

vetenskaps- och tekniksociologen Bruno Latour i att det krävs inflytelserika aktörer, människor och organisationer som bryr sig om och "älskar" systemet och arbetar på många fronter för dess överlevnad.⁷³

Mats Fridlund

SCHUMPETERS TVILLINGAR

Utvecklingsblock och sociotekniska system i studiet av industriell förändring

Abstract

"Twins of Schumpeter: Development Blocks and Sociotechnical Systems in the Study of Industrial Change": History of technology and economic history are experiencing a conceptual convergence in the study of industrial change as seen by the Sociotechnical Systems and Development Blocks approaches stemming from Thomas P. Hughes and Erik Dahmén. The Schumpeterian influences on these two similar theoretical perspectives are discussed and they are compared with each other and shown to be complementary in their emphasis on technological and economic entrepreneurship respectively. In conclusion it is described how these two previously separate approaches have begun to be merged into one through their use in various historical and policy directed studies of industrial change in Sweden.

The first task is to verbalize the vision or to conceptualize it in such a way that its elements take their places, with names attached to them that facilitate recognition and manipulation, in a more or less orderly schema or picture.

Joseph Schumpeter

SCHUMPETERS ARV FÖR STUDIET AV INDUSTRIELL FÖRÄNDRING

I begynnelsen av forskningen kring industriell utveckling och innovationer finner vi den österrikisk-amerikanske ekonomen Joseph A. Schumpeter (1883-1950).¹ Han var en av de första akademiker att konstruera en teori för att förklara uppkomsten av industriella innovationer och, i THEORIE DER WIRTSCHAFTLICHEN ENTWICK-

1. Detta arbete ingår i forskningsprojektet "Infrasystemens dynamik" på Avd. för teknik- och vetenskapshistoria, Kungl Tekniska Högskolan finansierat av Forskningsrådsnämnden, NUTEK och Energimyndigheten. Preliminära versioner har presenterats och diskuterats vid seminarier på Institutionen för industriell ekonomi och organisation, KTH, Avd. för teknik- och vetenskapshistoria, KTH samt Avd. för vetenskapshistoria, Uppsala universitet. För värdefulla synpunkter vill jag framför allt tacka Anders Carlsson, Dag Celsing, Karl Grandin, Arne Kaijser, Ulf Larsson, Staffan Laestadius, Svante Lindqvist, Anders Lundgren, Jan Odhnoff och Hans Weinberger.

73. Bruno Latour, *Aramis or The Love of Technology* (Cambridge, Mass., 1996).

LUNG (1911) och BUSINESS CYCLES (1939) lade han fram sin teori om hur ekonomisk utveckling huvudsakligen bärs fram genom industriell innovationsverksamhet.²

Enligt Schumpeter kan svängningar i ekonomin förklaras utifrån förändringar i innovationsintensiteten; och i studiet av denna måste man fokusera på de individer, de industriella företagen eller *entreprenörerna*, vilka handhar denna verksamhet och vilka är de viktigaste drivkrafterna i den ekonomiska utvecklingen.³ Schumpeter stod också för ett evolutionärt snarare än mekanistiskt synsätt på industriell förändring. En av Schumpeters epistemologiska riktlinjer för studiet av ekonomisk förändring var ett ständigt givande och tagande mellan historisk och teoretisk analys, och i ett postumt utgivet arbete betonade han betydelsen av historisk forskning som ett centralt område för ekonomisk insikt.⁴ Han skrev där att ekonomins "subject matter" väsentligen var en "unique process in historic time" och han betonade att ingen kunde hoppas att förstå

"the economic phenomena of any, including the present, epoch who has not an adequate command of historical facts and an adequate amount of historical sense or what may be described as *historical experience*. [...] I believe, [it is] the fact that most of the fundamental errors currently committed in economic analysis are due to lack of historical experience more often than any other shortcoming of the economist's equipment."⁵

Schumpeters arv "lay largely dormant for several decades".⁶ Men vad har kommit därefter? Vilka har fört vidare Schumpeters perspektiv på industriell förändring?

Teknikhistoria och ekonomisk historia är två forskningsdiscipliner vilka ägnar sig åt att studera industriell förändring och inom dessa områden har man under senare år kunnat iakttaga en begynnande konvergens i synsättet på teknisk och industriell förändring.⁷ Två forskare vilka uppvisar en sådan konceptuell konvergens och

schumpeteriansk influens är den svenske ekonomhistorikern Erik Dahmén (f. 1916) och den amerikanske teknikhistorikern Thomas P. Hughes (f. 1923). Dahmén's forskning har behandlat framväxten av s.k. utvecklingsblock i Sverige under mellankrigstiden och Hughes s.k. sociotekniska eller teknologiska system i USA och Europa under perioden 1870-1970. Gemensamt för Dahmén och Hughes perspektiv är att de inte betraktar industriell förändring isolerat utan som en aktivitet som ingår i ett system av olika samberoende sociala politiska och ekonomiska komponenter, och likheterna mellan deras två synsätt har påpekats av flera forskare.⁸ I denna uppsats kommer denna begreppsmässiga konvergens att studeras genom att de olika konceptuella verktygen i de två teoretiska verktygslådor – som utarbetats av Dahmén, Hughes och andra forskare inom dessa perspektiv – plockas upp och granskas.

Schumpeters inflytande på de "konceptuella tvillingarna" Erik Dahmén och Thomas P. Hughes har skett på olika vis, men det finns ändå vissa gemensamma faktorer. Industriella innovationer, industriella företagare och konjunkturcykler är de centrala faktorerna i Schumpeters arbeten om industriell förändring och dessa tre faktorer spelar alla en stor roll i såväl Dahmén's som Hughes arbeten.

Vad gäller Erik Dahmén's forskning stod Schumpeter för en "profound influence", och Dahmén har själv har betecknat sitt perspektiv som tillhörande "Schumpeterian dynamics" och hans doktorsavhandling har beskrivits som "i mångt och mycket en empirisk tillämpning av Schumpeters teori från 1911 om ekonomisk utveckling".⁹ Dahmén accepterade Schumpeters grundtankar om innovationer som den drivande kraften i ekonomisk utveckling och entreprenörernas centrala roll i denna process, och såg detta som att Schumpeter i detta hade funnit "the key to the problem of economic development".¹⁰ Att problemet med konjunktur-

2. Joseph A. Schumpeter, *Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung* (Jena, 1911), *Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung: eine Untersuchung über Unternehmensgewinn, Kapital, Kredit, Zins und der Konjunkturzyklus*, 2:a rev ed. (München, 1926), Schumpeter, *Business Cycles: A Theoretical, Historical and Statistical Analysis of the Capitalist Process*, 2 vols. (New York, 1939). Termen "innovation" infördes 1926 i den andra upplagan av *Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung*.

3. Erik Dahmén, *Svensk industriell företagarverksamhet: Kausalanalys av den industriella utvecklingen 1919-1939*, Diss. (Stockholm, 1950), 9.

4. Mark Elam, *Innovation as the Craft of Combination: Perspectives on Technology and Economy in the Spirit of Schumpeter*, Diss. (Linköping, 1993), 13.

5. Schumpeter citerad i: Elam, 17.

6. Bo Carlsson & Rickard Stankiewicz, "On the nature, function and composition of technological systems", *Journal of Evolutionary Economics* 1 (1991), 96.

7. Svante Lindqvist, "Changes in the Technological Landscape: The Temporal Dimension in the Growth and Decline of Large Technological Systems", i: Ove Granstrand, ed., *Economics of technology* (Amsterdam, 1994), 282. – Se även: Svante Lindqvist, "Spatial Networks of Technological

Change: Social Mobility between Industry and University", i: *The Curt R. Nicolini Seminar: Knowledge as Substitute for Natural Resources* (Stockholm, 1994), 13-14.

8. Se t. ex.: Staffan Hansson, *Porjus: En vision för industriell utveckling i övre Norrland*, Diss. (Luleå, 1994), 26; Lindqvist 1994, 282; Anders Lundgren, *Technological Innovation and Industrial Evolution: The Emergence of Industrial Networks*, Diss. (Stockholm, 1991), 56.

9. Rolf G. H. Henriksson, "Towards the Dahménian Approach: A Review of the Early Contributions of Erik Dahmén", i: Håkan Lindgren, ed., *Economic Dynamism in Honour of Erik Dahmén: September 14, 1996* (Stockholm, 1996), 17; Erik Dahmén, "Development Blocks' in Industrial Economics" (1989), i: Bo Carlsson & Rolf G. Henriksson, eds., *Development Blocks and Industrial Transformation: The Dahménian Approach to Economic Development* (Stockholm, 1991), 137; Staffan Laestadius, "Inte bara Schumpeter: en introduktion till ekonomisk 'evolutionsteori' där teknisk utveckling och innovationer betyder något", utkast 3 (Stencil: Industriell ekonomi och organisation, KTH, 1993), 5. Se även: Erik Dahmén, "Schumpeterian Dynamics: Some Methodological Notes" (1986) i: Carlsson & Henriksson, 126-35; Alexander Gerschenkron, "A Schumpeterian Analysis of Economic Development" (1957), i: Carlsson & Henriksson, 103. – För en kortfattad diskussion av "the heritage of Schumpeter" inom studiet av teknisk förändring inom modern ekonomisk teori, se: Lundgren 1991, 34-5.

10. Henriksson, 13..

cykler också var inspirerande för Dahmén's forskning framgår av titeln på hans opublicerade licentiatavhandling: "Ekonomisk strukturanalys: några synpunkter på den ekonomiska utvecklingens och konjunkturväxlingarnas problem" (1942). Enligt ekonomhistorikern Rolf Henriksson var Dahmén's teori om industriell omvandling ett försök att lösa detta problem.¹¹

I Thomas Hughes arbeten finns det inga direkta referenser till Schumpeter men Hughes teorier, med sitt evolutionära synsätt på industriell förändring, har av andra teknikhistoriker och tekniksociologer karakteriserats som tillhörande den Schumpeterianska traditionen.¹² Innovationer och entreprenörers betydelse för industriell förändring är också centrala i Hughes arbeten.¹³ Han har framför allt studerat detta under den halvseklånga perioden kring senaste sekelskiftet i USA, vilken, om man får tro honom, var en unik period i den industriella utvecklingens historia ty, som han säger i sin bok *AMERICAN GENESIS: A CENTURY OF INVENTION AND TECHNOLOGICAL ENTHUSIASM* (1990): "No other nation has displayed such inventive power and produced such brilliantly original inventors as the United States during the half-century beginning around 1870."¹⁴ Detta var i USA en otroligt innovativ period vad gällde radikala tekniska uppfinningar, och entreprenörer som Alexander Graham Bell, Thomas Edison, Henry Ford och Elmer Sperry lade grunden till flera nya storskaliga tekniska system. Denna ansamling av innovationer under vissa särskilda ekonomiska tillväxtperioder var kärnan i Schumpeters teorier om konjunkturcykler där den sågs som den bakomliggande orsaken till dessa cyklers upp- och nedgångar.¹⁵ Enligt tekniksociologen Ingunn Brita Moser är Hughes forskning "parallella to Schumpeters teorier om att den ekonomiska utveckling synes å gå i bølger avhengig av den teknologiske utvikling – som igjen synes å ske sprang-

vis fordi teknologier som er gjensidig avhengige av hverandre kommer i klaser."¹⁶ Denna ansamling av innovationer har också på senare tid inarbetats mer explicit av Hughes i hans allmänna teori om sociotekniska system.¹⁷

Slutligen är ett ytterligare förenande schumpeterianskt drag för de dahmén'ska och hughesianska perspektiven deras intresse av att analysera industriell förändring genom att studera samband mellan makro- och mikronivåer, att koppla beskrivningar av enskilda händelse och personer på mikronivå med större förändringsprocesser på en nationell eller internationell makronivå. Vad gäller Hughes perspektiv har det beskrivits som om det försöker att "omfatte både oppfinneren, laboratoriet og samfunnet, vie oppmerksomhet til de ulike elementene av fysiske gjenstander, institusjoner og omgivelser som griper inn i hverandre, og integrere tekniske, sosiale, økonomiske og politiske aspekter."¹⁸ De två forskarna sammankopplar mikro- och makrobekrivningar genom att i sina studier fokusera på framväxten av komponentkomplex på en mellanliggande s.k. mesonivå, en nivå mellan individer och samhälle. Dessa komplex utgörs i den dahmén'ska och hughesianska traditionen av "utvecklingsblock" respektive "sociotekniska system".

EKONOMIHISTORISK STRUKTUR OCH FÖRÄNDRING: DAHMÉN'SKA UTVECKLINGS-BLOCK OCH INDUSTRIELT FÖRETAGANDE

För att beskriva industriell och ekonomisk utveckling har Erik Dahmén utvecklat en teori om industriell förändring där de två huvudsakliga beståndsdelarna utgörs av *utvecklingsblock* och *industriella företagare*.¹⁹

Utvecklingsblock

Vid studiet av utvecklingsblock ligger fokus på samberoendet inom och mellan olika aktörer på mikro- eller mesonivå, och på hur detta samberoende förändras över tiden. Dessa aktörer kan vara enskilda personer likaväl som firmor, organisationer och/eller grupper. Man kan se ett utvecklingsblock som ett försök att i samma begrepp koppla sammanhang i rummet med sammanhang i tiden – att beskriva strukturer kopplade till processer. Ett utvecklingsblock är en *process* utsträckt över tiden som i sig *innefattar* ett nätverk bestående av dels sociala aktörer och dels nära

11. Carlsson & Henriksson, 24. Se även: Gerschenkron, 103; samt Erik Dahmén, "Economic Structural Analysis: Reflections on the Problem of Economic Development and Business Cycle Fluctuations" (1942), i: Carlsson & Henriksson, 25-41, spec. 27.

12. Dessa är bl a Ingunn Brita Moser och Edward W. Constant, se: Ingunn Brita Moser, *Teknologi i samfunns-teori: Forskyvninger og forflytninger* (Oslo, 1993), 180; Edward W. Constant II, "The Social Locus of Technological Practice: Community, System, or Organization?", i: Wiebe E. Bijker, Thomas P. Hughes & Trevor Pinch, eds., *The Sociological Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology* (London, 1987), 239-40. – Enligt Moser har Hughes "hentet inspirasjon i evolusjonistisk tenkning, i schumpeteriansk og neo-schumpeteriansk økonomisk teori og historie." – Se även Hughes omnämnande av Darwins utvecklingslära som förebild för sitt forskningsområde samt hans influens ifrån företagshistorikern Alfred D. Chandler: Thomas P. Hughes, "The Evolution of Large Technological Systems", i: Bijker, Hughes & Pinch, 56; David A. Hounshell, "Hughesian History of Technology and Chandlerian Business History: Parallels, Departures, and Critics", *History and Technology* 12 (1995), 205-24.

13. Arie Rip, "Citation for Thomas P. Hughes, 1990 Bernal Prize Recipient", *Science, Technology, & Human Values* 16 (1991), 383.

14. Hughes, *American Genesis: A Century of Invention and Technological Enthusiasm* (New York, 1990), 13.

15. Nathan Rosenberg, *Inside the Black Box: Technology and Economics* (Cambridge, 1982), 5-6.

16. Moser, 196.

17. Thomas P. Hughes, "The Dynamics of Technological Change: Salients, Critical Problems, and Industrial Revolutions", i: Giovanni Dosi, Renato Giannetti, & Pier Angelo Toninelli, *Technology and Enterprise in a Historical Perspective* (Oxford, 1992), 97-118.

18. Moser, 181.

19. Lundgren 1991, 56. – Utvecklingsblock användes för första gången 1942 i hans opublicerade licentiatavhandling "Ekonomisk strukturanalys: några synpunkter på den ekonomiska utvecklingens och konjunkturväxlingarnas problem" [se Carlsson & Henriksson, 30] och därefter i hans doktorsavhandling från 1950.

kopplade och samberoende komplementära tekniska, ekonomiska eller andra faktorer, vilka är knutna till någon specifik industriell verksamhet. Det är en föränderlig struktur som är utsträckt över tiden. Utvecklingsblocket består av en sekvens av händelser som har en stark ömsesidig påverkan genom att de olika leden i blocket på något sätt har "orsakssamband med varandra eller betingar varandra."²⁰ Detta begrepp avser att skildra det faktum att "advances in technology in a certain stage of production or distribution, or in a certain area of the economy, oftentimes cannot be profitably utilized as long as certain other advances in other stages or areas have not been realized."²¹

Utvecklingsblock är ett väldigt löst koncept och kan användas för att beskriva industriell förändring på olika nivåer – "from the factory floor over the interplay between enterprises to a broader socioeconomic context" – och därigenom kan ett stort utvecklingsblock också delas upp i flera olika under- eller delblock i tiden eller i rummet.²² Vad som dock är gemensamt för alla dessa block är att dess kärna är en teknisk innovation av något slag: en ny teknik, teknologi, produkt eller – i ett komplext utvecklingsblock – ett kluster av olika teknologier.²³ Detta kan ses i en stigande skala från ett enskilt utvecklingsblock kring ett specifikt *tekniskt projekt* (exempelvis byggandet av Göta kanal) till introduktionen eller utvecklingen av en specifik *teknik* (till exempel cement), till framväxten av ett nytt *teknikområde* (datateknologi) eller en *råvara* (skogsprodukter).

Dahmén pratar om två olika typer av utvecklingsblock, här kallade *produktionsblock* och *distributionsblock*. Det förra refererar till ett utvecklingsblock vilket skapats genom införandet av ny teknologi i ett visst *produktionsled* i ett specifikt *teknikområde* och det senare till ett block skapat genom införandet av ett nytt tekniskt system eller ny industri i en viss *geografisk region*.

Strukturella spänningar och utvecklingspotential

Ett nyskapat utvecklingsblock förändras genom att det uppkommer *strukturella spänningar* i blocket. En ny innovation kan skapa nya möjligheter men den ställer också nya krav. Innovationen kräver för att den skall spridas och få ökad användning – för att den skall bli ett utvecklingsblock – också nya *komplementära satsningar* eller *investeringar* inom andra relaterade verksamheter, områden och funktioner. I ett ofullbordat utvecklingsblock ingår olika faktorerna, vilka är olika väl utvecklade och olika starkt kopplade. Detta medför att det uppstår obalanser eller strukturella spänningar i utvecklingsblocket. Med *strukturella spänningar* menas en obalanserad situation som uppstår genom avsaknaden av vissa komplement – *kom-*

plementära faktorer – som kan knyta samman vissa komponenter i utvecklingsblocket. Avsaknaden av dessa komplementära faktorer – på samma sätt som frånvaron av en bro hindrar någon från att överskrida en klyfta – stoppar upp utvecklingsblockets vidare framfart och tillväxt.

Att det behövs komplementära investeringar inom vissa komponenter i utvecklingsblocket kan aktörer dels få kunskap om genom olika *prissignaler*, som att komponenterna visar brist på lönsamhet, och dels genom "less anonymous impulses coming from actors outside the markets in the proper sense of that concept: firm-to-firm and man-to-man relations."²⁴

Det är nödvändigheten av dessa komplementära satsningar i andra områden som gör att olika heterogena komponenter knyts ihop till ett "block" vid spridningen av en ny innovation. Denna brist på balans eller strukturella gap mellan olika delar av utvecklingsblocket fungerar som en expansiv kraft och så länge som inte blocket är fullbordat existerar det strukturella spänningar inom blocket. Denna ojämnavikt kan omvandlas till en balanserad situation genom upplösandet av den serie strukturella spänningar som existerar mellan de olika parterna.²⁵

Vad gäller produktionsblock förblir de ofullbordade så länge som inte komplementära satsningar sker inom andra produktionsled för att lösa upp flaskhalsar och motståndsfickor, och vad gäller distributionsblock så länge som inte komplementära satsningar sker för att skapa ett marknadsunderlag i det omgivande området.

Dahmén tar huvudsakligen upp strukturella spänningar i den ekonomiska, tekniska eller organisatoriska utvecklingen men det går också att peka på spänningar av politisk, juridisk och sociologisk art.²⁶ Med *ekonomiska* spänningar menas att en ny satsning innebär ett tryck på andra finanskrävande komplementära investeringar i andra delar av utvecklingsblocket, exempelvis ny tillverkningsutrustning. Men investeringar kan också gälla satsningar där det största hindret inte är brist på finansiella resurser utan där det som saknas är ny kunskap, nya organisationer eller nya användarbeteenden.²⁷ Som ett exempel på en strukturell spänning av *teknisk* natur tar Dahmén upp utvecklingen inom den engelska textilindustrin.

Once the flying shuttle had come into use in the 1730s, there emerged an acute shortage of yarn. This induced a number of inventions and innovations in spinning shortly after 1750. These were so radical in nature that the weaving technology now fell behind. As long as this technology did not catch up with that in spinning, the spinners were plagued with serious overproduction

20. Dahmén 1980, 49. Se även: Henriksson, 15.

21. Dahmén 1950. Återutgiven i: Carlsson & Henriksson, 63.

22. Charles Edquist & Bengt-Åke Lundvall, "Comparing the Danish and Swedish Systems of Innovation", i: Richard R. Nelson, ed., *National Innovation Systems: A Comparative Analysis* (New York, 1993), 276.

23. Carlsson & Stankiewicz, 105.

24. Erik Dahmén, "Towards Research on the Technology of Economic Development: Summary Remarks 1", i: Ove Granstrand, ed., *Economics of Technology* (Amsterdam, 1994), 420.

25. Dahmén 1989, 138-9.

26. Dahmén 1950, 70-3.

27. Lennart Schön, *Elektricitetens betydelse för svensk industriell utveckling*, Rapport U(S) 1990/60 (Stockholm: Vattenfall, 1990), 5; Carlsson & Henriksson, 12.

problems. The invention of the mechanical loom toward the end of the century finally created the preconditions for balance among the different stages of production in the textile industry.²⁸

Ovan är de delar av blocket mellan vilka spänningarna uppstår olika delar i en produktionskedja. Den drivande kraften bakom utvecklingsblockets vidare utveckling, dess *utvecklingspotential* står de strukturella spänningarna för.²⁹ Det är dessa strukturella spänningarna som ger utvecklingsblocket dess "dynamic force".³⁰ Dahmén betonar att fullbordandet av utvecklingsblocken ofta var "en förutsättning för att de olika delarna i blocket skulle vara tillräckligt lönande" och att nödvändigheten att utveckla fullständiga block "inte endast hindrade åtskilliga projekt utan också skapade stora svårigheter, när projekten ändå börjat att genomföras."³¹

Utvecklingsblockets utvecklingsstadier

Begreppet utvecklingsblock betecknar en process, ett fenomen som befinner sig i utveckling, dvs ett expanderande område eller en tillväxtsektor, och utvecklingsblocken genomgår en evolutionär utvecklingsprocess genom att det genomgår flera stadier från "födelse" till "död".

Första stadiet i tillblivelsen av ett utvecklingsblock är *kärnstadiet* då det "endast" finns en potentiell innovation att skapa ett utvecklingsblock utav. Det är den industrielle företagarens uppgift att identifiera ett potentiellt utvecklingsblock i detta stadium och att se bortom det "which currently exists to what is possible in the future. He has to perceive the (future) need, identify the necessary ingredients, secure the resources that may be missing initially, and communicate his vision to the relevant agents – capitalists, suppliers of raw materials, people with the required skills, etc."³² Kort sagt, han måste bygga ett nätverk kring kärninnovationen.

Det följande *nätverksstadier* består i att det bildas olika nätverk kring de olika delarna av innovationens produktions- och distributionsled, att dessa länkas samman med olika resurser. Detta kan ske omedvetet eller medvetet av en eller flera företagare vilka satsar på att skapa ett utvecklingsblock. Avsaknaden av sådana länkar skapar strukturella spänningar. De leder till negativt "depressivt" tryck i skeden av tillväxtprocessen som är "premature" eller överutvecklade jämfört med andra.³³

Om en strukturell spänning blir eliminerad frigörs en del av utvecklingsblockets utvecklingspotential och blocket växer. Emellertid förblir blocket *ofullbordat* så länge som det inte ger en positiv avkastning. Om den potentiella innovationen inte ger en positiv avkastning var det en felinvestering och inget "egentligt" utvecklings-

28. Dahmén 1989, 138.

29. Dahmén 1950, 68.

30. Carlsson & Stankiewicz, 105.

31. Dahmén 1950, 69, 72.

32. Carlsson & Stankiewicz, 106.

33. Dahmén 1989, 138.

block – eller så är det fortfarande ett ofullbordat utvecklingsblock. När de i utvecklingsblocket kopplade komponenterna tillsammans når en *kritisk massa* och lyckas med att åstadkomma *genombrott* så lösgörs andra slumrande resurser som är uppbundna inom andra delar av ekonomin.³⁴ Den kritiska massan refererar till den samlade volymen av olika typer av resurser som ingår i utvecklingsblocket.

Utvecklingsblocket blir *fullbordat* och når en balanserad situation när det har uppstått en marknad för den industriella aktiviteten, dvs. när det ger avkastning. När det blivit fullbordat upphör också dess utveckling i och med att det då "it no longer provides the development potential which earlier contributed to the industrial transformation process."³⁵

Men efter att utvecklingsblocket blivit fullbordat genomgår det också en annan del av industriell verksamhet vilken ofta glöms bort, den industriella utvecklingens motpol och vad Dahmén benämner den industriella omvandlingens "Janus face feature", den kring industriell *avveckling*.³⁶ Nya innovationer kan leda till att nya utvecklingsblock formeras vilka konkurrerar med det gamla blocket. Om nya satsningar görs i det gamla blocket kan det skapas nya strukturella spänningar vilka gör att det får ny utvecklingspotential och kan gå in i en ny utvecklingsblocksprocess. Men det kan också helt avvecklas i kampen mot de nya utvecklingsblocken. Också industriella utvecklingsblock dör ut, vilket "bruksdöden" och "varvsdöden" är talande exempel på.

Företagarverksamhetens mekanismer

Industriell förändring förklaras hos Dahmén i sann Schumpeteriansk anda – och i motsats till traditionell aggregerad ekonomisk teori – utefter enskilda företagens eller s.k. entreprenörers handlande. Dessa företagare kan vara individuella aktörer eller organisationer, s.k. makroentreprenörer.³⁷ Hos Dahmén är entreprenörverksamheten central och utgör ett perspektiv som menar att "mikroteorin bör byggas upp kring aktiva individer (företag, företagare, ägare m fl) som påverkar sin omgivning, inte passivt styrs av den".³⁸

Vid studier av industriell förändring kan man dela upp företagarnas aktiviteter som bestående av omvandlingsaktiviteter dels i form av reaktioner på eller anpass-

34. Örjan Sölvell, Ivo Zander & Michael E. Porter, *Advantage Sweden* (Stockholm, 1991), 34.

35. Carlsson & Henriksson, 12.

36. Ibid., 20-21. Se även: Erik Dahmén, "Avveckling – en förutsättning för utveckling: Strukturförändring kontra omvandling", i: *Talouden takuumies: Klaus Waris 75 vuotta* (Helsingfors, 1989), 67-82.

37. Ett exempel på en makroentreprenör är MITI i Japan, se: Carlsson & Stankiewicz, 106-7.

38. Klas Eklund, "Transformation pressure and driving forces for growth: a Dahménian perspective", *Skandinaviska Enskilda Banken Quarterly Review* 20 (1991), 48; Jan Glete, *Ägande och industriell omvandling: Ägargrupper, skogsindustri, verkstadsindustri 1850-1950* (Stockholm, 1987), 31. – Se också: Erik Dahmén, "Schumpeterian Dynamics: Some Methodological Notes" (1986), i: Carlsson & Henriksson 128.

ningar till *yttre* händelser som befinner sig utanför företagets egen direkta kontroll, dels i form av egna nyskapande insatser, dvs *inre* händelser i företagen och företagarna.³⁹

De "yttre" krafter som får ett företag eller industri att tillväxa eller avta kan sammanfattas under begreppet *omvandlingstryck*. Detta tryck kan vara av kontraktivt eller expansivt slag. När omvandlingstrycket är *kontraktivt* uppfattar industrin en *marknadskrympning* för sina produkter, dvs. de ser ett hot mot sina produkter i form av en minskad efterfrågan eller en ökad konkurrens. På samma sätt upplever företagen vid ett *marknadssug* ett *expansivt* omvandlingstryck i form av ökad efterfrågan som inte har att göra med den egna industrins åtgärder och som innebär möjligheter för företagens produkter.⁴⁰

Företagens nyskapande insatser ska huvudsakligen inte ses som reaktioner eller anpassningar till yttre omständigheter. En av de viktigaste sådana är ett fenomen som vi har berört tidigare, nämligen *innovation*. Med innovation menas ny teknisk kunskap i form av en ny produkt, tjänst eller metod i kommersiell industriell verksamhet. Med "ny" avser Dahmén endast att den är ny i den studerade kontexten, i det studerade företaget, inte att det behöver vara en helt ny (patenterbar) uppfinning.

Andra nyskapande insatser från företagets sida består av *marknadsskapande* och *marknadsutvidgning*. Marknadsskapande har att göra med införandet av en innovation. Om en innovation leder till att en helt ny marknad skapas sker marknadsskapande. Om däremot marknaden för någon produkt eller tjänst ökas genom marknadsföringsåtgärder eller prispolitik bedrivs marknadsutvidgning.

Den sista nyskapande åtgärden som en företagare kan ägna sig åt är att engagera sig i att bygga upp *utvecklingsblock*. Företagarnas aktiviteter inom utvecklingsblock kan bestå huvudsakligen av två aktiviteter: *ex ante* blockbyggande och *ex post* gaputfyllnad.

Dahmén ser essensen hos företagarkerksamheten som bestående av att identifiera och fullborda olika utvecklingsblock. När företagaren gör det i förväg, *ex ante*, består hans aktiviteter i *blockbyggande*, dvs. han försöker att förutse vilka komplimentära satsningar som krävs för att fullborda ett utvecklingsblock kring en innovation och därefter se till att dessa komponenter skapas genom egna eller andras insatser. När ett utvecklingsblock identifieras under eller efter sin fullbordan, *ex post*, består företagarens verksamhet i *gaputfyllnad* (gap-filling) dvs att få ett utvecklingsblock att växa och närma sig fullbordan genom att eliminera olika strukturella spänningar.⁴¹ De viktigaste aktiviteterna av detta slag hos företagaren består i att försöka att "utveckla företagarkerksamhet i bakomliggande eller framförliggande led för att skapa bättre förutsättningar för den egna produktionen respektive marknad för de egna produkterna."⁴² Denna gaputfyllnad eller sökande efter "felande länkar"

kan också leda till "overshooting" i den bemärkelsen att vissa faktorer kan utvecklas så att de ligger före andra faktorer i utvecklingsblocket.⁴³

Två viktiga begrepp när det gäller att förklara företagarnas och finansiärernas reaktioner och uppträdande vid blockbyggande är den *naturliga ränta* och det *blickfält* som en industriell företagare uppfattar när han står i begrepp att ge sig in i ett industriellt projekt. Dessa begrepp härrör sig till dessa aktörers *förväntningar* om vilken utdelning de kan komma att få på sina tänkta investeringar.

Naturliga räntan (eller reala räntan) är ett begrepp som Dahmén lånat från nationalekonomen Knut Wicksell (1851-1926) och avser de faktiska förväntningar – förväntad avkastning – som potentiella investerare har på planerade eller möjliga investeringsprojekt, exempelvis olika industriella utvecklingsblock.⁴⁴ Skillnaden mellan den naturliga räntan och penningräntan benämns *differensränta* och en positiv sådan – förväntningar om större avkastning genom investeringar i projekt än genom sparande – utlöser om det kombineras med en "kreditexpansion" – ökad utlåning från bankers och andra finansiärers sida – en process som ökar antalet investeringar i samhället. Så länge som differensräntan är positiv ökar efterfrågan på investeringsprojekt och när efterfrågan blir större än utbudet av finansieringskapital stiger den allmänna prisnivån. Hela denna process är positivt kumulativ då prisstegringarna driver upp den förväntade avkastningen som driver upp efterfrågan etc. Detta pågår tills differensräntan blir negativ genom att den naturliga räntan sjunker av någon orsak, eller genom att sjunkande likviditet hos bankerna höjer penningräntan. I så fall igångsätts en liknande negativ kumulativ process.

Också *blickfält* var ett lånat begrepp, denna gång från nationalekonomen Johan Åkerman och det beskrev den begränsade utsträckningen framåt i tiden på företagares och investerares framtidsvisioner.⁴⁵ Blickfältet eller det liktydande begreppet "planeringshorisont" begränsar företagarens möjligheter att planera sitt blockbyggande. Ett positivt blickfält kan hindra avvecklingen av felinvesteringar genom att värderingen av investeringens utvecklingspotential då ses som mer positiv.⁴⁶ På samma sätt kan negativa blickfält leda till att investeringar med stor utvecklingspotential avvecklas i förtid, därför att investerarna vill ha tillbaka någon del av investeringen innan situationen försämras ytterligare.

TEKNIKHISTORISK STRUKTUR OCH FÖRÄNDRING: HUGHESIANSKA SOCIOTEKNISKA SYSTEM OCH SYSTEMBYGGANDE

Thomas P. Hughes perspektiv är som tidigare nämnts väldigt likt Dahmén men en stor skillnad dem emellan är att Hughes också har ett intresse för innovationers

40. Ibid., 46; Björn Elsässer, *Svensk bilindustri: En framgångshistoria* (Stockholm, 1995), 26.

41. Dahmén 1986, 131.

42. Dahmén 1980, 50.

43. Dahmén 1989, 140.

44. Dahmén 1986, 134. – Engelsk översättning av reala räntan är "real rates of interests".

Diskussionen av den naturliga räntan är baserad på: Dahmén 1980, 44-5.

45. Om blickfält se: Carlsson & Henriksson, 18; Dahmén 1942, 33-4.

46. Dahmén 1942, 33.

ursprung – innovationsprocessens industriella *natur* – framför innovationernas industriella *konsekvenser*. Till skillnad från Dahmén's huvudsakligen finansiella perspektiv företräder Hughes ett mer ingenjörsmässigt perspektiv. Han försöker att öppna upp och titta ner i innovationsprocessens svarta låda.

Sociotekniska system

Innebörden i Hughes teori för sociotekniska system är att teknik eller produkter inte kommer "in the form of separate, isolated devices but as part of a whole, as part of a system".⁴⁷ Systemet består av flera heterogena komponenter som tillsammans bildar ett system därför att "they fall under a central control and interact functionally to fulfil a system goal, or to contribute to a system output."⁴⁸ Förändring inom sociotekniska system åstadkoms oftast genom att det uppstår "sociotekniska spjutspetsar" och "motståndsfickor" i det framryckande systemet vilka elimineras genom olika slags revolutionära (radikala) och inkrementella (konservativa) innovationer.⁴⁹

Den bärande tanken är att en innovation eller ett tekniskt system inte kan ses som enbart bestående av *tekniska* komponenter utan som ett samverkande system av tekniska och *sociala* komponenter. Det sociotekniska systemets komponenter består av olika tekniska, politiska, juridiska, ekonomiska, vetenskapliga, ideologiska, vetenskapliga och psykologiska faktorer.⁵⁰ Det inkluderar förutom tekniska också *mänskliga* resurser som ingenjörer, arbetare och finansiärer; *organisationer* som företag och banker; *vetenskapliga* komponenter som forskning och utbildning; juridiska komponenter som lagar och *naturresurser* som råvarutillgångar.⁵¹ Som ett exempel på ett sociotekniskt system tar Hughes upp elektriska kraftsystem vilka

"incorporates economic objectives such as efficiency; political constraints, such as regulatory legislation; sociological organizations such as business cor-

porations; scientific knowledge, such as that produced in research laboratories; and psychological components, such as the characteristics of influential personalities involved in the system."⁵²

På samma sätt som för utvecklingsblocken kan man identifiera system på flera olika nivåer "from physical artifact to world system".⁵³ Och de sociotekniska systemen har liksom utvecklingsblocken, en "teknisk kärna".⁵⁴

I den hughesianska systemtraditionen har det utvecklats olika sätt att se på sociotekniska system. Oftast används systembegreppet för att beteckna ett tekniskt infrastrukturellt system (däribland el-, tele-, eller vägnäten), men begreppet har även applicerats på stora företagskoncerner.⁵⁵ Vidare har sociologiskt inriktade teknikhistoriker argumenterat för att systembegreppet "would be impoverished if applied only in a narrow physical meaning" och anser det vara tillämpligt på all typ av teknologi, ty all teknik kommer som del av ett system.⁵⁶ Slutligen har systemperspektivet spritt sig till områdena som vi vanligtvis inte betraktar som tekniska, exempelvis bankväsendet.⁵⁷

Frågan om hur man begränsar systemet leder oss också till frågan hur det skall avgränsas: vad tillhör systemet och vad tillhör inte systemet? Hughes system har inga skarpa gränser, det är öppna system och systemets gränser mot omgivningen bestäms av vad som står under systemets kontroll. Allt som står under systemets kontroll är en interaktiv del av systemet och det som inte tillhör systemet tillhör dess omgivning. Dessa komponenter i systemets omgivning består av två olika sorter: dels sådana som är *beroende av systemet* dels sådana som *systemet är beroende av*, exempelvis konsumenter respektive oljepriser.⁵⁸ Vad som skiljer dessa från att vara en del av systemet är att det inte är någon interaktion mellan dessa komponenter i omgivningen och systemet utan det är normalt endast påverkan i ena riktningen. Detta kan naturligtvis förändras och omgivningen kan inkorporeras i systemet. I

47. [Donald MacKenzie & Judy Wajcman], "Introductory Essay", i: Donald MacKenzie & Judy Wajcman, eds., *The Social Shaping of Technology: How the Refrigerator got its Hum* (Milton Keynes, 1985), 12.

48. Thomas P. Hughes, "The Seamless Web: Technology, Science, Etcetera, Etcetera", *Social Studies of Science* 16 (1986), 287.

49. John M. Staudenmaier, *Technology's Storytellers: Reweaving the Human Fabric* (Cambridge, 1985), 70-1.

50. Thomas P. Hughes, "Technological History and Technical Problems", i: Chauncey Starr & Philip C. Ritterbush, *Science, Technology and the Human Prospect: Proceedings of the Edison Centennial Symposium* (New York, 1979), 142.

51. Thomas P. Hughes, "The Evolution of Large Technological Systems", i: Wiebe E. Bijker, Thomas P. Hughes & Trevor Pinch, eds., *The Sociological Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology* (London, 1987), 51-83.

52. Hughes 1979, "Technological History", 142.

53. Hughes 1987, 55.

54. Jane Summerton, *District Heating Comes to Town: The Social Shaping of an Energy System*, Diss. (Linköping, 1992), 66.

55. Thomas P. Hughes, "Technological Momentum", i: Merritt Roe Smith & Leo Marx, eds., *Does Technology Drive History? The Dilemma of Technological Determinism* (Cambridge, 1994), 104-8. Se också: Karl Michelsen, "Technological Momentum and National Technology Policy: A Case of 10 Farbenindustri AG in Scandinavia 1930-1944", (Stencil: uppsats presenterad vid "Nordiskt teknikhistoriskt symposium om teorier och metoder i nyare nordisk teknikhistoria", Umeå, 2-4 april), passim.

56. MacKenzie, 201.

57. Göran B. Nilsson, "Kapitalismen som teknik?! Föredrag vid jubileums-seminarium på Historisk Institut, Oslo universitet den 6 oktober 1993", *Polhem: Tidskrift för teknikhistoria* 12 (1994), 73-91; idem, *Ett namn att försvåra 1866-1886*, vol. 2, *André Oscar Wallenberg* (Stockholm, 1994), 538.

58. Hughes 1987, 53.

början då endast finns en idé till en uppfinning eller nykonstruktion tillhör ju i stort sett allting systemets omgivning.

Spjutspetsar, motståndsfickor och teknologisk rörelsemängd

Förändring inom sociotekniska system åstadkoms oftast genom att det uppstår *sociotekniska spjutspetsar* och *sociotekniska motståndsfickor* i det framryckande systemet vilka elimineras genom olika slags radikala eller konservativa innovationer.⁵⁹ Spjutspetsar och motståndsfickor är produkter av ojämn utveckling av de olika komponenterna i det sociotekniska systemet. När en komponent eller en ansamling av olika samhörande komponenter i det sociotekniska systemet är "out in the front of the system" eller inte följer med de andra komponenterna i systemets utveckling uppstår en socioteknisk spjutspets respektive en motståndsficka och det framryckande systemets front avancerar respektive bromsas upp.⁶⁰

Spjutspetsar är "more efficient, more economical, or [they do] in some other way show up the backwardness of other components in the system",⁶¹ och på samma sätt består motståndsfickor av ineffektiva och oekonomiska komponenter jämfört med systemet i övrigt.⁶² En socioteknisk spjutspets innebär för de som styr över systemets växt en "demonstrable need to improve the other components, often by invention, in order to restore equilibrium and a harmonious and efficient interaction of components."⁶³ På motsvarande sätt hämmar en socioteknisk motståndsficka systemets expansion, "it is an area where the growth of technology lags" på samma sätt som "enemy forces may hold out in one particular spot even though in other areas they have been pushed back."⁶⁴ Metaforen "motståndsficka" ligger väldigt nära Dahmén's begrepp "strukturell spänning" och liknande begrepp som "flaskhals" men Hughes föredrar motståndsficka då det enligt honom ger en bild av en "extremely complex situation in which individuals, groups material forces, historical influences, and other factors have idiosyncratic, casual roles, and in which accidents as well as trends play a part."⁶⁵

59. Staudenmaier, 70-1.

60. "Socioteknisk spjutspets" och "socioteknisk motståndsficka" är min fria översättning av Hughes användning av de militära termerna "salient" och "reverse salient". Begreppet "reverse salient" användes första gången i: Thomas P. Hughes, *Elmer Sperry: Inventor and Engineer* (Baltimore, 1971), 273. För en specifik studie av "reverse salients" i det amerikanska elsystemet 1890-1930, se: Thomas P. Hughes, "The Science-Technology Interaction: The Case of High-Voltage Power Transmission Systems", *Technology and Culture* 17 (1976), 646-59.

61. Hughes 1994, 98.

62. Thomas P. Hughes, *Networks of Power: Electrification in Western Society, 1880-1930* (Baltimore, 1983), 80.

63. Hughes 1992, 98.

64. [MacKenzie & Wajcman], 12; Donald MacKenzie, "Missile Accuracy: A Case Study in the Social Processes of Technological Change", i: Bijker, Hughes, & Pinch, 196.

65. Hughes 1983, 79.

Begreppet motståndsficka har också sin betydelse i att det utgör ett "motstånd" mot systemets tillväxt, det utgör ett hinder eller bromskloss för att systemet skall närma sig sitt övergripande *systemmål*. Systemets mål är ingen neutral objektiv faktor utan skall ses som identiskt med systembyggarens eller systemkontrollörens mål som de driver systemet mot och vilket oftast har bakomliggande ekonomiska orsaker – "reducing costs and increasing revenues",⁶⁶ eller – för till exempel militära sociotekniska system – politiska orsaker. Systemets mål kan vara uttryckt i geografisk, ekonomisk, teknisk eller annan terminologi, såsom "geografisk expansion", "låga kostnader", "kvantitativ tillväxt", "ökad eldkraft", "högre hastighet" och "bättre precision" beroende på vilken typ av "output" systemet har.⁶⁷

Spjutspetsar och motståndsfickor uppstår emellertid inte genom "human volition" vilket dock kommer in när det gäller identifieringen och elimineringen av dessa.⁶⁸ Elimineringen sker genom att man försöker att föra upp alla systemets komponenter i nivå med spjutspetsens nivå, man försöker "räta ut fronten". En motståndsficka "rätas ut" genom att man identifierar *kritiska problem* som man sedan löser, problem som hindrar "technological expansion and industrial growth."⁶⁹ Ett exempel på en motståndsficka i elsystemets framväxt var att kostnaden för kraftöverföring var för stor för att elkraft skulle kunna vara ekonomiskt konkurrenskraftig. Denna motståndsficka eliminerades med tillkomsten av trefasssystemet vilket huvudsakligen bestod i att man löste de kritiska problemen med att utveckla en växelströmstransformator och en växelströmsmotor. Elsystemet kunde fortsätta att expandera.

Ett system växer dels genom de krav på kvalitativ och kvantitativ förändring som spjutspetsar och motståndsfickor leder till och dels genom *interna systemunikas mekanismer*. För elkraftsystem består huvudsakligen detta av högre "belastningsfaktor" (load factor) på systemets produktionskomponenter och en bättre "ekonomisk blandning" (economic mix) av olika typer av kraftkällor.

När ett sociotekniskt system tillväxer tillägnar det sig också en *teknologisk rörelsemängd* som gör att systemet expanderar ytterligare. Med detta begrepp avses att systemet har "a mass of technical and organizational components; they possess direction, or goals; and they display a rate of growth suggesting velocity."⁷⁰ Mogna system har skaffat sig stor rörelsemängd och har därför "a quality that is analogous to inertia of motion" vilket kan ge ett intryck av att systemet har blivit autonomt. Ett lätt redigerat citat från Hughes beskriver processen hur ett expanderande system tillägnar sig en rörelsemängd:

"As the [...] system became larger and more complex, thereby gathering

66. [MacKenzie & Wajcman], 13.

67. Hughes 1992, 98-99

68. Ibid., 100.

69. Hughes 1971, 70. För en diskussion av kritiska problem, se: Hughes 1971, 69-70.

70. Hughes 1983, 76.

momentum, the system became less shaped by and more the shaper of its environment. [...] [Hosts of] engineers, their professional organizations, and the engineering schools that trained them were committed by economic interests and their special knowledge and skills to the maintenance and growth of the [...] system. Countless industries and communities interacted with [...] [organizational components of the system] because of shared economic interests. These various human and institutional components added substantial momentum to the [...] system. Only a historical event of large proportions could deflect or break the momentum of [such a large system]."⁷¹

Andra huvudsakligen systeminterna komponenter som bidrar till skapandet av en rörelsemängd är "acquired skill and knowledge, special-purpose machines and processes, enormous physical structures, and organizational bureaucracy" samt mer systemexterna som "political and economic interests [vested in the system]" utav "hosts of institutions and persons dependent politically, economically, and ideologically on the system".⁷²

Begreppet "teknologisk rörelsemängd" ger en smak av "teknikdeterminism". Med teknikdeterminism avses i allmänhet att teknisk förändring skulle vara ett *autonomt* och *endogen* fenomen med sociala konsekvenser, dvs att det är ett fenomen fristående från det övriga samhället – bortom dess kontroll och med sina interna (tekniska) drivkrafter – och att teknisk förändring har sociala konsekvenser på det omgivande samhället.⁷³ Men Hughes avser med teknologisk rörelsemängd att beskriva att teknik påverkar och påverkas av samhällelig utveckling och ställer sig därmed mellan teknikdeterminister och tekniska socialkonstruktivister.⁷⁴ Teknologisk rörelsemängd är nämligen ett begrepp som förändras till karaktären i och med att systemet tillväxer och åldras. I början av ett systems tillväxt påverkas det relativt mycket av sin samhälleliga omgivning, men ju mer det ökar sin rörelsemängd desto mer autonomt och endogen blir det och desto mer påverkar det sin omgivning. Det finns för varje sociotekniskt system externa, kulturella faktorer som ger systemets dess kontroll och riktning, och utformningen av varje system kan bli baseras på sådana systemexterna faktorer som

"entrepreneurial drive and decisions, economic principles, legislative constraints or supports, institutional structures, historical contingencies, and geo-

71. Hughes 1994, 108.

72. Ibid., 108, 111, 113.

73. [MacKenzie & Wajcman,] 4-5. – Denna "klassiska" definition av teknikdeterminism har på senare tid börjats att brytas upp och man har börjat att tala om olika typer av teknikdeterminism där denna definition skulle stå för en mycket 'hård' form av teknikdeterminism, se: Leo Marx & Merritt Roe Smith, "Introduction", i: Merritt Roe Smith & Leo Marx, eds., *Does Technology Drive History? The Dilemma of Technological Determinism* (Cambridge, 1994), xii-xiv.

74. Hughes 1994, 102, 104, 112. – Eller vad som också benämns "hård" och "mjuk" teknikdeterminism, se: Marx & Smith, xii-xiv.

graphical factors, both human and natural. All but the natural geographical factors involved the factors of society, which were sometimes purposeful, sometimes inadvertent."⁷⁵

Sociotekniska system blir inte helt autonoma, fristående från sin samhälleliga omgivning, ty de är som, Moser säger, "grunnleggende implantert i sosiale institusjoner og kulturelle mønstre."⁷⁶

Sociotekniska systems utvecklingsmönster

Liksom ett utvecklingsblock består framväxten av ett sociotekniskt system av flera olika typer av faser från "födelse" till "död". Följande schematiska indelning är just schematisk. I verkligheten sker många av dessa olika processerna som uppfinnande, utveckling och innovering samtidigt på olika komponenter och på olika delar av systemet, men olika aktiviteter dominerar systemets utveckling under olika skeden.

Sociotekniska system har en teknisk kärna som kan bestå av en eller flera radikala uppfinnningar. Att en uppfinning är radikal innebär att den är utgångspunkten för ett nytt sociotekniskt system. Idén till en kärna eller ett kärnhus av olika grundteknologier kommer under *uppfinningsfasen*. Om uppfinnningar förekommer under andra faser – vilket de gör – är de konservativa uppfinnningar, uppfinnningar som förbättrar det redan existerande systemet.

Under *utvecklingsfasen* görs den radikala idén konkret. Det är nu som uppfinnningen utvecklas till en fungerande produkt och den anpassas från att fungera i en skyddad laboratoriemiljö till att också fungera i den omgivning där den är tänkt att användas.⁷⁷ Detta görs genom att den testas i allt mer realistiska miljöer och man tar hänsyn till och bygger in de olika ekonomiska, politiska och sociala karakteristika "that it needs for survival in the use world."⁷⁸ Detta pågår tills man till slut för över den till den omgivning den skall användas i.

Men systemet kan också föras över från sin ursprungsomgivning till en annan geografisk och kulturell omgivning, den genomgår en tekniköverföring. Denna *överföringsfas* kan inträffa när som helst under systemets historia. När systemet överförs krävs det att systemet förändras och anpassas i större eller mindre grad till den nya omgivningen, oavsett om systemet redan har nått innovationsfasen eller ej.

Innovationsfasen består av att utveckla och/eller integrera den nya teknologin i ett produktions-, distributions- och servicesystem. Samtidigt leder detta till nya krav på uppfinnings- och utvecklingsarbete. Under innovationsfasen sker också ofta strider med äldre konkurrerande system. Striderna likaväl som uppfinnings- och

75. Hughes 1983, 462.

76. Moser, 183.

77. En vidare diskussion av utvecklingsfasen ges i: Thomas P. Hughes, "The Development Phase of Technological Change: Introduction", *Technology and Culture* 17 (1976), 431.

78. Hughes 1987, 62.

utvecklingsarbetet pågår tills det nya sociotekniska systemet stabiliseras och börjar att tillväxa.⁷⁹

Under *tillväxt- och konsolideringsfasen* har systemet nått en mogen fas och vidare förändringar i systemet blir "less qualitative and more regular and predictable".⁸⁰ Under denna fas innebär ytterligare expansion huvudsakligen att systemets tillväxt sker i volym, systemet tillägnar sig ökad teknologisk rörelsemängd.

Men de flesta system når förr eller senare även en fas då deras tillväxt avtar eller upphör. Systemet kommer in i en *stagnationsfas* och så småningom i en *avvecklingsfas* för att slutligen upphöra att fungera och existera.⁸¹

Systembyggandets mekanismer

Liksom Schumpeter ser Hughes enskilda individer, systembyggare, som drivande krafter bakom tillväxten hos sociotekniska systemen. Systembyggaren är hos Hughes en "entrepreneur of technological change" och något av en fältherre som försöker att leda och styra det fälttåg som det sociotekniska systemets tillväxt innebär.⁸² "One of the primary characteristics of a system builder is the ability to construct or to force unity from diversity, centralization in the face of pluralism, and coherence from chaos. This construction often involves the destruction of alternative systems."⁸³

Dahmén nöjer sig med att påpeka att "företagarverksamheten" hos en industriell företagare kan förenas hos samma person med andra företagarfunktioner som uppfinnande, utvecklingsarbete och finansiering.⁸⁴ Hughes gör däremot en uppdelning av dessa olika verksamheter genom att prata om att olika typer av systembyggare kan dominera under olika faser av ett systems utveckling.⁸⁵ Visserligen är det så att vissa "broadly experienced and gifted system builders can invent hardware as well as organizations, but usually different persons take these responsibilities as a system evolves."⁸⁶ Denna uppdelning görs efter vilken sorts systembyggare som är "most active as a maker of critical decisions."⁸⁷ Men alla dessa systembyggare är mer generalister än specialister och därför är de alla någon sorts "företagare".

79. Barry Barnes, "Review: Thomas P. Hughes, *Networks of Power: Electrification in Western Society*", *Social Studies of Science* 14 (1984), 309-14, här 313.

80. Hughes 1983, 461.

81. Hughes 1987, 80. Vad gäller stagnationsfasen (stasis) i teknologiska system, se: Richard F. Hirsch, *Technology and Transformation in the American Electric Utility Industry* (Cambridge, 1989), passim.

82. Hughes 1971, xv.

83. Hughes 1987, 52.

84. Dahmén 1950, 9-10.

85. Thomas P. Hughes, "The Electrification of America: The System Builders", *Technology and Culture* 20 (1979), 124-61, spec. 124-5, 160-1. Se också: Summerton, 72-73.

86. Hughes 1987, 52.

87. Ibid., 57.

Den första typen av systembyggare som dyker upp under ett systems utvecklingshistoria är oftast *upppfinnar-företagaren* som dominerar under upppfinnar- och utvecklingsfasen. Hos upppfinnar-företagaren består det centrala momentet i den kreativa processen i att definiera lösningen till en teknologisk motståndsficka genom att formulera ett eller flera kritiska tekniska problem. Efter detta återstår "endast" att lösa dessa problem. En sann upppfinnar-entreprenör är en systembyggare som ansvarar för upppinnandet och utvecklandet av ett nytt systems radikala upppfinningar.

Uppfinnarföretagaren tenderar att försvinna som central entreprenörstyp under innovationsfasen och den systembyggarkategori som dominerar systemet blir istället *direktörs-företagaren*. Denna typ av systembyggare är huvudsakligen en företagsledare och den som fattar de viktiga besluten och löser små och stora motståndsfickor av marknadsförings- och distributionskaraktär under innovations- och tillväxtfasen.

Under den sista av de expansiva faserna, konsolideringsfasen kommer sedan slutligen finansär-företagaren tillsammans med *konsulterande ingenjörer* in som de viktigaste problemlösarna. De kritiska problemen som de har att göra med härrör sig ofta till problem och möjligheter som kommer från systemets ökade teknologiska rörelsemängd.

En av de viktigaste aktiviteterna som systembyggarna ägnar sig åt under uppfinnings-, utvecklings- och innovationsfasen är vad man skulle kunna kalla *omgivningsreflektering* – omgivningen påverkar aktörerna så att den i viss mån kommer att byggas in i produkterna. Med detta avses att utvecklarna av produkterna försöker att förutse den respons som produkten kommer att få när den kommer ut på marknaden. Eller som Hughes själv beskriver det:

"if regulatory legislation will be influential, then the design of the device reflects the requirements anticipated. If a particular class of users is foreseen, their preferences can be incorporated in the design [...] [T]he technical artifacts reflect the background or the environment. So, the so-called social and political background are embodied in the technology."⁸⁸

Systembyggaren interagerar med omgivningen på ett annat sätt, genom "osäkerhetsreducering" eller kanske bättre uttryckt som *omgivningsinkorporering*.⁸⁹ Detta innebär att många systembyggare och företagsledare i sitt arbete för att ha kontroll över verksamheten strävar efter att inkorporera de systemexterna faktorer och enheter som påverkar systemet, dvs. göra dem till en del av systemet, så att idealt hela systemets omgivning kontrolleras.

88. Hughes 1986, 290.

89. Ibid., 290.

Detta har varit en beskrivning av några av verktygen i de två schumpeterianska verktygslådor som Erik Dahmén och Thomas P. Hughes har byggt för och under sina historiska analyser av industriell förändring. Som framgått ligger dessa perspektiv mycket nära varandra vad gäller innebörden av dess centrala begrepp.⁹⁰ Det finns också tecken som tyder på att denna konvergens håller på att gå än längre.

Förutom att Dahmén och Hughes teorier har använts och vidareutvecklats genom olika historiska studier av bl.a. svensk industriell utveckling,⁹¹ har de två verktygslådorna också använts för att bidra till studier med syfte att påverka den framtida svenska industriella utvecklingen. Detta har skett genom olika policyinriktade studier bl.a. för utformningen av framtida energisystem, infrastrukturer och olika teknologiområden.⁹² Detta policyinriktade arbete har även lett till att

Dahmén teori om utvecklingsblock vidareutvecklats till en teori om "teknologiska system".⁹³ Ett exempel på denna användning av teknologiska system finner man i den senaste statliga långtidsutredningen där en av dess bilagor är utgiven av Finansdepartementet och har titeln TEKNOLOGISKA SYSTEM OCH EKONOMISK TILLVÄXT: EN STUDIE I DE MIKROEKONOMISKA MEKANISMERNA FÖR TILLVÄXT (1994).⁹⁴ En av denna skrifts två författare är Bo Carlsson vilken är en elev till Dahmén och den som främst ligger bakom den dahméniska teorin om teknologiska system. När Carlsson skrev sina första arbeten om teknologiska system hade han inte någon kännedom om att detta också var ett centralt begrepp (som synonym till sociotekniska system) i Hughes forskning men i den senare bilagan till långtidsutredningen anknyter han till den hughesianska traditionen och lyfter fram Hughes som exempel på andra forskare som arbetat med detta begrepp.⁹⁵

Det verkar således som om inte endast perspektiven på industriell förändring inom teknikhistoria och ekonomisk historia börjar att konvergera utan att också att de tidigare parallella teorierna om utvecklingsblock och sociotekniska system nu även börjar att sammansmälta till en gemensam terminologi och teori.

90. Jmfr.: Sven-Olof Olsson, "Utvecklingsblock eller momentum? Förklaringar till svensk cykelindustris tillbakagång 1955-1965", *Polhem: Tidskrift för teknikhistoria* 13 (1995), 155.

91. Förutom den i tidigare noter omnämnda forskningen se t.ex.: Jan Glete, *ASEA under hundra år: 1883-1983: Ett studie i ett storförtags organisatoriska, tekniska och ekonomiska utveckling* (Västerås, 1983); Arne Kaijser, *Staden ljus: Etableringen av de första svenska gasverken*, Diss. (Linköping, 1986); Lennart Schön, "Development blocks and transformation pressure in a macro-economic perspective - a model of long-term cyclical change", *Skandinaviska Enskilda Bankens Quarterly Review* 20 (1991), 67-76; Lars Strömbäck, *Baltzar von Platen, Thomas Telford och Göta Kanal: Entreprenörskap och tekniköverföring i brytningstid*, Diss. (Stockholm, 1993); Jan Glete, *Nätverk i näringslivet: Ägande och industriell omvandling i det mogna industrisambället 1920-1990* (Stockholm, 1994); Arne Kaijser, *I fädrens spår...: Den svenska infrastrukturens historiska utveckling och framtida utmaningar* (Stockholm, 1994); Mats Fridlund, *Ett svenskt utvecklingspar i elkraft: Aseas och Vattenfalls FoU-samarbete, 1910-1980* (Sandvika: Handelshögskolan BI, 1995); Lars O. Olsson, *Engineers as Systembuilders: The Rise of Engineers to Executive Positions in Swedish Shipbuilding and the Industry's Emergence as a large Technological System, 1890-1914* (Göteborg, 1995); Anders Lundgren, *Technological Innovation and Network Evolution* (London, 1995); Eva Jakobsson, *Industrialisering av älvar: Studier kring svensk vattenkraftutbyggnad 1900-1918*, Diss. (Göteborg, 1996); Nina Wormbs, *Genom tråd och eter: Framväxten av distributionsnätet för radio och TV* (Stockholm, 1997); Pär Blomkvist & Arne Kaijser, eds. *Den konstruerade världen: Tekniska system i historiskt perspektiv* (Stockholm, 1998).

92. För dessa policyinriktade studier se t.ex.: Lennart Stenberg, *Utvecklingsblock i förnyelse av svensk industri*, Ds I 1987:3 (Stockholm: Industridepartementet, 1987); Arne Kaijser, Arne Mogren & Peter Steen, *Att ändra riktning: Villkor för ny energiteknik* (Stockholm: Energiforskningsnämnden, 1988); Bo Carlsson et al., *Sveriges teknologiska system och framtida konkurrensförmåga: Preliminär rapport från STS-projektet*, R 1992:65 (Stockholm: NUTEK, 1992); Arne Kaijser, *I fädrens spår...: Den svenska infrastrukturens historiska utveckling och framtida utmaningar* (Stockholm, 1994).

93. Carlsson & Stankiewicz; Carlsson; Carlsson et al. Se även: Hans Weinberger, *Nätverksentreprenören: En historia om teknisk forskning och industriellt utvecklingsarbete från den Malmiska utredningen till Styrelsen för teknisk utveckling*, Diss. (Stockholm, 1997), 470-4.

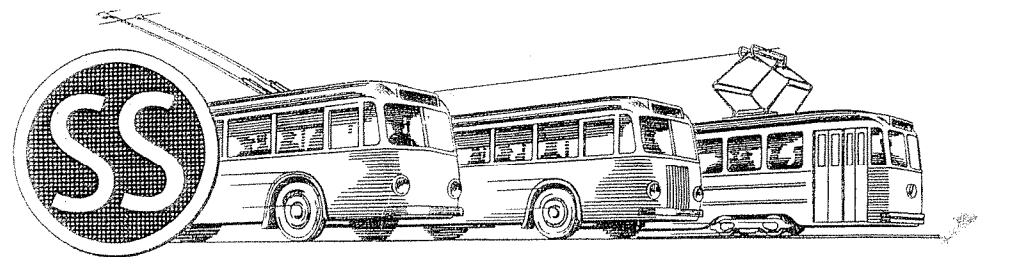
94. Bo Carlsson, & Pontus Braunerhjelm, *Teknologiska system och ekonomisk tillväxt: En studie i de mikroekonomiska mekanismerna för tillväxt*, Bilaga 10 till Långtidsutredningen 1994 (Stockholm: Finansdepartementet, 1994).

95. Ibid., 10; Weinberger, 24

Polhem • 1998 1 ÅRGÅNG 16

Polhem.

TIDSKRIFT FÖR TEKNIKHISTORIA 1998 1 ÅRGÅNG 16



Pris: 60 kr