Hvordan teknologiske revolusjoner endrer verden

Forskningspolitikk starter i dag en serie med artikler der vi ser på hvordan en bedre forståelse av samspillet mellom ny teknologi og kulturelle bølger kan hjelpe politikutviklere til å takle en verden i endring. I denne artikkelen presenterer Mark Knell nyere tenkning omkring teknologiske revolusjoner og de følgene de har for samfunnsutviklingen.



MARK KNELL,
forsker, NIFU
mark.knell@nifu.no

Schumpeters ide om forretningsykluser

Økonomen Joseph Schumpeter mente at store eller radikale innovasjoner bidrar til grunnleggende endringer i måten ting blir produsert på, hvordan selskaper er organisert og hvordan folk reiser og kommuniserer.

Han antok at innovasjoner ikke er «jevnt fordelt over tid», men i stedet blir synlige som «grupper eller svermer». Entreprenører oppfører seg som om de er i en sverm, og nye kombinasjoner og nye produkter kommer derfor i klynger, noe som fører til et syklisk utviklingsmønster.

I sin bok om forretningsykluser fra 1939 foreslår Schumpeter at «evolusjon fremkommer gjennom en rekke påfølgende revolusjoner» og at disse følger et gjentagende empirisk etterprøvbart mønster som ligner på de lange bølgene den russiske økonomen Nikolai Kondratiev hadde beskrevet.

De lange teknologiske bølger

Schumpeters teori passer godt med teorien om lange teknologiske bølger utviklet av den engelske økonomen Christoffer Freeman, økonomiprofessoren Carlota Perez fra Venezuela og den portugisiske økonomen Francisco Louçã. Disse har foreslått at det har vært fem teknologiske revolusjoner siden 1770-tallet, og hver av dem har kommet med 50–70 års mellomrom.

Hver syklus eller lange bølge er ifølge dem ikke bare en teknologisk revolusjon – de representerer en endring i det tekno-økonomiske paradigmet, på mange måter likt paradigmeskiftene beskrevet av den amerikanske vitenskapsteoretikeren Thomas Kuhn i 1962.

Det vil være minst ett kjerneprodukt, eller én generisk teknologi, i hver revolusjon. Disse fremstår som klynger av beslektede radikale gjennombrudd, som bidrar til en reduksjon av produksjonskostnader over tid. Hver teknologi har kraft til å omforme hele økonomien og hele samfunnet.

Nå synes det å være liten enighet om timingen av disse syklusene. Den amerikanske økonomen Jeremy Rifkin hevder at vi er ved begynnelsen av en ny industriell revolusjon, der lavkarbon-energiproduksjon – slik som solkraft, vannkraft, bølgekraft og tidevannskraft – skaper et nytt tekno-økonomisk paradigme.

Erik Brynjolfson og Andrew McAfee ved MIT hevder at vi er i den «andre maskinalder», der immaterielle eiendeler og produktivitetsøkning som følger av IKT og roboter, vil intensivere endringer i ferdigheter, organisasjonsformer og institusjoner.

Industri 4.0 eller den femte bølge?

Professor Klaus Schwab foreslår at vi er på vei inn i en fjerde industriell revolusjon – det som noen refererer til som Industri 4.0. Devezas, Leitão og Sarygulov påpeker at denne termen ble først brukt på Hannover-messen i 2011 som en strategi for tysk industri. Begrepet Industri 4.0 har blitt brukt, i en eller annen form, av en rekke internasjonale organisasjoner, inklusive OECD, UNCTAD og Verdensbanken.

Gir begrepet Industri 4.0 noen mening? Hvis vi går tilbake til Schumpeter og ideen om lange teknologibølger, vil økono-

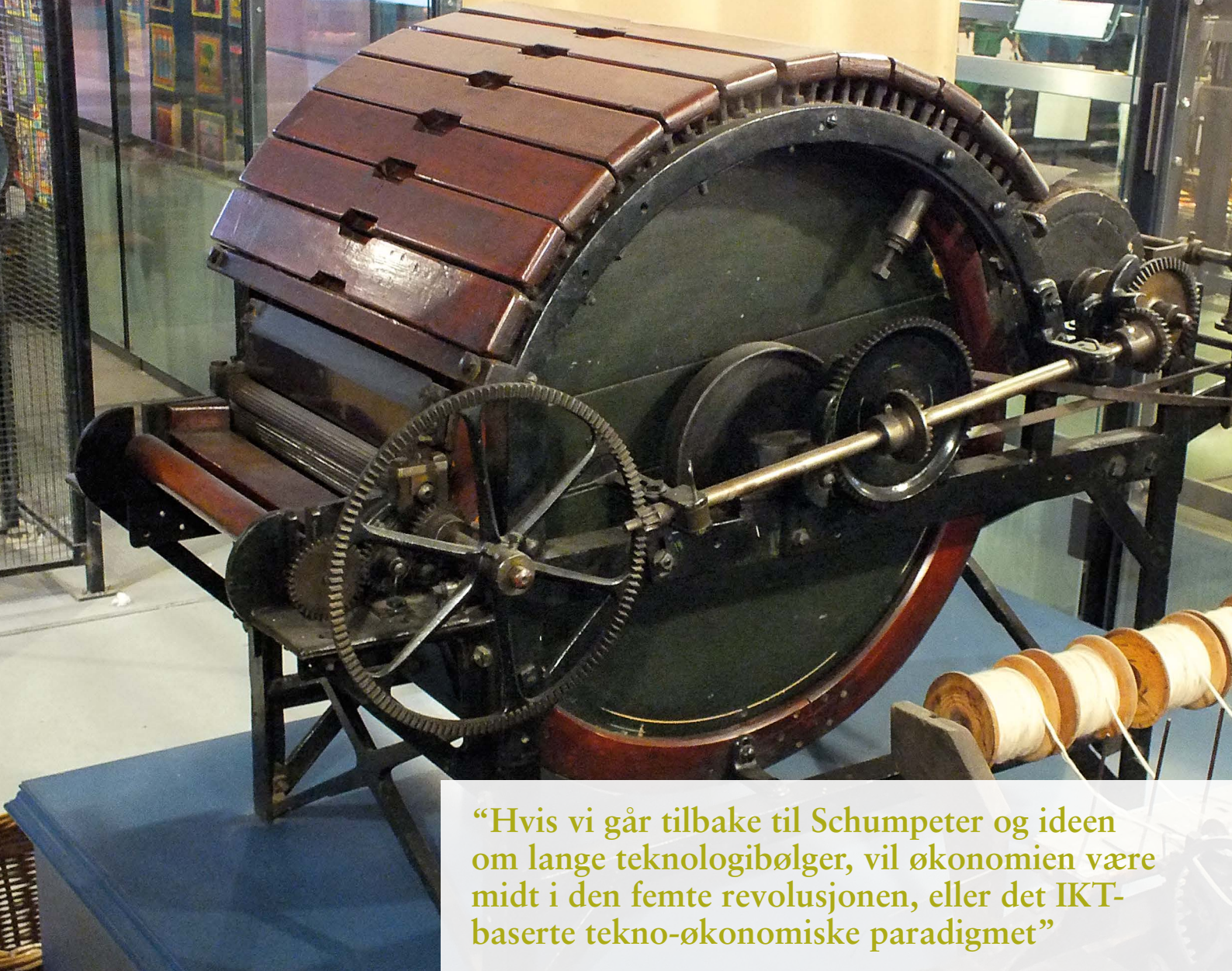
mien være midt i den femte revolusjonen, eller det IKT-baserte tekno-økonomiske paradigmet. Perez foreslår at den digitale IKT-revolusjonen begynte i 1971, da Intel introduserte den første kommersielt tilgjengelige mikroprosessen, selv om det tok noen år før den første allment tilgjengelige PC-en kom på markedet.

Denne teknologien gjorde det mulig å inkorporere alle funksjonene i en prosessor eller CPU i én enkelt integrert krets. Senere utvikling førte med seg personlige datamaskiner, digitale kontrollinstrumenter, herunder roboter, programvare, internett og inkluderingen av kretskort i en rekke produkter og tjenester. Det var også en modningsperiode før mikroprosessen nådde markeder som inkluderte utviklingen av transistoren i Bell Labs på 1940-tallet og fremveksten av teknologiklyngen i Santa Clara Valley (også kjent som Silicon Valley).

Det ser ut som om vi nå er i IKT-revolusjonens gylne tidsalder -- implementeringsperioden. Fremskritt innenfor kunstig intelligens, roboter, autonome kjøretøy, 3-D-printing og fornybar energi vil være viktig i denne perioden.

Men vi er også i en periode der vi ser begynnelsen på den sjettede industrielle revolusjon, der vi kan komme til å se sammenmeltingen av nanoteknologi, bioteknologi, kvantedatamaskiner og kognitive vitenskaper til en sammenhengende mulighetsgjørende teknologi. Men vi er mange år fra å se den typen gjennombruddsteknologier som karakteriserer IKT-revolusjonen i dag.

“Demokrati og sosial stabilitet avhenger av at politikere forstår bølgene og tar grep for å motvirke negative konsekvenser som arbeidsledighet og sosial rotløshet.”



“Hvis vi går tilbake til Schumpeter og ideen om lange teknologibølger, vil økonomien være midt i den femte revolusjonen, eller det IKT-baserte tekno-økonomiske paradigmet”

Arkwrights maskin for karding av bomull.

Foto: Clem Rutter/Wikimedia Commons, fra Manchester Museum of Science and Industry

Teknologiske revolusjoner og tekno-økonomiske paradigmer

Perez identifiserer fire faser i hvert tekno-økonomiske paradigme: (1) Invasjon (*Irruption*), når teknologien blir introdusert, (2) hysteri (*Frenzy*) eller perioden for intens utforskning, (3) synergi (*Synergy*), mens teknologien blir spredt ut i samfunnet og (4) modenhet (*Maturity*), når diffusjonsperioden er ferdig.

Det er også et visst overlapp mellom teknologisystemer, når investeringsmulighetene blir færre og markedene for de gamle teknologiene stagnerer, samtidig som mulighetene og den potensielle bruken av de nye teknologiene fortsatt ikke er godt forstått.

Fremveksten av den nye teknologiske revolusjonen vil også bli påvirket av betydelige og noen ganger turbulente endringer

i næringslivsstruktur og offentlige reguleringer. I løpet av implementeringsperioden vil redusert finansiell stabilitet ende i kaos og én eller flere teknologibølger. Etter dette vendepunktet vil økonomien normalt oppleve stabil økonomisk vekst, mens det nye teknologisystemet dominerer den teknologiske fronten.

Dynamisk ekspansjon, stordriftsfordeler og spredning er mest vanlig i synergi-perioden, når produsentene dominerer den økonomiske veksten. I den siste fasen ser vi tegn på mer selvtilfredshet, mens teknologien blir moden og spres ut i økonomien. Vi ser stagnasjon og dynamisk vekst både i begynnelsen av invasionsstadiet, mens de gamle teknologiene blir modne, og ved kulminasjonen av hysteristadiet, når man ser mange nye muligheter for å gjøre bruk av den nye teknologien.

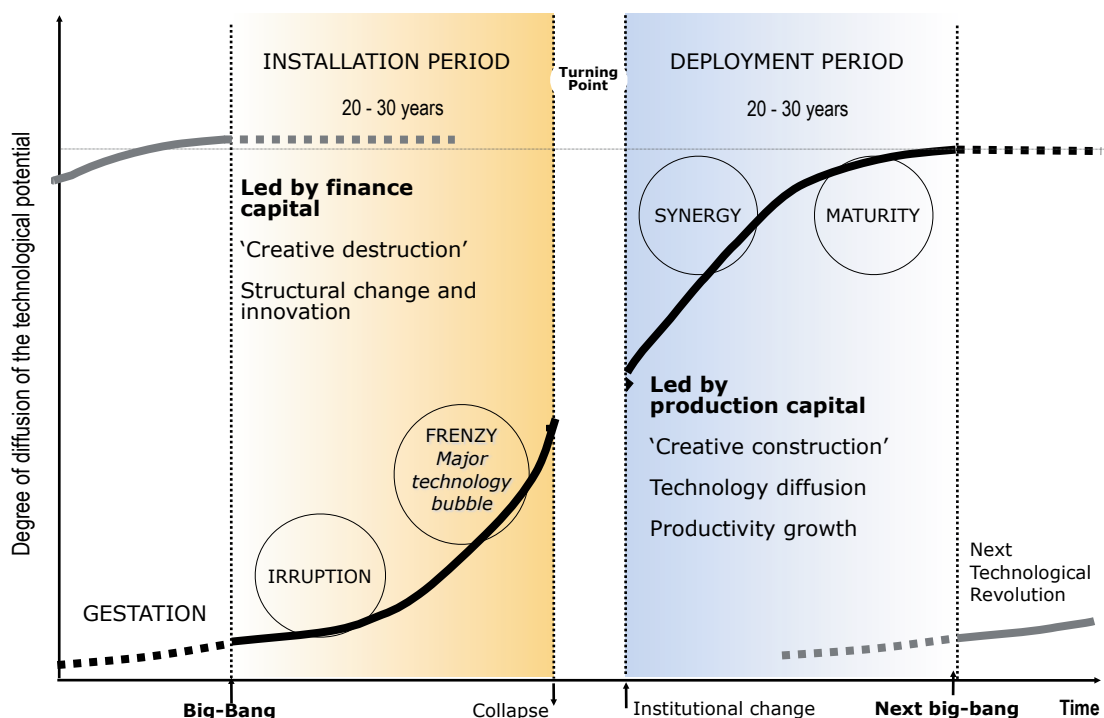
Entreprenører og finansierer

En nytt trekk i Perez' tenkning er at hver økonomiske revolusjon er kjennetegnet ved et vendepunkt, der finanskapital erstattes av produksjonskapital. Denne ideen følger Schumpeters erkjennelse av at entreprenør og finansør er to uavhengige økonomiske agenter som er med på å drive innovasjonsprosessen. Perez argumenterer for at finansierere dominerer i de to første fasene av syklusene, mens entreprenørene dominerer i de to siste.

Det er vanlig med finanskriser, slik som internett-hysteriet i 2000 og finanskollapsen i 2007, nær vendepunkter der tilliten til finanssystemene blir mer turbulente, mens støtten til den nye teknologien blir sterkere.

De to første fasene er normalt dominert av tanken om frie markeder, mens den andre halvparten av syklusen er pre- →

Technological Revolutions or Techno-economic paradigms



get av en omvurdering av systemene for politisk styring og økonomiens institusjonelle strukturer. Paradigmets transformasjon kan bli forsinket på grunn av konflikter mellom finanskapital og produksjonskapital.

Disse langsiktige teknologiske endringene interagerer med bredere økonomiske, sosiale og politiske endringsprosesser. Teknologien på-

virker økonomi, samfunn og kultur, og samfunnet påvirker teknologien. Bølgene skaper sosiale utfordringer, spenninger som i verste fall kan føre til økonomiske nedgangstider, arbeidsledighet, rotløshet, sosiale konflikter og krig.

Demokrati og sosial stabilitet avhenger av at politikere forstår bølgene og tar grep

for å motvirke negative konsekvenser som arbeidsledighet og sosial rotløshet. Dette blir temaet for artikkelen i neste utgave av *Forskningspolitikk*.

For litteraturliste se nettversjonen av denne artikkelen på fpol.no. Oversatt fra engelsk av Per Koch.

Teknologiske revolusjoner gjennom tidene

Freeman og Perez identifiserte fem etterfølgende teknologiske revolusjoner som daterer seg fra den tiden Arkwright åpnet den første bomullsmøllen og Adam Smith publiserte *The Wealth of Nations* til IKT-revolusjonen.

Arkwrights utvikling og bruk av den mekaniske spinnemaskinen, med bruken av vannkraft til å drive den i 1771 i Cromford, England, markerer den første industrielle revolusjonen. Denne teknologien mekaniserte bomullsindustrien, men ga også opphav til en ny transport- og kommunika-

sjonsinfrastruktur. Bruk av vannkraft, bedre veier, kanaler og andre former for vanntransport stod sentralt i denne revolusjonen.

Omkring 1830 startet dampmaskiner og maskineri laget av jern den andre industrielle revolusjonen. Jernbane, dampskip, telegraf og verdensomspennende posttjenester knyttet verden sammen i nye nettverk.

Den tredje industrielle revolusjonen ble drevet av elektrifiseringen av industri, transport og hjem. Stål, kobber og andre metalllegeringer var avgjørende for utviklingen av

skip, jernbane, broer, tunneler og andre store konstruksjoner. Etableringen av industrielle forskningslaboratorier (som Thomas Edisons) bidro til å organisere forskningen som en produktiv kraft.

Motoriserte kjøretøyer, olje og naturgass, var essensielle faktorer i den fjerde industrielle revolusjonen. Det bevegelige samlebandet og metoder for masseproduksjon, herunder bruken av maskiner til å produsere utskiftbare deler, bidro til relativt billig storskala produksjon og med det forbrukersamfunnet.