

G U N N A R E L I A S S O N

S Y N

L I G A

K O S T N A D E R

OFFENTLIG UPPHANDLING
SOM INDUSTRIPOLITIK

O S Y N

L I G A

V I N S T E R

S N S F Ö R L A G

GUNNAR ELIASSON

Synliga kostnader, osynliga vinster

Offentlig upphandling
som industripolitik

SNS FÖRLAG

SNS Förlag
Box 5629
114 86 Stockholm
Telefon: 08-507 025 00
Telefax: 08-507 025 25
info@sns.se
www.sns.se

SNS – Studieförbundet Näringsliv och Samhälle – är ett fristående nätverk av beslutsfattare och opinionsbildare i privat och offentlig sektor. SNS vill genom forskning, bokutgivning och möten bidra till debatt och rationella beslut i samhällsfrågor.

Synliga kostnader, osynliga vinster
Offentlig upphandling som industripolitik
Gunnar Eliasson
Första upplagan
Första tryckningen

© 2010 Författaren och SNS Förlag
Omslag och grafisk form: Patrik Sundström
Sättning: RPform
Tryck: 08 Tryck, Stockholm 2010

ISBN: 978-91-86203-41-2

INNEHÅLL

FÖRFATTARENS FÖRORD 5

FÖRORD 9

I · DET AVANCERADE FÖRETAGET SOM TEKNISK HÖGSKOLA II

1.1 Teknologimolnet runt avancerad produktutveckling 12

1.2 Spillover-multiplikatorns storlek och innehåll 14

1.3 Från företag till makroekonomisk tillväxt 20

1.4 Den samhällsekonomiska kalkylen 21

2 · DUBBELPRODUKTER OCH DUBBLA KUNDROLLER 22

2.1 Molnet av teknologi och dubbelprodukten 23

2.2 De centrala frågorna 25

2.3 Den ställföreträdande kundens dubbla roll 27

2.4 Konkurrentsupphandling och köp från hyllan 30

2.5 Underinvesteringen i privat FoU 36

2.6 Samhällsekonomiskt mervärdeskapande 38

2.7 Användning av ekonometriska spillover-beräkningar 42

2.8 Den samhällsekonomiska avvägningen 44

3 · NYSKAPANDE, TEKNOLOGISPRIDNING OCH KOMMERSIALISERING 49

3.1 Hur skapas ny teknologi? 50

3.2 Hur sprids teknologi? 51

3.3 Hur kommersialiseras ny teknologi? Kompetensblocksteorin 52

4 · TEKNOLOGIMOLNETS INNEHÅLL 59

4.1 Teknologimolnet runt svensk flygindustri 62

4.2 Praktikfall under kärnteknologi 67

4.3 Praktikfall inom flygrelaterad teknologi 69

4.4 Praktikfall under allmän verkstadsteknologi 72

4.4.1 Det avancerade företaget som verkstadsindustriell
högskola 73

4.4.2	Integrationen av mekanik och elektronik med mjukvara	73
4.4.3	Distribuerad och integrerad produktion – globaliseringen	75
4.4.4	Säkerhetskritisk mjukvara	76
4.4.5	Underhållsfria produkter	78
4.4.6	Tåliga och starka lättviktskonstruktioner	79
4.5	Praktikfall under allmän industriell teknologi	88
4.5.1	Bilsäkerhetssystem som en svensk exportprodukt	89
4.5.2	Svensk dator- och kommunikationsindustri förnyas sig	96
4.6	Utveckling av en avancerad industriell miljö	117
4.6.1	Det flygindustriella kompetensblocket i Linköping	118
4.6.2	Akademisk och industriell forskning – kompletterande eller konkurrerande?	120
4.6.3	Akademierna – introverta innovationsdödare eller kreativa miljöer?	121
5	DE INDUSTRIPOLITISKA MÖJLIGHETERNA	124
5.1	Vad vi vet	125
5.2	Systemsammanhållande kompetens – en svensk industriell specialitet	128
5.3	Avancerade och betalningsvilliga kunder	129
5.4	Den makroekonomiska tillväxtens mekanismer	131
5.5	Slutord	133
	BILAGA: KALKYLMETODEN	137
	FÖRTECKNING ÖVER PRAKTIKFALL	147
	LITTERATUR	149
	ORDLISTA	160
	REGISTER	165

Författarens förord

Sveriges industriella utveckling vilar på en lång historia av internationellt handelsutbyte och en förmåga att ta till sig och kommersialisera teknologier som utvecklats i andra länder. De svenska kungarna lockade hit utländska industrialister och yrkesmän som – trots svenskarnas inbundna sinnelag och landets kyliga klimat – till och med bosatte sig här. I betydande utsträckning har denna teknologi ett militärt ursprung. Från början var det stormakten Sverige som behövde en egen militär industri för att ta fram innovativa och effektiva vapen. Sverige fick också, som en konsekvens av Wasahaveriet 1628 och kungens inkompetenta inblandning i upphandlingsprocessen, en tekniskt mycket kompetent och självständig beställare av militär utrustning. Föregångaren till Försvarets materielverk (FMV) grundades 1630.

Inom ramen för det projekt som dåvarande Industriens utredningsinstitut (IUI) utförde på uppdrag av dåvarande Styrelsen för teknisk utveckling (STU) fick jag tidigt kontakt med den ekonometriska spillover-litteraturen – eller det moln av teknologi som omger all avancerad produktutveckling och som denna bok handlar om. Vad som framför allt saknades för att stärka trovärdigheten hos de stora tal denna litteratur visade på var, enligt min mening, ett konkret och begripligt innehåll grundat på fakta och intervjuer med företag. Jag tog kontakt med Saab, Sveriges förmodligen mest betydande teknologigenerator, och konsekvensen blev 1995 boken *Teknologigenerator eller nationellt prestigeprojekt?: exemplet svensk flygindustri*.

Det har länge varit min ambition att fördjupa den analysen och publicera studien på engelska, särskilt som mycket hänt under de senaste 15 åren, men också därför att materialet i många avseenden

är unikt. När så ett preliminärt engelskt manuskript var klart och färdigt för akademisk publicering bad Saab mig att titta närmare på några ytterligare exempel på spillovers. De uttryckte samtidigt en önskan om att jag skulle skriva en kort och mer populärt hållen version på svenska av den digra lunta på engelska som kommer att publiceras i början av 2010 samt att, om möjligt, beräkna spillover-multiplikatorn på Gripenprojektet. Man var särskilt angelägen att de *synliga kostnaderna* skulle kompletteras med en beräkning av de *osynliga vinsterna*.

Detta är nu gjort.

Jag är särskilt glad över att ha fått tillfälle att komplettera min studie med ett stort antal företagsintervjuer och att genomföra dessa beräkningar. Jag vill tacka Erik Mellander vid IFAU i Uppsala, Ishaq Nadiri vid New York University, Pierre Mohnen vid Merit, Maastricht, och Erol Taymaz vid Middle East Technical University i Ankara för tekniska konsultationer om hur spillover-ekonometrin ska tolkas samt Bo Carlsson vid Case Western Reserve University, Cleveland, om den industriella analysen i stort.

Richard Day vid University of Southern California i Los Angeles, Clas Wihlborg vid Chapman University i Anaheim och jag har länge diskuterat de problem som uppstår i den traditionella nationalekonomiska modellen när kunden är direkt engagerad i produktutvecklingen och när utbud och efterfrågan inte kan hållas isär. Hur ska man då se på offentlig upphandling och »köp från hyllan« samt effektiviteten hos konkurrensupphandling?

För mig blev resultatet det argument jag driver i boken att offentlig upphandling av privat efterfrågade kollektiva varor och tjänster, dit avancerade försvarsmateriel hör, inte handlar om subventioner utan om en ny efterfrågepolitik där man slipper större delen av de snedvridningar i resursallokeringen som följer med traditionell efterfrågepolitik.

Med Pontus Braunerhjelm, ställföreträdande vd under min cheftid på IUI, nu vd för Entreprenörskapsforum, har jag diskuterat igenom hur ett projekt som syftar till att göra den svenska ekonomin mer entreprenöriell ska utformas – inte bara som en angelägen upp-

gift för politiken i sig utan också som ett sätt att förstärka de positiva effekterna av den politik som föreslås i denna bok.

Många personer utöver ovan nämnda har läst hela eller delar av det engelska manuskriptet, som fanns i preliminär form innan denna svenska kortversion skrevs. Jag vill särskilt nämna Carl-Henrik Arvidsson, Billy Fredriksson och Lennart Källqvist vid Saab som läst hela texten och varit mycket behjälpliga med den tekniska delen av analysen, korrigerat en lång rad sakfel och hjälpt mig att få facktermer på engelska och svenska rätt.

Djursholm i januari 2010

Gunnar Eliasson

Förord

I vårt land uppstår sällan någon bredare debatt om förutsättningarna för industriell utveckling. Detta trots att det är uppenbart för de allra flesta att Sveriges möjligheter att hävda sig på alltmer konkurrensutsatta världsmarknader i hög utsträckning handlar om våra möjligheter att utveckla och kommersialisera innovationer och ny teknologi.

Frågan om vad som krävs för att säkra en god industriell utveckling – och därmed också välstånd och välfärd – engagerar många näringslivsföreträdare och politiker världen över. I denna bok vänder inledningsvis professor emeritus Gunnar Eliasson på frågan. I stället för att granska politiska koncept och strategier studerar han vad som skapas i och kring det avancerade industriföretaget. Han identifierar ett ”teknologimoln” bestående av kunskap, teknologiska lösningar och innovationer som spiller över från verksamheterna och skapar möjligheter för nya företag. Han betraktar industriföretaget också som en framgångsrik teknisk högskola eftersom anställda, tränade inte bara i teknologiutveckling utan även i komplicerad projektledning och kommersialisering, vandrar vidare och tar med sig sin kompetens till andra företag och andra delar av samhället.

Att Eliasson använt flygindustrin och JAS 39 Gripen som sitt främsta studieobjekt är vi inom Saab naturligtvis glada för. För oss är det ingen nyhet att Saab bidragit till en mängd nya företag – så kallade spinoff-företag – och inte heller att våra ingenjörer och tekniker finns spridda runt om i Industri- och Forsknings-Sverige. Men inte förrän nu har någon försökt räkna fram den samlade samhällsnyttan av detta.

Att Gunnar Eliasson, nationalekonom och en av Sveriges främsta industriforskare, har kommit fram till att Gripenprojektet genererat

värden till den svenska ekonomin motsvarande drygt 2,5 gånger utvecklingsinvesteringen borde förstås stämma till eftertanke. Bokens titel påminner om en skevhet i synen på satsningarna på inhemsk flygindustri. I den allmänna debatten är kostnaderna alltid synliga, vinsterna däremot osynliga.

Eliasson påminner oss också om att svensk verkstadsindustri på intet sätt tillhör det förflutna och att industripolitik inte behöver vara omodern. Men i dag underinvesteras det i den typ av ”spillovergenererande” forskning och utveckling som bland annat gett svensk industri en högteknologisk inriktning. Eliasson förklarar vikten av innovationer som överförs i företagssatsningar. Det handlar således om att skapa en mer entreprenöriell ekonomi, men också att använda offentliga upphandlingar strategiskt.

Sverige har en tradition av kvalificerade upphandlande myndigheter som lett till förstklassig teknologiutveckling inom den privata industrin. Det forna Televerket och Försvarets materielverk har exempelvis en stor del i Ericssons och Saabs kommersiella framgångar. Nu finns det emellertid tecken på att denna framgångsmodell håller på att överges när den i stället borde värdesättas och moderniseras.

Mot bakgrund av Eliassons slutsatser borde signalerna om att Sverige i fortsättningen i huvudsak ska köpa sitt försvarsmateriel ”från hyllan” få många fler än de direkt berörda inom försvarsindustrin att reagera. Möjligen kan denna till synes kostnadsbesparande åtgärd bli den mest kostsamma som svensk politik åstadkommit på mycket länge. I vilket fall kan den bli ett allvarligt slag mot det innovativa och teknologiutvecklande Sverige.

Sverige behöver en mer entreprenöriell ekonomi med högt teknologiinnehåll. Efter många år av forskning, beräkningar och besök i verkligheten kan Gunnar Eliasson peka på en väg framåt både för Sverige och Europa. Det är min förhoppning att många tar professor Eliassons budskap till sig.

Marcus Wallenberg

I. Det avancerade företaget som teknisk högskola¹

En populär föreställning i den ekonomisk-historiska litteraturen är att västerlandets ekonomiska välstånd till en betydande del har sitt ursprung i dess krigiska förflutna och en industri som byggts på militär teknologiutveckling.

I Sverige grundades redan på 1500-talet en för den tiden avancerad vapenindustri, till att börja med för att betala av Gustav Vasas och Erik den XIV:s krigsskulder till Hansan. Med tiden utvecklades denna industri till ett instrument som skulle hålla den dåvarande svenska stormaktens militära krigsmaskin i trim. Skicklig arbetskraft och duktiga företagare lockades med generösa kungliga privilegier att immigrera till Sverige och militära verksamheter utvecklades till framgångsrika exportföretag. Flera av dessa företag finns fortfarande kvar, somliga som civila framgångsrika företag, till exempel Huskvarna, och andra som framgångsrika försvarsindustriföretag, till exempel Saab.

Vasahaveriet 1628 innebar att man i rikets ledning insåg att så stora och dyra krigsmaskiner krävde en mycket kompetent upphandlare där användarnyttan måste dominera. Kungliga Krigskollegium, föregångaren till Försvarets materielverk (FMV), grundades 1630 – kallades de första åren Krigsrätten, för att därefter 1634 få namnet Krigsrådet eller Krigskollegiet – för att samordna kompetensförsörjningen vid utvecklingen av komplex militär utrustning. Redan

1. Denna bok bygger direkt på en större studie på engelska (Eliasson 2010) samt tidigare material (Eliasson 1995, 2008). I den kommande boken på engelska dokumenteras metod och material i detalj. Där finns också en förteckning över de intervjuer som genomförts.

då etablerades traditionen att politiker inte skulle delta i de tekniska besluten – och därför inte heller kungen.

Denna bok handlar om de makroekonomiska konsekvenserna av den offentliga upphandlingen av ett mycket stort militärt utvecklingsprojekt, JAS 39 Gripen, kallat *Gripensystemet*, eller – när enbart stridsflygplanet (plattformen) avses – Gripen. Dess resultat kan med fördel kopplas upp mot ovanstående ekonomisk-historiska perspektiv och frågan om vad den militärtekniska utvecklingen betytt för Sveriges nuvarande industriella förmåga. Men analysen står på egna ben som en metodmässigt intressant industristudie.

En fråga som varit med från början har varit möjligheterna att använda offentlig upphandling av privat efterfrågade kollektiva varor och tjänster som industripolitik. Försvarstjänster är en sådan kollektiv tjänst som efterfrågas privat, där själva upphandlingen kräver privata investeringar i spillover-intensiv produktutveckling.

1.1 Teknologimolnet runt avancerad produktutveckling

Det är väl dokumenterat i den ekonometriska litteraturen att avancerad industriell produktutveckling omges av ett *moln av teknologi (spillovers)*, som andra företag fritt kan utnyttja efter förmåga. För samhället innebär detta att betydande samhällsekonomiska mervärden skapas som kan komma alla medborgare tillgodo. Hur stort molnet blir beror dock på vilken typ av produkt som utvecklas, vilken privat lönsamhet man förväntar sig att uppnå samt de krav kunden ställer på produktens egenskaper. *Beställarkompetens* är därför ett begrepp som ofta återkommer i följande text. Hur stor del av molnet som omvandlas till samhällsekonomiska mervärden beror dessutom på *ekonomins entreprenöriella förmåga*. Staten har därför ett egenintresse av att genom politik hjälpa till att göra den förmågan så stor som möjligt.

De företag som spiller teknologi letar å sin sida efter möjligheter att få betalt för molnet genom att skaffa sig bättre kontroll över äganderätten till detsamma – *innovativ prissättning*. Den samhällsekon-

miska förräntningen av privata investeringar i forskning och utveckling (FoU) är därför betydligt större än den privata lönsamheten. Det är i samhällets intresse att den privata lönsamheten är tillräckligt hög för att företaget ska fortsätta att investera i FoU och skapa spillovers. Här har vi den rationella *grunden för avancerad offentlig upphandling av privat efterfrågade kollektiva varor och tjänster som industripolitik*, och under den upphandlingen bidrar den offentliga kundens förståelse till produktens kvaliteter med användarkompetens. Detta är bokens första utgångspunkt.

Spillover-multiplikatorn är ett centralt begrepp för den analys som följer. Den anger hur stor kvoten är mellan de samhällsekonomiska mervärden som skapas ur spillover-molnet och den ursprungliga investeringen i FoU. *Om den är 1 (ett) har samhället fått tillbaka hela utvecklingsinvesteringen i form av skapade mervärden.*

Ett land som kan visa upp en egen världsledande industri kan också alltid visa upp ett eller flera världsledande företag inom samma industri som andra företag i relaterad produktion kan lära sig av. *Det avancerade företaget fungerar* därför i praktiken *som en teknisk högskola* för övriga företag i närliggande industrier. Detta är bokens andra utgångspunkt.

Den ekonometriska litteraturen dokumenterar också en stor positiv skillnad mellan samhällsekonomisk och privat lönsamhet på FoU-investeringar i de avancerade industriländerna. Denna skillnad förklaras just av spillover-molnet och de mervärden som skapas runt avancerad produktutveckling. Skillnaden speglar en betydande *underinvestering* i privat FoU. Det är naturligt att vänta sig att en höjd privat lönsamhet i produktutvecklingen motsvaras av en högre spillover-intensitet. Allt eftersom FoU-investeringarna ökar bör dock den samhällsekonomiska lönsamheten sjunka och närma sig den privata lönsamheten (avtagande avkastning), även om den så kallade nya tillväxtteorin håller dörren öppen för den motsatta slutsatsen, nämligen att avkastningen kan öka.

En tredje principiell utgångspunkt för denna bok har därför varit att undersöka vilka möjligheter som finns för avancerad offentlig upphandling av privat efterfrågade kollektiva varor och tjänster,

som försvarstjänster, att tjäna som ett industripolitiskt instrument för att övervinna denna underinvestering. Låt oss kalla detta en *ny offentlig efterfrågepolitik* utan större delen av de snedvridande bieffekter i resursallokeringen som vidlåter traditionell (Keynesiansk) efterfrågestimulans. Den politiken skulle därför vara av en annan kaliber än såväl direkta subventioner av samhällets FoU-investeringar som direkt sysselsättningsstimulerande politik och FoU-subventioner. Dessa har utgjort en tung del av den förda industripolitiken, och på goda grunder kallats ett slöseri med resurser.

Denna bok handlar därför mer speciellt om de samhällsekonomiska mervärden som uppstår, spillovers, kring avancerad industriell produktutveckling. Hur uppstår de? Hur kan de stimuleras genom offentlig upphandling? Vilka villkor måste vara uppfyllda för att de ska bli så stora som möjligt? Försvarsindustrin, särskilt den militära flygindustrin, bedriver i detta sammanhang extremt avancerad produktutveckling och tillverkning. Denna bok tar därför upp denna industripolitiska möjlighet med utgångspunkt från de spillovers som skapats runt upphandlingen av det svenska Gripen-systemet under perioden 1982–2007.

Metoden att beräkna spillover-multiplikatorn genom praktikkfallsstudier runt utvecklingen av Saabs Gripen-system diskuteras, samt möjligheten att med avancerad offentlig upphandling minska den *underinvestering* i privat FoU som dokumenterats i den internationella forskningen. Detta kapitel sammanfattar resultaten.

1.2 Spillover-multiplikatorns storlek och innehåll

De viktigaste slutsatserna kan, något provocerande, sammanfattas under tolv rubriker.

- UPPHANDLING AV EN PRODUKT SOM INTE FINNS DRIVER PÅ TEKNIKUTVECKLINGEN. Utvecklingen av Gripen-systemet innebar att en mycket komplicerad produkt med radikalt nya egenskaper

som inte fanns tidigare upphandlades. För att utveckla Gripen-systemet, eller ett lika avancerat och komplicerat industriprojekt, samt att tillfredsställa en krävande slutkund (svenska flygvapnet genom FMV) måste många tekniska problem lösas på vägen. Gripenprojektet blev därför en *teknologidrivare* som skapade ett brett flöde av färdigutvecklade teknologier som svensk industri i övrigt kunde tillgodogöra sig efter egen förmåga.

Gripen är ett exempel på vad ekonomer kallar dubbelproduktion (*joint production*), det vill säga Gripen-systemet plus molnet av teknologi.

- AVANCERAD PRODUKTUTVECKLING ÄR CENTRAL. Spillover-molnet uppstår i första hand under produktutvecklingsfasen. Ekonometriska studier visar dessutom att det blir större ju större elektronik- och mjukvaruinnehållet i produktutvecklingen är. Enkel tillverkning ger knappast några spillovers.
- EN KOMPETENT KUND MED BESTÄLLARKOMPETENS ÄR AVGÖRANDE. Nya produkter blir i det långa loppet aldrig bättre än den kompetens kunden besitter att förstå deras nytta samt kundens förmåga och vilja att betala. Avancerade kunder med god betalningsförmåga definierar därför en nationell ekonomisk konkurrensfördel.
- FLYGINDUSTRIN BLIR I PRAKTIKEN EN TEKNISK HÖGSKOLA. Eftersom flygindustrin redan i dag använder den framtida verkstadsindustrins teknologier fungerar den i praktiken som en teknisk högskola för denna industri som
 - skapar nya, funktionellt och kommersiellt utprovade teknologier
 - »bjuder ut» arbetare och ingenjörer med erfarenhet från de allra modernaste produktionsmetoderna till övrig industri.

Det är därför intressant att jämföra flygindustrin i denna kapacitet med existerande tekniska högskolor.

- DEN SVENSKA ERFARENHETEN ÄR ATT BESTÄLLARKOMPETENSEN BESTÄMMER SPILLOVER-MOLNETS KVALITET. Det är viktigt att skilja mellan det utbyte i form av spillovers (molnet, spillover-intensiteten) som varje investerad FoU-krona ger, och hur stor del av molnet som kommersialiseras.

Den svenska erfarenheten från försvarsindustriell upphandling är att

- spillover-intensiteten maximeras om det politiska innehållet i upphandlingen minimeras och användarnyttan tillåts helt dominera
- utbytet i form av skapade mervärden växer med den lokala förmågan att kommersialisera spillover-molnet.

Det är detta senare utbyte som mäts i spillover-multiplikatorn.

- KOMMERSIALISERINGSKOMPETENS ÄR EN NATIONELL KONKURRENSFÖRDEL. Spillovers kommer övrig industri tillgodo i proportion till den existerande lokala entreprenöriella förmågan att förstå, upptäcka och kommersialisera dem. Kommersialiseringskompetens utgör därför en nationell ekonomisk konkurrensfördel, något som redan Staffan Burenstam Linder (1961) konstaterade i sin doktorsavhandling.
- MAXIMERING AV DET SAMHÄLLSEKONOMISKA UTBYTET AV SPILLOVER-MOLNET KRÄVER STOR BREDD PÅ DEN LOKALA KOMMERSIALISERINGSKOMPETENSEN. För att det samhällsekonomiska utbytet av spillover-molnet ska bli maximalt måste stora delar av kommersialiseringen ske utanför det spillover-skapande företaget. Det förutsätter en betydande och brett definierad lokal kommersialiseringskompetens. Exempel på detta är:
 - industriellt kompetent finansindustri
 - effektivt utformad lagstiftning som möjliggör handel i immate-

riella rättigheter (*Intellectual property rights*, IPR)

- skattelagstiftning som gör att privata svenska investerare finner det lönsamt att genomföra djärva industriella projekt i Sverige.

- OFFENTLIG UPPHANDLING ÄR INTE SUBVENTIONERING. Offentlig upphandling av privat efterfrågade kollektiva varor och tjänster blir ett potent industripolitiskt instrument utan många av de snedvridande effekter i resursanvändningen som kännetecknar traditionell subventionering av ospecificerad FoU. Det handlar om privat efterfrågade, samhällsekonomiskt lönsamma investeringar i infrastruktur. Direkt subventionering av industriell FoU kan däremot på goda grunder kritiseras som slöseri med resurser och är en politik som inte är accepterad i internationella handelssammanhang.
- MARKNADEN HAR EN DEMOKRATISK UPPGIFT. Den privata betalningsviljan för kollektiva varor och tjänster, till exempel nationens försvar, överensstämmer inte alltid med den politiska betalningsviljan. En viktig »demokratisk« uppgift är därför att informera medborgarna om vad som bjuds ut och vad de får för pengarna – *den dubbla produkten*.

Det offentliga är dessutom en *dubbelkund* som bör ha ett stort intresse av att spillover-molnet uppstår och kommersialiseras maximalt inom landet.

- POTENT KOLLEKTIV KUNDROLL. Försvarsindustrin är kanske den enda kvarvarande industrin där denna offentliga dubbla kundroll på ett kraftfullt och effektivt sätt kan kombineras med utbudet av den dubbla produkten.

En intressant fråga är vilken nationell industripolitisk potential som nationell offentlig upphandling i dag har för ett medlemsland inom EU. Jag diskuterar nationell *offentlig upphandling av privat efterfrågade kollektiva varor och tjänster* som individen inte själv kan upphandla i marknaden och som därför inte heller kommer att erbjudas spontant i marknaden. En ställföreträdande kund måste

träda emellan för att en marknad för sådana varor ska uppstå. Om ingen kollektiv substitutkund spontant tar på sig uppgiften och en marknad uppstår blir det statsmakten som får ansvaret att ikläda sig denna ställföreträdande kundroll. Detta, att förse landets medborgare med kollektiva varor och tjänster, är en angelägen uppgift för statsmakten – av många ansedd som statsmaktens viktigaste uppgift.

De kollektiva varor och tjänster jag talar om är i första hand mycket avancerade produkter som försvarsutrustning, olika system för civil säkerhet, infrastrukturinvesteringar och teknologiplattformar som på grund av sin långsiktighet och stora tekniska och finansiella risker inte kommer att kunna ge tillfredsställande lönsamhet för privata företag. Det hör till saken att kund och producent ofta samarbetar vid utvecklingen av denna typ av produkter och att detta samarbete ofta gått relativt långt och involverat betydande gemensamt tekniskt och finansiellt rikstagande när beslut om upphandlingen tas. Det innebär inte bara att geografisk närhet spelar en roll. Eftersom varken kund eller producent har helt klart för sig hur den produkt man vill ha och kan ta fram ser ut, förrän det gemensamma utvecklingsarbetet kommit en god bit på väg, kan inte de enkla principerna för konkurrerande upphandling tillämpas mekaniskt. I dag begränsas dock möjligheten att nationellt styra sådan upphandling inom EU till försvarsprodukter och vissa områden inom civil säkerhet. All annan nationell offentlig upphandling ska utsättas för öppen europeisk konkurrens, och ambitionen på Brysselnivå är att även försvarsupphandlingen ska öppnas för konkurrens.

För att beställningar från det svenska försvaret i ett sådant läge ska hamna i Sverige måste svenska företag vara mycket konkurrenskraftiga i Europa samt upphandlingen helt inriktad på maximal produktnytta och befriad från nationell politisk inblandning. Då maximeras spillover-intensiteten på Europeanivå. Detta får anses vara en såväl rationell som rimlig utgångspunkt för denna typ av industripolitik.

Hur mycket av spillovers som kommersialiseras, och var, beror

å andra sidan på den lokala entreprenöriella förmågan. Nationell verkningsfull industripolitik handlar därför om

- aktiv offentlig upphandling av avancerade och privat efterfrågade kollektiva varor och tjänster
 - hjälp vid utvecklingen av en industriell miljö med mycket konkurrenskraftiga egna företag som kan vinna order i den europeiska upphandlingen, och då gärna inom de områden den egna upphandlingen gäller
 - bidrag till skapandet av en entreprenöriell ekonomi så att de egna företagen mer än konkurrerande företag i andra ekonomier lyckas fånga och kommersialisera spillovers från det egna landets upphandling och från andra länder.
- SPILLOVER-MULTIPLIKATORN ÄR MYCKET STOR. De samhällsekonomiska värden som skapas kring avancerad produktion är potentiellt stora. Vad gäller ekonomiskt värdefulla spillovers runt svensk militär flygindustri drar jag slutsatsen att de varit mycket stora. Mycket mer än utvecklingsinvesteringarna i Gripensystemet har »återbetalats« till samhället i form av nyskapade samhällsekonomiska värden som tappats ur det moln av teknologi som uppstått kring Gripenprojektet.

Jag räknar med en spillover-multiplikator på *minst* 2,6, sannolikt betydligt större, det vill säga det som »återbetalats« till samhället är minst 2,6 gånger den ursprungliga FoU-investeringen. Om spillover-multiplikatorn varit 1 (ett) innebär det att utvecklingen av Gripensystemet inte kostat samhället något.

Om jag i stället för mina egna aggregerade praktikfallsberäkningar utnyttjar resultaten från nordamerikanska ekonometriska studier av skillnaden mellan samhällsekonomisk och privatekonomisk lönsamhet på FoU-investeringar, blir spillover-multiplikatorn ännu högre. Detta trots att de ekonomiska beräkningarna gäller betydligt bredare och mindre avancerade kategorier företag än Gripenprojektet.

Den betydande underinvesteringen i privat FoU i de avance-

rade industriländerna erbjuder därför ett utmärkt tillfälle att återstarta efterfrågan i en ekonomi i stagnation eller kris. Industripolitik genom offentlig upphandling av privat efterfrågade spillover-intensiva kollektiva varor och tjänster är en sådan lösning.

- AVANCERAD OFFENTLIG UPPHANDLING AV PRIVAT EFTERFRÅGADE PRODUKTER HANDLAR OM INVESTERINGAR I INFRASTRUKTUR, INTE OM KONSUMTION. Offentlig upphandling av privat efterfrågade spillover-intensiva kollektiva varor och tjänster är i praktiken investeringar i samhällelig infrastruktur. Finansministern har ett finansieringsproblem och behöver inte oroa sig för budgetkonsekvenserna.

1.3 Från företag till makroekonomisk tillväxt

Mellan spillover-multiplikatorns nämnare och täljare döljer sig den komplicerade ekonomiska dynamik som omvandlar en investerad FoU-krona i ett enskilt företag till samhällsekonomiska mervärden och ekonomisk tillväxt. Denna dynamik packas på ett alltför enkelt sätt ihop i de traditionella beräkningarna av spillover-multiplikatorns storlek, som jag och andra genomfört.

Dynamiken handlar om hur spillovers uppstår i praktiken, hur de sprids genom ekonomin och hur de genom konkurrens och vad jag kallar en Schumpeteriansk kreativ förstörelseprocess omvandlas till ekonomisk tillväxt (se närmare avsnitt 5.4). Spillover-multiplikatorn blir därför ett abstrakt mått som är obegripligt om man inte förstått de antaganden som bakats in i dess beräkning. Det är därför praktikfallsstudierna i denna bok är så viktiga; de ger både konkret innehåll och kredibilitet åt det abstrakta slutresultatet, som i och för sig har mycket kraftfulla industripolitiska implikationer. Jag diskuterar detta utförligt i huvudtexten, och särskilt i den bok på engelska (Eliasson 2010) som denna bok sammanfattar.

1.4 Den samhällsekonomiska kalkylen

När beslut fattades om att utveckla Gripensystemet 1982 diskuterades, förenklat uttryckt, slutligen tre alternativ:

- att modifiera det existerande, i operativ tjänst varande Saab-bygda stridsflygplanet Viggen
- att köpa en utländsk plattform, modifiera den så långt som möjligt och licenstillverka flygplanet i Sverige²
- att utveckla ett helt nytt eget stridsflygplan enligt egen behovspecifikation.

I alla tre fallen skulle tillverkningen ske i Sverige, vilket underlättade den jämförande kalkylen betydligt.

Vid den tiden fanns inget riktigt medvetande om fenomenet spillovers. Den ekonometriska analysen av spillovers dök upp först i slutet på 1980-talet. Under alla omständigheter fattades ett beslut till förmån för att utveckla ett eget helt nytt stridsflygplan. Ett viktigt skäl var att de övriga två alternativen i själva verket skulle ha inneburit en avveckling av den svenska flygindustrin, som i så fall reducerats till en betydligt enklare flygunderhållsindustri.

Nu blev det ett helt nytt och vid den tiden unikt svenskt stridsflygplan. Och tur var väl det. I dag vet vi att om de ekonomiska värden som spillovers kring utvecklingen av Gripensystemet skapat hade lagts in korrekt i de samhällsekonomiska kalkyler som genomfördes kring 1980, skulle utvecklingen av Gripen visat sig vara det samhällsekonomiskt klart billigaste alternativet.

2. Vid den tidpunkten hade ett tidigare alternativ att köpa färdiga F-16-plan från USA fallit bort.

2. Dubbelprodukter och dubbla kundroller

Avancerade produkter som stridsflygplan utmärker sig genom ett antal kännetecken. De är komplicerade som produkter och utvecklas och tillverkas under ytterst svåra förhållanden. Ett stridsflygplan har extrema prestanda. Det har inte bara konstruerats för att vara robust och fungera under mycket besvärliga förhållanden. Det ska också vara byggt för ett långt liv samt vara lätt att underhålla och modernisera. Det betyder att inköpspriset för ett stridsflygplan endast är en mindre del av dess totala användarkostnad under dess livstid.

Produktens värde för köparen stiger ju mer av kostnadseffektivt underhåll och service som från början byggs in i produkten och ju enklare det är att modernisera densamma under dess livscykel. Samtidigt gäller att stridsplanet Gripen som ett integrerat system innehåller delsystem med mycket olika livslängd (så kallade *clock speeds*). Många delsystem byggs om eller byts ut ofta, bland annat elektroniken, andra ibland och vissa – till exempel flygkroppen – aldrig.

Det har varit en stor ingenjörskonst vid Gripens konstruktion att göra detta ständigt pågående moderniseringsarbete kostnadseffektivt över stridsflygplanets hela förväntade livstid. Detta är också ett viktigt skäl till att den militära kunden, FMV, varit aktivt involverat i utvecklingsarbetet av Gripen som en funktionell kravställare som bidragit med användarerfarenhet. Gripens förmåga att i luften växla mellan jakt, attack och spaning (JAS) är inte bara en viktig egenskap hos stridsflygplanet utan innebär även att det bara finns *en* version av flygplanet att underhålla. Tack vare FMV har därför Gripen ett förnämligt världsrekord vad gäller låga underhållskostnader i fält med

hjälp av utbildad arbetskraft (värnpliktiga). Underhållsfria produkter är ett begrepp jag ofta stött på. Det är en teknologi som först utvecklades inom flygindustrin och som verkstadsindustrin, inte minst bilindustrin, strävar efter att uppnå.

2.1 Molnet av teknologi och dubbelprodukten

Avancerade produkter som flygplan skiljer således ut sig genom att vara »flerdimensionella»; förutom själva produkten, stridsflygplanet Gripen, medföljer en kollektiv egenskap, nämligen det *moln av teknologi* som oavsiktligt görs gratis tillgängligt för externa användare (imitatörer). Tillgängligheten är dock begränsad av en nog så viktig faktor, nämligen det imiterande företags förmåga att ta till sig teknologin, integrera den med sin produktion och kommersialisera den (*mottagarkompetensen*).

Det ekonomiska värdet av detta teknologimoln kan därför vara mycket större än utvecklingsinvesteringen och bör vid en ekonomisk analys ses som en integrerad del av den produkt som tagits fram, en kompetenstillgång som det spillover-genererande företaget självfallet försöker ta betalt för i den utsträckning det kan kontrollera äganderätten till molnet (se mer nedan).

Vi har ett fall av dubbelproduktion (*joint production*). Den avancerade producenten utvecklar och tillverkar både den produkt som beställts och det associerade teknologimolnet. För den privata producenten beror värdet av dennes innovativa förmåga att ta betalt (*innovative pricing*). Det potentiella värdet för beställaren av den extra teknologi som oavsiktligt tagits fram är däremot proportionell mot dennes och, vad gäller offentlig upphandling, samhällets förmåga att kommersialisera teknologin. *Det spillover-skapande företaget har därför som viktig affärsuppgift att marknadsföra såväl sin produkt som molnet av teknologi.*

För att förstå det ekonomiska värdet av spillovers måste vi alltså använda en bred definition av teknologi som även inkluderar management och organisatorisk kompetens. Detta principiella ar-

gument kommer jag att konkretisera med hjälp av praktikfallsstudier runt svensk flygindustri.

Militär flygindustri, och produktion av militär utrustning i allmänhet, har i kölvattnet av kalla krigets upphörande ofta betraktats som isolerad från resten av industrin, en synpunkt som spelat en roll under senare års nedrustningsdebatt. Jag kommer att dra den exakt motsatta slutsatsen.

Jag kommer att diskutera dubbel produktion och molnet av teknologi i kombination med den *dubbla kundroll* som den offentliga upphandlaren spelar. Produktionsvärdet är alltså Gripen plus det ekonomiska värdet – vad exakt som därmed avses, se bilagan och framför allt Eliasson (2010) – av det moln av teknologi som också skapas. Den offentliga upphandlaren bör nämligen vara intresserad av såväl produkten som teknologimolnets bidrag till den ekonomiska tillväxten och därför vara beredd att betala för båda. Det senare definierar den offentliga kundens industripolitiska uppgift. Den avancerade producenten ska därför se det som ett inslag av innovativ prissättning att presentera ett trovärdigt argument för molnets stora samhällsekonomiska värde. Detta handlar om marknadsföring.

Kompletterande industriprogram och offsetaffärer har ofta gjorts till en del av det totala upphandlingspaketet, där det avancerade företaget åtar sig att stödja lokala underleverantörer med mottagarkompetens och hjälpa dem att kommersialisera spillovers. Detta är särskilt vanligt i industriella utvecklingsländer som nästan alltid saknar en kompetent mottagarindustri. När både dubbel produktion och dubbel kundroll föreligger kan sådana kompletterande industriprogram, om de läggs upp rationellt, organiseras som positiva spel. Jag kommer att visa att en potentiell win-win-situation mellan producent och kund ofta föreligger som kan förverkligas med rätt management och incitamentsupplägg. Med rätt upplägg blir båda parter vinnare. Denna senare form av innovativ prissättning bör vara särskilt attraktiv för industriella utvecklingsekonomier.

2.2 De centrala frågorna

Med denna introduktion har jag adresserat fem frågor:

1. Varför är spillovers intressanta? Finns de? Hur stora är de? – *exis-tens*.
2. Hur uppstår spillovers? Den avancerade kundens centrala roll – *beställarkompetens*.
3. Hur ser spillover-molnet ut? – *praktikfallspresentation*.
4. Hur upptäcker man ekonomiskt värdefulla spillovers? Hur fångar man och kommersialiserar dem? – *kompetensblockteori*.
5. Vilka är konsekvenserna för företagets affärsverksamhet och strategiska ställningstaganden samt för statsmakten? – *politik*.

Medvetandet om att positiva industriella externaliteter eller spillovers existerar och har betydelse för ett lands ekonomiska utveckling har en lång historia inom nationalekonomin. Det hela började med den engelske ekonomen Alfred Marshall (1890), den tidens auktoritet på nationalekonomins då nya så kallade Walrasianska eller neoklassiska modell.³ Marshall var bekymrad över den Walrasianska modellens brister när det gällde att klargöra betydelsen av stordriftsfördelar och hur ekonomisk tillväxt uppstår.

Som en lösning föreslog Marshall vad som senare skulle komma att kallas *networking externalities* inom industriella distrikt eller kluster av företag som ömsesidigt stöder varandra (se avsnittet om kompetensblock 3.3). Marshalls både teoretiska och praktiska analys från 1890 och särskilt 1919 är fortfarande modern. Hans förslag var i princip vad som numera marknadsförs under namnet (först använt av Romer 1986) ny tillväxtteori. Marshall var också, som Joseph Schumpeter påpekar i sitt stora doktrinhistoriska verk (1954), den förste, och mycket länge den ende, ekonom som försökte integrera företagsekonomiska frågor och metoder (*business economics*) i nationalekonomin.

3. Den neoklassiska modellen i något modifierad form dominerar fortfarande undervisningen i nationalekonomi vid västerländska universitet.

Marshall blev dock inte populär bland sina doktrinära kolleger inom nationalekonomin och även senare ekonomer har haft svårigheter att erkänna Marshalls tidiga bidrag till deras egna idékonstruktioner.⁴ Vad de »nya« tillväxtteoretikerna gjort är att försöka internalisera (endogenisera) positiva externaliteter eller spillovers i den neoklassiska modellen som en källa till ekonomisk tillväxt.⁵

Detta är kort den teoretiska bakgrunden till denna studie som jag kommer att utveckla närmare längre fram i texten. Den teorin, enkelt presenterad, är nödvändig för att ge en tankestruktur att hänga upp praktikfallen på och göra det möjligt att förstå den beräkning av spillover-multiplikatorn som kommer sist i boken och vars räknemetoder kort förklaras i bilagan. Det hör dessutom till saken att all den ekonometri om storleken på spillovers, som jag kommer att referera till och delvis omtolka, bygger på den statiska neoklassiska beräkningsmodellen, dit även den nya tillväxtteorin hör (Eliasson 2007). Kort sammanfattat, spillovers kan presenteras som konsekvenser av två ofullkomligheter hos de ekonomiska bokföringssystem som vi använder:

1. Resursinsatsen, som ger upphov till positiva externaliteter, bokas på ett annat konto än konsekvensen i form av de samhällsekonomiska värden som skapas.
2. Resurser kan inte länkas till de spillovers som kan observeras därför att de härrör ur hela det ekonomiska systemets dynamik (*net-working externalities*).

4. Romer (1986) refererar inte till Marshall. Däremot gör han det i Romer (1990), men uppenbarligen inte med någon större entusiasm, efter det att någon har påpekat sammanhangen för honom.

5. Jones (1995) representerar den matematiskt elegantaste formuleringen av *new growth theory*, där han bland annat gör Romer (1990) till ett specialfall. Jones (1995) ligger sedan till grund för den »empiriska översikt« av en del av spillover-litteraturen i Jones & Williams (1998), som jag i den följande texten utnyttjar vid min utvärdering av storleken av spillover-molnet kring avancerad produktion. Jones (1995) blir sedan i sin tur ett specialfall i den modell Klenow & Rodriguez-Clare (2004) formulerar. Man kan dock på goda grunder hävda att Romer (1986, 1990) redan var ett specialfall av Jorgensons & Griliches (1967) – eller för den delen Marshalls – industriella distrikt (se Eliasson 2007).

För att kunna beräkna spillover-multiplikatorn måste jag kunna korrigera för dessa ofullkomligheter så att den rätta resursinsatsen kan jämföras med de värden som skapats.

2.3 Den ställföreträdande kundens dubbla roll

Vi har också problemet att bestämma vilken typ av produktion som skapar spillovers. Avancerad utveckling av nya produkter och högteknologisk tillverkning är spillover-intensiv, inte enkel tillverkning av existerande produkter. Många komplexa och spillover-intensiva produkter och produktionsprocesser som jag studerar i denna skrift ligger dessutom utanför de normala privata marknaderna, även om deras tjänster efterfrågas privat.

Försvar och terrorbekämpning är till exempel tjänster som endast i obetydlig utsträckning kan köpas individuellt och privat i marknaden. För att skapa en marknad för sådana tjänster måste en *ställföreträdande kund* träda in mellan dem och de privata producenterna som en representant för alla privata kunder. Det blir ofta det offentliga som får träda in som de privata kundernas representant på marknaden för privat efterfrågade kollektiva varor och tjänster. Många skulle säga att detta är den enda viktiga uppgiften för en demokratiskt vald statsmakt, som den bör utföra omsorgsfullt och framgångsrikt innan den ägnar sig åt något annat.⁶ Staten som ställföreträdande kund definierar alltså i detta sammanhang dess industripolitiska uppgift.

Den offentliga upphandlaren av komplexa spillover-intensiva produkter tar därmed på sig den dubbla rollen att vara ställföreträdande representant för den privata efterfrågan på kollektiva varor och tjänster och samtidigt bedriva aktiv industripolitik. Upphandlingen av försvarsprodukter är typisk för denna dubbla roll, och upphandling av militär utrustning som stridsflygplan har visat sig vara en särskilt spillover-intensiv verksamhet.

6. Sälunda hävdar bland annat Mueller (1989) att statens huvuduppgift är att korrigera marknadsimperfektioner, vilket är samma sak.

Det är möjligt att försvarsmaterial, efter de senaste årens omfattande privatisering av avancerad, tidigare offentlig, produktion är den enda kvarvarande industrin med kapacitet att generera spillvers av sådan dignitet att offentlig upphandling kan utnyttjas som effektivt industripolitiskt instrument. Som en konsekvens är avancerad FoU-intensiv produktion, och särskilt militär flygindustri, omgiven av det ovannämnda molnet av spillvers, som är tillgängliga för alla i proportion till den lokala kompetensen att identifiera, fänga och kommersialisera dem. Jag kommer att visa att det potentiella ekonomiska värdet av dessa spillvers är mycket stort, och särskilt stort i militär flygindustri.

De varor och tjänster som utvecklas och tillverkas av avancerade företag består därför av en privat och en samhällsekonomisk, entreprenöriell del.

1. Den vara som upphandlingen gäller, stridsflygplanet och tillhörande system.
2. Molnet av teknologi, vars värde beror av den lokala kompetensen att kommersialisera detsamma.

Eftersom molnet har ett stort potentiellt värde för samhället blir det en självklar uppgift för samhället att inte bara ta tillvara detta värde. Producenten av den upphandlade varan (stridsflygplanet) måste också marknadsföra molnet och på detta sätt försöka få så mycket betalt som möjligt för den vara, inklusive teknologimolnet (dubbelprodukten) som man levererar till den offentliga kunden.

Eftersom molnets ekonomiska värde för samhället beror av den lokala förmågan att kommersialisera detsamma, brukar det producerande företaget som en del av den totala affärsuppgörelsen ibland ta på sig uppgiften att hjälpa till med kommersialiseringen. Detta spelar en särskild och rationell roll vid försäljning till utvecklingsländer där lokal kommersialiseringskompetens ofta saknas helt, men totalerbjudanden av liknande slag förekommer ofta även vid försvarsupphandlingar av industriländer. I sådana fall kan man diskutera om just producenten av den utrustning den ursprungliga upphand-

lingen gällde är den som är mest lämpad att göras ansvarig för maximeringen av den samhällsekonomiska räntan från teknologimolnet. Ofta handlar det då om att producenten av den militära utrustningen försöker förstärka sitt svaga ägande till teknologimolnet genom att ta hand om kommersialiseringen på egen hand. Jag har kallat sådana försök att stärka äganderätten till (och ta betalt för) den teknologi man skapat för innovativ prissättning.

Innovativ prissättning är en konst som är väl känd från mjukvaru- och underhållningsindustrierna där man försöker ta betalt för spillovers genom att integrera dem med produkten i övrigt. När musikindustrin och artisterna inte kan få ordentligt betalt för inspelad musik på grund av svårigheten att kontrollera nedladdningen av musik på nätet, organiserar man omfattande konsertturnéer med dyra biljetter där superstjärnorna uppträder live. Det är svårt att bara sälja ett genialiskt operativsystem. Men kan man göra marknaden beroende av detta operativsystem kan man bygga upp en lönsam uppdaterings- och tillbehörsverksamhet. Microsoft har lyckats länge med denna strategi på pc-marknaden. Det är väl bekant att många företag tjänar sina vinster på tillbehören och förbrukningsvarorna, exempelvis färg till kopiatorer och skrivare.

Såväl Google som Nokia och Sony Ericsson prövar just nu samma strategi på mobiltelefonimarknaden med sina operativsystem Android, Symbian och X10 (respektive), och Microsoft lurar i bakgrunden med sin Windows Mobile-variant (*Svenska Dagbladet Näringsliv*, 15 oktober och 4 november 2009). Kompetensöverföring i samband med leveranser av komplicerad militär utrustning kräver praktiskt taget alltid kompletterande konsulttjänster från det levererande företaget, och eftersom det tar lång tid och sällan är ekonomiskt rationellt att bygga upp en egen lokal utbildningskompetens kan det säljande företaget ofta sälja samma kompletterande konsulttjänster om och om igen. Detta är naturligtvis inte den mest rationella definitionen av den totala produkt som säljs, men om äganderätten inte kan kontrolleras på annat sätt måste man konstruera innovativa kompromisser.

Bäst är om kontraktsformen kan formuleras så att molnets värde maximeras och båda parter vinner på affären. Offsetkontrakt är det

vanligaste arrangemanget, där kund/upphandlare och producent/leverantör tillsammans finner former för att extrahera/maximera den samhällsekonomiska räntan från teknologimolnet och att dela på den gemensamma vinst som uppstår, som annars skulle fångas upp av outsiders eller gå förlorad.

2.4 Konkurrensupphandling och köp från hyllan

Det är nödvändigt att skilja mellan å ena sidan teknologimolnets storlek och å andra sidan hur stor del av detsamma som kommersialiseras lokalt. Teknologimolnets storlek beror av kreativa ingenjörers och teknikers förmåga samt de resurser de fått att arbeta med. Kommersialiseringskompetensen är däremot erfarenhetsbaserad och mycket snävare. Generellt gäller därför att vinnande teknologier alltid i någon utsträckning går förlorade för den lokala ekonomin (se Eliasson 2005a, s. 72ff samt avsnitt 3.3 nedan).

Även teknologimolnets storlek beror på vilka resurser som satsas på produktutvecklingen, vilket i sin tur beror på hur privat lönsam den är. Här kan vi då konstatera att kundens kompetens och villighet att betala i det långa loppet alltid avgör hur avancerade och spillover-intensiva de produkter är som tas fram. Ju mer avancerade produkterna är, desto större – för det andra – blir teknologimolnet. För det tredje gäller dessutom att ju mer fokuserad kunden är på att upphandla användarnytta, desto större – återigen – blir molnet. Ju mer ovidkommande omständigheter som sysselsättnings- eller regionalpolitiska konsekvenser får styra upphandlingen, desto mer kostar det att ta fram en sämre produkt och desto mindre blir teknologimolnet. Det är i detta perspektiv som man ska förstå begreppet *beställarkompetens* och FMV:s roll som kompetent upphandlare av försvarsmateriel, den roll som etablerades redan under stormaktstiden efter Vasahaveriet 1628.

Eftersom en ny syn på upphandlingens former i allmänhet, och militär offentlig upphandling i synnerhet, under senare år fått fotfäste såväl i den ekonomisk-politiska diskussionen som i utövad praktik,

vill jag uppehålla mig en stund vid denna fråga. *Konkurrensupphandling* anses innebära att samma produkt kan tas fram till ett lägre pris och att »köp från hyllan« är en effektiv form för konkurrensupphandling. Konkurrensupphandling och köp från hyllan har blivit lättare i den nya distribuerade och globala produktionsvärld som växt fram under senare år.

Distribuerad produktion representerar en teknologi där den militära flygindustrin faktiskt varit pionjärer. Distribuerad produktion är för övrigt en vidareutveckling efter de principer om decentraliseringens fördelar som redan Adam Smith (1776) lade fast. Standardisering, *kommodisering*, av produkterna och sjunkande transportkostnader, men framför allt – sedan 1990-talets mitt – dator- och kommunikationsteknologins nya möjligheter att koordinera globalt distribuerad tillverkning, har höjt tempot i en utveckling som pågått länge (Eliasson 2002).

Standardisering av komponenter och köp av färdiga produkter har därför – för det *första* – kommit för att stanna och utvecklas vidare. Detta gäller även upphandling av avancerad och marknadsanpassad försvarsmateriel. Men det är en sak att köpa komponenter – ofta avancerade – från hyllan och något helt annat att köpa färdiga stridsflygplan eller andra komplexa produkter. Gripensystemets importinnehåll (av komponenter och delsystem) är med nödvändighet stort av den enkla anledningen att svensk industri inte har haft kompetens att utveckla och tillverka allt. Ett innovativt och effektivt utnyttjande av importerade komponenter och delsystem har gjort Gripensystemet till det förmodligen mest kostnadseffektiva stridsflygplanet på marknaden. Men vi talar nu om det globala, industriella samarbete som alltmer kännetecknar den avancerade delen av distribuerad produktion. Att köpa avancerade produkter – där svensk industri har kompetens att ta fram det allra bästa – någon annanstans till ett något lägre pris från hyllan är däremot en helt annan sak.

Medan decentraliseringens och marknadskonkurrensens positiva sidor klargjorts i den ekonomiska litteraturen gäller inte samma självklarheter om den konkurrerande upphandlingens välsignelser. I den traditionella nationalekonomiska modellen hålls strikt boskillnad mel-

lan utbud och efterfrågan. När kund och producent samarbetar för att ta fram en ny och bättre produkt gäller inte, för det *andra*, den traditionella modellens principer om konkurrens utan vidare.⁷ Dessa principer bör alltså inte predikas och tillämpas mekaniskt utan med stor eftertanke. Detta gäller särskilt om produktutvecklingen pågår under lång tid.

Bättre produkter innebär, för det *tredje*, praktiskt taget alltid högre kvalitet och ofta ett mer varierat utbud av samma produkt. Konkurrerande upphandling av produkter med varierande kvalitet, ofta skraddarsydda, kan visserligen driva ner kostnaden, men går samtidigt vanligen ut över produktens kvaliteter. Överenskomna och kontrakterade kvaliteter är ofta mycket svåra att kontrollera i efterhand, och är det första producenten försöker fuska med (Hart med flera 2001), om inte kunden är en mycket kompetent beställare.⁸ På denna punkt har FMV åtminstone hittills fungerat som ett framgångsrikt internationellt referensfall.

När det gäller vapen och annan militär utrustning handlar nyttan, för det *fjärde*, alltid om ett positivt utfall i en duellsituation, där utrustningens kvaliteter på marginalen ofta är helt avgörande. Det går då inte an för den part som vill nå framgång att kompromissa med kvaliteterna, eller för ett rikt land, som åtagit sig att utbilda sina soldater för fara i internationella konflikter, att sända i väg dem med sämre utrustning än den bästa.

Spillover-molnets storlek är därför, för det *femte*, i hög grad beroende av upphandlingens kvaliteter. Det handlar väsentligen om skillnaden mellan att å ena sidan upphandla avancerade nya produkter som inte funnits tidigare, vilket ställer mycket stora krav på beställarkompetens, och å andra sidan köpa sedan tidigare existerande (gamla) och väldefinierade produkter från hyllan till pressade priser.

Det som bäst illustrerar problemet att köpa från hyllan är, för det *sjätte*, att där finns ett standardsortiment. Önskar kunden nya kvali-

7. En rad »nya« och störande teoretiska problem uppstår. De måste redas ut och nya principer formuleras innan politik bedrivs. Se till exempel Day (1986).

8. Sjukvården är skräckexemplet. Där har den riktiga kunden (patienten) i Sverige inte kontroll över pengarna och är dessutom i det aktuella fallet ofta inte beslutsför, samtidigt som den betalande »ställföreträdande« kunden och producenten av vård till stora delar sammanfaller institutionellt och gjorts ansvariga för en gemensam budget. I en sådan situation får kvaliteten nästan alltid stryka på foten (Eliasson 2009).

teter eller skräddarsydda produkter blir upphandlingen mer kompetenskrävande men också mer berikande för samhället i form av det ökade teknologiutbudet. Spillover-molnet blir större.

Med spillover-moln med den storlek vi talar om följer därför inte, för det *sjunde*, att Sverige inte har råd att hålla sig med den allra bästa militära utrustningen med unika kvaliteter. Tvärtom, det blir dyrare för samhället att köpa från hyllan.

Nu har den politiska diskussionen kring köp från hyllan tagit en märklig vändning och på ett sätt som bara kan förstås om insikterna är begränsade, eller om andra aspekter än produktnyttan fått styra praktiken. Köp från hyllan har blivit ett växande och positivt vardagsfenomen inom modern industri, vars tillverkning i växande utsträckning bygger på standardiserade komponenter och systemmoduler där konkurrensupphandling i mycket hög grad definierar umgänget mellan företagen och dess underleverantörer. Den globala bilindustrin är i sammanhanget ett utmärkt exempel. Man kan säga att den växande Internethandeln på fordonskomponentmarknaden förutsätter denna standardisering.⁹

Nu hävdar varken jag eller någon annan att utvecklingen ska rullas tillbaka mot ökad egentillverkning av specialiserade komponenter. Avancerade producenter, som den militära flygindustrins företag, var faktiskt pionjärer när det gällde global upphandling av komponenter och delsystem. En utveckling mot ökad distribution av produktionen över specialiserade underleverantörer i marknaden har dessutom pågått länge och styrts av kunder och marknadsincitament.

9. *Covisint* är en Internetbaserad handelsplats som grundades 2001 av GM, Ford och dåvarande Daimler Chrysler. Idén var att effektivisera bilindustrin genom att pressa in köpspriserna. BMW valde emellertid att stå utanför detta samarbete för att inte bli beroende av amerikanska standardlösningar (Eliasson 2002, s. 105). Avvikaren har visat sig vara den klart mest framgångsrika aktören på denna marknad. *Medtronic*, världens största tillverkare av medicinsk utrustning, producerar batterierna till sina *pacemakers* själva för att kunna garantera hållbarhet, pålitlighet och säkerhet (*The Economist*, 31 juli 2001). Michael Cappela, vd i dåvarande Compaq, hävdade till och med att kostnads/priskonkurrensen »dödar innovationerna« (*BusinessWeek*, 24 september 2001, s. 58). Cutler & McClellan (2001, s. 25) anser att såväl kvaliteten som innovationerna blivit lidande i amerikansk sjukvård i den del som sedan 1980-talet institutionaliserats under rubriken *managed care* och kostnadsstyrning av »svensk typ«.

Saab har länge och i växande utsträckning varit beroende av specialiserade underleverantörer i hela industrivärlden. Det har varit omöjligt att utveckla avancerade komponenter och delsystem till hela Gripen systemet i Sverige, och importinnehållet i Gripen är högt. Saab har ändå lyckats utveckla ett helt nytt och mycket avancerat stridsflygplan, och därmed med framgång tidigt utvecklat en produktionsorganisationsteknologi som därefter stora delar av den svenska verkstadsindustrin tagit till sig. Men bilden blir mycket anorlunda när vi diskuterar kundanpassade produkter med varierande och ofta unika kvaliteter. Det är i själva verket så att en direkt kundstyrd marknad med individuella beslut är det enda effektiva sättet att få fram den variation i produkternas kvaliteter som kunderna efterfrågar. Den globala bilindustrin är återigen ett utmärkt exempel på detta. Problemen uppstår när standardiserad priskonkurrens tvingas på marknaden från politiskt håll, alldeles oavsett vilka produkter det handlar om.

På samma grund kan sällan konkurrensupphandling av gårdagens försvarsprodukter från hyllan vara en tillfredsställande lösning för ett kompetent försvar. Nyttillverkning av gamla bilmodeller förekommer till exempel i flera utvecklingsländer. Dessa bilar är mycket billiga, men är direkt livsfarliga transportlösningar i de rika industriländerna där man har råd med högre säkerhet för dessa länders mycket intensiva biltrafik och en bilpark som till största delen är utrustad med modern säkerhetsutrustning. På samma grund är det direkt oansvarigt att utrusta svenska soldater med teknologiskt gammal utrustning för en fientlig värld där man även i fattiga länder kan ha tillgång till modernare och bättre utrustning.

Det är uppenbart att den traditionella synen på konkurrensupphandling som välfärdsmaximerande inte håller i situationer där kund och producent samarbetar för att ta fram bättre produkter, eller där marknaden riggats av politik. Den statiska neoklassiska modellen som dagens konkurrens teori bygger på ger ingen rationell grund för en principfast och schablonmässig konkurrensupphandling. Den modellen tappar helt sin lyster i en marknad som karaktäriseras av innovativt entreprenörskap och av dynamik, vilket mer eller mindre

gäller de flesta industriella marknadsekonomier. Till den änden föreslår Audretsch, Baumol & Burke (2001) att ett effektivare sätt än konkurrensövervakning och reglering är att stimulera konkurrerande nyetablering av företag.

Den möjlighet till samarbete som den neoklassiska modellen utesluter kan därför mycket väl vara välfärdshöjande. Hur samarbetet lyckas härvidlag beror på en kombination av den offentliga upphandlarens mål, rationalitet och kompetens å ena sidan och leverantörens kompetens att erbjuda effektiva lösningar å andra sidan. Den frågan bör studeras på djupet och nya principer utarbetas innan man sätter in politisk praktik.

Den allmänna bilden är emellertid att de svaga äganderättsförhållanden som gäller för molnets teknologi sällan kan utnyttjas effektivt av den privata producenten/leverantören hur skicklig han än är på innovativ prissättning. Han tvingas därför kompromissa mellan att helt koncentrera sin produktion på det som han är bäst på och att engagera sig i verksamheter som han är mindre bra på för att kunna få tillräckligt betalt. De samhällsekonomiska värden som skapas lokalt blir därmed delvis en fri tillgång, vars värde beror av den lokala ekonomins egen förmåga att identifiera och fånga den spillda teknologin kommersiellt.

Eftersom spillovers kommer i de mest skilda och oförutsebara former, beror denna lokala förmåga att fånga dem och bygga upp en industriell verksamhet på existensen av en lokal bredbasig, egen kommersialiseringsindustri och då särskilt på tillgång till industriellt kompetenta entreprenörer och venture-kapitalister. Till och med de flesta industriländer är underutvecklade på denna punkt. Eftersom denna närvaro av industriellt kompetenta kommersialiserare i sin tur beror på det lokala affärsklimatet som i hög grad styrs upp av den politik som förs i landet, kan man säga att även kommersialiseringskompetensen har en kritisk länk till politiken. Ett land, vars politiker vill se sitt land vinna ekonomiskt på den teknologi som erbjuds i samband med avancerad offentlig upphandling, bör därför börja med att se över affärsklimatet i den egna ekonomin. Detta är för övrigt en god idé även utan den offentliga upphandlingen.

2.5 Underinvesteringen i privat FoU

Men innan kommersialiserarna kan träda in måste ett lokalt utbud av teknologi finnas som har lockat dem dit, och storleken på detta teknologiutbud beror i sin tur på hur privat lönsam den spillover-intensiva produktionen är. Saknas denna lönsamhet upphör verksamheten så småningom och det blir inga spillovers att kommersialisera.

De spillovers som framgångsrikt kommersialiserats visar sig definitionsmässigt som skillnaden mellan samhällsekonomisk och privatekonomisk lönsamhet. Det finns en stor teoretisk och ekonometrisk litteratur om hur dessa skillnader ska definieras och mätas, och de uppmätta skillnaderna visar sig vid avancerad produktion nästan alltid vara mycket stora. Med avancerad produktion menar man då praktiskt taget alltid FoU-intensiv produktion. I praktiken innebär det produktion som kräver betydande investeringar i produktutveckling, och de praktikfall jag kommer att redovisa handlar nästan uteslutande om FoU-investeringar i produktutveckling.

Beräkningar av den samhällsekonomiska lönsamheten på avancerad produktion saknas i praktiken i Sverige. Jones & Williams (1998) sammanfattar flera av de nordamerikanska studier som gjorts och finner att den samhällsekonomiska lönsamheten där varit minst två till fyra gånger så stor som den privatekonomiska lönsamheten – och förmodligen ännu större. Dessa uppskattningar speglar en mycket stor *underinvestering i privat FoU* i amerikansk ekonomi.

Den optimala privata FoU-investeringen, sammanfattar Jones & Williams, är åtminstone två till fyra gånger den faktiska investeringen. Litteraturen pekar dessutom mot att detta är en nedre gräns.¹⁰ Samtidigt demonstrerar Moretti (2002) att medan större delen av uppmätta spillovers kommer från högteknologisk verksamhet är

10. Bernstein (1989, 1991), Bernstein & Nadiri (1988), Nadiri (1993) samt Nadiri & Mamuneas (1991, 1994) rapporterar ännu högre siffror, medan Mohnen (1996) och Hall, Mairesse & Mohnen (2009) är mer återhållsamma, även om den samlade bedömningen är att skillnaden mellan samhällsekonomisk och privatekonomisk lönsamhet i nordamerikansk industri är mycket stor. Se vidare Eliasson (2010) för en detaljerad genomgång av denna litteratur. Det kan för övrigt nämnas att begreppet spillovers för första gången verkar ha förekommit i ett sammanhang som detta i Nadiri (1978).

spillover-molnet kring lågteknologisk produktion i det närmaste tomt.

Det är på detta stadium för tidigt att dra några större växlar för Sverige på dessa resultat, men storleksordningen är av sådan kaliber att om underinvesteringen bara till en del kunde hävas borde svensk industri – och då särskilt verkstadsindustrin – inte ha några svårigheter att med överlägsna produkter hävda sig i konkurrensen med de industriella låglöneländerna. Mot denna bakgrund framstår återhållsamhet med offentlig upphandling av avancerade och skräddarsydda kollektiva varor och tjänster, som samtidigt efterfrågas privat, som en samhällsekonomiskt olönsam och politiskt oförståndig politik.

Kollektiva nyttigheter är ju definitionsmässigt sådana som enskilda medborgare inte kan upphandla direkt i marknaden. De är av en sådan karaktär att en marknad inte uppstår spontant eftersom producenterna inte kan ta betalt för och producera dem med vinst. Det offentliga måste då i allmänhet träda in som ställföreträdande kund för att en marknad ska uppstå och produktion komma till stånd.¹¹ Och inte nog med det. Även avancerad privat upphandling ger samma positiva spridningseffekter för landets ekonomi, med den skillnaden att den privata kunden inte räknar in de positiva samhälls-ekonomiska spridningseffekterna i sin kalkyl. *Många kompetenta och*

11. För att inga missförstånd ska uppstå vill jag påpeka att den moderna definitionen av en kollektiv nyttighet (*a public good*) är att om någon konsumerar den så kommer ingen annan att få mindre att konsumera av samma nyttighet (så kallad icke-rivalitet). Likaså gäller för kollektiva nyttigheter att det är omöjligt, eller förenat med stora kostnader, att hindra någon annan att få tillgång till den (så kallad icke-exkluderbarhet). Försvarstjänster omfattas av den definitionen.

Genom att lyssna på radion kommer du inte att beröva någon annan möjligheten att lyssna på samma sak. Men en sådan kollektiv tjänst kan ingen producera och sälja med vinst. Ingen marknad kommer spontant att uppstå. En marknad förutsätter att tjänsten är exklusivt tillgänglig för dem som betalar för sig, såvitt man inte med en modifikation av produkten och innovativ prissättning (till exempel reklam i radion) kan finansiera den. För att fyrväsendet – det klassiska exemplet i nationalekonomiska läroböcker sedan John Stuart Mill (1848) – skulle fungera i England på 1700-talet fick fyrägaren (Coase 1974) möjlighet att ta betalt för alla båtar som anlöpte en hamn där hans fyrar visade vägen. På det sättet begränsades tillgängligheten till fyrtjänsten. Fyrägaren fick äganderätt till den, och att anlöpa hamnen definierades som utnyttjande. En marknad för fyrtjänster uppstod och fyrarna i England började fungera igen.

betalningsvilliga kunder utgör som sagt generellt en internationell konkurrensfördel.

2.6 Samhällsekonomiskt mervärdeskapande

Vad gäller ekonomiskt värdefulla spillovers runt svensk militär flygindustri drar jag slutsatsen att de varit mycket stora. Mycket mer än utvecklingsinvesteringarna i Gripen-systemet har »återbetalats« till samhället i form av nyskapade samhällsekonomiska värden som tappats ur det moln av teknologi som uppstått kring Gripen-projektet.

Jag räknar med en spillover-multiplikator på *minst* 2,6, sannolikt betydligt större, det vill säga att vad som »återbetalats« till samhället är *minst* 2,6 gånger den ursprungliga FoU-investeringen. Om spillover-multiplikatorn varit 1 (ett) innebär det att utvecklingen av Gripen-systemet inte kostat samhället något. Det innebär att samhället inte bara fått Gripen-utvecklingen »gratis« utan 1,6 gånger till. Dessa spillovers har varit särskilt viktiga för den svenska verkstadsindustrins långsiktiga utveckling, vilket kommer att illustreras konkret.

Svensk flygindustri, och särskilt utvecklingsprojektet Gripen, har därför fungerat som ett tekniskt universitet. Det har försett verkstadsindustrin i övrigt med både välutbildade och erfarna ingenjörer – från mycket avancerad produktion – och tekniskt och kommersiellt utprovade nya teknologier. Utöver detta har många teknologier, som också kommer att dokumenteras nedan, tjänat som plattform för nya företagsetableringar på helt nya marknader.

Vi vet också att spillover-intensiteten ökat mellan den tidigare (tredje) Viggengenerationen av stridsflygplan och den fjärde generationen JAS 39 Gripen, i första hand på grund av det mycket större inslaget av dator- och kommunikationsteknologi – elektronik – i det totala produktvärdet. Medan Viggens huvudsakligen handlade om en plattform, definierades Gripen från början som en del av ett tidigt nätverksbaserat försvarssystem med ett tungt inslag av data- och kommunikationsteknologi. Det är väl dokumenterat från forsk-

ningen att spillover-intensiteten ökar med elektronikinnehållet i produkten, och dokumentationen nedan kommer att illustrera hur och varför. Spillover-intensiteten har därför ökat trots att Gripensystemets upphandling skedde under betydligt mer njugga villkor än den tidigare Vigenupphandlingen. Och vi kan vänta oss en ytterligare ökning av spillover-intensiteten vid den vidareutveckling av Gripensystemet som redan påbörjats med Next Generation Gripen som presenterades i april 2009.

Samma ökning av spillover-intensiteten verkar också, paradoxalt nog, ha sin grund i att en större andel komponenter och delsystem som upphandlats från hyllan ingår i Gripensystemet än i Vigenupphandlingen. Återigen innebär detta att kostnadsöverbäganden mycket tidigt tvingade svensk militärflygindustri att utvecklas i en riktning som senare kom att känneteckna hela verkstadsindustrin. Det är inte bara så att outsourcing av produktion lönar sig när marknadens underleverantörer är mer kostnadseffektiva än intern produktion. Den växande globala marknaden för specialiserade underleverantörer och ökad tillgänglighet har i kombination med ny teknologi gjort det möjligt att använda standardkomponenter och system för att skräddarsy komplicerade, högpresterande och funktionellt helt nya systemprodukter. Detta är dock, som diskuterats ovan, något helt annat än att köpa färdiga systemprodukter från hyllan.

När standardiserade komponenter och delsystem produceras i stor skala för marknaden och ständigt uppdateras, förenklas och förbilligas även underhållet på och moderniseringen av de produkter som utnyttjar dem, samtidigt som slutprodukten livslängd förlängs. Gripens stora importinnehåll innebär därför en fördel. Motsatsen gäller när *den politiska upphandlaren föreskrivit* användningen av lokalt producerade och ofta specialdesignade komponenter. Då blir underhåll och modernisering dyrare och produktens livslängd förkortas (till exempel Dassaults Rafale, där franska staten krävde ett dominant franskt innehåll av komponenter och delsystem).

En konsekvens av detta har blivit att spridningen av generiskt (generellt) verkstadsindustriellt kunnande blivit relativt mycket viktigare jämfört med det industriella genomslaget av speciella och

väldefinierade innovativa teknologier. De långsiktiga dynamiska systemeffekterna på hela ekonomin har därför blivit större. Spillover-multiplikatorn har vuxit.

Eftersom dessa indirekta och långsiktiga systemeffekter är svåra att dokumentera i form av väl definierade praktikfall innebär det att min beräkning av spillover-multiplikatorn genom att aggregera praktikfallsberäkningar är en underskattning. Däremot bör dessa indirekta effekter åtminstone delvis ha fångats upp i de nordamerikanska ekonometriska beräkningarna av skillnaden mellan samhällsekonomisk och privatekonomisk lönsamhet.

Hårda kundkrav på Gripensystemets egenskaper, och då särskilt lätt vikt och extrema prestanda i kombination med möjlighet till flexibla rollbyten i luften mellan jakt, attack och spaningsuppgifter – JAS *swing role capacity* – har framför allt åstadkommit med en sofistikerad integration av elektronik och mekaniska funktioner med mjukvara. Detta har bidragit till den förstärkta spillover-intensiteten.

Jag har ställt samman material från en rad externa studier med mina egna uppskattningar för att beräkna ett effektintervall på storleken på de samhällsekonomiska värden som skapats kring utvecklingen av Gripensystemet. I den nedre minimiänden kan jag med hjälp av en metod som liknar den Fölster (1993) använde beräkna en spillover-multiplikator för Gripensystemets utvecklingsinvesteringar 1980–1992 som är minst 1,5. Denna skattning ligger något över Fölsters beräkning på 1,15. Orsaken till skillnaden är troligen att Fölsters beräknade diskonterade värden sex år framåt i tiden 1992 till 1998 byggde på företagens egna bedömningar och prognoser, vilket var grova underskattningar av den verkliga utvecklingen för samma period (en typisk egenskap hos företagens egna prognoser) som jag nu har faktisk statistik på. Ett helt dominerande inslag i denna underskattning är Ericssons fenomenala tillväxt inom mobiltelefoni under dessa år, som man själv grovt underskattade inom företaget.

När jag så fortsätter beräkningarna fram till och med 2007 får jag en spillover-multiplikator på *minst* 2,6. Detta högre värde beror huvudsakligen på det större elektronikinnehållet i senare (efter 1992)

utvecklingsinvesteringar i Gripensystemet. Det är så trots att bara en liten del av Ericssons förädlingsvärde inom mobiltelefoni ingår i kalkylen (se bilagan och Eliasson 2010). Kraften i utvecklingen beror av Ericssons *fortsatta* fenomenala omvandling från ett företag som sysslat nästan helt med fast telefoni 1980 till att bli ett mobiltelefoniföretag. År 1980 svarade mobiltelefonin för i stort sett noll (0) procent och 1994 för 50 procent av faktureringen för att i dag utgöra praktiskt taget hela Ericssons fakturering.

Denna högre spillover-multiplikator på 2,6 är i sin tur förmodligen en underskattning. Ett betydligt större antal spillover-mottagande företag än vad man då hade koll på har denna gång inte kunnat spåras/intervjuas. Till skillnad från 1992 har jag alltså inte kunnat ställa frågor om dessa företags förväntade framtida utveckling. Diskonterade värden sex år framåt ingår därför inte i min kalkyl. Generiska spillovers, som diffunderat genom produktionen allt eftersom människor med kompetens bytt jobb över arbetsmarknaden, har inte kunnat täckas in genom fallstudier.

Den svenska bilsäkerhetsindustrin, inklusive det världsledande företaget Autoliv, har med säkerhet fått ett betydande marknadsförsprång tack vare det tidiga intima samarbetet mellan Saabs flygsäkerhetsingenjörer och Volvo och Saab Automobile (se avsnitt 4.5.1 och praktikfall 9). Inget av detta ingår i min beräkning av spillover-multiplikatorn. Däremot hävdar jag, med hänvisning till de dynamiska systemeffekter vi simulerat på de svenska mikro- och makromodellerna, att den från aggregerade praktikfall beräknade spillover-multiplikatorn borde höjas med ca 30 procent. Inte heller detta ingår i min uppskattning av spillover-multiplikatorn på 2,6, men har bidragit till tillägget *minst*.

Perifera företagsetableringar av typen »ännu inte upptäckta Ericsson« kan jag av självklara skäl inte dokumentera med min metod att bygga upp kalkylen från praktikfall. Sådana företagsetableringar bör däremot ha fångats upp, så långt de hunnit utvecklas, i de amerikanska ekonometriska studierna av skillnaden mellan samhällsekonomisk och privatekonomisk lönsamhet. Där kan också förklaringen ligga till att mina beräkningar av spillover-multiplikatorn på 2,6 lig-

ger så långt under dessa indirekt härledda skattningar från USA som hamnar i intervallet minst 2–4, och sannolikt ännu högre (Jones & Williams 1998). Det hör till saken att flertalet av dessa ekonometriska studier dessutom bygger på aggregerade data av typen transportindustrin eller en bred kategori företag. Mina beräkningar, däremot, gäller den mest exklusiva spillover-kategorin, nämligen stridsflygplanet Gripen.

2.7 Användning av ekonometriska spillover-beräkningar

Det hade naturligtvis varit bättre om jag kunnat lägga till data från fler företag till min kalkyl på spillover-multiplikatorn. Metoden att bygga upp kalkylen från mikro, företagsdata, är dock mycket »forskningsintensiv«. Nya företag på marginalen blir mindre och mindre och slutresultatet kommer ändå alltid att bli en underskattning jämfört med de värden man får om man härleder spillover-multiplikatorn från ekonometriska skattningar på data för ett helt lands industri.

Fördelen med min metod är att jag hela tiden vet vad jag gör och att praktikfallen kan göras begripliga för läsaren. Ekonometriska beräkningar blir mer abstrakta och utgår ofta från beräknade skillnader mellan samhällsekonomisk och privatekonomisk lönsamhet. Att förklara sambanden mellan dessa skillnader, som nästan alltid är mycket stora, och underinvesteringen i privat industriell FoU samt spillover-multiplikatorn, är en komplicerad teoretisk historia i sig som jag ägnat stor uppmärksamhet åt i Eliasson (2010) men valt att bara kort referera här.

Användbara resultat från den ekonometriska spillover-forskningen finns inte på svenska data, åtminstone inte för de kalkyler jag önskar genomföra. Att använda nordamerikanska data innebär alltid en ytterligare osäkerhet i skattningarna, så när jag nu gör det är det mest för att ge en uppfattning om de storleksordningar vi rör oss med, och då i första hand hur stor den underskattning av ovannämnda spillover-multiplikator på 2,6 som det är rimligt att räkna med.

TVå omständigheter måste därför nämnas redan här. De ekonometriskas studierna på nordamerikanska data innebär en underskattning även för USA. Den (1) relativt korta period de ekonometriskas skattningarna utförts på samt (2) det faktum att de gäller en fortfarande avgränsad population industrier/företag innebär att långsiktigt verkande systemeffekter bara delvis fångats upp.

Å andra sidan kan vi vänta oss att den amerikanska spillover-multiplikatorn är större än den svenska av tre skäl: (1) det större upptagningsområdet för spillovers i den amerikanska ekonomin och (2) det faktum att den amerikanska ekonomin är mer entreprenöriell än den svenska. Vi har också (3) ett metodologiskt problem att ta ställning till, nämligen att spillover-multiplikatorn växer med tiden, men med avtagande hastighet.¹² Skälet är att även om den militära radioteknologin från början var avgörande för Ericssons möjligheter att snabbt komma in på mobiltelefonimarknaden, var den fortsatta utvecklingen bara delvis beroende av samma militära radio-, mikrovågs- och antennteknologi. Allt eftersom tiden går kommer ny teknologi in i bilden, varför den ursprungliga militära radioteknologins betydelse så småningom avtar. Hänsyn till detta måste tas i de kalkyler som byggts upp på praktikfall.¹³

De siffror som den uppskattningen bygger på är dessutom förmodligen stora underskattningar. Det aktuella problemet vid en »framtidsbedömning» är därför hur långt i riktning mot Jones och Williams (1998) försiktiga beräkningar på den amerikanska ekonomin som man kan gå för Sverige, det vill säga 2–4 och förmodligen mer.

Sammanfattningsvis blir min slutsats att även om spillover-multiplikatorn runt Gripensystemet inte når »USA-nivåer» på grund av den svenska ekonomins lägre entreprenöriella kapacitet när det gäller att fånga upp spillovers, skulle jag, om jag själv skulle genomföra

12. Så sker inte i traditionella ekonometriskas studier därför att de bygger på jämviktsmodeller som förutsätter att all framtid är känd och diskonterats »korrekt». Det är en teknisk egenskap hos dessa modeller vars konstruktion och begränsningar närmare utreds i Eliasson (2010).

13. Så kan bara ske genom intervjuer kopplade med antaganden. Så det blir i princip ingen skillnad mot de ekonometriskas modellbaserade studier som bygger på data plus modellens antagna specifikationer, och resultaten blir tyvärr ofta olika.

en *cost-benefit*-kalkyl för Sverige på ett nytt projekt av typ Gripen, räkna med en rimlig spillover-multiplikator på åtminstone 3–4.¹⁴ Men det hör till saken att så höga spillover-multiplikatorer inte behövs för att motivera offentlig upphandling av privat efterfrågade och avancerade kollektiva varor och tjänster.

2.8 Den samhällsekonomiska avvägningen

Detta är samma sak som att säga att den militära upphandlingen av Gripensystemet varit ett samhällsekonomiskt lönsamt projekt. Praktikfallsstudierna tyder dessutom på att vidareutvecklingen av Gripensystemet på den plattform som nu existerar, till exempel *Next Generation* (demonstratorn), kommer att visa sig vara ännu mer spillover-intensiv därför att elektronikinnehållet per FoU-krona är mycket högre än på den ursprungliga utvecklingsinvesteringen.

För att uttrycka mig tydligt: De uppskattningar av spillover-multiplikatorns storlek jag tagit fram är tillräckliga för att motivera offentliga upphandlingar av teknologiplattformar för avancerad militär utrustning i stor skala, även om den militära utrustningen inte i sig behövs för militära uppgifter. Projektet Gripen har jämförts med en alternativ investering på kapitalmarknaden till en hög antagen realränta och befunnits samhällsekonomiskt lönsamt med marginal. Huvudsaken är att högkvalitativa, funktionellt och kommersiellt uttestade spillover-intensiva produkter tas fram.

De som inte gillar denna slutsats och hellre önskar se dessa pengar gå till andra ändamål som tekniska universitet och högskolor, offentliga forskningslaboratorier (*Arrow's 1962 proposition*), utbildningssatningar och sociala ändamål, måste då presentera egna övertygande kalkyler. Om de är lika bra som en offentlig upphandling av Gripentyp, eller bättre, bör båda projekten genomföras. Det handlar då i båda fallen om samhällsekonomiskt lönsamma infrastrukturinvesteringar.

14. En omfattande teknisk dokumentation och en diskussion av de kalkylmetoder som använts återfinns i denna boks bilaga samt framför allt i Eliasson (2010), särskilt i de tekniska bilagorna I och II.

Tyvärr riskerar förespråkare av projekt av ovannämnda typ vid närmare granskning att finna dels att de har ett stort utredningsjobb framför sig, dels att de har fakta mot sig. Att visa att deras propåer är lika lönsamma för samhället är ett helt nytt projekt av minst samma storleksordning som detta. Om den beräknade spillover-multiplikatorn visar sig vara lika stor som Gripensystemets multiplikator blir detta ingen invändning mot upphandlingar av Gripentyp.

Det offentliga beslutsproblemet får därför i ett sådant fall inte formuleras som ett antingen-eller-problem. Det handlar om investeringar i infrastruktur som båda är samhällsekonomiskt lönsamma. Om en annan satsning, till exempel en investering i den svenska grundskolan, skulle kunna visas ge lika höga spillover-effekter borde det vara en god affär för Sverige att investera i båda projekten. Här finns faktiskt en del underlag värt att studera.

Utan att gå in på detaljer visar en översikt av resultaten från den ekonometriska forskningen om den samhälls- och privatekonomiska avkastningen på investeringar i utbildning på låga värden jämfört med avkastningen på privat industriell FoU (Lindahl & Canton 2007; Mellander 2002). Det är självfallet intressant att fråga sig varför det är så. Min preliminära hypotes är att vi här ställs inför en variant av den svenska ekonomins bristande förmåga när det gäller att kommersialisera spillovers. Vad gäller skolan handlar det såväl om att få utbildningen effektiv som det ökade utbildningskapitalet effektivt sysselsatt på arbetsmarknaden. Där tror jag det finns mycket att göra, förbättringar som dessutom inte kräver några större investeringar av den typ som krävs för industriella spillovers (Eliasson 2006). Det visar sig också att USA, med effektivare arbetsmarknader, uppvisar en högre samhällsekonomisk lönsamhet på utbildningsinvesteringar än Europa.

Eftersom jag något provocerande jämfört Saab med en teknisk högskola när det gäller att generera samhällsnyttiga spillovers, skulle det kanske ligga närmare till hands att räkna ut vad Sverige fått i utbyte om pengarna i stället för att satsas i grundskolan skulle ha satsats på investeringar i våra tekniska högskolor. Tyvärr ligger en sådan jämförelse långt bortom detta projekts budget, och då särskilt om

hänsyn ska tas till den akademiska världens särskilda mandat.¹⁵ Men också här, om det är nödvändigt att välja, talar fakta till förmån för en utvecklingsinvestering av typ Gripensystemet.

Vad praktikfallsstudierna tydligt visar är hur de industriella FoU-investeringarna tar projekten – och därmed spillovers – mycket närmare industriell tillämpning, funktionell utprovning och i många fall långt närmare kommersialisering än vad utvecklingsarbete i akademiska laboratorier kan åstadkomma. Företag lär sig i marknaden genom att hotas av (konkurrens) bättre lösningar som avslöjar för dem att »det går att göra« och tvingar dem att komma upp med ännu bättre lösningar. För den fortsatta spillover-analysen konstaterar jag därför att det generellt gäller att *företag som aldrig har tvingats av konkurrens att lösa sina tekniska problem på ekonomiskt bästa sätt sällan har någonting att lära ut till andra företag.*

Jag är självfallet medveten om att jag i alla ovannämnda fall (avancerad industriell FoU eller skolan) jämför historiska kalkyler och data. Framtiden kan visa något helt annat, även om min praktikfallsgenomgång, alldeles oavsett den militära nyttan, tyder på att framtida offentlig upphandling av Gripen typ kommer att vara mer spillover-intensiv än tidigare och innebära större positiv nytta för verkstadsindustrin.

Jag har medvetet uteslutit den fysiska tillverkningen och monteringen av Gripen från min jämförande kostnadskalkyl. Ett skäl har varit att teknologi-spillovers i första hand har sitt ursprung i utvecklingsarbetet.¹⁶ De fysiska sysselsättningseffekterna kan däremot vara större under tillverkningsstadiet. Det andra skälet har varit en önskan att uppnå jämförbarhet mellan de alternativ som diskuterades

15. Akademierna, särskilt inom humaniora, har ju även andra uppgifter än att vara industriellt nyttiga. Däremot är det ingen invändning att universitet och högskolor även sysslar med utbildning. Erfarenhet från den mest avancerade produktutvecklings- och tillverkningsteknologin är en »utbildnings-spillover« som av mina praktikfallsstudier att döma kan vara ännu viktigare än ny spilld teknologi. Se även Eliasson (2006) om den konkurrensfördel framför de nya industriella utvecklingsländerna som Sverige fortfarande har i detta avseende.

16. Observera här att även om tillverkningen av Gripen byggde på nya tillverkningsmetoder, till exempel lättviktskonstruktioner, utvecklades dessa i huvudsak innan tillverkningen sattes igång.

runt 1980, nämligen att (1) modifiera det äldre Viggen, eller (2) köpa (licensiera in) ett utländskt stridsflygplan och modifiera det (till exempel F-18 Hornet som Finland köpte), och i båda fallen tillverka det i Sverige.

De lokala spillover-effekterna skulle i dessa två alternativ ha varit små och i praktiken försumbara jämfört med alternativet (3) att utveckla ett helt nytt stridsflygplan. Eftersom stridsflygplanet i alla tre fallen skulle tillverkas i Sverige blir jämförelsen mycket förenklad. Större delen av spillovers skulle gå förlorad med alternativ 1 och 2. Kalkylen vid en modifiering av ett utländskt stridsflygplan måste dessutom ta hänsyn till både modifierings- och licenskostnader. Som illustration kan nämnas att en modifiering av Viggen till Gripenstandard skulle ha blivit dyrare än att utveckla ett helt nytt stridsflygplan.

Den utmaning som Industrigruppen JAS (IG JAS-gruppens) företag (huvudsakligen Saab, Ericsson och Volvo Aero Corporation) ställdes inför vid utvecklandet av ett helt nytt stridsflygplan bidrog till en förbättrad lösning och ett lägre utbudspris på Gripen än vad som skulle ha blivit fallet vid det mindre attraktiva alternativet att modifiera och tillverka ett gammalt stridsflygplan eller köpa ett utländskt stridsflygplan.

Osäkerheten gällde om de svenska företagen skulle klara av att utveckla ett så nytt och innovativt stridsflygplan. Och risken att inte klara av det bars, enligt kontraktet med staten, av företagen. Själva grundförutsättningen för att projektet skulle bli av var därför att IG JAS-företagen trodde sig veta att de med framgång skulle kunna slutföra projektet under de ekonomiska villkor som hade erbjudits.

Den alternativinvestering jag valt att räkna på, och den mest relevanta, blev att investera hela Gripens utvecklingsbudget på den globala finansmarknaden till en viss antagen realränta. Den kalkylen har jag genomfört och den utvecklingskostnaden har jämförts med de spillover-värden som Gripenprojektet skapat. Kvoten mellan det framräknade totala spillover-värdet och den alternativa finansiella investeringens värde vid något valt år blir spillover-multiplikatorn. Slutsatsen blir att vilket alternativ som än satts före alternativ 3 ovan hade inneburit en felallokering av resurser för det svenska samhället.

För att förstå siffrorna och dessa slutsatser måste vi dock förstå innehållet i spillover-molnet. Det har också varit ambitionen här att göra detta innehåll så konkret som det över huvud taget är möjligt. Praktikfallsstudier går också en lång väg både när det gäller att underbygga de kvantitativa uppskattningarna och att praktiskt förklara siffrornas empiriska (faktiska) innehåll. Även om denna förklaring av den betydelse jämförelser, konkurrens och marknadssortering har för framgångsrik affärsverksamhet fortfarande kan te sig abstrakt och teoretisk, speglar den en jordnära affärspraktik hos den militära flygindustrin, ja för alla producenter av avancerade och sofistikerade varor och tjänster. Därför presenteras några av de konkreta praktikfall som legat till grund för kalkylen för att förklara hur *den militära flygindustrin kan fungera som en teknisk högskola som redan i dag använder sig av den framtida verkstadsindustrins teknologier*.

Dessutom konstateras att flygindustrin i denna kapacitet förmodligen varit viktigare än existerande tekniska högskolor. En avancerad svensk militär flygindustri har under många år bidragit till att hålla den svenska verkstadsindustrin vital och konkurrenskraftig. Under en överskådlig framtid kommer verkstadsindustrin att fortsätta att fungera som Sveriges industriella ryggrad och källa till ekonomisk tillväxt och välfärd. Just nu finns under alla omständigheter inga andra synliga kandidater med kapacitet att fylla det tomrum som kommer att uppstå om den svenska verkstadsindustrins tillväxtmotor börjar hacka. Det är viktigt att hålla i minnet när vi konkretiserar hur svensk flygindustri fungerat som verkstadsindustrins kanske viktigaste tekniska högskola.

När det gäller offentlig upphandling av avancerade produkter och tjänster verkar det tyvärr inte heller finnas något bra alternativ till avancerade försvarsprodukter. Siffrorna säger att så är fallet. Praktikfallen hjälper till att förstå hur.

3. Nyskapande, teknologispridning och kommersialisering

När jag nu kommer in på min redovisning av praktikfallen blir det viktigt att hålla isär de beräkningar som gäller Gripenprojektets spillover-multiplikator från spillovers från tidigare generationers militärflygplan. Min uppskattning av spillover-multiplikatorn gäller endast Gripenprojektet (plattformen), exklusive vapenutvecklingen. Jag har därför varit noga med att i kalkylen sortera bort de företag där mervärdena inte klart kan återföras på Gripens utveckling, även om de råkar ha sitt ursprung i tidigare militär teknologi. Jag gissar att denna sortering ytterligare bidragit till att mina siffror blivit en underskattning av spillover-multiplikatorns storlek.

Detta hindrar dock inte att några av de mest illustrativa spilloverfall som jag berättar om härrör från tidigare militära flygteknologier eller icke-Gripenrelaterad teknologi, bland annat Gripens vapenutveckling. Jag tar därför även upp dem som exempel på hur spillovers som uppstått (skapats) i militär teknologiutveckling påverkat tillväxten i hela ekonomin.

Ny teknologi skapas och upptäcks, sprids och kommersialiseras. Hur och hur mycket handlar om teknisk förmåga, ekonomiska incitament, entreprenöriell förmåga och entreprenöriellt engagemang lokalt samt en vilja hos tillräckligt många människor att ta personliga och ekonomiska risker. Den som skapar och genomför något nytt underskattar nästan alltid den arbetsinsats som krävs, och inte sällan är det tyvärr någon annan som tar både äran och pengarna. Uthålligt

nyskapande kräver därför en mycket speciell, låt oss kalla det entreprenöriell, läggning hos individen och ett affärspolitiskt klimat som inte bara gör det ekonomiskt möjligt för entreprenören att arbeta utan också uppskattar vad han/hon åstadkommer.

3.1 Hur skapas ny teknologi?

Skapandet av ny teknologi är delvis en form av lärande. I sin enklaste form (1) lär sig ett företag *hur* en bättre konkurrent gjort (imitation, den kinesiska metoden). Företaget kan också (2) lära sig att någon lyckats tidigare, men inte *hur*. Då vet man i alla fall att det går och att man kommer att hitta lösningen om man försöker enträget. Det mest sofistikerade lärandet (3) uppstår när kunden upphandlar produkter som inte finns och ställer funktionella krav på den produkt man upphandlar – funktionella krav som kräver att ny teknologi utvecklas, teknologi som måste tas fram för att kunden ska vara beredd att betala.

Ett bra exempel på (2) är hur porslinet återuppfanns i Europa. Det kinesiska porslinet var värt sin vikt i guld i Europa och vid Meissens porslinsfabrik i Sachsen, där man lärt sig tillverka porslin, bevarades hemligheten, inklusive den person som kommit på den, bakom stängda dörrar.¹⁷ FMV:s upphandling av Gripen är ett exempel på (3). Upphandling av produkter och teknologier som ännu inte finns ställer stora krav också på kundens beställarkompetens. Man måste förstå vad som är rimligt att begära.

17. Historien bakom Meissensporslinet är intressant och lärorik. Alkemisten/vetenskapsmannen Johan Friedrich Böttger hade lovat August den store av Sachsen, ständigt i behov av pengar för att kunna kriga mot Karl XII, att han kunde framställa guld. När han arbetade med den, som vi vet i dag omöjliga, uppgiften kom han på hur kineserna tillverkade porslin, då om möjligt ännu dyrare än guld. Meissens porslinsfabrik grundades 1710.

Men August löste inte Böttger från sitt löfte att tillverka guld. Den hemlighet om porslinet han bar på var för värdefull och han tvingades leva med den i fångenskap till sin död (Gleeson 1998). Fallet Böttger illustrerar också vetenskapens kanske viktigaste industriella uppgift, nämligen att med hjälp av generellt giltiga empiriska principer klargöra vad som är möjligt och vad som är omöjligt. Jämför praktikfall 7, där Saab i sin roll av teknisk högskola förklarade för Modig Machine Tool att det var möjligt att ytterligare höja skärhastigheten hos en verktygsmaskin trots att det inte fungerade vid lägre hastigheter.

Inte sällan uppstår en innovation spontant i ett sammanhang som inte har något med innovationen att göra. Det kan vara en plötslig upptäckt av eller en insikt om något som ingen tidigare förstått. Men det kan också handla om en idé och ett långvarigt systematiskt arbete med att förverkliga idén som till sist burit frukt.

Följande text handlar till större delen konkret om hur ny innovativ teknologi uppstått i samband med svensk militär flygindustriell verksamhet samt om hur man mer eller mindre framgångsrikt lyckats kommersialisera teknologin.

3.2 Hur sprids teknologi?

Först några ord om hur teknologi sprids genom produktionen (tabell 1). Den förmodligen viktigaste formen för teknologispredning, eller snarare kompetensspridning, äger rum när (punkt 1 i tabell 1) människor med kompetens flyttar mellan arbetsuppgifter och jobb på marknaden för kompetens. Nyetableringar av företag (punkt 2), när människor med idéer hoppar av jobb och startar eget, är på lång sikt mycket viktigt. Utan det rätta lokala entreprenöriella klimatet skulle många stora företag inte finnas i dag. Faktum är att många underutvecklade ekonomier mer eller mindre helt saknar industriföretag.

TABELL 1. Hur sprids ny teknologi?

-
1. När människor med kompetens byter arbetsuppgifter inom eller mellan företag (*arbetsmarknad*).
 2. När nya företag etableras i samband med att människor med idéer hoppar av sina jobb (*nyetablering*).
 3. När underleverantörer lär sig från sitt kundföretag – det systemsammanhållande företaget (*kompetens upphandling*).
 4. När kompletterande teknologi införskaffas genom köp av företag eller delar av företag (*strategiska företagsköp*).
 5. När konkurrenter lär sig av teknikledande företag (*imitation*).
 6. Genom FoU-baserad tillväxt och genom lärande i marknaden vid konkurrens (*organisk tillväxt*).
-

I den avancerade industriella ekonomin spelar industriellt kompetenta kunder en viktig roll för lärande och teknikutveckling i företag. Vi talar om *kompetent upphandling* (punkt 3) och denna bok handlar om betydelsen av kompetent offentlig upphandling av försvarsmateriel.

Det avancerade företaget kan inte vara bra/bäst på allt och måste ofta komplettera sin teknologi utifrån. Ett sätt är att (punkt 4) köpa delar av eller hela FoU-intensiva företag med den speciella teknologi man behöver (*strategiska företagsköp*). Industriellt kompetenta och breda konkurrensmarknader för strategiska företagsköp saknas i praktiskt taget alla industriländer och är ett skäl till att teknologispillande företag som Saab har så svårt att få bra betalt för det moln av teknologi man skapar (Eliasson 2005a, s. 278ff; ISA 2008).

Så har vi den klassiska formen för teknologispridning (punkt 5) när en konkurrent kopierar in det ledande företags teknologi i sin verksamhet (*imitation*) samt den alltid respekterade formen av teknologispridning (punkt 6) när företaget utvecklas genom att lära sig från egna FoU-investeringar och från konkurrenters framgångar att det går att göra så här bra produkter, och då bör vi kunna göra det ännu bättre.

3.3 Hur kommersialiseras ny teknologi? Kompetensblocksteorin

Teknologins kommersialisering är den ekonomiska delen av teknologispridningen. Kompetensblocksteorin förklarar hur de underliggande incitamenten och den ekonomiska dynamiken ser ut och fungerar.

Industriell verksamhet handlar om ekonomi, teknik och affärskonst i innovativ förening. Industriell analys kräver därför en teoretisk helhetsstruktur som integrerar dessa tre dimensioner, och denna helhetsstruktur – kalla det en modell – är nödvändig för att kunna koppla spillovers i företagen till makroekonomin. Detta kommer särskilt till uttryck i industriell produktutveckling, och innovativ produktutveckling är själva grunden för konkurrensen på de inter-

nationella marknaderna för industriella varor och tjänster (Eliasson 1987). Saknas incitament och innovativ produktkonkurrens, avstannar tillväxten.

Kundernas reaktion på nya komplexa produkter kan dock bara avläsas i efterhand. Innovativ produktkonkurrens handlar om många konkurrerande (affärs)experiment och mer eller mindre välinformade ekonomiska val av teknologier och produktlösningar. Avancerade industriella marknadsekonomier är därför experimentellt organiserade (EOE) och den kompetensblockteori som här kort ska presenteras är en integrerad del av teorin om EOE.¹⁸

Teorin om EOE utgår från att ekonomisk utveckling sker genom affärsexperiment som prövas i konkurrens på marknaden. Enligt denna teori kan *varje ekonomiskt beslut betraktas som ett mer eller mindre väl förberett affärsexperiment som sedan testas på marknaden i verkligheten*. Kompetensblocksteorin är ett sätt att visa hur samarbete till gagn för alla parter kan organiseras mellan aktörer som både konkurrerar och samarbetar på marknaden (Eliasson & Eliasson 1996, 2009) och det sker bäst genom jämförelse och konkurrens med andra liknande produkter. På produkter blir bra på en gång. Begreppet experimentell verksamhet är det rätta.

Om marknaden är öppen för konkurrerande nyetablering måste alla etablerade aktörer ständigt lansera nya produkter för att inte bli förbisprungna av mer kompetenta och mer innovativa konkurrenter

18. I en Experimentellt Organiserad Ekonomi (EOE) finns alltid en betydande osäkerhet om hur produkten kommer att tas emot av marknaden. Varje nytt projekt/ny produkt kan därför betraktas som ett förberett affärsexperiment som testas på marknaden. Implikationen är att affärsexperiment alltid misslyckas mer eller mindre, att det i EOE aldrig går att med analytiska metoder i förväg säkert räkna ut vad som är bäst ex post samt att affärsmisslyckanden ska betraktas som en normal (transaktions)kostnad för ekonomisk utveckling (Eliasson & Eliasson 2005).

I teorin om EOE uppstår affärsmissstag genom att felaktiga beslut fattas. Detta är en principiellt viktig skillnad från den konventionella nationalekonomiska modellen där affärsmissstag antas inte förekomma eller i bästa fall uppstår som slumpmässiga försäkringsbara misstag. Att affärsmissstag skulle ha samma definition som stokastiska försäkringsbara misstag ansåg Knight (1921) vara nonsens. Han betraktade snarare företagaren och entreprenören som den ekonomiska aktör som hade förmågan att för sig själv strukturera om osäkerhet till kalkylerbara vinster (Eliasson 1990). Därför skiljde Knight på *osäkerhet* och *kalkylerbara risker*, vilket modern nationalekonomisk teori inte gör.

som när som helst kan dyka upp. Huvudidén är att man *aldrig* i förväg kan vara säker på att affärsexperimentet lyckas och att osäkerheten beror både på val av teknik och på hur bra konkurrenterna visar sig vara. Bättre lösningar som slår ut gamla produkter och mindre kompetenta företag för utvecklingen framåt. Om denna fria konkurrens stoppas genom regleringar och förbud stoppas det ekonomiska framåtskridandet. Teorin om EOE är därför en teori om vad Joseph Schumpeter kallat kreativ förstörelse eller, vilket är samma sak, en fungerande dynamisk marknadsekonomi (Eliasson 2005a).

Ett företag kan i dag aldrig vara bäst på att producera allt som ingår i en komplex produkt. Ibland står kunden för viktig kompetens, ibland underleverantörer i marknaden. I industriella sammanhang kan kunden lägga ut delar av produktens funktionella specifikation (utseende, användningsområde etc.) på beställning hos en innovativ entreprenör, som i ett kontrakt åtar sig att ta fram den samt bär risken att inte klara uppgiften. Detta upplägg är relativt vanligt när de stora och sällan innovativa läkemedelsbolagen upphandlar innovativa forskningsresultat och nya läkemedelssubstanser hos små forskningsintensiva biotech-bolag. Och dessa små forskningsföretag får ofta dåligt betalt om en marknad för strategisk komplementär teknologiupphandling saknas och det bara finns en köpare. (Däremot kan det bli en fråga om stora pengar när teknologin är kritisk för det köpande företaget och det finns många konkurrerande köpare.)

TABELL 2. Kompetensblockets aktörer.

Efterfrågan

1. Kompetenta kunder

Utbud av teknologi

2. Innovatörer

Kommersialisering av teknologi

3. Entreprenörer

4. Industriellt kompetenta venture-kapitalister

5. Exit-marknadens aktörer

6. Industrialister

Källa: Eliasson & Eliasson 1996.

Ett kompetensblock listar det minimum av aktörer med varierad kompetens som krävs för att skapa, identifiera och föra en innovation vidare till – i modern terminologi – produktion i industriell skala. Kunskapen är funktionellt definierad i termer av vad som ska åstadkommas. Kunskapen kan därför vara tyst (*tacit*) och icke kommunicerbar. I kompetensblocksteorin behöver inte den tysta kunskapen specificeras till sitt innehåll och kunna mätas. Det räcker för analysen med att kunna konstatera att den existerar.

Det ligger i kompetensblockets definition att alla aktiviteter kan vara mer eller mindre internaliserade i en hierarki (ett företag) eller distribuerade över marknaden som autonoma »företag«. Man kan därför säga att kompetensblocksteorin är en teori för hur ett företag uppstår, hur en dynamisk balans mellan en marknadsorganisation och en intern företagsorganisation (hierarki) uppstår och bibehålls samt för hur »tyst« kunskap kan organiseras och samordnas inom hierarkier eller över marknader mot ett gemensamt mål.

Skälet till att ett företag uppstår är då att hierarkin är effektivare än marknaden att samordna produktionen (Coase 1937). Alla de uppgifter som anges i kompetensblocket (de funktioner uppgifterna representerar) måste också utföras för att en lyckad innovation ska uppstå, upptäckas, finansieras och föras vidare till produktion och distribution i industriell skala. Om en saknas (exempelvis de industriellt kompetenta venture-kapitalister som behövdes för att förstå just den innovationen), tappas en vinnare lätt bort.

Kompetensblocket definierar tre ekonomiska huvudfunktioner (se tabell 2): *efterfrågan* (kunden), *teknologiutbudet* samt *kommersialiseringen* av teknologi, där också en återkoppling till kunden sker. Kommersialiseringprocessen definierar en efterfrågan på ny teknologi och mellan denna efterfrågan och teknologiutbudet återfinns mer eller mindre väl utvecklade marknader för innovationer.

Det vanligaste är att initiativet till ny innovativ produktutveckling kommer från producenten. Men då handlar det oftast om en variation på existerande produkter, där kunden sedan får välja från ett mer eller mindre varierat utbud. Men ibland, och då särskilt när radikalt nya produkter som kräver teknologi som ännu inte tagits

fram ska utvecklas, är kunden involverad från början. I sådana sammanhang maximeras också spillover-flödet eftersom ny produktteknologi måste utvecklas. Vid militär flygplansutveckling handlar det alltid om produkter som inte funnits tidigare. Och kunden (i fallet Sverige och Gripen, FMV) är specialist på att upphandla produkter som inte funnits tidigare. Den *kompetenta kunden* blir då ett avgörande inslag i såväl produktens utformning som de kvaliteter som skapas i spillover-molnet.

Kunden (punkt 1 i tabell 2) står därför i centrum för kompetens-blocksanalysen och kan vara mer eller mindre aktiv. Ju mer kompetent – och generös – kund, desto mer avancerade produkter. *Generellt gäller att det aldrig kommer fram bättre produkter än det finns kunder som begriper sig på hur de kan användas och som är villiga att betala för dem.* Det gäller även om kunden nöjer sig med att inspektera butikens hyllor och välja produkterna därifrån. I denna bok handlar det dock om industriellt mycket kompetenta kunder som aktivt bidrar till både produktens utveckling och de spillovers som uppstår.

Innovatören (punkt 2) står för skapandet och utbudet av ny teknologi. Innovationerna är i min analys tekniskt definierade. Här följer jag von Mises (1949) snarare än Schumpeter (1911, 1942). Den senare håller inte isär innovations- och entreprenörsbegreppen ordentligt, och diskuterar ibland även *uppfinnaren*, ett begrepp jag inte behöver med min tekniska definition av innovatören. Vanligtvis handlar en innovation om nya kombinationer av gammal och ny teknologi, och sällan om högteknologi. I Gripenprojektet har det i första hand varit kompetensen att integrera många teknologier och system till ett komplett högpresterande stridsflygplan som handlat om högteknologi. Om vi vidgar begreppet stridsflygplan till att – utöver plattformen Gripen – omfatta hela det realtidsbaserade informations- och stridsledningssystemet inklusive vapenutveckling (Gripensystemet), höjs komplexiteten och teknologinnehållet radikalt. Gripensystemet var faktiskt designat för att bli världens första nätverksbaserade försvarssystem – om än ett primitivt sådant.

Entreprenörens (punkt 3) uppgift är att hitta vinnarna i detta breda utbud av teknologi. Det säger sig därför självt att detta val praktiskt

taget alltid blir sämre än det kunde bli om det bara finns en entreprenör som väljer – till exempel en offentlig myndighet – eller, för den delen, om den udda teknologin endast utvärderas affärsmässigt i det företag där den råkat uppstå. Framgångsrika ekonomier befolkas följaktligen alltid av många entreprenörer som utifrån olika förutsättningar konkurrerar om tillgången på resurser. Men vinnarna måste finansieras och *venture-kapitalistens* (punkt 4) uppgift är att finansiera vinnarna under deras tillblivelse. Venture-kapitalisten måste alltså »förstå« projektet, både dess teknologi och kommersiella möjligheter. *Venture-kapitalisten måste med andra ord vara industriellt kompetent* (Eliasson 2005a, kapitel IV). Industriell förståelse hos finansören är särskilt viktig när det gäller just finansieringen av ny teknologi inom nya industrier. Här har vi en av Sveriges, och för den delen Europas, genuina »bristvaror« (Eliasson & Eliasson 1996; Eliasson 2003).

Venture-kapitalisten vill ganska snart gå ur projektet med god vinst. Det kan ske först när projektets kommersiella möjligheter blivit tydligt demonstrerade för *exit-marknadens* (punkt 5) industriellt ofta okunniga så kallade *private equity*-aktörer eller riskkapitalister. Dessa finansiella aktörer hör det moderna industrisamhället till och förutsätter existensen av finansiella marknader som i realiteten bara funnits under ett årtionde, eller möjligen två.

Slutligen har vi *industrialisten* (punkt 6) som står för det moderna industrisamhällets storskaliga aktör. Industrialisten representerar en helt annan kompetens än entreprenören och det är en kinkig uppgift (oftast venture-kapitalistens) att avgöra om man har en vinnare i sin budget, samt när och hur stafettpippen ska lämnas över. Private equity-investeraren på exit-marknaden agerar ofta som mellanhand mellan entreprenören/venture-kapitalisten och industrialisten.

I det moderna industrisamhället står entreprenören, den industriellt kompetenta venture-kapitalisten, exit-marknadens aktörer och industrialisten för *kommersialiseringen av innovativ ny teknologi. Kommersialisering är en erfarenhetsbaserad affärskonst. Den avgör vad som är möjligt att genomföra och/eller vad som är lönsamt, en kompetens som är snävare definierad än det kreativa utbudet av innovationer* (Eliasson

2005a, s. 72f). Det existerar med andra ord alltid en betydande risk att tappa bort vinnande teknologier, särskilt på den lokala marknad där de spontant uppstår. Kompetensblocket måste därför vara *komplett vertikalt* (hela kedjan uppifrån och ner) och *brett representerat i varje kategori (horisontellt)*, och då särskilt med kompetens inom de nya teknologierna/industrierna. Då minimeras risken att förlora en vinnare.

Vi vet att stora företag internaliserar stora delar av kompetensblocket, särskilt om man kan klara finansieringen av sina projekt internt. Företaget kan antingen tro att man är bättre än marknaden på att kommersialisera sina egna spillovers, eller också saknas helt enkelt den marknad för strategiska företagsköp som kompetensblocket representerar (Eliasson & Eliasson 2005). Men internalisering snävar normalt in bredden på den kompetens som utvärderar projekten och höjer därför risken att driva dåliga projekt länge eller – värre – tappa bort vinnare. Företag, normalt små, som deltar i ett över marknaden distribuerat kompetensblock, erbjuder en bredare och därför mer kompetent utvärdering av sina projekt. Men de direkta kostnaderna blir högre. Samtidigt gäller att om kompetensblockets utvärdering sker över marknaden sker det genom handel i kunskapstillgångar (*knowledge assets*), där äganderätterna (*property rights*) är dåligt definierade jämfört med fysiska tillgångar som fastigheter och maskiner.

*Tradability*¹⁹ i kunskapstillgångar är avgörande för att de delar av kompetensblockets transaktioner som äger rum över marknaden ska fungera (Eliasson & Wihlborg 2003). Utvärderingen av projekt blir nu mer varierad och bättre men sker till priset av högre uppmätta »transaktionskostnader» än om man försöker i egen regi inom företaget. I den experimentellt organiserade ekonomin blir emellertid förlusten av vinnare den största transaktionskostnaden, en kostnad som normalt ingen uppmärksammar (Eliasson & Eliasson 2005). Det finns ingen kamrer i något företag som har till uppgift att registrera de vinster som aldrig uppstod.

19. Ett bra svenskt begrepp för detta saknas. Kunskapstillgångar är *tradable*, när äganderätten till dem är så väl definierad att de kan prissättas, köpas och säljas. Se vidare Eliasson & Wihlborg (2003).

4. Teknologimolnets innehåll

Figur 1 visar spillover-molnets innehåll med en uppdelning på fyra principiellt olika kategorier spillovers: (1) *kärnteknologi* (i vårt fall inom flygindustrin), (2) *relaterade teknologier*, (3) *allmän verkstadsindustriell teknologi* samt (4) *allmän industriell teknologi*. Tabellerna 3A och B anger de teknologier jag kommer att gå igenom i denna text enligt samma principiella uppdelning. Kortlistan 3B har jag ställt upp för att visa att jag i analysen måste hålla isär väldefinierade teknologier från de mer indirekta – generiska – teknologier som ökat i betydelse och vars makroekonomiska effekter är svåra att precisera. Som tredje kategori kommer tillväxten av regionala kompetensblock (se avsnitt 3.3). Betydelsen av den kategorin illustreras bäst av frågan: hur skulle Linköpings industriella miljö se ut utan Saab eller Örnköldsviks utan Hägglund?

Cirklarna i figur 1 (s. 62) illustrerar att ju längre ut i periferin från kärnteknologierna man kommer, desto större krav ställs på den lokala ekonomins förmåga att upptäcka, våga finansiera och föra vinnande teknologier vidare till produktion i industriell skala (*kommersialiseringskompetensen*). Man kan också uttrycka saken så att ju längre ut i periferin, desto bredare kompetens krävs på mottagarsidan för att minimera risken att tappa bort vinnare och desto lägre är sannolikheten att den kommersialiseringskompetensen råkar finnas inom just det företag där den nya och udda teknologin uppstått.

TABELL 3A. Spillover-molnet runt Saab Military Aircraft.

Kärnteknologi

1. Saabs civila satsning på regionalflyg och på delsystem åt Boeing och Airbus (praktikfall 1)
2. Volvo Aeros omvandling från militär till civil flygmotortillverkare (2)

Relaterade teknologier

3. Eftermarknaden för flygplan och flygmotorer
4. Kommersiella gasturbiner
5. Civil säkerhet (4)
6. Rymdteknologi vid Saab Space och VAC (3)

Allmän verkstadsteknologi

7. Ingenjörskonsulter, Combitech AB (5)
8. Hydraulmotorer, Voac (6)
9. Högastighetsbearbetning av metall, Modig MachineTool (7)
10. Lättviktsteknologi, Acab (8)
11. Distribuerad och flexibel tillverkning
12. Systemintegration
13. Underhållsfria produkter

Allmän industriell teknologi

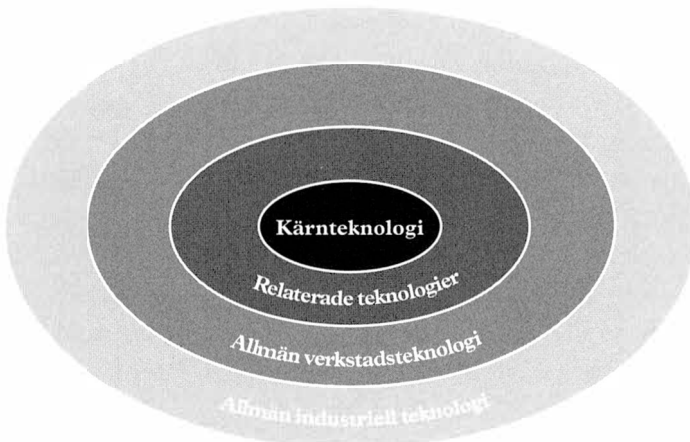
14. Bilsäkerhet och Autoliv (9)
15. Mobiltelefoni, Ericsson (10)
16. Övervakningssystem för telekom, Ericsson – HP, EHPT (11)
17. Datorer och informationssystem, EIS (12)
18. Medicinsk teknologi och Sectra (14)
19. Elektronisk bullerreducering (A2 Acoustics)
20. Nivåmätning i oljetankers (Saab Marine Electronics)
21. Biltullsystem (Saab Traffic System)
22. Individualiserad tv-underhållning och Tracab (13)

Källa: Eliasson 1995, s. 68ff samt uppdateringar.

TABELL 3B. Spillovers, kortlista.

1. <i>Kärnteknologi</i> • Saabs civila satsning på regionalflyg och delsystem åt Boeing och Airbus • Volvo Aeros omvandling från militär till civil flygmotortillverkare 2. <i>Relaterade teknologier</i> • Civil säkerhet 3. <i>Allmän verkstadsteknologi</i> • Lättviktskonstruktioner (Acab) • Integrerad produktion	4. <i>Allmän industriell teknologi</i> <i>Direkt</i> väldefinierad teknologi • Ericssons mobiltelefoni • Kapsch Traffic Systems & Rosemont Tank Radar • Datorer och affärsinformations-system <i>Indirekt</i> – Medarbetare från flygindustrin tar med sin kompetens till annan industri, exempelvis den svenska bilsäkerhetsindustrin och Autoliv 5. Utveckling av regionalt industriellt kompetensblock: Saab och LTH – Flygindustri – Digital signalbehandling, bildanalys och mikrovåskommunikation, inklusive medicinska tillämpningar
--	--

FIGUR 1. Fyra vågor av spillovers (teknologimolnet).



Källa: Eliasson 1999.

4.1 Teknologimolnet runt svensk flygindustri

Man kan illustrera sekvensen så här. Saab och Volvo Aero har i egen regi försökt kommersialisera sin kärnteknologi inom flygindustrin för den civila marknaden (regionalflyg och delsystem för civila flygmotorer, den inre cirkeln) men också (nästa cirkel) i egen regi startat bolag på de egna teknologierna (praktikfallen Combitech AB, nr 5 och Saab Space, nr 3 illustrerar) som drivits vidare som dotterbolag eller undan för undan sålts av.

Nästa steg (allmän verkstadsteknologi) handlar om mer utspridda teknologier där kommersialiseringen ofta äger rum i marknadens regi. Underleverantörerna lär sig, människor med kompetens rör sig över arbetsmarknaden till nya jobb, andra verkstadsföretag fångar upp näraliggande teknologier och så vidare (praktikfallen Modig, nr 7 samt Acab, nr 8 och Voac, nr 6).

Det svåraste steget är ut i den yttre cirkeln. Här ställs marknadens kommersialiseringsförmåga på prov, om inte teknologierna kan säljas till en utländsk köpare (som Saab Marine Electronics eller Kapsch Traffic Systems) eller ett av IG JAS-gruppens företag upptäcker att man råkar ha en för företaget kritisk teknologi i huset (praktikfallet nr 10, Ericsson mobiltelefoni).

Utan en svensk militär flygindustri hade Sverige i dag inte haft en avancerad civil utveckling och tillverkning av delsystem till civila trafikflygplan och flygmotorer för Boeing och Airbus respektive General Electric (GE), Pratt & Whitney och Rolls Royce (Saab och Volvo Aero Corporation i den inre cirkeln med kärnteknologi i figur 1).

Det är svårt att exakt bestämma hur svensk verkstadsindustri blivit en av världens mest avancerade och tidiga användare av elektronik i sina produkter. Klart är emellertid att integreringen av avancerad elektronik och mekaniska lösningar med mjukvara började i flygindustrin, att embryot till en svensk datorindustri uppstod genom Saabs mycket tidiga behov och användning av datorer (Datasaab, praktikfall 12) samt att – även om Datasaab havererade kommersiellt med Ericssons misslyckade satsning på affärsinformationssystem (EIS, praktikfall 12) – det fanns resurser i form av kompetens kvar som

spillovers när EIS lades ned, vilka diffunderade ut i industrin i övrigt.

Vi kan också konstatera att en av svensk verkstadsindustris stora specialiteter är just komplexa systemprodukter där användningen av elektronik och mjukvara är intensiv såväl i produkten själv som vid dess utveckling. Helbilskompetens är ett begrepp som används inom bilindustrin.

Att bygga civil industri på militär teknologi är svårt och illustreras av att Saab hade en utomordentlig kompetens att utveckla hela flygplan, militära och civila, jetplan, propellerplan och turbojetplan, men att denna tekniska kompetens inte räckte för att etablera sig långsiktigt på en politiskt infekterad civil marknad för regionalflyg (*commuter aircraft*). Det blev så trots att Saabs modell 340 länge var marknadens utan jämförelse största säljare. Som en engelsk offentlig utredning uttryckte saken 1994: »Det är i verkligheten staten, snarare än företag, som konkurrerar på flyg- och rymdmarknaden.»²⁰ Det var alltså mycket djärvt av Saab att utan stora subventioner i ryggen ge sig ut på denna politiskt riggade marknad.

Innovationsmarknaden runt Saab bestod och består av ett antal företag uppbyggda på teknologier som skapats inom Saab. De ligger mer eller mindre under Saabs kärnområden och kan kanske utvecklas till nya civila »ben« för Saab att stå på, eller, om de inte passar in, knoppas av till ett pris. Civil säkerhet, en enorm marknad, hör till de förra. Saab Space visades i höra till den andra sorten. Den verksamheten såldes av till schweiziska Ruag 2008.

Volvo Aero Corporation (VAC) däremot har valt att behålla sin rymdverksamhet. Raketmotorutvecklingen för rymdfärder ställer, liksom den militära motorutvecklingen, stora krav på material, lätt vikt med mera och anses avgörande för att kunna bibehålla och utveckla VAC:s specialiteter på den civila flygmotorsidan. Volvo Aero Corporation har också lyckats mycket bra när man gått från att vara en huvudsakligen militär flygmotortillverkare med 10 procent civil produktion 1970 till över 90 procent civil produktion i dag.

Gasturbiner, alltså jetmotorer för civilt bruk på land, har dess-

20. HCP 41-1 1994.

utom funnit civila användningsområden. VAC:s gasturbiner finns som hjälpgeneratorer på sjukhus och i en minimiversion som bilmotorvärmare, ett företag som såldes till tyska Eberspracher 1996. Redan på 1940-talet konstruerade Stal Laval, ett dotterföretag till dåvarande Asea, en komplett jetmotor – *Dovern* – för Saabs stridsflygplan Lansen i konkurrens med Volvo Flygmotor (nu VAC). *Dovern* utvecklades av någon anledning inte vidare.²¹ Volvo Flygmotor modifierade i stället en utländsk jetmotor (brittiska *De Havilland Ghost*) på licens för Lansen. Den kvarvarande gasturbinverksamheten i Stal Laval köptes 2003 av Siemens som nu med framgång säljer ångturbiner, baserade på Stal Lavals gamla jetmotorer, som genererar elektricitet från solenergi.

Såväl inom flygplans- som flygmotorverksamheten har eftermarknaden för service, underhåll och modernisering tidvis varit ett lönsamt affärsområde. Här har dock teknikutvecklingen – återigen med flygindustrin som pionjär – gått mot i det närmaste »underhållsfria produkter«, en utveckling som visserligen skapat en ny spillovervåg men som samtidigt dödat delar av en tidigare lönsam eftermarknad (se vidare avsnitt 4.4.5).

Ett stort antal flyg- och flygmotorrelaterade teknologier (nästa cirkel utåt i figur 1) har spillts från den militära flygindustrin och kommersialiserats för civila användningar. Hydraulmotorer har gått vidare från Viggens motorutveckling, bildat grund för ett nytt företag och den vägen spridits till tunga lastfordon, anläggningsmaskiner och grävmaskiner (*construction equipment*) inom Volvokoncernen. Som en konsekvens blev Volvo tidigt världsledande när det gällde användning av hydraulteknologi i denna typ av produkter, och då särskilt sina anläggningsmaskiner. Saabs flygingenjörer lärde tidigt Saab Automobiles ingenjörer hur man skulle utforma lätta fackverkskonstruktioner för personbilar som var starka och som kollapsade på ett säkert och strukturerat sätt vid en kollision. Saab Automobile var till exempel först i världen 1972 med att kunna erbjuda ett sidokrocksskydd (se praktikfall 9).

21. Curt Nicolin ledde det projektet inom Stal Laval.

Under allmän verkstadsteknologi kan en rad generiska teknologier härledas från kärnverksamheten som bildat grund för nya företag. Vi har hydraulmotorn (Voac, praktikfall 6), höghastighetsbearbetning av metall (Modigs MachineTool i Virserum, praktikfall 7) samt lätta kompositmaterial (Acab, praktikfall 8). Det hör också till saken att teknologispredning kring utvecklingen av moderna och komplexa verkstadsprodukter integrerar en rad teknologier, och då särskilt elektronik och mjukvara med mekaniska konstruktioner och nya material. Nya kompositteknologier kan skapas genom kombinationer av gammal och känd teknologi. Teknologispredningen blir nu mer diffus och svårare att länka till sitt ursprung, men den blir generisk och generellt tillämpbar. Detta har inneburit att spillover-flödet ökat och växt i betydelse, inte minst därför att utnyttjandet i industrin kräver en kompetens och erfarenhet som inte kan förmedlas genom reguljär ingenjörsutbildning.

Spredningsmomentet när välutbildade och erfarna ingenjörer byter arbetsuppgifter och jobb inom företag och mellan företag (punkt 1 i tabell 1) ökar i betydelse. Bilsäkerhet är ett exempel. Säkerhet uppmärksammades tidigt inom militärflyget. Stridsflygplanen var mycket dyra och en erfaren stridspilot representerade ett betydande humankapital. Saab hade tidigt en särskild avdelning för säkerhetssystem och ett utvecklat säkerhetstänkande. Det nära samröret mellan militär flygutveckling och biltillverkning inom Saab och även inom Volvo kom att innebära att ingenjörer från Saab ofta migrerade ut i biltillverkningen och förde med sig säkerhetstänkandet, som ganska snart blev en naturlig del av bilteknologin (praktikfall 9).

Det har varit svårt att fånga upp denna typ av spillovers i intervjuer annat än som ett principiellt fenomen. Däremot bör de ha fångats i nordamerikanska ekonometriska studier på stora populationer företag. Detta bör delvis förklara att dessa studier visar på mycket större spillover-moln än min metod att bygga upp makro från ett antal studerade praktikfall.

Slutligen har vi den yttre cirkeln med allmänna industriella spillovers och förmågan att upptäcka vinnare (*serendipitet*) ur ett oöver-skådligt flöde av möjligheter, kommersialisera dem och föra dem

vidare till produktion och distribution i industriell skala. Här spelar den lokala förmågan till entreprenörskap en grundläggande roll. Större delen av teknologispridningen har nu fått en så diffus karaktär eller kombinerats med andra teknologier, att den bara i enstaka spektakulära fall kan återföras till sitt ursprung. Men det finns sådana spektakulära fall (Ericsson mobiltelefoni, praktikfall 10).

Mycket har dessutom förmodligen gått förlorat under vägen för Sverige därför att ingen förstått sig på de vinnande idéer som bjudits ut. När vinnare har kunnat identifieras handlar det om företag eller hela affärsområden som uppstår. Ericsson hade förmodligen inte varit en världsledande mobilsystemutvecklare i dag utan sin tidiga tillgång till kritisk militär flygindustrirelaterad radioteknologi, och det var nära att man missat den möjligheten inom Ericsson. Det hör också till saken (framgången) att när högsta ledningen till sist förstod att man hade en vinnare i huset, hade den också storföretagets resurser och industrialiseringskompetens att snabbt föra upp verksamheten till industriell skala. Utan samma resurser hade dock Ericsson förmodligen inte heller gjort ett av Sveriges största affärsmissstag när man under 1980-talet gav sig ut på marknaden för affärsinformationssystem. Det skedde i konkurrens med nästa femtio andra mer eller mindre globala företag. Ericsson satsade stort med sin egen digitala kontorsväxel och Saabs datorteknologi (Datasaab som man köpte i två steg 1980 och 1981) i ryggen (praktikfall 12).

Runt Saabs vapenutveckling för Gripen (särskilt målsökande missiler) har en lång rad udda teknologier spunnits av, bland annat Tracab, där ett antal tv-kameror gör det möjligt för den enskilda tv-tittaren att följa individuella spelare under en fotbollsmatch (praktikfall 13), och C3T som genom avancerad signalbehandling kan skapa en tredimensionell bild i realtid vid fotografering från luften av ett överfluges område. Några av dessa många teknologier bör ha möjlighet att bilda bas för ett stort företag om de rätta entreprenöriella och industriella kompetenserna finns på plats.

4.2 Praktikfall under kärnteknologi (molnets inre cirkel)

Civila trafikflygplan och utveckling av delsystem åt den civila flyg- och flygmotorindustrin har varit naturliga diversifieringar för Saab och Volvo Aero Corporation.

PRAKTIKFALL 1. Saabs regionalflyg och satsningen på att utveckla delsystem för Boeing och Airbus

Det mest avancerade civila spillover-projektet runt Gripen var Saabs parallella satsning på att utveckla och tillverka ett regionalt trafikflygplan där den lättviktsteknologi som togs fram för Gripen direkt överfördes i civil tillämpning. Det var dock inte första gången Saab gav sig in på den civila marknaden, men alla civila projekt med ett undantag – Saab Automobile – hade tidigare fått vika för en växande prioriterad efterfrågan på stridsflygplan under kalla kriget.

Saab valde denna gång för sin Saab 340-modell en bränslesnål turbopropmaskin med storleken 34 passagerare och kunde börja leverera redan 1984, en nästa perfekt timing. År 1978 hade nämligen USA avreglerat sin civila flygtransportmarknad, vilket innebar en omstrukturering av flyget mot samordning av lokala transporter mot centrala så kallade *hubs* för transporter över längre sträckor. Saab 340 visade sig nu ha den optimala storleken för de lokala regionala flygningarna och var under en tid världens mest sålda regionalflygplan för passagerartrafik. Ett större och tystare turbopropplan med plats för 50 passagerare var färdigt för leverans – Saab 2000 – 1994.

Marknaden för civila passagerarflygplan visade sig emellertid vara nästan lika politiskt manipulerad som den för stridsflygplan. Tungt subventionerade tillverkare av små trafikflygplan växte upp överallt i världen: i Brasilien (Embraer), Frankrike (Aéro Spatiale), Italien (Alenia), Kanada (Bombardier), Spanien (Casa) och Tyskland (Fokker). Det blev omöjligt för Saab att osubventionerad konkurrera i denna politiserade marknadsmiljö. Under 1990-talet kom dessutom nya bränslesnåla jetmotorer för små regionalplan ut på marknaden, samtidigt som turbopropmotorerna efter en olycka med ett nedisat

italienskt Alenia AA regionalplan i USA fick dåligt rykte.²² Turbo-propdrift var inte längre en konkurrenskraftig teknik. Saab stängde sin civila flygplansproduktion 1999.

Vid utvecklingen av Saab 340 och 2000 hade innovativ ny teknologi från Gripenprojektet utnyttjats. Det handlade framför allt om lättviktskonstruktioner för flygkroppen, till exempel delar av aluminium eller kompositmaterial som »limmades« i stället för att nitas samman. Lättviktskonstruktioner är nu en av Saabs specialiteter vid utvecklingen av delsystem åt Airbus och Boeing. Man hävdar till och med att den civila flygplanstillverkningen var ett nästan nödvändigt mellanled mellan Gripen och dessa utvecklingsprojekt för Boeing och Airbus.

PRAKTIKFALL 2. Volvo Aeros omvandling från huvudsakligen militär till huvudsakligen civil flygmotorsystemutvecklare

Volvo Aero Corporation, VAC (tidigare *Volvo Flygmotor*), grundades 1930 för att bygga kolvmotorer (från 1949 jetmotorer) på licens för svenska militära flygplan. VAC är en del av Volvokoncernen. VAC har i ökande grad modifierat motorkonstruktionerna och inkorporerat egenutvecklad teknologi för att anpassa motorernas egenskaper till det svenska försvarets och FMV:s krav.

VAC började tidigt efter krigsslutet oroa sig över sin låga andel produktion för civila marknader (10 procent 1970). Man såg en framtid med tomma fabriker och började söka efter civila produkter. Över tiden har den omstruktureringen varit framgångsrik. VAC:s utveckling och tillverkning av delsystem och komponenter till de tre stora flygmotortillverkarna General Electric, Pratt & Whitney och Rolls Royce har tillsammans med en kommersiell eftermarknads-satsning lyft företagets civila andel till i dag över 90 procent av om-sättningen. Orsaken till denna framgång har varit VAC:s förmåga att konvertera militär teknologi till civila tillämpningar inom ett begränsat antal specialiteter. Vid denna civila omorientering har man dragit nytta av det omfattande civila marknadskunnande som funnits inom den större Volvogruppens företag.

22. Dethjälpte inte att American Airlines flyttade sina Alenia-maskiner söderut och tog sina Saab 340-maskiner norröver.

Licenstagstillverkningen av flygmotorer innebar att VAC på ett naturligt sätt tidigt började samarbeta med de i dag tre stora flygmotortillverkarna i världen. RMG6-motorn för Saab 35 Draken var en modifierad version av Rolls Royces Avon-motor. RM8-motorn för Saab 37 Viggen var baserad på Pratt & Whitneys JT8-motor och början till ett samarbete med P&W under 1960-talet.²³ Gripens RM12-motor är en modifierad version av GE:s F404J-motor.

För närvarande har VAC koncentrerat sitt utvecklingsarbete mot tre specialiteter: lättviktskonstruktioner, mycket avancerad tillverkningsteknologi och produktstöd. Dessa specialiteter har alla tre sin grund i JAS 39 Gripenprojektet.

VAC har också med sin militära flygmotorteknologi som bas diversifierat sig mot rymdmarknaden och raketmotorer och till skillnad mot Saab valt att stanna kvar på den marknaden (se praktikfall 3). Skälet är att 50 procent av VAC:s FoU går till militär motorutveckling och 20 procent till rymdteknologi. VAC uppfattar den teknologikutvecklingen som helt avgörande för sin fortsatta framgång på den civila flygmotormarknaden.

4.3 Praktikfall inom flygrelaterad teknologi

Många nya civila produktområden ligger mycket nära den militära flygindustrin. Närmast teknologiskt är rymdfarkoster och civil säkerhet. Det är därför naturligt att den militära flygindustrin diversifierat sig i den riktningen, delvis i syfte att finna nya kommersiella ben att stå på.

23. Den civila versionen av denna motor (JT8D-200) sitter för övrigt bak på alla DC9-or. I och med att VAC modifierat och tillverkat den militära versionen av denna motor lärde sig VAC även den kommersiella versionen av motorn. Volvo Aero Engine Services (VAES) grundades för att underhålla och serva dessa motorer och var en tid en mycket lönsam verksamhet. Utvecklingen mot underhållsfria produkter, med Gripenprojektet som pionjär, underminerade dock gradvis denna del av eftermarknaden för flygmotorer (se vidare nedan).

PRAKTIKFALL 3. *Rymdteknologi (Saab Space och Volvo Aero Corporation)*
Militär flygplans- och flygmotorteknologi är nära relaterad till marknaden för rymdforskning och den verksamhet som det statliga Rymdbolaget är engagerat i. De tre IG JAS-företagen Ericsson, Saab och VAC har alla haft en fot på den marknaden. Antenn- och mikrovågsteknologi för Gripen och rymdprojekt bidrog till att Ericsson kunde vidareutveckla och befästa sin ställning på den globala mobiltelefonimarknaden.

När Saab Ericsson Space köpte Fokker Space år 2000 blev företaget under en tid Europas ledande leverantör till rymdindustrin. Företaget utvecklade dator-, navigations- och styrsystem till Rymdbolagets Odin-projekt. VAC:s utveckling av lättviktskonstruktioner samt nya material och svetsmetoder som kan klara de mycket höga temperaturer en raketmotor utsätts för har dessutom bidragit till samma teknologiutveckling för civila flygmotorer inom VAC. VAC har därför valt att fortsätta sitt engagemang inom rymdområdet medan Saab haft svårigheter att uppnå synergier mellan rymd- och flygverksamheterna. Saab sålde därför 2008 sin rymdverksamhet till schweiziska Ruag Holding för 335 miljoner kronor.

PRAKTIKFALL 4. *Civil säkerhet (Saab)*

Efter Sovjetunionens kollaps och slutet på kalla kriget blev det snabbt en allmänt utbredd uppfattning att det militära inte längre behövdes för att skydda landets gränser »från främmande arméer«. Efter den 11 september 2001 blev skydd mot terror det stora och växande problemet. Det handlade nu om att skydda nationens inre liv från särskilt farliga grupper av individer.

Civil säkerhet har liksom nationellt försvar betydande inslag av kollektiva nyttigheter (*public goods*). Man kan normalt inte handla upp katastrofskydd privat på marknaden. Civil säkerhet har också alltid varit en viktig såväl privat som nationell uppgift, och effektiv civil säkerhet bygger i stor utsträckning på militära teknologier och militära resurser. Det gäller katastrofberedskap, räddningsaktioner av olika slag och hela polisväsendet. Räddningsaktionen vid Estonia-katastrofen hade inte varit möjlig utan Sveriges militära beredskap

och skulle ha kunnat vara framgångsrik om större resurser och bättre militär teknologi funnits tillgängliga, särskilt nätverksbaserade övervakningssystem i realtid.

Marknaden för civil säkerhet är enorm och extremt fragmenterad och varseblivningen av detta har exploderat efter 11 september. OECD har myntat begreppet *The Security Economy* (Paris 2004). Jag behöver bara nämna skydd av flygplatser, kärnkraftverk och kraftnätverk. Till detta kommer hela det bioteknologiska området med skydd mot epidemier och bioterror. Internet och modern dator- och kommunikationsteknologi har fört in en ny och avancerad dimension med formidabla, negativa ekonomiska konsekvenser om systemet går ned. Modern dator- och kommunikationsteknologi har inte bara skapat enorma ekonomiska möjligheter utan också en industriell ekonomisk sårbarhet som inte fanns tidigare.

Terroristen har lärt sig utnyttja den nya teknologin. Men skyddet mot terrorism bygger på samma teknologi. Särskilt viktigt är att kunna reducera samhällets sårbarhet i alla avseenden utan att göra intrång på individens integritet och västerlandets demokratiska principer – en utmaning där återigen militär teknologi kommer att stå för lösningarna. Det handlar om ett hot som västerlandets demokratier helt enkelt måste övervinna.

Det i väsentliga avseenden nätverksbaserade Gripensystemet och civil säkerhet har en stor gemensam teknologisk nämnare. Såväl Gripenplattformen som systemet som helhet står och faller med hur skickligt komponerad den mjukvara är som integrerar elektronik med sensorer och mekaniska system, och det lands myndigheter som inte har egen förmåga att utveckla de mest avancerade försvars- och säkerhetssystemen kommer heller inte att kunna skydda sig mot avancerade inkräktare med en modernare teknologi.

Elektronisk krigföring (*electronic warfare*, EW) är ett exempel. Det är omöjligt att helt skydda sig mot främmande intrång i ett företags eller ett lands nätverk. Till och med Pentagon har varit utsatt för flera sådana intrång. Den som kommer in i kontrollsystemen för den svenska elproduktionen och distributionen kan åstadkomma såväl översvämningar som produktionsstopp och stor ekonomisk skada.

Det enda effektiva skyddet är att teknologiskt ligga långt före terrorister och fiender. Det i alla avseenden viktigaste skyddet är, som redan nämnts, att effektivt kunna reducera lokalsamhällets sårbarhet i dessa avseenden utan att lösningarna gör intrång på individens integritet och västerlandets demokratiska frihetsprinciper.

Saabs militära teknologier sammanfaller i betydande utsträckning med de teknologier som den civila säkerheten kräver. Integrerade säkerhets- och krisledningssystem som möjliggör en helhetsbild i realtid är två områden som nästan exakt överlappar de teknologier som det nätverksbaserade försvaret bygger på.

4.4 Praktikfall under allmän verkstadsteknologi

Verkstadsindustrins teknologi är den industriella revolutionens teknologi: verktygsmaskinerna. Under två århundraden har verktygsmaskinerna och verkstadsindustrin, de rika ländernas industriella ryggrad, fört deras ekonomiska välfärd mot ständigt nya och högre nivåer. Verktygsmaskinerna har blivit effektivare. De har förbättrats funktionellt. Man har lärt sig att kombinera dem på nya och systemmässigt allt effektivare sätt. Här har elektroniken spelat en stor roll under de senaste decennierna. Det handlade först om robotar som utförde samma arbetsmoment människan tidigare utfört manuellt och gjorde det snabbare och effektivare, men så småningom alltmer – och särskilt från mitten på 1990-talet – om integrationen av dator- och kommunikationsteknologi (*Computing and Communications*, C&C), en integrerad teknologi som också utgör själva förutsättningen för den globalisering av produktionen som vi nu upplever.

Redan Johan Westerman (1768) förstod principerna bakom detta när han från egna observationer under den industriella revolutionens mycket tidiga år konstaterade att de nya maskinerna från England nog var bra att ha, men att de hjälpte föga om det inte fanns folk som kunde sköta dem, och framför allt människor med kompetens att organisera produktionen omkring dem. Att förstå principerna är nog

bra; att utveckla nya produkter baserade på dessa principer handlar om industriell praktik, tålmodigt lärande och lång erfarenhet.

4.4.1 Det avancerade företaget som verkstadsindustriell högskola

Under 200 år har verkstadsindustriellt kunnande definierat industriländernas kunskapsmonopol. Den kompetensen har ständigt uppgaderats och det är först under senare år som kompetensmonopolet börjat hotas av nya industriländer som lärt sig. Men även svensk industri lärde sig den nya verkstadsteknologin från utlandet. De länder som inte tagit till sig det nya kring 1800-talets mitt, och anpassat sin kultur därefter, blev heller aldrig industriländer.

Det har länge varit en allmän föreställning i den ekonomisk-historiska forskningen att den tidiga utbyggnaden av tekniska högskolor i de nuvarande industriländerna spelade en viktig roll bakom den utvecklingen. Men, som Christopher Hill (1965) konstaterar, det land där den industriella revolutionen började hade ingen organiserad teknisk utbildning. Det hade däremot Frankrike, som började med formell ingenjörsutbildning mot slutet av 1700-talet, i första hand inom väg- och vattenbyggnad, för att slå engelsmännen i krig. École Polytechnique, världens första tekniska högskola, grundades i Paris 1794, dock inte, som sagt, med uppgift att främja den industriella utvecklingen. I England däremot fanns mycket tidigt en omfattande och mycket differentierad konsultindustri som specialiserat sig på att tjäna pengar på att omvandla nya naturvetenskapliga principer till industriellt fungerande praktik. Det var där den industriella revolutionen började.

4.4.2 Integrationen av mekanik och elektronik med mjukvara

Elektroniken har efter transistorn – som uppfanns 1948 – och en serie nya datorgenerationer gett upphov till en ny verkstadsindustriell revolution på produktsidan. Tidigare mekaniskt, hydrauliskt eller elektromekaniskt grundade funktioner hos produkterna har undan

för undan ersatts med elektronik. Kombinationen elektronik och mjukvara med mekaniska funktioner återfinns i dag i nästan alla produkter från verkstadsindustrin. Det är inte längre tillräckligt att kunna tillverka samma bil billigare. De rika ländernas kunder som kan betala efterfrågar ständigt förbättrade bilar med nya attraktiva funktioner. Data- och elektronikkommittén (DEK 1980) konstaterade att svensk verkstadsindustri redan under 1970-talets andra hälft låg före andra industriländer på detta området, och jag konstaterar i denna bok att Sveriges i ett internationellt sammanhang mycket avancerade flygindustri varit den förmodligen viktigaste förklaringen till att så var fallet.

Först under de senaste två decennierna har dock världen på allvar börjat se nya industriländer dyka upp och utsätta de gamla industriländernas företag för allvarlig konkurrens. Till att börja med har det handlat om att tillverka kopior av industriländernas bilar till lägre priser med lägre löner. Verkstadsindustrin kom därför under en tid på sent 1990-tal att betraktas som en gammal industri som i den nya ekonomin borde lämna över sina resurser till nya högteknologiska industrier som IT och bioteknologi, ja kanske till och med nanoteknologisk industri. Fantasifulla »analytiker« såg mot slutet av 1990-talet en verklighet runt knuten som vi drygt tio år senare ännu inte sett skymten av. Vi kunde vända ryggen till den gammalmodiga verkstadsindustrin, ansåg man då (Eliasson 2002).

Allmän verkstadsteknologi är därför mer än en samling praktikfall. Den bild av verkstadsindustrins framtid som jag vill förmedla handlar om integreringen av sensorer, elektronik och mekaniska konstruktioner med mjukvara. Till en början – och där var svensk verkstadsindustri med flygindustrin i täten en pionjär i världen redan under 1960-talet – handlade det om att direkt ersätta mekaniska funktioner med elektronik. Med mikroprocessorn (som uppfanns och lanserades av Intel 1971) gjorde datorn på allvar sitt inträde i mekaniska produkter, och med tiden har mjukvaran kommit att bli avgörande för de komplicerade verkstadsprodukternas funktionalitet. Där står vi nu, och denna nya verkstadsindustri är här för att stanna, och i sin gamla roll. Såväl den rika som den fattiga världen kommer

till exempel även i framtiden att efterfråga alltmer sofistikerade och bränslesnåla bilar.

Elektroniken har inneburit en revolution på både – och först – flygmotorsidan och så småningom för bilmotorerna. De bilföretag som inte klarar sig i konkurrensen gör det inte för att lönerna är för höga utan därför att de saknar kompetens att utveckla de mest sofistikerade bilarna för kunder som kan och vill betala. Lönerna anpassas alltid långsiktigt till det internationella värdet på den kompetensen. Urvattnas det värdet blir länder så småningom fattiga. Dess produktion kan bara bära låga löner, uttryckt i internationell valuta. De gamla industriländer som inte lyckas strukturera om sin verkstadsindustri på ett nytt format kommer därför att få svårt att hålla sin plats i den industriella välfärdsliken.

De teknologier som öppnat de gamla verkstadsindustriberoende länderna för konkurrens från nya industriländer har sitt ursprung i den militära flygindustrin och driver vad som populärt kallas globaliseringen. Men även de teknologier som ska rädda den gamla verkstadsindustrin i den nya ekonomin har sitt ursprung i militär flygindustri. Och utan en egen avancerad flygindustri är det rika landet handikappat i den kapplöpningen. Det är som sagt inte en tillfällighet att *den militära flygindustrin redan i dag använder den framtida verkstadsindustrins teknologier*.

4.4.3 Distribuerad och integrerad produktion – globaliseringen

Ett enskilt företag kan inte vara bäst på allt. Ökad internationell konkurrens tvingar allt fler företag att flytta ut sin tillverkning till andra och mer kostnadseffektiva tillverkare, många av dem allt oftare i låglöneländer. Modularisering av produkterna och framtagning av ändamålsenliga standardiserade kontaktytor (*interfaces*) har möjliggjort utveckling av en avancerad underleverantörsindustri för standardiserade komponenter och alltmer specialiserade delsystem.

Specialiserade underleverantörer kräver i sin tur en världsmarknad för att kunna uppnå kostnadseffektiv och lönsam produktion. Avancerade tillverkare av komplicerade verkstadsprodukter har

blivit alltmer oberoende av geografiska avstånd och lärt sig att konstruera högpresterande och komplicerade produkter från standardkomponenter hos specialiserade underleverantörer någonstans i världen. Här köper man ofta från hyllan.

Flygindustrin har tidigt varit ledande i denna utveckling och svensk flygindustri har varit något av en pionjär. Det hade för övrigt varit omöjligt att med en bas i ett litet industriland som Sverige utan tillgång till en globalt specialiserad underleverantörsindustri kostnadseffektivt kunna utveckla en så komplicerad och samtidigt högpresterande produkt som JAS 39 Gripen. Gripenprojektet har därför blivit något av en katalysator för den svenska verkstadsindustrin i den utveckling mot globalt distribuerad och integrerad produktion som accelererade efter det att dator- och kommunikationsteknologierna integrerades kring mitten av 1990-talet och den »Internetekonomi« skapades som i dag med full kraft håller på att förändra produktionsorganisation i hela världen (Eliasson 2002).

4.4.4 Säkerhetskritisk mjukvara

En parallell integrering av elektronik och mekaniska konstruktioner med mjukvara kännetecknar produktutvecklingen inom verkstadsindustrin. Gripen är förmodligen det bästa exemplet på denna typ av komplicerade produkter vars funktionaliteter i det närmaste helt bestäms av mjukvarans utformning. Saab var först i världen med att utveckla den fjärde generationens instabila stridsflygplan. Till skillnad från tidigare generationers stridsflygplan kontrollerar piloten inte längre Gripens alla roderytor och klaffar. Gripen kan därför inte flyga utan hjälp av ett komplicerat samspel av datorer och datakommunikation som från ögonblick till ögonblick koordinerar stridsflygplanets mekaniska funktioner så att det balanseras i luften. Själva manövreringen av flygplanet blir därmed mycket enklare och piloten kan koncentrera sig på sina stridsuppgifter.

Mjukvara gör det också möjligt att i luften byta stridsuppgift från jakt till attack eller spaning (*the swing role capacity*). Gripen var det första stridsflygplanet i världen med dessa två egenskaper. Den fjär-

de generationen representerar därför en helt ny typ av stridsflygplan med helt överlägsna flygegenskaper jämfört med de tidigare generationerna.²⁴

Mikroprocessorteknologin, som lanserades av Intel 1971, och integreringen av datorer och datakommunikation, som slog igenom civilt först vid 1990-talets mitt, möjliggjorde utnyttjandet av dessa instabilitetsegenskaper hos Gripen. Alla dessa möjligheter fanns i princip med när Saabs ingenjörer började sitt arbete omkring 1980, men de praktiska tillämpningarna var i flertalet fall inte utvecklade. Gripen blev därför en *teknologidrivare* på bred front för den svenska verkstadsindustrin där just den nya säkerhetskritiska mjukvaran, som i dag spelar en så central roll för allt fler svenska verkstadsföretag, utvecklades. Några av dessa företag har i förbifarten blivit några av världens stora mjukvaruföretag. IG JAS-företagen Ericsson, Saab och Volvo Aero Corporation har här varit pionjärer.²⁵

Bilindustrin tillämpar i dag samma integration av elektronik och mekaniska konstruktioner med mjukvara och har i detta avseende i sin tur genomgått en revolution (jämför praktikfall 5, där Combitech AB:s konsulter hjälpt Volvo Car att överföra sådan integreringsteknologi till Volvo S80-modellen). Villkoren har dock varit något olika. För Gripen har kundens krav på höga prestanda styrt upp konstruktionsarbetet medan bilindustrin styrs upp av kundernas efterfrågan på kostnadseffektiva lösningar. Detta har bland annat inneburit att vissa teknologier från till exempel Gripenprojektet inte kunde föras över till personbilsutvecklingen inom samma företag. Elektrisk överföring av styrinformation till Gripens roder (*fly by wire*) var nödvändig för att stridsflygplanets instabilitetsegenskaper skulle bli möjliga. Hydraulisk överföring av styrimpulserna var för långsam. I förbifarten uppnåddes betydande viktreduceringar. Att överföra samma teknologi till Saab Automobiles personbilar, vilket övervägdes, visade sig dock bli för dyrt. I alla dessa fall är dock den säkerhetskritiska egenskapen hos mjukvaran avgörande. Produktens alla integrerade

24. För den femte generationen tillkommer smygegenskaper.

25. Samt SRA och FFV Aerotech, senare köpt av Celsius, som i sin tur köptes av Saab 1999.

funktioner ska pålitligt och uthålligt fungera i ett sammanhang.

I dag dominerar kostnaden för mjukvara helt i många verkstadsföretags utvecklingsarbete. Tillgången på utbildade och erfarna mjukvaruingenjörer har därför blivit en kritisk industriell kompetensfråga där både Saab och Ericsson kommit att agera i rollen som tekniska högskolor.

4.4.5 Underhållsfria produkter

Driftskostnaden har med varje ny generation stridsflygplan ökat snabbare än kostnaden för att utveckla och tillverka produkten. Service och underhåll har varit en stor och växande andel av stridsflygplanets totala livskostnad. Att stabilisera eller sänka denna andel har därför blivit en angelägen uppgift för varje kund och stridsflygplansutvecklare. Nyckeln till framgång ska sökas i stridsflygplanets design och tidiga konstruktionsskede. JAS 39 Gripen blev en pionjärprodukt i detta avseende på grund av de krav på pålitlighet, enkelhet och låga driftskostnader som FMV ställde. Kravet var dessutom att Gripen skulle kunna servas i fält av icke specialutbildad värnpliktig personal. Ett inslag i de låga underhållskostnaderna har varit det höga innehållet av lätt utbytbara delsystem med kort livslängd.

Gripen var också pionjär när det gällde införandet av konstant pågående säkerhetsdiagnos (*current maintained diagnostics*). I stället för att som tidigare ta in hela planet för service och underhåll vid i förväg bestämda säkerhetsintervall används sensorer och datorer för att kontinuerligt mäta slitage och prestanda. Underhållet kan därför sättas in där och när det behövs, inte oftare.

Noteras bör också att ett stridsflygplan med en funktionell livslängd på uppemot femtio år i sig förenar både konsten att bygga om (modernisera) en gammal modul med att byta en gammal modul mot en ny. Balanserandet av dessa två sidor av en produkts underhåll beror dels av produktens totala livslängd och hur den används, dels av de olika delsystemens individuella livslängder (*clock speeds*). Även om den fungerar blir det oekonomiskt att använda föråldrad elektronik i produkter vars mekaniska delar kommer att vara moderna i

ytterligare flera decennier. Ett avancerat och ekonomiskt stridsflygplans ursprungliga konstruktion bygger på en optimerad avvägning av dessa faktorer. Det är lätt att inse att samma optimeringsmetod kan användas på bilar, lastvagnar och anläggningsfordon, komplicerade telekomsystem, elektricitetsgenererings- och distributionsnät och så vidare.

4.4.6 Tåliga och starka lättviktskonstruktioner

Viktreducering och lägre bränsleförbrukning har alltmer blivit ett krav vid utvecklandet av transportindustrins produkter. Exakt samma krav, men av andra skäl, ställdes på Saabs konstruktörer när JAS 39 Gripen skulle utvecklas. Vikten skulle halveras jämfört med den tidigare generationen Viggen. Det skulle lämna plats för mer bränsle och tyngre vapen. Gripen skulle dessutom kunna starta och landa på vanliga, något förstärkta landsvägar.

Viktreducering av en komplicerad produkt är en avancerad ingenjörsuppgift och handlar inte bara om att använda lättare material. Lättviktskonstruktioner för Gripen gällde såväl skrov som motor och har blivit något av en specialitet hos både Saab och Volvo Aero Corporation. Dessa lättviktskonstruktioner, som blivit avgörande för de båda företagens framgång som systemunderleverantörer åt de stora civila flyg- och flygmotorbolagen, har åtminstone sex olika ingredienser:

1. Användning av lätta material som kolfiber (praktikfall 8, Acab).
2. Design av starka och lätta fackverkskonstruktioner.
3. Ersättning av tunga exempelvis hydrauliksystem med lätta elektriska anordningar, som *fly by wire*-teknologi.
4. Utveckling av metoder för materialbearbetning som gör det möjligt att reducera materialinnehållet utan att metallens och konstruktionens bärkraft minskar (praktikfall 7, Modig).
5. Användning av simuleringsteknologi för att optimera placeringen av ovannämnda lättviktskonstruktioner samt för att optimera
6. användningen av kompletterande viktreduceringar som möjliggjorts av de nya konstruktionerna.

Betydelsen av dessa teknologier och kompetenser markeras av den pågående strävan över hela världen att reducera förbrukningen av energi och minska en negativ miljöpåverkan. Även om dagens överdrifter i dessa avseenden kan komma att dämpas, kommer den nya lättviktsteknologin att fortsätta utvecklas därför att den blivit ekonomisk jämfört med tidigare konstruktioner och därför att skalan i tillverkningen av fortfarande dyra specialmaterial gått upp.

PRAKTIKFALL 5. *Ingenjörskonsulter (Combitech AB)*

Saab Scania Combitech grundades 1983 med uppgiften att bygga civil affärsverksamhet på militär flygteknologi. En flora av bolag växte fram under den paraplyorganisation som Combitech definierade (se Eliasson 1995, s. 81). Teknologier knoppades av från Saab och bolagiserades. Kompletterande teknologiföretag köptes och nya företag skapades. Flera av dessa företag såldes undan för undan av på marknaden.

Det har dock i allmänhet varit svårt att ta bra betalt för dessa teknologiföretag, ett problem som i första hand förklaras av att utvecklade marknader för strategiska företagsköp inom specialiserade högteknologiområden saknas samt av att teknologiföretaget Saab av naturliga skäl haft svårt att marknadsföra och hitta kunder till udda teknologier med udda marknadsförutsättningar som legat utanför den egna organisationens erfarenhet. Det blir då nästan alltid en mindre bra affär för innovationsföretaget både att lägga ut uppgiften att matcha teknologi med intressanta köpare på mellanhänder och att försöka kommersialisera innovationerna på egen hand. När en kund hittats gör »mellanhanden« ofta den bästa affären, utom vid de enstaka tillfällen när marknaden varit överhettad.²⁶

26. Så köpte exempelvis Combitech Malmöbaserade *Telelogic* tillsammans med en grupp företag 1995. *Telelogic* utvecklade och sålde programvara för automatisering av industriella processer, särskilt programvara som ingenjörer använder för att utveckla ny eller uppdatera gammal programvara. *Telelogic* såldes 1997 när Combitech avvecklades som paraplyorganisation. Företaget sattes 1999 på börsen av sina nya ägare. Samma år exploderade *Telelogics* aktievärde i samband med IT-bubblan och företaget var en kort tid värt mer än hela Saab. Därefter rasade värdet vid IT-kraschen. Sedan dess har företaget repat sig och befinner sig i en expansionsfas. *Telelogic* köpte 2006 USA-konkurrenten *I-Logix* för 628 miljoner kronor (*Dagens Industri*, 11 oktober 2004, 7 mars 2006). Saab sålde uppenbarligen *Telelogic* vid fel tillfälle.

År 1997 beslöt Saab därför att avveckla Combitech som paraplyorganisation och flertalet företag såldes av snabbt och inte till särskilt höga priser. Kvar blev bland annat konsultföretaget Combitech Systems AB och Aerotech Telub AB som införlivades med Saab i samband med Celsiusköpet 2000.²⁷ År 2006 slogs de två verksamheterna ihop och blev konsultföretaget Combitech AB med 800 anställda (våren 2009), nästan alla professionella ingenjörs konsulter. Verksamheten är uppdelad på två divisioner, en som arbetar med *security solutions*, huvudsakligen mot myndigheter och verk med tonvikt på försvar, samt en som arbetar mot det civila näringslivet. Ungefär hälften och en ökande andel av verksamheten riktar sig utåt mot den privata industrin, 30 procent inåt mot Saab-organisationen.

Överlag gäller att Combitechs kompetenskapital bygger på det kunnande som byggts upp inom Saab- och Celsius-organisationerna, inklusive tidigare Combitech-företag. Det är särskilt det flygmilitära kunnandet inom systemintegration som får allt fler och alltmer komplicerade användningar inom verkstadsindustrin och där kompetens på området saknas, även i de stora företagen. Det militära ursprunget till denna kompetens är klart dokumenterad och där väger Gripen teknologin tungt. Efter den första Gripenkraschen 1989 började en grupp konsulter på dåvarande Combitech Software att arbeta med så kallade *built-in-tests* för Gripens styrsystem. *Inbyggda realtidssystem* är ett av Combitechs kompetensområden som håller på att integreras med mekanisk systemkompetens (Gripens tunga kompetensområde) till en ny och avancerad Combitech-specialitet.

Gripen är en extremt högteknologisk produkt. Att ha arbetat med eller i anslutning till Gripen är den bästa referens en ingenjörskonsult kan ha med sig i bagaget när han/hon söker uppdrag på den civila marknaden.

Systemintegration och säkerhetskritisk programvara är en relaterad kompetens som också härrör ur Gripen och har många civila tillämpningar. Här arbetar Combitechs konsulter inom en rad områden som medicinsk teknik, fordonssystem och telekom. Fyra exem-

27. Fram till 1996 Combitech Software AB som destillerats fram ur *Saab Instruments* i Jönköping 1992 utifrån ett växande programvaruberoende i Saabs produkter.

pel får illustrera hur Gripenrelaterad kompetens via konsultindustrin sprids till civila tillämpningar.

1. *Modellbaserade arbetssätt* på Atlas Copco Tools and Assembly. Atlas Copcos verktyg används bland annat för att dra åt skruvar. I modern och högautomatiserad verkstadsproduktion måste det ske snabbt och med stor precision. Data på hur enskilda skruvar drags åt måste dessutom kunna spåras. Det kan vara ett säkerhetskrav och dessutom – särskilt i USA – kan sådan information få en avgörande betydelse när olyckor ska utredas. Det modellbaserade arbetssättet är där det kan användas helt överlägset det gamla kodbaserade. Vid ett modellbaserat arbetssätt länkas data via en modell till produktens egenskaper. Ändringar är därför lätta att genomföra. De kan simuleras tidigt i utvecklingsskedet, det vill säga i god tid innan tillverkningen börjar. Man kan i modellen prova och simulera olika lösningar och senare i underhållsfasen ha en gemensam modell som plattform till många produktvarianter.

2. *Säkerhetskritiska system: Volvo S80*

I en personbil sköts olika system oftast av olika datorer. Det finns bland annat

- klimatanläggning
- telematiksystem
- ABS-bromsar
- motorstyrning
- instrumentering
- *infotainment systems*
- säkerhets/krocksystem.

Alla dessa system kommer från olika leverantörer och ska fås att fungera i ett sammanhang. För att klara detta måste Volvo bli en bra systemintegratör. Det hade man inte varit tidigare. Combitech AB:s konsulter hjälpte utifrån sin erfarenhet från rymd- och flygverksamheten Volvo med det jobbet på den tidiga S80-model-

len, liksom GM med klimatanläggning, motorstyrning till Saab 9-3 och Autoliv med krockkuddar, telematik och så kallat *night vision*-system (representation av bild från värmekamera från den framförliggande vägen).

3. *Mikrovågsteknik: Nokia och Ericsson med flera*

Antennerna byggs numera in i mobilterminalen. Kretskorten måste då designas och placeras på ett sådant sätt att störningar från radiokommunikationen inte uppstår (så kallat EMC-skydd). Combitech AB har arbetat med både Nokia och Ericsson på att lösa denna typ av problem som är välbekant från den militära radiodiosidan. Combitech AB har en anläggning för antennutveckling som ursprungligen byggdes för militära ändamål men som i dag utnyttjas av ett flertal civila kunder. Nästa steg är att bygga in antennen i terminalens plasthölje.

4. *Medicinsk teknik*

Inom området medicinsk teknik har de hårda kraven från amerikanska FDA varit drivande på den tekniska utvecklingen, och i synnerhet när det gäller säkerhetskritiska system. Här har Combitech AB byggt instrument för blodanalys åt Hemocue, hjälpt till vid utvecklingen av dialyssystem åt Gambro och utvecklat elektronik för autoklaver åt Getinge.

PRAKTIKFALL 6. *Hydraulmotorer (Voac)*

Hydrauliska pumpar/motorer är en andra generationens spillover från kärnteknologin flygmotorutveckling hos VAC som blev en vinnare (punkt 8 i tabell 3).²⁸ Historien om Voac är en i det närmaste perfekt illustration av entreprenörskap inom ett stort företag. Viggen behövde en starkare bränslepump än den som fanns på Pratt & Whittneys civila JT8-motor. Volvo Aeros ingenjörer hittade en lämplig kandidat hos det amerikanska företaget Sundstrand, som inte hade hittat någon användning för den hydraulpump man utvecklat.

28. Användningen avgör om samma maskin kallas motor eller pump.

VAC köpte en licens 1969 och VAC:s ingenjörer började arbeta med att modifiera pumpen för Viggen. Av någon anledning misslyckades man och började därför söka efter sätt att få tillbaka de pengar man satsat på licensen och modifieringarna. Även om hydraulpumpen var för svag för den militära jetmotorn så var den mer än tillräcklig för att användas på tunga lastfordon och anläggningsmaskiner (Widfeldt & Fryklund 2005, s. 76ff).

Volvo förstod tidigare än andra konkurrenter betydelsen av denna möjlighet och tog snabbt ledningen när det gällde att använda hydraulisk teknologi i sina anläggningsmaskiner. Volvo Hydraulik blev ett eget bolag 1983. Företaget gick 1992 samman med Atlas Copcos dotterbolag Monsun Tison. Ett nytt bolag bildades, Voac Hydraulics. Det sysselsatte 900 personer 1994 (Eliasson 1995, s. 98f). Företaget köptes 1996 av det amerikanska företaget Parker Hannifin.

PRAKTIKFALL 7. *Höghastighetsbearbetning av metaller (Modig Machine Tool)*

Modigs Mekaniska Verkstad grundades 1948 i Virserum, mitt i mörka Småland. Modig utvecklade och tillverkade verktygsmaskiner. Redan 1970 tillverkade man hålkortstyrda maskiner och 1982 kom Modigs första datorstyrda verktygsmaskin.

Ända fram till 1980-talets slut tillverkade man konventionella maskiner, inklusive universalsvarvar. Modig, som nu bytt namn till Modig Machine Tool, lyckades ta sig in på de nord- och sydamerikanska marknaderna och Australien. De tyska och franska marknaderna var dock stängda. Tyskar och fransmän var för nationalistiska, enligt Modig. De uppvaktade visserligen Modig och lärde sig vad det svenska företaget kunde erbjuda, men ordena gick sedan alltid till ett inhemskt företag.

År 1985 hade Modig börjat experimentera med att höja skärhastigheten på en av sina fräsar för att öka produktiviteten. Men det fungerade inte. Temperaturen steg för snabbt. Efter ett tag smälte såväl verktygsstålet som de metaller man bearbetade. Ungefär samtidigt hade Saab köpt en verktygsmaskin – Modig 5000 – av Modig. Man hörde efter ett tag av sig och frågade om Modig kunde bygga

en maskin för att bearbeta långa aluminiumprofiler. Det hade man aldrig gjort tidigare, men det skulle säkert gå bra, resonerade man. Modig utvecklade en sådan maskin, som fortfarande säljs till nästan alla flygplanstillverkare i världen.

Ett samarbete etablerades med Saab. Och Saabs ingenjörer kunde inte bara förklara varför temperaturen steg så snabbt när skärhastigheten ökade utan också meddela att om man höjde hastigheten ytterligare skulle temperaturen gå ned och allt fungera som Modig ursprungligen tänkt sig. Vid mycket höga hastigheter försvann värmen med den flis som uppstod vid bearbetningen. Ett samarbete för att testa höghastighetsbearbetning av metall etablerades med Saab och Linköpings tekniska högskola. Modig genomförde testerna och 1987 öppnades världens första *Centre for high speed machining* i Virserum.

Saabs ingenjörer förstod att man med denna maskin kunde tillverka komponenter som man tidigare inte kunnat göra. Framför allt kunde man nu bearbeta mycket tunnväggiga material (bearbetningen gick så fort att materialet inte hann röra sig). Precisionen i bearbetningen kunde höjas. Detta blev oerhört viktigt när Gripens vikt skulle sänkas. All metall som inte behövdes för komponentens hållfasthet kunde nu fräsas bort. År 1989 köpte Saab därför den första verktygsmaskinen för höghastighetsbearbetning av metaller.

Saab var mycket generöst mot Modigs kunder som fick komma till Saab och inspektera Modigs maskin i arbete. Med Saab som kund fick Modig en kvalitetscertifiering, och Modigs höghastighetsmaskin började nu säljas över hela världen. År 1997 blev Modig av Boeing belönad som Årets leverantör (*Supplier of the Year*), det första icke amerikanska företag som fick den utmärkelsen. Man hade tagit fram en profilmaskin, delvis på tvären mot Boeings egna kravspecifikationer. Modig fick dock ordern och Boeing fick maskinen betald på sex månader i sparad arbetstid.

Strax före 11 september hade Modig 130 anställda. Efter det datumet fick man inte en order på 16 månader. Företaget gick i konkurs. Percy Modig köpte tillbaka sitt familjeföretag från konkursboet. Det har nu tio anställda och »arbetar distribuerat« med många av de tidigare anställda. Man arbetar integrerat med CAD-system och Inter-

net med varandra och mot kunden (till exempel Boeing i USA) på ett sätt som inte var möjligt för tio år sedan. Modig arbetar fortfarande över hela världen och har Boeing som en av sina stora kunder.

När min intervju genomfördes den 25 februari 2009 var det kris igen i världen och Boeing hade backat till två maskiner på en ursprunglig beställning på fem. Eftersom en stor del av Modigs kapital är uppbundet i utvecklingen av dessa maskiner stod krisen återigen för dörren.

PRAKTIKFALL 8. Kompositmaterial och lättviktskonstruktioner (Acab, Saab och VAC)

FMV ställde från början mycket hårda krav på Gripens förmåga att starta och landa på svenska landsvägar och på lång aktionsradie. Detta förutsatte mycket lätta konstruktioner både vad gällde flygkroppen och motorn. Både Saabs och Volvo Aeros ingenjörer har därför utvecklat något av en specialitet när det gäller lättviktskonstruktioner i bland annat tåligt kompositmaterial (se avsnitt 4.4.6).

Den radom (RAadarDOME) som skyddar radarantennen i Gripens nos är en tekniskt mycket avancerad konstruktion, där kompositmaterial kommer till användning. Den utvecklades av dåvarande Nobel Plast i Ljungby, sedan 2007 – efter en serie omstruktureringar och ägarbyten – helägt dotterbolag till Volvo Aero Corporation under namnet Applied Composites AB (Acab). VAC köpte Acab 2007 som ett led i sin ambition att vidareutveckla sin specialkompetens inom lättviktskonstruktioner.

NobelPlast var för övrigt det enda företaget utanför IG JAS-gruppen som vågade ta på sig uppgiften att utveckla ett komplett delsystem till Gripen. Nobel Plast, som grundades 1957, hade dock utvecklat radomen till Saabs 32 Lansen och alla svenska stridsflygplan därefter.

Acab illustrerar hur avancerad uppgiften att utveckla delsystem för ett stridsflygplan är.

En radom skyddar en rörlig antenn i nosen på ett stridsflygplan eller en missil. I spetsen på ett överljudsflygplan utsätts radomen för både extremt höga och låga temperaturer och stort slitage. Radomen

måste också klara ett blixtnedslag. Gripen radom är dessutom inte bara ett fysiskt skydd för radarantennen. Konsten har varit att utveckla ett kompositmaterial som bara släpper igenom radarvågor på smala och speciella frekvenser som fienden inte känner. Därför kan Gripen piloter se utan att ses av fienden, en smygegenskap som Gripen är ensam om. Det syntetiska kompositmaterialet är då så sammansatt att det absorberar ett minimum av energi från radarsystemets mikrovågor, och därför höjer radarns synförmåga jämfört med konventionella system.

Acabs volymprodukt (60 procent av omsättningen) är eldrör till Bofors granatkastare (nu inom brittiska *BAE Systems*). Dessa mycket speciella kompositmaterial kan klara relativt höga temperaturer och har därför funnit användningsområden inom lättviktskonstruktioner till stora flygmotorer, exempelvis fläkt- och kylsystem. Det var ursprungligen ett krav på Gripenmotorn att hålla nere vikten som tvingade fram dessa lättviktskonstruktioner hos Volvo Aero Corporation.

Acabs civila försäljning var 2008 bara 17 procent och bestod av ett antal kompositprodukter som tillverkades i små volymer, till exempel slangar till Gambros dialysmaskiner och »genomlysbara« lätta bårar för patienter som genomgår röntgen och mammografianalys. Acab tillverkar också framaxlar för tävlingsmotorcyklar som måste vara både tåliga och lätta.

Det finns många möjliga civila användningsområden för kompositmaterial där styrka och temperaturtålighet efterfrågas, som fronten på höghastighetståg, bubble pooler, militära smygfarkoster (*stealth ships*, en specialitet hos Kockum) och bakaxeln till bilar (Westerlund 1992). Den i dag återhållande faktorn är priset, men det kommer att gå ned i takt med att användning och volym ökar. Eftersom Acab behärskar såväl småskalig som volymtillverkning ser man fram emot en snabbt växande framtida civil tillverkningsandel.

Jag har ovan i tur och ordning diskuterat (1) den distribuerade och integrerade produktionsteknologin för det avancerade industri-landets verkstadsföretag, (2) säkerhetskritisk mjukvaruutveckling, (3) utvecklingen av underhållsfria mekaniska produkter samt (4) tå-

liga och starka lättviktskonstruktioner i syfte att spara bränsle och reducera luftföroreningar.

De tre praktikfallen 5, 7 och 8 har illustrerat (1) hur Saabs konsultföretag Combitech AB engagerat sig i att kommersialisera spridningen av teknologier som genererats inom Saab – särskilt Gripen-teknologier – till svensk industri, (2) hur Gripenrelaterad metallbearbetningsteknologi utvecklad hos en underleverantör (Modig Machine Tool) blivit en ny världsprodukt och (3) hur speciella teknologier (lättnviktskonstruktioner) tagits fram för Gripen inom tre företag. Detta handlar om väldefinierade teknologier som spillts från Gripenens utvecklingsarbete och som explicit inarbetats vid beräkningen av Gripenens spillover-multiplikator.

Det verkligt stora och för samhällsekonomin mest värdefulla spillover-flödet handlar dock om de generiska verkstadsindustriella teknologier, av vilka de redovisade praktikfallen utgör en del, som i dag i olika grad går igen i praktiskt taget all verkstadsindustriell produktion, men som inte kan identifieras och beräknas i form av väldefinierade praktikfall. Tillsammans representerar dessa mycket stora samhällsekonomiska värden. För att fånga de storleksordningar det handlar om krävs andra metoder än praktikfallsstudier (ekonometri på stora datamaterial över långa perioder och/eller simulering – se nedan).

4.5 Praktikfall under allmän industriell teknologi

Även om de teknologier, runt vilka ett modernt stridsflygplan och dess motorer byggs upp, i första hand sprider sig till verkstadsindustrin, representerar integreringen av sensorer, elektronik och mekaniska system med mjukvara en bred plattform för teknologispredning till näringslivet i sin helhet. En väsentlig del av teknologispredningen förmedlas också av de konsulter som arbetar runt Saab och Volvo Aero Corporation (se praktikfall 5, Combitech AB). Styrningen av de extremt långa papperslinorna i ett modernt pappersbruk i mycket

höga hastigheter – så att hastigheten är exakt densamma i början och slutet av papperslinan – kräver till exempel lika mycket datorkraft som en Boeing 747.

Teknologispridningen från JAS 39 Gripen och Gripensystemets vapenutveckling handlar i flera fall om udda industriella möjligheter som ofta upptäcktes av en slump. Framför allt har det handlat om industriella möjligheter som inte förutsetts utan krävt entreprenöriell (serendip) upptäckarförmåga för att fångas upp kommersiellt i produktionen. Baksidan är att många fall kanske aldrig upptäckts, åtminstone inte i Sverige. En ny sida av utvecklingen har dessutom blivit att allt eftersom de civila produkterna blivit mer avancerade har teknologispridningen blivit dubbelriktad. Den militära flygindustrin använder till exempel i dag allt fler komponenter som köps direkt på civila marknader.

Ericssons utveckling från ett telefonbolag som nästan helt sysslade med fast telefoni 1980 till ett företag som i dag praktiskt taget helt ägnar sig åt utveckling, installation och drift av mobiltelefonisystem är det mest spektakulära praktikfallet under denna rubrik (praktikfall 10). Men kanske lika betydelsefullt ekonomiskt är *spridningen av det säkerhetstänkande* som tidigt utvecklades i den militära flygindustrin till den svenska bilindustrin och dess underleverantörer. Här handlar det mindre om väldefinierade tekniska lösningar än om innovativa och konstruktiva sätt att tänka i utvecklingsarbetet samt om kompetens inom systemintegrationsområdet som flygingenjörerna tog med sig när de gick från Saabs flygverksamhet till bilindustrin och vidare ut bland dess underleverantörer.

4.5.1 *Bilsäkerhetssystem som en svensk exportprodukt*

Det är inte en tillfällighet att pilotens säkerhet tidigt blev uppmärksamman inom den militära flygindustrin. Piloterna manövrerade extremt dyra farkoster under osäkra förhållanden och piloten själv representerade en betydande investering i humankapital även i förhållande till den hårdvara han ansvarade för.

Ett militärt flygplan utvecklades därför med två viktiga säkerhets-

system i minnet: flygplanet skulle vara lätt och säkert att flyga och piloten skulle kunna räddas vid ett haveri. För ett litet land som Sverige representerade för övrigt ett havererat jaktplan en betydande ekonomisk förlust jämfört med samma förlust för exempelvis USA. Av de 661 J 29-or (Flygande tunnor) som tillverkades åren 1951–1956 totalhavererade 190, och 99 piloter förolyckades. Sådana siffror skulle i dag vara helt oacceptabla.

Säkerhetstänkandet började därför tidigt inom Saab. Världens första katapultstol utvecklades för Saabs J 21 redan på 1940-talet. J 21 drevs av en skjutande propeller som satt bak i flygplanet, och katapultstolen – som sköts iväg av en »kanon« med en krutladdning – var nödvändig för att vid en olycka kasta piloten över propellern. Redan 1951 bildades en speciell sektion inom Saab som arbetade med säkerhetskonstruktioner. Saab 35 Draken – ett överljudsplan som krävde effektivare lösningar än tidigare stridsflygplan – blev därmed först i världen med att mot slutet av 1960-talet utrustas med en raketdriven katapultstol utöver den krutladdade kanonen.

För att den bakre piloten i den tvåsitsiga versionen av Draken inte skulle fastna med sina armar under relingen i sittbrunnen vid en utskjutning som han var oförberedd på, installerades dessutom krutaktiverade luftkuddar under respektive reling som hade till uppgift att pressa in hans armar mot kroppen. (I och med att raketstolen infördes i den tvåsitsiga versionen av Draken utvecklades ett sekvenssystem som innebar att den bakre stolen alltid sköts ut först för att raketmotorn från den främre stolen inte skulle bränna och skada den bakre piloten. Den främre piloten initierade med andra ord alltid utskjutningen av båda piloterna, vilket kunde innebära att den bakre piloten inte var förberedd.)

Dessa innovationer blev tyvärr aldrig några exportprodukter och de militära flygplanstillverkarna började någon gång på 1970-talet att köpa in delarna till räddningssystemet – katapultstol, utskjutningsmekanism och syrgassystem – i stället för att specialtillverka dem själva. Vad gäller JAS 39 Gripen organiserades en intern konkurrenssituation där Saabs konstruktörer i egen regi fick tillfälle att bjuda på ordern i konkurrens med utländska specialistleverantörer.

Ordern hamnade i England hos Martin Baker Aircraft som levererade själva stolen. Hela säkerhetssystemet var dock fortfarande Saabs ansvar och lösningarna skyddades av flera patent. Men Saab hade under årens lopp utvecklat ett mycket avancerat säkerhetstänkande som med tiden diffunderade ut i den svenska bilindustrin (se praktikfall 9).

Trepunktsprincipen för säkerhetsbältet var välkänd inom Saab redan på 1950-talet, liksom kravet att piloten måste rätas upp och spännas fast ordentligt i sätet vid ett olyckstillfälle, till exempel en utskjutning. Krutaktiverade rulldon som rätade upp och spände fast piloten vid utskjutningen fanns redan på Draken mot slutet av 1950-talet. Fallskärm, stol och pilot var fastspända med ett trepunktsbälte.

Den nära kontakten mellan militär flygplanskonstruktion och personbilsutveckling i Sverige inom både Volvo och Saab innebar att säkerhetstänkandet diffunderade in i den svenska personbilsindustrin och dess underleverantörer, inte minst genom att Saabs ingenjörer rörde sig mellan verksamheterna över interna och externa arbetsmarknader (punkt 1 i tabell 1). Med tiden har dock utvecklingen börjat gå i båda riktningarna. Den luftkudde som sitter i bakre kabinen på den tvärsitsiga Gripen och som har till uppgift att hindra att glassplitter från huven skadar piloten vid en utskjutning, är i princip en luftkudde baserad på samma teknologi som på Saab 900, som utvecklats av Autoliv. Men i många avseenden kom tekniska lösningar inom den militära flygplansutvecklingen att påverka säkerheten i de svenska bilarna.

Saabs utveckling av simuleringsteknik för att optimera strukturella lösningar i flygplanets kropp, särskilt balanseringen av tunna men starka fackverkskonstruktioner mot skalets tjocklek, passade exakt rätt när det gällde Saabs samtidiga utveckling och tillverkning av personbilar. På 1980-talet införskaffade Saab – tillsammans med Linköpings universitet – en Cray superdator för sitt designarbete på flygsidan. Genom detta kunde flygingenjörerna också hjälpa bilingenjörerna att konstruera för sin tid mycket säkra bilar som kunde absorbera krockar mellan bilar genom att kollapsa på ett förutbe-

stämt strukturerat sätt. År 1972 introducerade Saab – som första biltillverkare i världen – ett avancerat sidokrockskydd (*side impact protection*) i sina bilar.

En effektiv cockpitdesign gjorde piloten mer effektiv och flexibel som pilot och gav honom mer tid och uppmärksamhet för sina stridsuppgifter. JAS 39 Gripen är med sin styrspak (*joystick*) och helt integrerade elektroniska instrumentering i färg – som kan konfigureras om beroende på stridsuppgift och dessutom visas (speglas) på vindrutan, en så kallad *head up display* – förmodligen världens mest lättflugna stridsflygplan.

ABS-bromsar fanns med i Gripens specifikation redan kring 1980, och var inmonterade i landningsstället när de första leveranserna ägde rum 1988. De sista Viggenplanen som tillverkades var även de utrustade med ABS-bromsar.

Saabs ingenjörer experimenterade också med att överföra Gripens *fly by wire*-styrsystem och *head up*-instrumentering på Saabs personbilsmodell 9000 under 1970-talet. Denna teknologi visade sig tyvärr vara för dyr för en personbil. De sensorer som användes för att frigöra en primitiv luftkudde – för att hålla in pilotens armar och ben när katapultstolen utlöstes vid en olycka – fann å andra sidan så småningom vägen till det svenska bilsäkerhetsföretaget Autoliv. Autoliv har två utvecklingscentra. I Linköping ägnar man sig åt elektronik och aktiv säkerhet.

När Autoliv köpte Nokias bilelektronikverksamhet i Motala visade det sig vara rationellt att koncentrera verksamheten till Linköping och expandera där, därför att det var lättare att rekrytera kvalificerad personal där. En annan omständighet var att det kunnande inom bildanalys som utvecklats inom Saab – särskilt i samband med utvecklingen av målstyrda missiler av Saab Bofors Dynamics – kom väl till pass för Autolivs satsning på IR-kameror.

Därför blev också Saab Automobile och Volvo PV inte bara pionjärer inom bilsäkerhet. Som avancerade och tidiga kunder för säkerhetslösningar i bilar kom Saab och Volvo även att påverka utvecklingen av en tidig specialiserad bilsäkerhetsindustri i Sverige. Autoliv har blivit världsledande och det mest kända företaget. Utvecklingen

har också inneburit att Autoliv tyvärr blivit det i praktiken enda kvarvarande bilsäkerhetsföretaget i Sverige.

GM har också, efter köpet av Saab Automobile 1990 och 1999, låtit Saab ansvara för GM:s utveckling av bilsäkerhetssystem. Det kunnandet, tillsammans med Saab Automobiles kompetens inom hybridmotorområdet, verkar vara ett avgörande skäl till att GM:s pågående kontrollerade konkurs under den amerikanska *Chapter 11*-lagstiftningen i sig inte är ett hot mot Saab som helbilsystemutvecklare (*Ny Teknik*, 3 juni 2009). Problemet ligger på ett annat plan.

PRAKTIKFALL 9. *Den svenska bilsäkerhetsindustrin och Autoliv*

Autoliv grundades 1953 på en ny tvåpunktsbilbältes-teknologi i ett polyestermaterial med hög energiabsorberande förmåga som snabbt blev standard i Sverige. År 1958 blev Volvo först i världen med att installera detta tvåpunktsbälte som standard på alla PV 444-bilar. Samma år hade Volvo påbörjat utvecklingen av ett trepunktsbälte (Nilsson 2003, s. 28). Nils Bohlin, som arbetat med katapultstolar och räddningssystem på Saab på 1950-talet, anställdes samtidigt som krocksäkerhetsexpert på Volvo. Han sägs ha »uppfunnit» trepunktsbältet som introducerades på Volvo-bilarna 1959.

Detta är dock en intressant sanning med modifikationer, eftersom två amerikaner fick patent på ett trepunktsbälte redan 1951 – ett förhållande som gjorde det besvärligt för Volvo att få patent på Bohlins trepunktsbälte med en ny fastspänningsanordning. Andreasson & Bäckström (2000, s. 40) hävdar till och med att äran för att svensk bilindustri blev först i världen med att introducera trepunktsbälten bör tillfalla två ingenjörer och en läkare på Vattenfall som ville ta ned den höga olycksfallsfrekvensen på Vattenfalls mycket stora bilpark.

Säkerhetsbälten hade dock, som nämnts, alltid funnits på stridsflygplan där man tidigt förstod trepunktsprincipen och nödvändigheten av att bältet spändes åt hårt för att skydda vid en krock eller utskjutning med katapultstol. Indragningsdelen till 37 Viggen utvecklades av Saab i början av 1960-talet. Saab 32 Lansen hade redan på 1950-talet ett krutaktiverat rulldon från USA. Bilbältessträckaren kom till bilindustrin först i början av 1990-talet.

År 1967 hade Autoliv utvecklat ett nytt infällbart (*retractable*) trepunktsbälte med en upprullning som gjorde att bandets längd automatiskt anpassade sig efter den åkandes sitsläge, storlek och krocksform. Svensk Tryckgjutning i Vimmerby, som grundats av Sven Hjelite, en Saab-utbildad montör, fick 1970 en förfrågan från Autoliv om att få bältesupprullaren, som tenderade att kärva, att fungera. Svensk Tryckgjutning lyckades med detta och är fortfarande underleverantör till Autoliv. Konkurrenten Gränges Weda köpte Autoliv 1975, och när Electrolux köpte hela Grängesbergssbolaget 1989 blev Autoliv ett dotterföretag till Electrolux. Svensk Tryckgjutning var också underleverantör åt STIL som gjorde rulldon åt Volvo.

År 1984 köpte Electrolux STIL och allt samlades i Autoliv. Autoliv passade dock inte in i Electrolux långsiktiga strategi. Men Electrolux ledning satsade ändå på företagets utveckling genom ett antal kompletterande företagsköp i Sverige och utomlands. År 1994 introducerades Autoliv på börsen och företaget fortsatte att växa på egen hand genom förvärv. Under namnet Autoliv gick man 1997 samman med amerikanska Morton Asp. Morton bidrog med en bättre luftkuddeteknologi och Autoliv Inc. introducerades på New York-börsen.

Autoliv är 2009 världens ledande bilsäkerhetsföretag med en tredjedel av världsmarknaden inom sitt produktsortiment och 36 000 anställda. Åttio procent av ägandet är i dag amerikanskt, och även om företagets huvudkontor fortfarande ligger i Stockholm finns endast fem procent av tillverkningen i Sverige. I november 2009 köpte man amerikanska Delphis bilsäkerhetsverksamhet, som innebär en ökning av omsättningen motsvarande 125 miljoner US-dollar (pressmeddelande 17 november 2009).

Det tidiga säkerhetstänkandet i svensk bilindustri kan i flera avseenden spåras tillbaka till flygindustrin. Spåren är av tre slag. Vi har introduktionen av säkrare bilkonstruktioner och kompletterande säkerhetsanordningar av typen säkerhetsbälten och luftkuddar. Det viktigaste bidraget är dock det systematiska säkerhetstänkande som fördes vidare från Saabs utveckling av stridsflygplan till svensk bilindustri och som Volvo och Saab Automobile som kompetenta kun-

der förde vidare till de specialiserade bilsäkerhetsföretagen. Av dessa blev Autoliv så småningom störst och världsledande inom sitt område. Den överföringen handlade om människor med kompetens som bytte jobb.

Framför allt vet vi att ingenjörer med erfarenhet från säkerhetsarbete inom Saab gick till bilindustrin. De lärde ut vilka krav som skulle ställas på produkten. Saab Automobil lånade regelbundet ingenjörer från Saabs räddningsgrupp.

Sensorer i airbags tillverkas av Autoliv, och Svensk Tryckgjutning är en av leverantörerna. De tidiga krockkuddarna ställde mycket stora krav på det energetiska materialet – »krutet« – och de små sensorer som vid en krock pålitligt och på nolltid ska blåsa upp krockkudden.²⁹ Denna teknologi utvecklades tidigt i anslutning till Bofors robotverksamhet, Bofors Bepab. Detta företag förvärvades 1995 av en grupp ingenjörer inom företaget. Bofors Explosives, som företaget senare kom att heta, utvecklade tekniken vidare åt Autoliv. Verksamheten har sedermera gått upp i det fransk-finsk-svenska gemensamt ägda *Eurengo* som i Karlskoga arbetar med både civila tillämpningar åt Autoliv och militära tillämpningar åt Saab Bofors Dynamics.

Bofors har också utvecklat en mekanisk sensor till ett sidokollisionsskydd för bilar. Utvecklingen har skett i samarbete med Autoliv (Fransson 1996, s. 365). Combitech AB har integrerat det säkerhetskritiska systemet på Volvo S80.

Runt Saab och Saab Bofors Dynamics vapenutveckling har ett specialiserat kompetensblock inom datorutveckling, mikrovågskommunikation och bild/signalanalys utvecklats i Linköping. *Sense and avoid*-teknologi till havs och mellan flygplan för att undvika kollision är en Saabspecialitet som utvecklats inom Gripenprojektet. Det är ingen tillfällighet att Autoliv förlagt en viktig del av sin teknologiutveckling (Autoliv Electronics) till Linköping och där bland annat arbetar med IR-baserad bildanalys och kollisionssvarningssystem för bilar. Den militära teknologin väger in tungt här. Autoliv utvecklar tillsammans med Flir Systems värmekameror för personbilar – ur-

29. Dagens sensorer innehåller enbart elektronik.

sprungligen en militär teknologi som tagits fram inom AGA. Detta bilvarningssystem har redan installerats på BMW:s nya 7-serie.

Det går inte, som i praktikfallet Ericsson nedan, att identifiera speciella teknologier som tagits fram inom den svenska militära flygindustrin och som gjort det möjligt att utveckla en tidig svensk bilsäkerhetsindustri med Autoliv i spetsen. Däremot fanns ett – i ett internationellt perspektiv – tidigt och avancerat säkerhetskunnande tillgängligt inom svensk militär flygindustri. De nära kontakterna mellan Volvo, Saab Automobil och Saab Aircraft, i kombination med att de två bilföretagen tidigt förstod att det fanns en marknad för säkra bilar och trädde in som mycket kompetenta kunder, har å andra sidan varit en förutsättning. Som Andreasson & Bäckström (år 2000) påpekar hade Vattenfall – som en stor, krävande och kompetent kund – tryckt på för att få de två bilföretagen att introducera det trepunktsbälte som man hjälpt till att utveckla.

Tilläggas bör också att Autoliv är ett av få exempel på att ett världsledande industriföretag under efterkrigstiden utvecklats på svensk mark. Detta entreprenörskap har delvis byggt på en kapitalisering av svenskt flygtekniskt kunnande (spillovers). Autoliv växte sig till en början stort i hägnet av ett världsledande och entreprenöriellt svenskt storföretag, Electrolux, och en intressant fråga är hur det hade gått om den tidiga utvecklingen ägt rum utan ett storföretags resurser och förmåga att absorbera risker i ryggen.

4.5.2 Svensk dator- och kommunikationsindustri förnyar sig

Den svenska dator- och kommunikationsindustrin har under 50 år genomgått en dramatisk omvandling från mekaniska räknesnurror (Facit, Odhner etc.) och elektronrörsdatorer (exempelvis Saabs SARA från tidigt 1950-tal) över elektromekaniska kalkylatorer och telefonväxlar (Ericsson) till dagens mycket avancerade digitala mobiltelefonisystem (Ericsson).

Facit hade 20 procent av världsmarknaden för elektromekaniska kalkylatorer på 1950-talet men klarade inte övergången till elektroniska kalkylatorer. Företaget gick i praktiken i konkurs 1972 och

köptes upp av Electrolux. Utvecklingen kunde knappast ha varit snårigare och mer oförutsebar och var aldrig självklar. Den har bestått i en serie lyckade och misslyckade affärsexperiment som lämnat en lovande svensk datorindustri i diket. Som tur var finns världens just nu ledande mobilsystemutvecklare kvar på vägen. Men oavsett utgången har militär radio- och datorteknologi varit utvecklingsplattform.

PRAKTIKFALL 10. Från elektromekanisk, fast telefoni till digital mobiltelefoni på 40 år (Ericsson)

Ericssons omvandling från internationell tillverkare av elektromekanisk telefonutrustning till världens ledande mobilsystemutvecklare på 40 år är en av de mest fascinerande företagsomvandlingarna någonsin. Inte nog med att Ericsson var nära att missa den enorma affärsmöjlighet som mobiltelefonin representerade. För att lyckas måste organisationen glömma sin gamla kompetensbas i elektromekanik och sina marknader för offentligt upphandlade produkter samt få företagets ledning att överge en annan strategi, visserligen väl genomtänkt men på väg åt helt fel håll, för att släppa in en helt ny teknologi – en nog så svår uppgift.

Få skulle emellertid utan förhandsinformation vänta sig att Ericssons framgång i den omvandlingen från början byggde på att avancerad militär radioteknologi existerade inom den egna organisationen – i det avseendet var Ericssons situation unik i världen – och att den fortsatta utvecklingen hjälptes fram av en fortsatt utveckling av Gripenrelaterad militär antenn- och mikrovågsteknologi.³⁰ Detta fortlöpande beroende av militär radioteknologi utgör en särskild komplikation när jag försöker beräkna Gripenprojektets spillovermultiplikator, särskilt som Ericsson står för det enskilt största bidraget till denna multiplikator. Av dessa skäl ägnar jag Ericsson extra stor uppmärksamhet som praktikfall.

Ericssons framgång inom mobiltelefoni är en solskenshistoria. Den har sin grund i tre positiva omständigheter: (1) en nyfiken, innovativ och mycket kompetent offentlig kund med gott om pengar,

30. Möjligen med undantag för Nokia. Se Bruun & Wallen (1999, s. 49ff) och Stenbock (2001, s. 86ff).

svenska Televerket, som under flera år försökte få en tveksam Ericssonledning intresserad av mobiltelefoni, (2) Ericssons egen digitala och modulariserade AXE-växel för fast telefoni – en världsframgång – och (3) den lyckliga omständigheten att det inom Ericssons försvarsverksamhet pågick mycket avancerat utvecklingsarbete på radioområdet. Om ett av dessa tre ben hade saknats skulle Ericsson i dag förmodligen inte vara världens ledande mobilsystemutvecklare – och att döma av konkurrenternas öden kanske inte ens ett självständigt företag.³¹

Avgörande för framgången var en envis chef för Svenska Radio AB (Åke Lundqvist, chef för SRA, senare Ericsson Radio Systems) som med Televerkets goda minne motsatte sig den högsta ledningens försök att lägga ned det experimentella utvecklingsarbetet inom radiotelefoni. Det finansierades i lönnedom över en militär budget.

När Ericssons högsta ledning, efter ett vd-byte 1988, till sist förstod att man hade en vinnare ombord, gick det däremot fort. Resurser fanns från AXE-systemets vinster, särskilt sedan den misslyckade satsningen på affärsinformationssystem (EIS) avbrutits (se praktikfall 12). Ett viktigt inslag i framgången var att ett antal militära radioteknologier med höga frekvenser fanns tillgängliga när den amerikanska mobiltelefonimarknaden avreglerades på 1980-talet och att en teknisk specifikation, som passade Ericssons militära taktiska radiolänk, fastställdes av amerikanska Federal Communications Commission (FCC).

31. Som illustration kan nämnas att Ericsson våren 2009 köpte kanadensiska Nortels enhet för mobilsystem. Förutom att stärka sin position inom CDMA-teknologi (just nu vanlig i Nordamerika, även om utvecklingen är negativ) försvårar man för konkurrenten Nokia Siemens, som också var med i budgivningen. Nortel Networks, som tidigare var Nordamerikas största tillverkare av telekomutrustning, befinner sig för närvarande under konkursskydd enligt amerikanska *Chapter 11* (*Dagens Industri*, 28 juli 2009; *Dagens Nyheter*, 15 januari och 27 juli 2009).

När Ericsson sommaren 2009 dessutom tog över driften av Sprint Nextels mobilnät ökade antalet anställda i USA med 6 000 till 14 500, att jämföra med antalet Ericsson-anställda i Sverige på 18 000 (*Dagens Industri*, 26 november 2009).

DE MÅNGA DELTEKNOLOGIER SOM SKA INTEGRERAS I MOBILTELEFONISYSTEMET

Cellulär mobiltelefoni bygger på en uppdelning av geografin i relativt små celler inom vilka kommunikation mellan en stationär basstation och en rörlig station (terminalen) kan upprätthållas med relativt svaga sändare. Principen är att systemet (basstationen) hela tiden håller kontakt med alla påslagna terminaler inom cellen. När någon apparat, säg terminalen i en bil, lämnar cellen, söker och finner systemet bilen i en ny cell. Denna teknik kallas *roaming* (punkt 8 i tabell 4).

Den höga frekvensen innebar dessutom en ytterligare fördel för Ericsson, som satsat på *Time Division Multiple Access* (TDMA)-teknologin. Ju högre frekvens, desto tätare kunde man packa informationen som »skivor efter varandra« i GSM-systemet. Utvecklingen av ett mobilteknologisystem är en komplicerad affär som kräver att en rad teknologier integreras. De 14 viktigaste har listats i tabell 4 och minst sex av dem har sitt ursprung i militär radioteknologi.

TABELL 4. Kritiska komponentsystem i ett digitalt mobilt telefonisystem.

-
1. Specialdesignade integrerade kretsar, så kallade ASIC, som möjliggör långtgående miniatyrisering (*Specially designed integrated circuits*)
 2. Kretsdesign (*Circuit designs*)
 3. Programvarusystem (*Software systems*)
 4. Digital signalbehandling (*Digital signal analysis*)
 5. Modularisering (*Modulation*)
 6. Vocoder-teknik – röstkodning och avkodning (*Voice coding and decoding*)
 7. Växelteknik (*Switching technology*)
 8. *Roaming*
 9. Hand-off-teknik (*Hand-off technology*)
 10. Synkroniserad frekvenshopptechnik (*Synchronized frequency jumping*)
 11. Antennteknologi (*Antenna technology*)
 12. Datakommunikationsteknologi (*Data communications technology – protocol standards etc.*)
 13. Felrättning (*Error correction*)
 14. Kryptering (*Encryption*)
-

Synkroniserad frekvenshoppsteknik (punkt 10 i tabell 4) utvecklades först i Sverige som en militär teknik omkring 1980 för att kunna undvika att radiokommunikation stördes av fienden. Ericsson kunde direkt överföra samma teknologi till sitt GSM-system för att höja röstkvaliteten i mobiltrafiken. Frekvenshopp fungerar bara i digitala mobiltelefonisystem. Så fort mottagningen blev för svag kunde kvaliteten automatiskt återställas genom ett frekvensbyte.

Elektriskt styrda *antennor* från det militära övervakningssystemet Erieye och Ericssons rymdverksamhet har gjort det möjligt att effektivt rikta signalerna både till och från många mobilterminaler och en basstation och – vid trådlös mikrovågskommunikation – mellan basstationer. Från den trådlösa kommunikationen mellan basstationer har en vidareutveckling av den teknologi som låg till grund för den militära digitala taktiska radiolänken och mikrovågsteknologi (MiniLänken) blivit en oerhörd civil framgång för Ericsson. Den utgör i dag – som *Dagens Industri* skriver den 25 juni 2009 – »navet i Ericssons maskineri«.

Hand-off-teknik (punkt 9) är central inom mobiltelefoni och innebär att samtalets kvalitet hela tiden mäts (*signalbehandling*, punkt 4) och att samtalet flyttas till en annan basstation när signalen blir för svag. Digital signalanalys har länge funnit användningar inom militär radioteknik.

Felrättning (punkt 13) är särskilt intressant eftersom introduktionen av digital kommunikation hölls tillbaka av det faktum att tekniken att använda digital signalbehandling (vid felrättning) inte var utvecklad. Felkorrigeringstekniken utvecklades ursprungligen för militära ändamål, såsom vid satellitfotografering, för att korrigera för radarekon. Att korrigera för kosmiskt brus är dock enkelt jämfört med att korrigera för variation i strålningsfältet på marken, där berg och byggnader ständigt kommer i vägen på ett oregelbundet och icke-stokastiskt sätt. Men kunnandet fanns återigen på den militära sidan och Linköping har med tiden utvecklats till ett kompetensblock vad gäller digital signalbehandling, bildanalys och mikrovågskommunikation, och i takt med att datorteknologin utvecklats har allt fler civila, särskilt medicinska, tillämpningar dykt upp.

Ericsson hade inom företaget en nära nog omedelbar tillgång till kunskande om radiokommunikation vid de höga frekvenser som militären använde sig av. Tack vare detta kunde företaget ganska omgående med sin TDMA(GSM)-teknologi bryta sig in före sina konkurrenter på de amerikanska och japanska marknaderna. Ericsson var tidigt det enda företag i världen som kunde offerera kompletta TDMA-system på de tre stora marknaderna Europa, USA och Japan.

Modularisering (punkt 5), som innebär att den radiovåg som innehåller informationen anpassas till den våg som bär signalvågen (bär-vågen), byggde i stort sett på samma teknologi inom militär och civil radiokommunikation. Ericsson råkade därför – med sin militära radioverksamhet – vara väl förberett för de affärsmöjligheter som öppnade upp sig inom mobil telefoni.

Kryptering (punkt 14) var knappast möjlig vid analog radiokommunikation. Kryptering var från början nästan enbart en militär angelägenhet, men har med tiden blivit allt viktigare för den mobila telefonin, allt eftersom fler tjänster läggs ut på Internet, och därmed i dag på mobilt Internet.

Övriga teknologier som måste integreras för att ett mobiltelefonisystem ska fungera fanns redan i avancerad form inom Ericsson (digital växelteknik, AXE-systemet, datakommunikation och vocoder-teknik) eller tillgängliga på marknaden. Ericssons *MiniLink* utgör en historia för sig själv. Jag har redan konstaterat att ju större elektronikinnehåll i en produkt, eller snarare vid utvecklingen av en produkt, desto större spillover-intensitet.

JAS 39 Gripen är den enskilt viktigaste komponenten i det svenska försvarets ryggrad. Men Gripen är integrerad i ett större och – i ett internationellt perspektiv – mycket tidigt, »nätverksbaserat« stridsledningssystem, STRIL 90, där vapensystem och Erieyes luftbase-rade spanings- och stridsledningssystem ingår, samt den avancerade antenn- och mikrovågsteknologi kring vilken MiniLink-systemet byggdes upp. Det var en Gripenrelaterad teknologi som kom att bli avgörande vid Ericssons inbrytning på basstationsmarknaden på 1990-talet. Den totala försvarsprodukten är alltså avsevärt mer kom-

plex än enbart Gripenplattformen. Jag talar därför genomgående om Gripensystemet.

På 1970-talet fick Ericsson i uppdrag av FMV att utveckla en taktisk digital radiolänk. Arbetet ägde rum på ett hemligt ställe i Stockholmsområdet. Under detta decennium upplevde Ericsson i Mölndal en djup recession och intensifierade sitt sökande efter civila tillämpningar på sitt stora kunnande inom militär radiokommunikation, radio-, mikrovågs- och antennteknologi samt signalanalys.

MiniLink, som från början var ett civilt projekt, kom till stånd på detta sätt, men projektet måste skyddas från Ericssons högsta ledning som vid den tiden var totalt koncentrerad på sitt senare misslyckade affärsinformationssystemprojekt (EIS, se nedan). Verksamheten organiserades därför i hemlighet (ett så kallat *skunk work*) för att dölja det pågående projektet. Men möjligheterna att sälja den civila MiniLinken var till en början små och »produkten måste söka intensivt efter en marknad«, som en intervjuad person uttryckte sig. Efter en tid dök emellertid en oväntad militär efterfrågan upp, och marknaden för MiniLinken växte snabbt.

Även om såväl den taktiska radiolänken som MiniLinken ursprungligen var tänkta att användas för analog radiotrafik – huvudsakligen röst – kunde båda lätt modifieras för digital radiokommunikation. MiniLinken representerade ett helt nytt koncept. Den var utrustad med en elektriskt styrd antenn från Erieye och långtgående miniatyrisering. Jämfört med de militära systemen hade man med sin ursprungligen civila inriktning tagit fram en lågkostnadslösning. En ny vd på Ericsson, som inte kom från den landbaserade telekomverksamheten, förstod den nya affärssituationen mycket bättre än den tidigare vd:n.

Ett civilt genombrott ägde rum på 1980-talet när telekomindustrin i USA – och med tiden också i Europa – avreglerades och nya operatörer släpptes in på marknaden. Det var till och med så att den nya teknologin bröt sönder det tidigare reglersystemet. MiniLinken var en positiv faktor i den utvecklingen och blev plötsligt en mycket användbar teknologi som gjorde det möjligt, enkelt och billigt för nya operatörer att koppla upp mot de existerande nätverken.

En kritisk omständighet bakom MiniLinkens snabba affärsmässiga genombrott var en stor order från det tyska verkstadsföretaget Mannesmann som beslutat att gå in på telekommunikationsmarknaden. Inför detta konkurrenshot gav Deutsche Telecom Mannesmann ett omöjligt dyrt »erbjudande« att koppla upp mot sitt landbaserade telefonnätverk, en uppkoppling som dessutom inte skulle bli tillgänglig förrän efter 18 månader när Mannesmanns operatörslicens gått ut.

Mannesmanns ledning insåg emellertid att en radiolänk skulle lösa deras problem billigt och snabbt, och kontaktade Ericsson. Detta kickstartade den civila användningen av Ericssons MiniLink. Den civila efterfrågan på MiniLink-lösningar från mobila telefonoperatörer ökade dramatiskt och växte snabbt ifatt den militära efterfrågan under 1990-talet.

AVANCERAD KONSUMENTELEKTRONIK – MOBILTERMINALERNA

Till en början var mobilterminalerna en viktig del av Ericssons produktutbud. De var stora, tunga och bulkiga apparater som krävde stor yrkesskicklighet att tillverka och var dyra och krångliga att använda. År 1982 krävde var och en fyra timmars arbetsinsats att tillverka, men med sin nya fabrik 1994 kunde Ericsson masstillverka fem miljoner GSM-terminaler per år – eller fler digitala terminaler än Motorola och Nokia producerade tillsammans. Endast tolv minuters arbetsinsats krävdes. Ericssons ledning trodde att det därmed skulle vara möjligt att tillverka konkurrenskraftigt med höga svenska löner och att Ericsson snabbt skulle bli den största mobilterminaltillverkaren i världen. Ericsson hade dessutom den fördelen att kunna integrera mobiltelefonsystemens och terminalernas teknologi med varandra.

Men det hjälpte inte. Nyckfulla och modemedvetna privata kunder som var mer intresserade av terminalernas utseende än av dess funktioner var inte Ericssons grej, och den effektiva höghastighetslina som tillverkade terminalerna var inte flexibel nog att kunna anpassas till marknadens modesvängningar. År 2001 gick Ericsson ihop med japanska Sony och bildade det separata terminalbolaget *Sony Ericsson*.

Sony bidrog med kund- och marknadskompetens och Ericsson med teknologi. Idén var rätt och Sony Ericsson har under flera år varit den tredje eller fjärde största terminalproducenten i världen efter Nokia och Samsung. Under senare år har dock marknaden drabbats av ny innovativ produktkonkurrens allt eftersom smidiga och lättskötta mångfunktionella terminaler, bland annat från Apple, introducerats och tryckt ned Sony Ericsson i den internationella rankingen.

EN TEKNOLOGIVÅG EFTER DEN ANDRA – INGEN GÅR SÄKER

Ericsson blev efter 2001 en renodlad mobiltelefonisystemutvecklare som hittills lyckats satsa på rätt teknologier – trots att marknaden utvecklats med halsbrytande hastighet. Men utvecklingen har inte stannat av och två stora hot mot Ericssons dominans tornar upp sig: Internetbaserad, digital telekommunikationsteknologi från USA och statsstödda konkurrenter från framför allt Kina, som sedan länge etablerat sig i Kista för att lära sig vad Ericsson håller på med. De flesta europeiska och amerikanska konkurrenterna har redan backat ut ur mobilsystemmarknaden eller är på väg ut (QualComm, Motorola, Nokia Siemens Networks, Alcatel-Lucent).

Den tidigare, lovande Code Division Multiple Access (CDMA)-teknologin, som utvecklats av QualComm, har efter många förse-ningar fortfarande inte slagit igenom. Även om den lever kvar i USA och i delar av Asien visade sig Ericsson ha gjort rätt att inte satsa enbart på den. Mobilt baserat bredbands-Internet med många multimediamöjligheter verkar vara den stora utmanaren. Där finns Cisco, som utvecklar Internetväxlar för digitala datorpaket (så kallade *routers*), med som den farligaste potentiella konkurrenten – även om företaget låtit meddela att man inte tänker gå in på mobila basstationer – samt kinesiska Huawei som dels är mycket kompetent, dels har kinesiska staten i ryggen.³²

32. Den statliga kinesiska upphandlarens strategi verkar vara att hålla Ericsson och företagets teknologi kvar i landet med någorlunda stora beställningar samtidigt som man i första hand gynnar Ericssons i dag farligaste konkurrenter, kinesiska Huawei och ZTE (*Dagens Industri*, 9 och 16 juli 2009).

Den teknologiska produktkonkurrens som de två telekomgiganterna på var sin sida om Östersjön (Ericsson och Nokia) utsätts för är intensiv. Kineserna (Huawei) etablerade sig i Kista för mer än tio år sedan för att lära sig Ericssons teknologi. Ericsson har dock hittills lyckats hålla sina konkurrenter på mobilsystemmarknaden (framför allt Huawei och Nokia Siemens Networks) stången och ansåg sig våren 2009 som klar etta i USA, Japan, Europa och Kina (*Dagens Industri*, 28 augusti 2008, 2 maj 2009). I december 2009 tar dock den kinesiske rivalen Huawei Telenors och Tele2:s order på ett gemensamt LTE-nät i Sverige (*Dagens Industri*, 19 december 2009), men Ericsson får strax därefter ordern att tillsammans med Nokia Siemens bygga TeliaSoneras 4G-nät (*Dagens Nyheter*, 14 januari 2010).

Nokias situation är besvärligare. Microsoft har länge lurat i marknadens utkanter med sitt eget Windowsbaserade operativsystem för mobiler, dock hittills (2009) utan att lyckas särskilt väl. Apples Iphone lanserades 2007 och har dramatiskt ändrat konkurrensförutsättningarna på terminalmarknaden såväl för dominanten Nokia som för alla andra spelare, inklusive dåvarande trean eller fyran Sony Ericsson (*Dagens Industri*, 3 och 16 december 2009), och Google är på väg in med en helt egen terminal och ett nytt eget operativsystem (*Dagens Industri*, 10 december 2009). Nokias situation kan till och med vara kritisk. Datorer (*netbooks*) växer in i mobilen och mobilen försöker ta sig an datormarknaden. Vem som ska vinna *netbooks-racet* (Europa eller USA) är oklart, men Ericssons teknikchef flyttar (*Dagens Industri*, 7 november 2009) till Kalifornien – behåller dock positionen som chef över FoU inom Ericsson – för att kunna hålla sig à jour med vad som händer i USA. Nokia öppnade redan 2006 ett research center i Palo Alto (*Financial Times*, 17 december 2007).

Även om Sveriges politiker och medborgare under de senaste tjuugo åren fått vänja sig vid att de till synes trygga, svenska storföretagen ett efter ett stupat i den internationella konkurrensen (Andersson med flera 1993), utgör den kapplöpning på en knivsegg som de stora telekomföretagen tvingas in i en unik affärssituation. Ett teknologiskt felval och inga resurser i världen räcker för att få företaget tillbaka på banan. Och de stora telekomföretagen har inte råd att hålla alla

möjligheter öppna genom att satsa på många teknologier samtidigt. De måste välja tidigt.

Ericsson har under de senaste åren valt att komplettera och koncentrera sin teknologibas genom en rad strategiska företagsköp, bland annat brittiska Marconi, kombinerat med avvecklingar av produktion. En sida av detta problem är att ett storföretag i denna typ av teknologiintensiv verksamhet som valt fel eller kommit för sent och hamnat i kris – precis som IBM mot slutet av 1980-talet – ofta, ja faktiskt normalt, tvingas byta ut större delen av sin bemanning för att klara sig.

För att kunna fokusera på förhoppningsvis rätt teknologi och position i värdekedjan verkar Ericsson dels vara berett att släppa Sony Ericsson och terminalsidan, som för övrigt inte går bra (*Dagens Nyheter*, 27 april 2009; *Svenska Dagbladet*, 18 juli 2009), dels koncentrera sina resurser till systemutveckling, installation, uppgradering och teknisk drift av systemen, samtidigt som fysisk tillverkning avvecklas eller outsourcas. Ericsson har nyligen (2009) gjort en stor inbrytning på USA-marknaden genom att ta över driften av Sprints mobiltelefonisystem och Nortels mobilnätstillgångar, som visserligen bygger på gammal CDMA-teknologi men som Ericsson måste behärska för att vara kvar på USA-marknaden (*Dagens Industri*, 28 juli 2009). Dessutom har Ericsson gjort inbrytningar med sitt 3G-system såväl i Taiwan, Sydkorea (*Svenska Dagbladet*, 14 juli 2009) som Kina, även om kineserna, som nämnts, bara ger Ericsson en smula (för att lära sig) och merparten av upphandlingarna går till de inhemska företagen (*Dagens Industri*, 9 och 16 juli 2009; *Svenska Dagbladet*, 14 juli 2009). I januari 2010 köper Ericsson det italienska konsultföretaget Pride med 1 000 anställda för att höja kapaciteten hos sin snabbväxande tjänsteorganisation Global Services (*Dagens Industri*, 13 januari 2010).

PRAKTIKFALL 11. *Övervakningssystem för telefonisystem (Ericsson HP) – en sekundär spillover*

Ett modernt flygplan, och särskilt ett stridsflygplan kräver i dag ett automatiskt övervaknings- och kontrollsystem som slår larm om

något inte fungerar och helst även automatiskt och omedelbart korrigerar situationen genom att slå på ett back up-system eller ett brandsläckningssystem. Den digitala teknologin gjorde sådana system möjliga.

De första Saab 37 Viggen byggdes upp kring analog elektronik, men den senare Jaktviggen var utrustad med en centraldator och var ett av den allra första tredje generationens stridsflygplan som utnyttjade digital elektronik extensivt i kombination med mekanisk teknologi. För Jaktviggen utvecklade Ericsson Microwave Systems i Göteborg/Mölndal ett centraliserat, digitalt kontrollsystem redan i slutet av 1980-talet.³³

Även telekomsystem behöver liknande kontrollsystem för att automatiskt kunna organisera om trafik när någon länk går ner, till exempel när en grävskopa river upp en nedgrävd ledning. Ericsson förstod tidigt att det fanns en efterfrågan på sådana kontrollsystem, inte minst för att övervaka sina egna landbaserade AXE-växlar och -system. Man förstod också att erfarenheterna från att lösa de programmeringsproblem man tampats med vid utvecklingen av Jaktviggens kontrollsystem skulle kunna utnyttjas här. Därför fick ingenjörer från den militära mjukvaruutvecklingen i uppgift att utveckla det civila systemet.

Mot slutet av 1970-talet var *The Automated Operations Maintenance 101* (AOM) färdigt för att installeras i Ericssons AXE-växlar i Saudiarabien och Australien. AOM-systemet var specialdesignat (*proprietary*) för Ericssons egna system och byggde på Ericssons egen mjukvara. Systemet utvecklades därför vidare under 1990 på en öppen Unix-baserad plattform med beteckningen *Telecommunications Management and Operations Support* (TMOS)-systemet som introducerades 1990.

De civila AOM 101- och TMOS-systemen byggde inte på samma mjukvara som de militära systemen. De militära lösningarna var för

33. Vi bör i sammanhanget erinra oss att JAS 39 Gripen var världens första fullt digitaliserade fjärde generationens stridsflygplan med »instabilitetsegenskaper«, som styrdes av ett distribuerat mikroprocessorbaserat datorsystem. Gripensystemet hade inte kunnat utvecklas utan den tidigare erfarenheten från Jaktviggens elektronik.

specialiserade. Men ingenjörerna från det militära utvecklingsteamet hade lärt sig från Viggenprojektet hur man kunde lösa de organisatoriska programmeringsproblem som fanns även på den civila sidan. De kände väl till signalbehandling och kunde relativt enkelt överföra sin erfarenhet till det civila programmet.

Denna typ av övervaknings- och kontrollsystem har i dag ett mycket brett tillämpningsområde, inte minst inom säkerhetsanalys och krishantering. Både AOM och TMOS opererar i realtid och utför – rankade efter komplexitet – tre huvuduppgifter:

1. felhantering
2. systemkontroll av driften (*performance management*)
3. systemoptimering på lång sikt (så kallad *configuration management*).

Det är omöjligt att dra en klar gräns mellan dessa tre funktioner. Felhantering handlar om att korrigera »partiella« fel. *Performance management* handlar om att mäta och kontrollera hela systemets funktionella kvalitetsstatus under drift. TMOS höll till exempel kontroll på signalstyrkan i individuella telefonsamtal i Ericssons mobilnät. Om en kabel gick av i det landbaserade nätet dirigerade TMOS automatiskt om trafiken. *Configuration management*, slutligen, handlar om att bygga ut systemets kapacitet på lång sikt och då optimera dess organisation.

Realtidsbaserade, digitala övervakningssystem har potentiellt mycket stora och breda applikationsmöjligheter, inte minst när det gäller utvecklandet av civil säkerhetsteknologi och krishantering. Ett lands elektricitetsdistributionssystem är ett exempel, och de ekonomiska värden som räddas om man slipper systemkollaps av den typ nordöstra USA råkade ut för 1965 och 1977 (*Northeast US electric grid failure*) och den i tiden mer näraliggande blackouten i New York 2003 är enorma.³⁴ Mer generellt handlar uppgiften om att hålla komplexa system igång även om något eller några delsystem kollapsar, till exempel att kunna mobilisera brandkår och ambulanser över stora avstånd även om kommunikationerna inte fungerar.

34. Sharefkin (1983, s. 300f).

Det är uppenbart att denna typ av problem först dök upp och måste lösas i storskaliga militära sammanhang, men samma typ av problem har vid upprepade tillfällen hotat det alltmer komplexa civilsamhället i de rika industriländerna. Vi behöver bara erinra oss Estoniakatastrofen 1994 och tsunamin i Ostasien 2004.

Celsius, sedan 2000 en del av Saab, har länge utvecklat denna typ av realtidsbaserade krishanteringssystem.³⁵ Celsius Information Systems (CIS) fick som uppgift att tillvarata det kunnande inom militär informationsteknologi som kan överföras till civila marknader. Man skiljer här mellan *lednings-* och *informationssystem*, och skillnaden ligger främst i inmatningen av data, den höga överföringshastigheten, den stora komplexiteten hos ledningssystemen samt åtkomligheten (*access*) av vad man behöver, när man vet vad och när man behöver det, oavsett var man befinner sig (Eliasson 1995, s. 124ff).

Det är intressant att notera att Celsius system fortfarande lever kvar inom Saab och att efterfrågan på denna typ av system är stor och ökar, medan Ericssons ambition att utveckla ett affärsinformations-system (EIS), som på ytan kan tyckas likna ett CIS-system, misslyckades kapitalt (se nedan).

Ericsson Telecom övervakningssystem krävde mycket avancerad datorteknologi som inte fanns inom företaget. Man gick därför 1993 samman med Hewlett Packard (HP) inom ramen för ett särskilt bolag Ericsson HP Telecommunications (EHPT). EHPT var till 100 procent inriktat på telekomtillämpningar trots att den potentiella marknaden utanför telekom var enorm. Ett argument mot breddning var att särskild specialiserad användarkompetens krävdes vid varje tillämpning, att Ericssons affärsagenda redan var tillräckligt fragmenterad samt att tidigare erfarenhet rådde att man borde ha hållit sig vid sin läst.

35. För er som kommer ihåg en komplicerad industrihistoria har Celsius sitt ursprung i Svenska Varv AB som »grundades» på ruinerna av den svenska varvsindustrin 1977. Namnet ändrades 1987. Försvarets Fabriksverk (FFV) – tidigare ett statligt affärsverk – gick 1986 ihop med Bofors AB och Celsius köpte Bofors 1992. Svenska staten ägde Celsius-koncernen fram till 1999 när den köptes av Saab som integrerade den i sin verksamhet. Saabs vapen- och missilverksamhet (Saab Missiles) gick till exempel samman med Bofors robotverksamhet och blev Saab Bofors Dynamics (SBD).

Telekommarknaden var för övrigt redan tillräckligt stor och snabbväxande för att stödja en framtida tillväxt hos EHPT. Företaget anställde 1200 personer 2001. Detta år övertog Ericsson HP:s 40-procentiga ägarandel och verksamheten har sedan dess internaliserats inom Ericsson.

PRAKTIKFALL 12. *Datorer och affärsinformationssystem*

Sveriges första datorer utvecklades och byggdes av bland annat Saabs ingenjörer för eget bruk. De var den plattform av kunskap och erfarenhet på vilken det civila Datasaab så småningom bildades. När Ericsson under 1980-talet satsade på affärsinformationssystem (*Ericsson Information Systems*, EIS) byggde man datorer och utvecklade digitala datakommunikationssystem. Datasaab blev en central del i detta misslyckade affärsprojekt som hade logiken för sig men verkligheten mot sig och som även drog Datasaab med sig i fallet.

FRAMVÄXTEN OCH FÖRSVINNANDET AV EN SVENSK

DATORINDUSTRI

Saabs flygplanskonstruktörer kunde alltid utnyttja mer datorkapacitet än den de hade tillgång till för att lösa sina beräkningsproblem. De var därför tidiga användare av datorer och avancerade kunder till den tidiga datorindustrin. För att kunna lösa sina beräkningsproblem utvecklade de egna datorer och då särskilt i samband med att de också utvecklade specialiserade, digitala beräkningsmaskiner för sina stridsflygplan. I början av 1950-talet byggde Saab en elektronrörsbaserad första generationens dator SARA (Saabs Automatiska Räkne Apparat) för att kunna utföra luftflödesberäkningar på Saab 32 Lansen och 35 Draken.

För en missil till SaabsViggen utvecklade Saabs ingenjörer en helt transistoriserad styrdator. Denna styrdator konstruerades sedan om som en demonstrator som utvecklades för civil användning 1960 under namnet Sank eller D2. D2:an utvecklades vidare till Jaktviggens centraldator. Saab hade därför en helt transistoriserad dator redo för marknaden 1960, ungefär ett år efter det att RCA, Remington Rand och IBM i USA introducerat sina heltransistoriserade datorer.

Saab var först i Europa. Denna dator övertygade Saabs ledning om att piloten i Saabs nästa generation stridsflygplan Viggen skulle ha en central digital dator till sin hjälp. Den blev Europas första dator med integrerade kretsar. Redan 1962 hade Saab därför en minidator redo för marknaden och den blev plattformen för Saabs datordivision Datasaab, som snart hade 3 000 anställda och som senare blev ett separat företag (Wentzel 1994, s. 8f, 22 och 81). Teknologiskt låg Sverige och Saab 1959/1960 i framkant tillsammans med sju amerikanska datorföretag på den globala marknaden för heltransistoriserade datorer.

Datasaab köptes av Ericsson i två steg, 1980 och 1981, som ett led i Ericssons – misslyckade – försök att i konkurrens med drygt tre dussin internationella storföretag, de flesta amerikanska, utveckla ett avancerat affärsinformationssystem (se nästa avsnitt). Den nyfödda svenska dataindustrin dog med denna affärssatsning (se Eliasson 1996a, s. 194ff; 1998).

På ett sätt borde kanske Saab vara tacksamt över att ha lämnat datorindustrin i tid. Hela den globala datorindustrin störtök när IBM redan vid mitten av 1960-talet lanserade sitt 360-system baserat på integrerade kretsar (tredje generationen datorer), dödade sin egen existerande produktlinje för heltransistoriserade datorer (andra generationen) och därefter snabbt blev världens ledande och dominerande, till synes oöverbärrbara, datorföretag under drygt 25 år. Med introduktionen 1981 – av IBM – av en standardiserad pc baserad på mikroprocessorteknologi (uppfunnen av Intel 1971, fjärde generationens datorer) och Microsofts operativsystem (MSDOS) försvann under några år en hårt utsatt minidatorindustri (Data General, Digital, Nixdorf, Norsk Data, Prime, Olivetti, Tandberg, Wang och så vidare) mer eller mindre totalt från marknaden.³⁶

ERICSSONS MISSLYCKADE SATSNING PÅ AFFÄRSINFORMATIONSSYSTEM, EIS

Ekonomisk utveckling bygger på många affärsexperiment som alla inte kan lyckas. Affärsmislyckanden ska därför på samhällsnivån ses

36. Den första pc:n introducerades av Apple 1977.

som en normal kostnad för lärande och ekonomisk utveckling. Det är viktigt för samhället att organisera kompletta kompetensblock (se avsnitt 3.3) så att urvalet projekt blir så dynamiskt effektivt som möjligt, det vill säga framför allt så att risken att tappa bort vinnare minimeras. Men det är nästan lika viktigt att samhället är organiserat så att dess invånare – även om de inte uppskattar en sådan situation – utvecklar en förmåga att hantera den privata, ekonomiska och sociala osäkerhet som en experimentellt organiserad ekonomi för med sig.

I en experimentellt organiserad ekonomi vet företagaren ingenting med säkerhet förrän han/hon försökt, men många måste försöka för att några lyckade affärsexperiment ska filtreras fram. Historien om svensk flygindustris industriella spillovers är därför inte komplett förrän jag har återgett både Ericssons spektakulära framgång med sina mobiltelefonisystem och företagets nästan lika spektakulära misslyckande med sin affärsinformationssatsning (EIS).

Inte sällan är logiken bakom ett förslaget affärsprojekt så övertygande att tillräckligt många är beredda att ställa upp med resurser även om projektet har verkligheten emot sig. Så var fallet med EIS.

Hårt ingenjörsarbete hade under 1970-talet gjort Ericsson till en global vinnare med sin landbaserade digitala telefonväxel AXE. AXE-systemet var uppbyggt kring en genial kollapssäker (*fail safe*) tvillingdator konstruerad runt en modulariserad design som gjorde systemet mycket pålitligt och lätt att uppgradera. Ericsson belönades som en konsekvens med en enorm affärsframgång och ett betydande kassaflöde som man önskade investera med god förräntning under 1980-talet. Företaget satsade därför på att utveckla ett integrerat kontors- och affärsinformationssystem kring sin digitala kontorsväxel Eripax, som skulle kunna hantera datakommunikation.

Ericssons hela resursbas – människor och finansiering – måste mobiliseras för denna satsning. Udda interna idéer om mobil telefoni fanns det inte plats för och de stöttes bort från hög nivå. Det faktum att Ericsson till sist dragit en vinstlott inom mobil telefoni var därför en ren tillfällighet och inte på något sätt en konsekvens av en noggrant genomtänkt strategi. EIS var å andra sidan just det.

Parallellt med Ericssons EIS-satsning hade Celsius Tech (en di-

vision inom Celsius, sedan år 2000 en del av Saab) initierat ett eget projekt (*Celsius Information Systems*, CIS) som åtminstone på ytan verkade hamna i nästan samma marknadsnisch som EIS.³⁷

CIS hade ett tydligt militärt ursprung. Den strategiska idén var att överföra Celsius kunnande inom militär informationsteknologi till civila tillämpningar. I motsats till vad som var fallet med EIS låg Celsius baskompetens inom dator- och kommunikationsteknologin (*Computing & Communications*, C&C), mjukvaruprogrammering och applikationer inom realtidsbaserade övervaknings- och kontroll/ managementsystem – systemkompetenser som på ett naturligt sätt kunde breddas till flygtrafikövervakning, räddningsaktioner, polisutryckningar, brandskydd och till och med drift av stora taxiflotter.

Man kan säga att Celsius utvecklade mycket konkreta lösningar till väl definierade kontrollproblem. Ericsson, däremot, med samma informationsteknologi som bas, gav sig i kast med betydligt mer abstrakta och svårdefinierade managementproblem där det inte var klart *vad* man ville veta och skulle mäta och än mindre *hur* man skulle mäta för att vara pålitligt informerad om det som är viktigt att känna till om det egna företagets inre liv.

EIS hade ingen direkt bakgrund i militär teknologi förutom att verksamheten i ökad utsträckning kommit att bli beroende av kompletterande uppköp av teknologi/företag, särskilt från Saab, och det mesta med militärt ursprung, som Datasaab. Allt gick under med EIS som 1988 till stora delar såldes av till Nokia.

CIS klarade sig och introducerades på Stockholms Fondbörs 1996 under namnet Enator (Eliasson 1996a, s. 197f). Enator gick samman med finska Tieto år 2000 under namnet TietoEnator som 2008 kortades till enbart Tieto.

EIS affärsstrategi hade varit att utveckla ett kontors- och affärsinformationssystem runt Ericssons digitala kontorsväxel MD 110 och den digitala växeln Eripax för datakommunikation. Den strategin var på intet sätt unik. Ett stort antal telekomföretag gick samtidigt ut på marknaden med samma affärsidé. Åtminstone sex av dem byggde

37. CIS bildades genom att Telub-, Dotcom- och Enatorverksamheterna inom Celsius integrerades. CIS blev ett dotterbolag till Celsius 1995.

upp sin informationsprodukt kring en kontorsväxel (Northern Telecom, senare Nortel), Siemens, Mitel, Rolm, AT&T och American Bell). Ordbehandling och kopieringsteknologi var redskap för inträde på samma marknad för några företag (Xerox, Exxon, Canon, Ricoh, 3M, Lanier). Datorer var huvudsaklig teknologiplattform för tolv företag med samma ambition. Vi har i kronologisk ordning IBM, Burroughs, DEC/Digital, Datapoint Univac, Olivetti, Wang, Honeywell/Bull, Prime, HP, Nixdorf och Philips. Inget företag behärskade både telekom och datorteknologi internt och alla försökte på alla sätt köpa in eller utveckla den teknologi som man saknade (Eliasson 1996a, s. 243ff).

Ericsson upptäckte omgående att man saknade intern datorkompetens och köpte Datasab i två omgångar, 1980 och 1981, samt Facit av Electrolux 1983 och tog med dessa företag hand om praktiskt taget hela Sveriges hårdvaru- och mjukvaruindustri. Sammantaget handlade den globala satsningen om nästan 50 företag och alla misslyckades (Eliasson 1996a, Supplement I). Till och med Volkswagen var med på ett hörn.

Ericsson hade visserligen experimenterat med digital teknologi inom sin militära verksamhet sedan 1960, men ingen avancerad datorteknologi existerade inom företaget. Inget av ovannämnda företag förstod heller i tid att deras digitala kontorsväxlar aldrig skulle komma ens i närheten av den dataöverföringskapacitet (och hastighet) som krävdes för till och med ett mycket enkelt kontorsinformationssystem. Denna kapacitet utvecklades med tiden inom datorföretagen.

Det första lokala datanätverket (*Local Area Network*, LAN) utvecklades av Xerox (Ethernet) i slutet på 1970-talet, men först långt senare blev den teknik tillgänglig som motsvarar de krav vi nu diskuterar.³⁸ Eftersom den interna digitala kontorsväxeln snart befanns

38. Utvecklingen av affärsinformationssystem har nu helt släppt den från början misslyckade idén om ett universellt informationssystem för att i stället orientera sig mot flexibla möjligheter (accessfunktioner) för människor att komma åt information när man vet vad man behöver och att nå kontakt med varandra var man än befinner sig (Eliasson 1996a, 2005b). Samtidigt utvecklas fortfarande integrerade, inflexibla och ohyggligt komplexa redovisnings- och affärssystem av den typ SAP och Oracle säljer till företag. Om dessa systems värde råder delade meningar.

vara otillräcklig för de affärsinformationssystem som skulle utvecklas och kompletterande teknologi måste införskaffas även för skäliga enkla tillämpningar, kom den under 1980-talet avreglerade amerikanska telekommarknaden att fullkomligt dränkas av entreprenörer som försökte lösa alla problem som de stora företagen stötte på. Datorföretag gick in på telekommarknaden och telekomföretag gick in på datormarknaden.

Ericsson hamnade inte bara snabbt på efterkälken inom ett flertal områden som man hade gett sig in på genom företagsköp. Pc:n var ett av många exempel. Företaget misslyckades också med att lösa de problem man från början hade egen kompetens att ge sig i kast med. Vad som en gång verkat logiskt korrekt och lovande blev en mara. EIS sålde 1988 sin fallerande pc-verksamhet, inklusive den framgångsrika Alphascope-terminalen – ursprungligen en Saab-produkt – till Nokia, för ryktesvis över en miljard kronor (Wentzel 1994, s. 88).

Nokia trasslade ytterligare till sin situation. Man prövade ett samarbete med franska Bull, men kom snart underfund med att den franska, till stora delar statsfinansierade, satsningen på en egen »fransk» teknologiprofil inom datorområdet inte fungerade i den internationella konkurrensen. Nokia sålde därför 1991 verksamheten vidare till brittiska ICL. ICL klarade inte heller konkurrensen och köptes i sin helhet upp av Fujitsu, Japans största datortillverkare, som var mycket stordatorinriktad och önskade få in en fot på pc-marknaden. Fujitsu köpte alltså ICL för att lära sig pc-marknaden. Fujitsu köpte med andra ord svensk teknologi som kan spåras hela vägen tillbaka – via Ericsson till Saabs tidiga utvecklingsarbete på datorområdet – för att stödja sin egen utveckling av stridsflygplan på 1950- och 1960-talen.

Man kan förmodligen säga att Saabs tidiga datorkunnande inom Datasaab varit en nödvändig förutsättning för Ericssons EIS-satsning. Ericsson klarade dock inte att integrera detta datorkunnande med sin egen kärnkompetens inom telekommunikation och en rad ytterligare teknologier som det ambitiösa affärsinformationssystemprojektet krävde. Situationen kan också ha varit den att de tidiga framgångarna med Datasaab, och särskilt Saabs Alphascope

som blivit en internationell framgång, gjorde Ericssons högsta ledning övermodig. Man underskattade takten i den tekniska utvecklingen och förstod framför allt inte vad en affärsinformationsprodukt egentligen skulle användas till (Eliasson 1996a, s. 194ff).

PRAKTIKFALL 13. *Individualiserad tv-underhållning (Tracab)*

Tracab med huvudkontor i Råsunda bildades 2003 som ett särskilt entertainmentföretag inom idrotten. Dess verksamhet bygger på en metod att med hjälp av bildbehandling och identifieringsteknik ge varje spelare en signatur så att man under matchens gång kan följa honom eller henne på en särskild tv-skärm. Det handlar om en vidareutveckling av teknologi från Gripens målsökande flygrobotar. Med hjälp av (i dag) 8 stereokameror kan en fotbollsplan täckas i sin helhet från en sida och ett antal individuella spelare karaktäriseras genom särskilda algoritmer och följas över hela spelplanen i en särskild »ruta«. En svårighet har varit att klara en »sömlös« övergång när spelaren rör sig mellan de många rutor som kamerorna delar upp fotbollsplanen i. Saab är ensam om denna teknik.

En annan svårighet har varit att karaktärisera spelare matematiskt så väl att de inte tappas bort när de rör sig. De stereokameror och spårningsalgoritmer som används gör övervakningen av spelet relativt okänsligt för väder, moln och andra störningar, till exempel att spelare tillfälligt skymmer varandra. Det är (2009) framför allt två efter varandra följande bilder och tröjornas färg som klarar sekvensen när spelaren en gång fått en signatur.

Tekniken ger i dag relativt dålig upplösning av kamerabilden, ett förhållande som främst beror på kommunikationssystemets begränsningar samt det faktum att kamerorna av samma skäl måste sitta nära varandra och att spelarna därför bara kan ses från *en* sida.

Tracab sysslar tills vidare uteslutande med idrottsapplikationer och systemets begränsningar gör att kunderna i dag i första hand är professionella medieföretag (tv-bolag etc.), men dagens begränsningar (bildupplösning och kommunikationskapacitet) kommer snabbt att upphävas och då särskilt när kommunikationen blir bredbandsbaserad och mobil. Möjligheten för enskilda tv-tittare att följa

individuella spelare på sin tv-skärm i vardagsrummet ligger därför inom en nära horisont.

För det andra hägrar stora affärsmöjligheter där tekniken kan komma till användning, till exempel automatisk övervakning av udda beteende (anomalidetektion) på flygplatser eller industrianläggningar, där datorns algoritmer reagerar på anormala rörelser och automatiskt sätter en signatur på det objekt som uppträder udda samt larmar en övervakningsenhet.

4.6 Utveckling av en avancerad industriell miljö

Ett komplett kompetensblock (se avsnitt 3.3) har två viktiga uppgifter: att locka till sig avancerad produktion (vara en *attraktor*) och att sprida ny teknologi (fungera som en *spillover-källa*). Attraktionskraften bestäms framför allt av den lokala tillgången på specialkompetens och erfaren arbetskraft. När kompetensblocket nått kritisk massa blir det därför en självgenererande (endogen) tillväxtmotor i den lokala ekonomin samt – inte minst – en källa till industriellt lärande som är tillgänglig för alla företag. Detta gäller i högsta grad Linköping som industristad och Linköpings tekniska högskola (LTH), som tack vare Saabs omedelbara närvaro som potentiell kund fått en ny, innovativ och industrierorienterad organisation.

En ytterligare spillover-kategori måste därför avslutningsvis nämnas, nämligen skapandet av en avancerad industriell miljö med de egenskaper som Marshall (1890, 1919) förknippade med sitt »industriella distrikt«. En avancerad och komplex produkt som ett stridsflygplan kräver – för att kunna utvecklas – tillgång till en marknad av specialiserade underleverantörer och erfaren arbetskraft. I Linköping har också en sådan marknad och en mycket avancerad industriell miljö vuxit fram, även om många delsystem till Gripen köptes internationellt. Den lokala marknaden har i sin tur attraherat relaterad industri. Jag har kallat denna situation för att ett komplett kompetensblock utvecklats och uppnått kritisk massa (se avsnitt 3.3). Linköpings industriella utveckling hade inte varit möjlig utan Saab.

4.6.1 *Det flygindustriella kompetensblocket i Linköping*

Flyg- och vapentechnologi har under decennier präglat Linköpings näringsliv. Det är särskilt i snittet mellan elektronik, sensorer, mekaniska system och mjukvara som kompetensblocket flygindustri utvecklats i Linköping. Under senare år har även lättviktskonstruktioner, baserade på kompositmaterial, bildbehandling och mikrovågsteknologi, sammanhängande med Gripenrelaterad vapenutveckling, satt sin prägel på Linköpings näringsliv. I den utvecklingen har Linköpings tekniska högskola (grundad 1969) deltagit på ett konstruktivt sätt därför att dess inriktning från början kom att påverkas av Saab och den moderna industriella utvecklingen på orten.

Saabs behov av dataingenjörer blev tidigt en stimulansfaktor för många entreprenörer som etablerat sig i Linköping. Samma behov påverkade också inriktningen på Linköpings tekniska högskola, som var först i Sverige med att inrätta såväl en modern institution för datorvetenskap (*computer science*) som en institution för industriell ekonomi där teknik och ekonomi integrerades. Inom dessa två områden fick LTH och Linköpings universitet snabbt ett betydande försprång över de etablerade och konservativa akademiska institutionerna.

Under de år som följde har ett stort antal högteknologiska företag etablerat sig runt Saab och LTH och detta just på grund av att företaget och högskolan finns där. Även om alla företagsetableringar inte nödvändigtvis är baserade på Saabs teknologi har de kunnat dra fördel av närvaron av ett avancerat storföretag som en krävande kund, samt det spillover-flöde som har sitt ursprung inte bara i Saab utan i hela Linköpings industriella distrikt och dess rika utbud av humankapital. Vi kan med fog tala om ett flygindustriellt kompetensblock med kritisk massa.

Linköpingsföretaget Saab Missiles (som år 2000 fusionerades med Bofors/Celsius robotverksamhet till *Saab Bofors Dynamics*) utvecklar styrda vapen. Företagets närvaro i Linköping har inneburit att staden blivit något av ett kompetenscentrum för datorutveckling, mikrovågsteknologi och bild/signalbehandling i förening. FOI har lokaliserat sin verksamhet inom det området till Linköping. Tillsammans med Saab Aerosystems har Saab Bofors Dynamics utvecklat

integrerade styr- och navigeringssystem för Gripen och för missiler.

Från den verksamheten har *Saab Transponder Tech* avknoppats. Med Håkan Lans patenterade G&C-teknologi som grund har företaget utvecklat civila navigeringssystem ägnade att undvika kollisioner till havs och mellan flygplan. *Sense and avoid* är en teknologi som utvecklats inom Gripenprojektet och som syftar till att undvika kollisioner i luften. Autoliv Electronics i Linköping utvecklar bland annat kollisionsvarningssystem för bilar.

Helikopterföretaget *Cybaero* etablerade sig 1992 i Linköpings flygteknologiska miljö och samarbetar med Saab. Företaget är sedan 2007 introducerat på First North (*Dagens Industri*, 3 september 2008).

Combitech AB, med bas i Linköping, är ett av Saab helägt ingenjörskonsultföretag med ca 800 anställda – 90 procent av dem professionella konsulter som till 30 procent arbetar inåt mot Saabföretagen och till 50 procent mot den civila marknaden med Saabteknologi som bas (se praktikfall 5).

Acab utvecklade ursprungligen radomen för Saabs stridsflygplan. Radomen är den huv som sitter längst fram på Gripen och skyddar planets radarantennerna. Radomen är en högteknologisk produkt som byggts av mycket avancerade kompositmaterial med särskilda egenskaper (se praktikfall 8). *Acab* flyttade 2004 från Ljungby till Linköping där företaget en kort tid ägdes av Saab för att 2007 övertas av Volvo Aero Corporation. *Acab* har blivit en strategisk del av *VAC:s* inriktning mot lättviktskonstruktioner i stora flygmotorer.

Sectra är en framgångsrik utvecklare av såväl militära krypteringssystem för säker röstkommunikation över det reguljära telefonsystemet som en mycket avancerad utvecklare av system för kroppsskanning (se praktikfall 14).³⁹ Länken till flygteknologi är indirekt och ligger långt tillbaka i tiden. Utan Saabs tidiga påverkan på Linköpings tekniska högskola för att starta en institution för datorvetenskap (*department of computer science*) och en inriktning vid universitetet på medicinsk teknologi, hade de personer vid LTH som startade *Sectra* åtminstone inte gjort det i Linköping.

39. Tigersystemet för kryptering, som används i mer än hälften av EU-länderna. *Sectra* fick nyligen en ny beställning på ett uppdaterat system av FMV (*Militär Teknik*, nr 1/2009).

4.6.2 Akademisk och industriell forskning – kompletterande eller konkurrerande?

Akademierna representerar i dag en mycket stor utbildnings- och forskningsindustri i industriländerna. Den har på goda grunder uppmärksamats i den akademiska forskningen (Adams 2001; Aghion med flera 2008; Braunerhjelm 2007, 2008; Broström 2009; Eliasson 1994; JEBO 2007). Den gängse föreställningen inom ekonomisk forskning, akademisk debatt och politik har varit att akademierna bedriver grundforskning medan företagen bedriver utvecklingsarbete, en föreställning som till synes »förenklar« både ekonomisk industriell analys och näringslivspolitik, men som ofta leder till såväl missvisande slutsatser som mindre lyckad politik. De antaganden som ligger till grund för den kategoriseringen bibringar framför allt bilden av akademierna som teknologiskt ledande och innovativa utvecklare av principer och grundläggande insikter medan industrins laboratorier gör om principerna till industriell praktik, en antagen bild som därefter återberättas som ett empiriskt resultat när modellerna testas på statistiska data.

En snabb blick på verkligheten ger inte fog för ett så förenklat synsätt. IT, som är den kanske mest »intellektuella« av alla industriella teknologier, skapades 1948 med uppfinningen av transistorn i Bell Labs. William Shockley i uppfinnargruppen John Baarden, Walter Brattain och William Shockley flyttade till Kalifornien och startade ett företag (Shockley Semiconductor Laboratory). Allt eftersom Shockleys mycket begåvade medarbetare inte stod ut med hans diktatoriska fasoner hoppade de av och startade egna företag, bland annat Intel 1968 av Andy Grove. IT-revolutionen hade börjat och Silicon Valley utvecklades i rask takt (Eliasson 1998, 2002).

Biotech är däremot en mycket praktisk laboratoriebaserad verksamhet, som tog fart kring mitten av 1970-talet när ett antal praktiska procedurer hade utvecklats i akademiska laboratorier. Flertalet företagsetableringar inom biotechområdet har dessutom sitt ursprung inom akademierna (Eliasson & Eliasson 1996).

4.6.3 Akademierna – introverta innovationsdödare eller kreativa miljöer?

Många skulle hävda att akademierna är omöjliga som kreativa miljöer därför att deras introverta mentalitet dödar innovativt tänkande. Det är därför intressant att fråga sig i vilken miljö ny teknologi utvecklas. Utvecklas nya principer i den akademiska miljön för att därefter tillämpas i företagen, eller är det i stället så att principer upptäcks av praktiker, men formuleras i, och publiceras av, akademierna vars specialitet är just att utbilda och skriva läroböcker?

Jag kommer inte att säga någonting om orsakssambandens riktning (den frågan bör bli föremål för ytterligare forskning), utöver att ett standardantagande i denna fråga i forskningen om akademiskt entreprenörskap varit att kausaliteten går från universitetens forskning till industrin, och att detta förmodligen är ett i väsentliga avseenden helt felaktigt antagande. Om man låter det styra upp ett forskningsprojekts metodik innebär det att man, utan att inse det, förmedlar en överdriven bild av den akademiska forskningens betydelse för industriell utveckling och låter universitet och tekniska högskolor få äran av den produktnära teknologiutveckling som sker inom de avancerade företagen. Den tillämpade produkt och tillverkningsteknologi som utvecklas där kan varken tas fram i en teknisk högskolas laboratorier eller läras ut i ett lärosätes klassrum (jfr praktikfall 7, Modig).

För Linköping har åtminstone kausaliteten till en betydande del gått från Saab till den nyetablerade och kreativa tekniska högskolan/universitetet. Sedan har hela den lokala ekonomin berikats av de symbioser som organiserats inom Linköpings industriella distrikt och flygindustriella kompetensblock.

PRAKTIKFALL 14. Medicinsk teknologi (Sectra)

Redan på 1950-talet behövde Saabs konstruktörer datorer för att förbättra Drakens design. Eftersom datorer då inte fanns att köpa i marknaden, utvecklade man sin egen dator SARA (Saabs Automatiska Räkne Apparat). Man förstod inom Saab tidigt att datorn skulle

definiera framtidens industriella utveckling. Man knuffade därför på utbildningsbyråkratin i Stockholm för att Linköpings tekniska högskola skulle få en modern inriktning och framför allt en institution för datavetenskap (*computer science*).

Eftersom andra högskolor och universitet på den tiden satte sig på tvären inför sådana nymodigheter blev LTH den första akademiska miljön i Sverige i vilken en institution för datavetenskap inrättades. Samtidigt med detta hade Saab experimenterat med medicinska tillämpningar på sitt datorkunnande, vilket i sin tur gav till följd att LTH även öppnade en särskild institution för medicinsk teknologi. Grundarna av Sectra (1978) kom från denna institution.

Sectra grundades ursprungligen på ett krypteringssystem för SECure TRANsmission av röst över det reguljära telefoninätet som man utvecklat för det svenska försvaret. Sectra är fortfarande den ledande leverantören av krypteringsteknik åt det svenska försvaret och levererar sitt mobila krypteringssystem Tiger till flera europeiska länder. Tack vare Saab fick LTH en modern och mer tvärvetenskaplig inriktning än de gamla universiteten och tekniska högskolorna, en inriktning som sådana disciplinsärskiljande organisationer knappast hade åstadkommit själva och på eget initiativ.

I mitten på 1980-talet kom ytterligare en person till Sectra från LTH:s institution för datavetenskap. Han förde med sig en »vision« om digital medicinsk radiologi och bildbehandling. Sectra initierade därmed ett utvecklingsprogram som nu växt ut till företagets största affärsområde: medicinsk bildbehandling av mammografi. Datorbaserad bildbehandling har blivit en specialitet som utvecklats runt Saab, särskilt Saab Missiles (sedan år 2000 Saab Bofors Dynamics) och LTH.

Datorbaserad upptäckarteknologi (*discovery*) har gjort det möjligt för Sectra att använda sig av mycket lågintensiv röntgenstrålning. Sectras militära kunnande inom datasäkerhet har kommit in perfekt när det gäller att klara säkra överföringar av de mycket stora datavolymer som medicinsk bildbehandling kräver.

Saabs många olika militära teknologier har fortsatt att spilla medicinska tillämpningar. Bland dem kan nämnas:

- Ett samarbete mellan Saab, Linköpings universitet och FOI där matematisk simulering från flygverksamheten (bland annat beräkningar av luftflöden runt flygkroppen) används till att modellera, beräkna och förstå blodflödet i och runt hjärtat.
- En elastisk socka av ett smart (piezoelastiskt) material som kom från utvecklingen av G-dräkter för jaktpiloter. Sockan mäter och »minns« trycket på huden hos personer med cirkulationsstörningar och fungerar som en konstgjord muskel. *SMM Medical* i Linköping utvecklade den produkten.
- Saabs kompetens när det gäller att hålla ordning på alla detaljer i komplicerade system innebär att FMV gett Saab i uppdrag att organisera fältsjukhuset åt The Swedish Battle Group. Saab tillverkar ingenting utan har bara i uppgift att se till att allting fungerar.
- Saab har utvecklat sensorer som fästs på soldater i fält som mäter och signalerar deras hälsostatus.
- Under en tid tog Saab även tillbaka tillverkningen av Elektas strålningskniv från Motala verkstad som inte klarade uppgiften. Saabs verksamhet var dock redan alltför fragmenterad för att man skulle vilja fortsätta med den tillverkningen. I stället lärde man upp Motala Verkstad när det gällde att tillverka kniven; en nog så god illustration av Saabs roll som en teknisk högskola.

5. De industripolitiska möjligheterna

Jag har i denna bok placerat den offentliga kunden i den industripolitiska rollen av kompetent upphandlare av avancerade och spillover-intensiva produkter, och det avancerade spillover-intensiva företaget i rollen som teknisk högskola för övrig industri. Spillover-intensiteten står i direkt proportion till produktutvecklingens (FoU-investeringarnas) privata lönsamhet. Den offentliga upphandlingen gör produktionen, och då särskilt utvecklingen av nya avancerade produkter privat lönsam. Den offentliga kunden uppträder som en representant för en privat efterfrågan på kollektiva varor och tjänster, en *ställföreträdande kund* som skapar en marknad för denna typ av produkter.

En slutsats är att ju mindre den politiska inblandningen är i den offentliga upphandlingen och ju mer produkternas kommersiella användarnytta får dominera vid upphandlingen, desto större blir spillover-molnet av kommersiellt nyttig teknologi. Eftersom de samhällsekonomiska värden som spillovers skapar runt avancerad produktion kan bli mycket stora, blir de industripolitiska möjligheterna i motsvarande mån stora. Detta är särskilt fallet när det gäller att överkomma den underinvestering i privat industriell FoU som dokumenterats i den ekonometriska forskningen. Denna senare utsaga har illustrerats med en rad praktikfallsstudier.

5.1 Vad vi vet

De praktikfallsstudier som jag presenterat konkretiserar

- *hur* den avancerade kunden bidrar till utvecklingen av ny produktteknologi
- *hur* utvecklingen av avancerade produkter genererar större samhällsekonomiska värden än utvecklingskostnaden för produkten (spillover-multiplikatorn är större än ett)
- *att* utvecklingen av stridsflygplan är en särskilt potent sådan spillover-generator
- *att* sådana positiva spillovers endast uppstår ur teknologiskt avancerade utvecklingsprojekt, och med full kraft endast om finansieringen sker under marknadsbestämda lönsamhetskrav (det vill säga under privat risktagande); tillverkningen däremot ger små spillovers
- *att* det teknologimoln som uppstår till sin storlek är starkt positivt beroende av i vilken utsträckning den ekonomiska användarnyttan får dominera vid upphandlingen (ju mer ovidkommande aspekter som lokala sysselsättningskonsekvenser, regionalpolitik eller politiska gentjänster som får påverka fördelningen av beställningar, desto magrare på innehåll blir detta moln och desto lägre blir spillover-intensiteten)
- *att* – till skillnad från civil upphandling – offentlig upphandling av avancerade produkter stöds av dubbla incitament. Den offentliga kunden (läs samhället) får såväl sitt utvecklingsprojekt genomfört (ett stridsflygplan) som nöjet att kunna boka upp de betydande samhällsekonomiska spillover-värden som projektet skapat på sitt tillgodokonto (om spillover-multiplikatorn är större än ett har samhället, som sagt, fått stridsflygplanet utvecklat »gratis«)
- *att* storleken på dessa mervärden beror på den lokala (nationella) ekonomins förmåga att identifiera och kommersialisera de teknologier som skapats och att bygga industriell verksamhet runt dem.

Det finns i dag även ett övernationellt perspektiv på avancerad offentlig upphandling.⁴⁰ Det går då att visa att

- om kunden är övernationell, exempelvis en gemensam upphandlare/kund för de skandinaviska länderna eller Europa, kommer upphandlingen bara att fungera som en effektiv spillover-källa om den går till de företag som är mest kompetenta att utveckla de avancerade produkter som kunden efterfrågar och inte genom politisk manipulation riktas mot enskilda länders företag
- om (i detta fall) upptagningsområdet för spillovers vidgas, risken för att området som helhet (Europa) förlorar vinnare reduceras och de potentiella samhällsekonomiska värden som skapas ökar – men det blir samtidigt svårt eller omöjligt att förutse det geografiska, nationella, utfallet av dessa spillovers
- den övernationella upphandlarens/kundens viktiga uppgift är att med kraft (genom incitament, regler och straff) förhindra de regionala och nationella myndigheterna att manipulera upphandlingens geografiska inriktning, samt förmå de regionala och nationella myndigheterna att i stället ägna sig åt att stödja sin regionala eller nationella ekonomi att utveckla förmågan att upptäcka och kommersialisera spillovers, såväl från den egna industrin som från andra länders industrier, kort sagt att stimulera byggandet av en mer entreprenöriell lokal ekonomi
- om »Europa« på detta sätt lyckas reducera det politiska innehållet i upphandlingen till fördel för det ekonomiska och industriella resultatet, kommer man att vinna en konkurrensfördel gentemot USA, där synpunkter som är ovidkommande i förhållande till produktnyttan – bland annat fördelningen av sysselsättningseffekter – tillåtit styra militära upphandlingar (sysselsättningspolitiken bör nämligen föras utifrån helt andra utgångspunkter än offentlig upphandling).

40. Detta behandlas utförligt i Eliasson 2010.

Ytterligare några slutsatser av långsiktig betydelse ska nämnas här.

1. De mest potenta teknologiexternaliteterna (spillovers), som påverkar den lokala ekonomins långsiktiga industriella utveckling, handlar i dag inte lika mycket som tidigare om väldefinierade nya (och patenterbara) teknologier som omgående kan konverteras för civil produktion, utan om kompetenta arbetare och ingenjörer med erfarenhet från militär produktutveckling som rör sig mellan arbetsuppgifter och jobb och nu använder sin kompetens till att lösa civila produktionsproblem.
2. Flygindustriella spillovers kommer i första hand från innovativ produktutveckling, inte som förbättringar av tillverkningsprocessernas effektivitet – förutom, självfallet, att många nyutvecklade produkter är investeringsvaror (produktionsutrustning) som när de sätts in i tillverkningen kommer att höja dess effektivitet.
3. Den intensiva användningen av elektronik, särskilt datorer i kombination med kommunikationsteknologi och mjukvara för att styra JAS 39 Gripen's mekaniska funktioner jämfört med vad som var fallet vid den tidigare generationen stridsflygplan (Viggen), har inte bara höjt kvaliteten på spillover-flödets teknologier och dess intensitet utan också ändrat dess karaktär.
4. Denna förändring mot mer mjukvaruintensiv produktutveckling, som ägt rum mellan den nuvarande (Gripen) och den tidigare (Viggen) generationen vapensystem, kommer att markeras ytterligare i framtiden allt eftersom nätverksbaserade försvarssystem och civila räddningssystem, som integrerar plattformar (Gripen), vapen, spanings-, övervaknings- och ledningssystem och vars informationssystem opererar i realtid kommer att dominera produktutvecklingen.

Generiska teknologier och uppgraderade industriella metoder – till exempel den distribuerade och integrerade produktionen – har kommit att dominera alltmer över överföringen av speciella och väldefinierade teknologier från militära till civila produkter. Sådana generiska teknologier är betydligt svårare att identifiera och illustrera med konkreta exempel. De industriella effekterna

är mer diffusa och sprids under en betydligt längre tid, men är i gengäld potentiellt mycket större. Det har blivit allt viktigare för den sofistikerade övre änden av verkstadsindustrin att behärska dessa generiska teknologier som utvecklats inom flygindustrin.

5. En komplett flygindustri med »helproduktkompetens« förutsätter tillgång till en marknad för specialiserade underleverantörer av avancerade system och komponenter – helst i den lokala ekonomin. Tillgång till en marknad med specialiserade underleverantörer kräver i dag också andra utvecklare av komplexa systemprodukter som telekommunikationssystem (Ericsson), lastfordon och anläggningsmaskiner (Volvo och Scania) och personbilar (Saab Automobile och Volvo Car).

Denna tillgång till en lokal underleverantörsindustri har blivit viktigare allt eftersom det systemutvecklande företaget fokuserat på produktutveckling och systemdrift samt underhåll och uppgradering, men lägger ut alltmer av den fysiska tillverkningen på underleverantörer. Såväl Volvo Car som Saab Automobile har genom integreringen med Ford och GM tyvärr förlorat delar – kanske till och med stora delar – av den helproduktkompetens man tidigare hade.

5.2 Systemsammanhållande kompetens – en svensk industriell specialitet

Inom den typ av *kompleta kompetensblock* vi talar om fungerar det systemsammanhållande företaget och de specialiserade underleverantörerna i en symbios där var och en drar fördel av varje annan aktörs närvaro – inte minst som krävande kunder. Allt detta definierar kompetensblock som måste nå över kritiska nivåer för att vara uthålliga tillväxtgeneratorer för en lokal ekonomi. De moln av nyutvecklad teknologi som genereras kring varje företag inom kompetensblocket definierar värden som kan delas av alla kompetensblockets företag. De utgör därför incitament för nya företag att etablera sig inom kompetensblocket, stanna där och växa och därmed bidra till

hela kompetensblockets fortsatta utveckling genom att själva skapa moln av nyutvecklad teknologi kring sin verksamhet.

Den systemsammanhållande kompetensen är en särskilt viktig spillover-källa som måste vägas in vid bedömningen av industripolitiken, till exempel om, när och hur Volvo Car och Saab Automobile ska räddas kvar i Sverige. Att sätta ekonomiska värden på dessa moln blir därför en både intressant, kreativ och viktig uppgift. Affärskonsten (innovativ prissättning) blir att (1) finna ett sätt att stärka äganderätten till molnet och att (2) maximera dess värde, vilket i fallet avancerad offentlig upphandling nästan alltid förutsätter att producenten och kunden finner en formel att samarbeta efter och dela på vinsten. Det handlar inte bara om att utveckla en bättre produkt utan också om att skapa ett större samhällsekonomiskt värde att dela på (höja spillover-multiplikatorn).

Inom ett fullt utvecklat kompetensblock ordnas detta samarbete relativt väl av ekonomins incitament och av konkurrensen. Inom industriella utvecklingsländer som nästan helt saknar utvecklade kompetensblock blir det besvärligare. Det säljande företaget tvingas då ofta – och i eget intresse – stega in och så gott det kan ersätta de funktioner inom kompetensblocket som saknas. *De mervärden (spillovers) som skapas beror till sin storlek på i vilken utsträckning företaget och den nationella kunden i eget intresse funnit rationella former (incitamentskontrakt) att dela på dem.* När man lyckats med detta blir industriländernas direktinvesteringar i, och outsourcing till, utvecklingsländer en överlägsen form för industriellt stöd jämfört med direkta och byråkratiskt eller politiskt styrda bidrag.

5.3 Avancerade och betalningsvilliga kunder

De stora makroekonomiska värden som skapas kring avancerad upphandling (den stora spillover-multiplikatorn) innebär att

- sofistikerade och betalningsvilliga kunder utgör en nationell konkurrensfördel

- lokal entreprenöriell förmåga och kommersialiseringskompetens reducerar risken att förlora vinnare och maximerar det ekonomiska utbytet från spillover-flödet
- också kommersialiseringsindustrins kompetens definierar en nationell konkurrensfördel för det avancerade industrilandet, men att
- situationen är annorlunda för en industriell utvecklingsekonomi: där behöver man hjälp att upptäcka och kommersialisera vinnande spillovers som uppstår kring stora upphandlingsprojekt (detta förhållande utgör en rationell grund för kunden och leverantören att finna former att dela de extravärden som skapas inom ramen för ett gemensamt industriprogram)
- även företag i de avancerade industriländerna är beroende av tillgång till den globala teknologipool som ständigt förnyas av de utvecklingsprojekt som dessa länders företag bedriver, och en väsentlig del av deras konkurrenskraft bygger just på deras förmåga att utnyttja denna pool – mottagarkompetensen (svensk militär flygindustri var faktiskt under den tidiga efterkrigsperioden en viktig förbindelselänk när det gällde att få tillgång till mycket avancerad, amerikansk, industriell teknologi och föra den vidare till svensk verkstadsindustri, som därmed kunde lyftas till den globala tättosition som så lyriskt beskrivs i Pavitt & Soete, 1981).

Min slutsats blir därför, jag repeterar, att militära upphandlingar – och särskilt för utvecklingen av militära stridsflygplan – är oerhört komplexa, industriella satsningar som utvecklar och integrerar ett brett spektrum av olika komplementära teknologier som senare i olika kombinationer visat sig komma till användning i den civila verkstadsindustrin. En viktig faktor bakom den stora spillover-multiplikatorn är den offentliga upphandlarens beställarkompetens.

De krav som uppställdes av kunden innebar att Gripen designades för att lätt kunna underhållas i fält av utbildad värnpliktig personal, uppgraderas och moderniseras på ett flexibelt sätt – allt detta till mycket låga totalkostnader under stridsflygplanets livstid.

Förberedd och förenklad modernisering är en kritisk egenskap

hos ett modernt stridsflygplan, där elektronik och mjukvara har ett avgörande inflytande på flygplanets prestanda och därför måste uppgöras många gånger om under planets livstid. De militära produkterna har dessutom konstruerats för att fungera under mycket krävande och extrema förhållanden och ändå hålla under ett mycket långt liv.

Ett stort antal designproblem måste sålunda lösas för att tillfredsställa en professionell och krävande kund. Projekt som Gripen driver därför teknologiutvecklingen över ett antal industrier – särskilt inom verkstadsindustrin. Det är samma sak som att säga att stora samhällsekonomiska värden skapas och att den militära upphandlingen av Gripen varit ett samhällsekonomiskt lönsamt projekt.

5.4 Den makroekonomiska tillväxtens mekanismer

Spillovers kring avancerad produktion, mer än produkten i sig som utvecklas, bidrar till den långsiktiga tillväxten hos en ekonomi. Spillovers sprider sig genom en ekonomi på det sätt som tabell 1 (s. 51) visar och – vad gäller flyg- och vapenindustrin – särskilt till verkstadsindustrin. De tillväxtgeneratorer som på lång sikt förmodligen är viktigast är entreprenörskap och konkurrerande nyetablering av företag (punkt 2 i tabell 1). Fri nyetablering utsätter det existerande företagsetablissemang för konkurrenspress och driver den tillväxtbefrämjande, »kreativa förstörelseprocess« som illustreras i tabell 5. Nya företag (punkt 1) tvingar genom konkurrens existerande företag i marknaden att förnya sig (punkt 2) genom att skapa nya produkter som man kan ta mer betalt för och/eller rationalisera sin tillverkning (punkt 3). En defensiv inriktning på rationalisering av tillverkningen av gamla produkter är ingen långsiktig lösning utan snarare ett steg närmare utslagning och företagsdöd (punkt 4).⁴¹

41. Denna Schumpeterianska kreativa förstörelseprocess definierar den endogena tillväxtmotor som driver tillväxten i den svenska mikro/makromodellen (se Eliasson 1996a, Section II.7; 2005a: Chapter I; Eliasson, Johansson & Taymaz 2004, 2005).

Att företag som inte kan förnya sig läggs ned är dock inget negativt. Resurser, särskilt arbetskraft med kompetens, frigörs och blir tillgängliga i marknaden för bättre skötta och växande företag och till lägre löner/priser än vad som annars skulle bli fallet. Det handlar om kreativförstörelse. Svensk varvspolitik på 1970-talet, som genom subventioner låste in kompetent arbetskraft i en produktion som under flera år i praktiken gick ut på att förstöra plåt (förädlingsvärdena var under flera år negativa) och medförde att Volvo inte kunde få tag på svetsare, handlade däremot om ren förstörelse (Carlsson med flera 1981; Carlsson 1983a, b).

Skyddad produktion är därför inte förenlig med positiv tillväxtpolitik. Det var också först när skråväsendet avvecklades och Kontinentaleuropa avreglerades under 1800-talets första hälft som den industriella revolutionen kom igång på allvar (Eliasson 1991a).

Det är resultatet av sådana spillover-inducerade, kreativa förstörelseprocesser som registrerats som samhällsekonomiskt mervärdeskapande i de ekonometriska spillover-studier jag refererat till, men som endast delvis kommit till uttryck i min egen aggregering av resultaten från praktikfallsstudier.

TABELL 5. De fyra investeringsmekanismerna i Schumpeters kreativa förstörelseprocess som driver tillväxten i den experimentellt organiserade ekonomin (EOE).

-
1. Innovativ nyetablering som genom konkurrens tvingar fram
 2. omorganisation eller
 3. rationalisering av existerande företag eller
 4. nedläggning och konkurs
-

Källa: Eliasson 1996a, s. 45. Där visas också hur Schumpeters metafor används explicit som en endogen tillväxtgenerator i den svenska mikro(företag)/makromodellen. Som en randanmärkning kan noteras att Schumpeter (1942) myntade begreppet kreativ förstörelse, ett begrepp som egentligen hörde hemma i Schumpeter (1911).

5.5 Slutord

Avslutningsvis kan jag därför konstatera:

- Den militära flygindustrin använder redan i dag den framtida verkstadsindustrins teknologier.
- Verkstadsindustrin är – och kommer under en överskådlig framtid att fortsätta vara – den industriella ryggrad som bär upp den ekonomiska välfärden i de rika industriländerna. Verkstadsindustrin har gått igenom en inre revolution som delvis drivits fram av de teknologier och den avancerade industriella praktik som utvecklats i och används av den militära flygindustrin, en omvandling som motiverar benämningen Gamla industrin i Nya ekonomin.
- Flygindustrin fungerar därför i praktiken som en avancerad teknisk högskola för denna kritiska tillväxtunderhållande industri bland västerlandets industriekonomier.
- De stora spillover-multiplikatorer som beräknats speglar dessutom en betydande underinvestering i privat lönsam industriell FoU i dessa teknologiledande industrier. Om den kunde »övervinnas«, exempelvis med avancerad offentlig upphandling, skulle den oro man i dag upplever i industriländerna för konkurrens från låglöneländer som Kina reduceras och kanske till och med elimineras.
- Konkurrensupphandling, utövad som schablonmässig princip, är inte effektivitetsfrämjande om produktens utveckling är den avgörande faktorn i den avancerade upphandlingen och i väsentliga avseenden beror av gemensamma teknologibidrag från kund och företag.

Vi vet i dag att subventionering av ospecificerad FoU, oavsett om den bedrivs inom industriföretag eller vid offentliga forskningslaboratorier, inte är någon lyckad industripolitik. Den politiken har på goda grunder kritiserats som ineffektiv och är inte tillåten i internationella handelssammanhang. Offentlig upphandling av privat efterfrågade kollektiva varor och tjänster är däremot inte subventionering. Sådan

offentlig upphandling av avancerade produkter bör i stället betraktas som ett potent industripolitiskt instrument som gagnar båda parter i transaktionen (dubbel produktion/den dubbla kundrollen). Så länge upphandlingen gäller privat efterfrågade, kollektiva varor och tjänster undviks dessutom de snedvridande effekter på resursernas allokering som är nära nog oundvikliga vid traditionell efterfrågestimulerande politik. Vi kan tala om en *ny efterfrågepolitik*.

Det offentliga fungerar dessutom som *ställföreträdande kund* när upphandlingen gäller privat efterfrågade, kollektiva varor och tjänster, till exempel försvar och militär utrustning. Den privata kunden/medborgaren har inte möjlighet att på egen hand inhandla sådana tjänster. Privata marknader uppstår därför inte spontant. Det offentliga träder då in i den privata kundens ställe för att korrigera en marknadsimperfektion och skapa en marknad för sådana produkter. Många anser att detta är statens viktigaste uppgift. Därför är det viktigt att inse att

- offentlig upphandling av privat efterfrågade kollektiva varor och tjänster inte handlar om FoU-subventioner till industrin utan om samhällsekonomiskt lönsamma investeringar i infrastruktur.

Det är svårt, kanske omöjligt, att hitta en annan industri som opererar på marknaden för kollektiva varor och tjänster som kommer i närheten av militär flygindustri när det gäller att generera mervärdeskapande spillovers. Detta är också ett skäl till att politikerna i industriländerna ofta är angelägna om att denna industris tekniska kompetens underhålls och utvecklas.

I ett bredare europeiskt sammanhang blir bilden något annorlunda. Denna fråga behandlas i ett särskilt kapitel i Eliasson (2010). Med perspektivet Europa blir upptagningsområdet för spillovers mycket större och spillover-multiplikatorn för hela området ökar, även om det blir svårt på gränsen till omöjligt att förutse det geografiska utfallet. Det optimala industripolitiska arrangemanget blir därför inte att försöka styra upphandlingens nationella inriktning, utan att bygga mottagarkompetens som drar till sig spillovers och se till

att de kommersialiseras maximalt och bildar underlag för lokalt, industriellt nyskapande. Spillovers kommer då att tillvaratas maximalt inom EU. Det bästa sättet att åstadkomma detta på EU-nivå är att

- se till att endast de bästa företagen får upphandlingen; då maximeras spillover-intensiteten
- förhindra nationella och regionala försök att förhandla till sig upphandlingar och sysselsättning
- uppmuntra medlemsländernas politiker att i stället genom lokal, entreprenöriell förmåga konkurrera om spillovers; ju fler företag en region har, som bättre än andra regioners företag upptäcker och kommersialiserar de spillovers som uppstår på Europeanivå, desto större industriellt utbyte får regionen.

Det bör efter denna genomgång vara lätt att förstå att stora ekonomiska värden göms i de teknologimoln som uppstår kring avancerad produktion, men att också någon måste betala för att den produktion som skapar dessa värden ska bli privat lönsam och över huvud taget äga rum.

För det avancerade privata företag som skapar sådana moln innebär detta att företaget måste engagera sig aktivt i *marknadsföringen av sitt spillover-moln* – inte bara mot den ställföreträdande offentliga kunden utan också mot det offentligas uppdragsgivare, de riktiga kunderna, medborgarna och väljarna.

I en sådan presentation bör även andra alternativa användningar av samhällets resurser komma upp som jämförelse. Vi kan därför avsluta med två observationer i anslutning till denna invändning. För det *första* har i denna boks utfallsanalys de resurser, som investerats i Gripensystemets utveckling, jämförts med referensen att de i stället investerats på kapitalmarknaden till en real förräntning som antagits vara mycket hög. Spillover-analysen av Gripenprojektet har klarat den jämförelsen med god marginal.

Att utvärdera konkurrerande användningar av de offentliga resurserna förutsätter därför liknande analyser för var och en av de propåer man kan förorda. Jag har då funnit att det är svårt att hitta

projekt som ger lika hög samhällsekonomisk förräntning, och att om projekt som ger högre samhällsekonomisk förräntning än den valda alternativräntan på kapitalmarknaden kan presenteras, blir det egentligen fel att ställa projekt som Gripen mot dessa alternativ som ett antingen-eller-projekt. Båda projekten är i så fall lönsamma infrastrukturprojekt som bör genomföras.

Det är nämligen – för det *andra* – så att det i båda fallen handlar om investeringar som är lönsamma för samhället. Finansministern har ett finansieringsproblem och bör inte oroa sig för budgetkonsekvenserna.

BILAGA

Spillover-multiplikatorn definierad och beräknad

– kalkylmetod

Spillover-multiplikatorn definieras som kvoten mellan de civila mervärden som kan härledas från det teknologibidrag (den kunskapskapitalinjektion) som det militära utvecklingsprojektet skapat, och den militära utvecklingsinvesteringen – allt omräknat till samma prisnivå och tid (räntekorrigerings). Om kvoten är ett, innebär det att hela utvecklingsinvesteringen »återbetalats« till samhället i form av extra samhällsekonomiska mervärden. Observera att täljaren är resultat, inte input definierad. Formellt handlar det om en traditionell *cost-benefit*-analys, eller kanske mer adekvat om en jämförelse mellan samhällsekonomisk och privat ekonomisk lönsamhet (Jones & Williams 1998).⁴² Jag jämför det ackumulerade nuvärdet 2007 av en tidigare ström (från 1980) beräknade samhällsekonomiska nyttor – netto – med det kumulativa värdet av de investeringar som skapat dem samma år och som investerats i en alternativ allokering, i mitt fall på finansmarknaden. Matematiken bakom denna kalkyl är välbekant. Det svåra har varit att empiriskt utvärdera dels de olika praktikkfallen, dels hur de nordamerikanska studierna kan användas som en kontroll på rimligheten hos mina egna beräkningar.⁴³

Jag skiljer mellan spillovers i form av ett teknologiutbud (molnet) och det ekonomiska värdet av det extra (civila) produktionsresultatet (mervärdet). Beräkningarna bygger på aggregerade praktikfallsstudier, tillsammans ett 70-tal intervjuer av ca 45 företag och andra organisationer utförda under 2008 och 2009 som alla dokumenteras i Eliasson (2010). Där återfinns också ett detaljerat underlag för alla slutsatser som dras i denna bok.

Så här har jag räknat.

42. För en lärobokspresentation se till exempel Mattson (1988).

43. Om detta kort i denna text, men mycket utförligt i Eliasson (2010).

BERÄKNINGSGÅNGEN

1. Identifiera spillovers från projekt som FMV upphandlat i

- civil produktion
- militär export
- värdet på avknoppade företag.

2. Beräkna värdet av civil produktion som lönekostnad + bruttovinst *eller* saluvärde minus alla inköp.3. Beräkna *alternativkostnaden*, det vill säga de värden som skulle ha producerats om inte resurserna gått till punkt 1 ovan.

Beräkna arbetsproduktiviteten i produktionen under punkt 1.

Antag att resurserna alternativt satts in i produktion till verkstadsindustrins genomsnittliga produktivitet. Data för denna beräkning har tagits från såväl Industriförbundets (numera Svenskt Näringsliv) så kallade planenkät, för vilken individuella företagsdata samlats in sedan 1974 (se vidare MOSES database 1992), som från officiell statistik.

4. Nettoeffekten (spillover-värdet) är skillnaden mellan 2 och 3.

Detta gäller både civil produktion och militär export.

Detta är den enda sofistikerade metod som varit tillgänglig att genomföra dessa samhällsekonomiska *mervärdeberäkningar* utan tillgång till en total mikro(företags)baserad modell för Sveriges ekonomi där alternativkostnaden bestäms endogent.

Beräkningen förutsätter att verkstadsindustrins produktivitet i genomsnitt varit opåverkad av den militära upphandlingen. Förmodligen är detta inte helt i sin ordning för denna kalkyl, som gäller en väsentlig del av Saabs utvecklingsarbete, eftersom utgångspunkten för spillover-kalkylen är just att hela verkstadsindustrins tekniknivå påverkats positivt av spillovers från Saab. Vi vet inte heller vilka företag som alternativt skulle ha hyrt in de resurser som nu gått till Saabs militära och civila verksamhet.

Den ideala kalkylen vore därför att använda en modellberäkning

där hänsyn tas till hela ekonomins anpassningsdynamik till spill-over-injektionen (såsom på den svenska mikro/makromodellen MOSES – se exempelvis Eliasson 1991a och b; Eliasson, Johansson & Taymaz 2004, 2005; Taymaz 1991), där verkstadsindustrins jämförande produktivitet bestäms endogent. Nu vill det sig dock inte bättre än att spillovers från Saabs verksamhet – som de facto ägt rum – bör ha höjt produktiviteten i verkstadsindustrin. Därmed följer att riktmärket för mina »mervärdeberäkningar« skulle ha varit lägre om Saabs militära utvecklingsarbete inte ägt rum. Detta innebär att *mina mervärdeberäkningar underskattats*.

5. Den militära exporten definieras som det svenska förädlingsvärde som levererats ut ur landet minus dess importinnehåll. Det svenska förädlingsvärde som levereras ut ur landet som export innehåller också svenska underleveranser som måste ingå i mervärdekalkylen. Det har varit besvärligt, på gränsen till omöjligt, att göra särskilda mervärdeberäkningar på dessa svenska underleveranser av komponenter och tjänster i exporten, eftersom vi inte känner underleverantörernas produktivitet i förhållande till alternativvärdet. I brist på bättre information har jag därför antagit att underleverantörerna har samma produktivitet som Saab. Det innebär en över-skattning av mervärdet, som ändå blir liten eftersom Saabs militära export under denna period väger lätt i den totala kalkylen.
6. Avknoppade företag behandlas annorlunda
Avknoppade företags marknadsvärde/försäljningsvärde beror på den teknologi som de byggt sin verksamhet på. Kostnaden för produktionen har redan räknats bort i form av lägre övervärden i övrig verksamhet. Därmed följer att hela försäljningspriset blir en spillover det år försäljningen ägt rum. Problemet är att hitta ett korrekt marknadsvärde eller ett försäljningsvärde. Min bild är att Saab inte varit särskilt bra på att få bra betalt för sina avknoppningar. Ibland handlar det om komplicerade substansbytesaffärer eller delförsäljningar. När jag inte hittat ett värde har jag antagit ett ett-till-ett-förhållande till omsättningen avknoppningsåret.

Min uppfattning är att detta blir ett alltför lågt värde för en vinnande teknologi, vilket jag utgår ifrån att sådana avknoppningar handlar om. Men den utsagan kompliceras av att marknaden för sådana avknoppningar är underutvecklad och att konkurrens om vinnande teknologier ofta saknas. Finns endast en svårflörtad köpare blir det ingen god affär för Saab, hur teknologiskt och affärs-mässigt bra dess teknologi än är.

Nu hör det dock till saken att Saabs privata intressen är en sak och samhällets en annan. Om Saab fått dåligt betalt för sina avknoppade företag påverkar det företagets privata långsiktiga incitament att fortsätta att investera i spillover-intensiv verksamhet. I dagsläget däremot kan det samhällsekonomiska värdet vara mycket större än vad Saab fått i betalning för sin avknoppning.

Den enda säkra kalkylen bygger dock på uppgifter om en realiserad försäljning. Sedan kan man i efterhand kontrollera hur det gick för företaget och avgöra om man fått ett bra pris eller ett för lågt pris. Marknadsvärden är alltid osäkra. De bygger på hur väl marknadens aktörer/handlare, ofta finansiellt och industriellt okunniga aktörer, förstår sig på objektets industriella förutsättningar.

Låt mig ta Sony Ericsson som exempel på svårigheterna att mäta och på att en realistisk kalkyl måste bli en underskattning. Ericssons värdeandel i Sony Ericsson är en spillover från mobiltelefonin, som i sin tur i sin helhet är en spillover från militär radioteknologi i Ericsson och till minst en fjärdedel beror av vidareutvecklad Gripenbase-rad informationsteknologi (antenn- och mikrovågsteknologi).

Ericssons andel i Sony Ericsson var ultimo 2007 bokad till ca 10 miljarder kronor. Samma år uppskattades Sony Ericssons värde av marknaden till mellan 100 och 150 miljarder kronor (*Dagens Nyheter*, 27 april 2009), det vill säga Ericssons halva ägarandel värderades till mellan 50 och 75 miljarder kronor. Även om marknadsvärdet minskat mycket sedan 2007 (ytterligare en kalkylosäkerhet) är skillnaden mellan marknadsvärde och bokad värde betydande. För att beräkna bidraget till spillover-multiplikatorn har det bokade värdet använts.

Vad händer efter en försäljning? Hur stor har den civila pro-

duktionen blivit i ett annat företags regi? Emersons köp av Saab Marine Electronics år 2000 för 800 miljoner kronor anses till exempel ha blivit en mycket bra affär för Emerson. År 2007 omsatte Emerson 1 198 miljoner kronor för produkter inom Saab Marine Electronics ursprungliga affärsområde. Är det Emersons eller Saabs förtjänst?

Om ett utländskt företag köpt det avknoppade företaget och låter produktionen stanna i Sverige uppstår inget problem. Man kan räkna som jag gjort, men man kan också räkna direkt på det nu utlandsägda företags förädlingsvärde. Tyvärr kan de två metoderna ge olika resultat. Tar den utländska köparen med sig vidareförädlingen till utlandet blir spillover-effekterna inte mindre av den anledningen. De kan till och med bli större om det köpande utländska företaget är bättre på att kommersialisera den teknologi man köpt än svenska företag skulle ha varit. Den fortsatta värdestegringen hamnar dock i utlandet, men beror kanske delvis på den högre affärskompetens som den utländska köparen bidragit med.

Tänk om en ännu högre affärskompetens funnits i Sverige? Det vore trist, för då har den svenska marknaden för strategiska uppköp fungerat dåligt. Antingen har säljaren (Saab) varit dålig på att leta rätt på rätt köpare eller också har inkompetenta köpare varit för snabba. Det problemet slipper vi om vi räknar på försäljningspriset, som i princip ska vara det diskonterade nuvärdet av alla framtida vinster från det företag som avknoppats.

SAMMANSTÄLLNING AV SPILLOVER-MULTIPLIKATORN⁴⁴

1. De beräknade mervärdena läggs nu samman varje år och räknas upp för inflation. Därefter antar vi hypotetiskt att dessa belopp investeras på finansmarknaden till en realränta på 4 procent. Investeringen kumuleras till ett valt år, i vårt fall 2007.

Alla sådana mervärden summeras ihop detta år och totalen – mervärdena från civil produktion och militär nettoexport (= MVI) + vinsterna (MVII) från de avknoppade företagen – det vill

44. För ett exakt underlag, se Eliasson (2010, Technical Supplements I och II).

säga de mervärden som skapats av den militära FoU-investeringen kallas = $MVI + MVII = MV$.

2. Tag investeringen i militär FoU varje år och räkna upp till 2007 års prisnivå. Antag att denna investering i stället hade placerats varje år på finansmarknaden och kumulerats med en realränta på 4 procent fram till 2007.⁴⁵ Addera ihop alla sådana »årliga« alternativinvesteringar 2007 till INV.
3. Definiera spillover-multiplikatorn som MV/INV .
4. Så här blev det:

$MVI = 336$ miljoner kronor

$MVII = 14$ miljoner kronor

$INV = 131,5$

Spillover-multiplikatorn (exklusive spin-offs) = $336/131,5 = 2,6$

Spillover-multiplikatorn (inklusive spin-offs) = $349,5/131,5 = 2,7$

KOMMENTARER

Eftersom värdet på spin-offs är dåligt säkerställda – men med säkerhet större än noll – har jag nöjt mig med att i texten tala om spillover-multiplikatorn som *minst* 2,6. Där har jag även angett andra skäl för att markera med minst. Klart är också att i fallet Gripen har huvuddelen av spillovers karaktären av civil produktion och i viss mån militär export. Värdet av avknoppade företag baserade på Gripen-teknologi är i relation till detta litet, även om en mer detaljerad beräkning – bland annat baserad på Ericssons mycket omfattande och ohyggligt komplicerade strategiska köp och avyttring av företag under sin gradvisa omställning till mobiltelefoni under »Gripenperioden» 1980–2007 – förmodligen skulle höja bidraget något över de 14 miljarderna. Vad som då krävs är att vart och ett av drygt 20 köpta och/eller avknoppade företag av betydelse klassas beträffande sin relation till Gripenprojektet. Köpta företag ska då redovisas som en investe-

45. 4 procents realränta kan i dag tyckas hög. Jag har valt den för att få jämförbarhet med beräkningarna i Fölster (1993). Mer om detta på s. 40. Det hör också till saken att en hög realränta innebär att spillover-multiplikatorn underskattas, eftersom investeringskostnaderna kommer före intäkterna/vinsterna.

ring och kapitalvinster vid försäljning som spillover-värden.

Bilden blir annorlunda i den beräkning som jag i skrivande stund håller på med vad beträffar Saab Bofors Dynamics (SBD:s) vapenutveckling, där militär export och avknoppade företag dominerar och där värdet på avknoppade företag någorlunda går att beräkna. Efter-som de uppgifter som tagits fram, liksom metodiken som sådan, är av intresse även i andra sammanhang än dessa spillover-beräkningar, är min avsikt att ta fram en särskild dokumentation kring dataunderlaget som kan göras tillgänglig för forskningsändamål i den mån uppgifter inte delgivits mig konfidentiellt.

Man kan naturligtvis räkna på andra sätt, men det kräver en större forskningsinsats och det är inte säkert att kalkylen blir bättre. De metoder jag kan tänka mig och förordar, till exempel att använda simuleringsmodeller, såsom MOSES (Eliasson 1991b; Ballot & Taymaz 1998, 2009), har dessutom ännu inte etablerat sig inom nationalekonomin. De kommer därför att utsättas för mer kritik än metoder där enbart konventionella och allmänt väl bekanta modeller använts. Därför blir det i så fall nödvändigt att använda nya beräkningsmodeller parallellt med konventionella och på ett sådant sätt att de olika metodernas för- och nackdelar utvärderas mot varandra.

Ett sådant projekt hade i detta sammanhang blivit alldeles för stort, men de beräkningar jag genomfört och storleken på de effekter jag kommit fram till markerar med all önskvärd tydlighet betydelsen av fortsatt metodutveckling på detta område – om inte annat för att skingra eventuella tvivel på mina beräkningars tillförlitlighet.

Vare sig det handlar om civila leveranser i Sverige, militär eller civil export eller direkt försäljning av utvecklad teknologi, gäller att den militära FoU-investeringen gjort det möjligt att få ut större värde ur produktutvecklingen (spillovers) än den militära produkten, men att i fallet ingen militär FoU, skulle de resurser (arbete och fysiskt kapital) som satts in i produktionen ha använts på annat sätt, dock till en lägre produktivitet. *Militär FoU har fungerat som en osynlig produktionsfaktor (ett kompetenskapitaltillskott, en spillover) som lyft upp produktiviteten i produktionen.* Den fråga som besvarats i denna bok har varit hur mycket.

OM ATT GÅ FRÅN PRAKTIKFALL TILL MAKRO

Simuleringsmodellen MOSES kan dock användas som pedagogisk förlaga för att illustrera hur man kan gå från mikropraktikfall till makro. Tabell 5 (s. 132) är en principskiss på hur endogen tillväxt äger rum i den modellen.

Man kan betrakta *spillovers* som en ny produktlansering eller en nyetablering av ett företag. En teknisk innovation (ett teknologiutbud) går igenom en urvals- och kommersialiseringsprocess (i kompetensblocket i avsnitt 3.3, tabell 2 – i min analys är dessa *spillovers* exogena)⁴⁶ för att så småningom väljas ut i form av en produktlansering (Jenners 1966) eller en företagsetablering som kan lyckas mer eller mindre – eller misslyckas totalt. I det senare fallet rasar projektet rakt genom tabell 5 och avvecklas under punkt 4. Om nyetableringen brett definierad lyckas utsätter den marknadens existerande aktörer (*incumbents*) för konkurrens. De tvingas åtgärda sin situation genom någon form av förbättring. De organiserar om sig och/eller rationaliserar. Om de misslyckas sorteras de ut under exitpunkten 4.

Det finns olika former av konkurrens, direkt som Iphone gentemot Nokia eller indirekt när en lyckad spillover-etablering drar till sig resurser från andra företag och/eller driver upp löner. Den antagna utgångspunkten för mina spillover-beräkningar och för spillover-ekonometrin är att *man jämför två fullsysselsättningssituationer*. Resurser lockas då genom konkurrensen över till de nya, mer produktiva och lönsamma företagen. I de ekonometriska studierna har man vanligtvis inte korrigerat för utnyttjandegraden. Simuleringsmodellen MOSES har den stora fördelen att man initialt kan kalibrera den för en full sysselsättningssituation. Det är skillnaden i produktion/produktivitet som beror på den teknologi som tillförts ekonomin genom *spillovers* som utgör spillover-multiplikatorns täljare. Nämnaren är vad den investering som nu gått till att skapa spillover-baserad produktion vuxit till om den i stället investerats på de finansiella marknaderna.

Men för att beräkna det skapade mervärdet måste jag även upp-

46. I MOSES är nyetableringen endogen.

skatta vad de resurser (arbetskraft och kapital) netto skulle ha producerat i sin ursprungliga allokering. De produktionsvärden som på detta sätt åstadkoms ska dras från de produktionsvärden som skapas i den nya spillover-baserade allokeringen. Detta utgör den stora svårigheten.

Vi har uppgifter om de nya produktionsvärden som skapats (arbetsproduktiviteten). Arbetskraften ska nu ha lockats från annan produktion. Vilken produktivitet åstadkom den där? Jag har antagit det statistiskt registrerade genomsnittsvärdet i svensk verkstadsindustri respektive år, dels från Industriförbundets så kallade planenkät, dels från officiell statistik. Detta blir inte helt korrekt eftersom nyetableringen även höjt produktiviteten hos kvarvarande *incumbents* – också en spillover-effekt. Eftersom denna effekt inte räknas med i spillover-multiplikatorn innebär detta en underskattning.

Att identifiera täljarens företag är en särskild historia som större delen av bokens text ägnas åt (praktikfallen). Ingen av de tillgängliga metoderna är naturligtvis perfekt när det gäller att uppskatta nettoeffekten. Praktikfallen kan ju kontrolleras och man kan ha olika uppfattningar om hur stor del av produktionen som härrör just från spillover-tillskottet.

De ekonometriska beräkningarna tar oftast ingen hänsyn till hur fullt sysselsatta resurserna varit på annat sätt än att man räknar på medelvärden över en längre period. Nettoeffekten uppskattas genom att FoU-investeringen »korreleras» med uppmätta produktions/produktivitetsökningar i den egna branschen och i kringliggande (relaterade) branscher samt vid något tillfälle i utlandet. Eftersom alla data är ex post kommer man inte åt ovan nämnda förbättring mellan ex ante och ex post i kringliggande företag.

Vid en allmän jämviktsanalys kan man till en del även fånga indirekta anpassningar i resursernas allokering. Där har under senare år en omfattande forskning ägt rum vad gäller den internationella spridningen av spillovers. En slutsats från den forskningen är att en betydande del av den teknologi som lett till tillväxt bland industriländerna har ett internationellt ursprung, (se till exempel Abdelmoula

& Bresson 2008; Keller 2001; Klenow & Rodrigues-Clare 2004). Dessa modeller är dock traditionellt statiska och tar inte hänsyn till den dynamik som hinner påverka utvecklingen över långa perioder.⁴⁷

De indirekta spillover-effekterna kan man bara beräkna om den alternativa allokeringens värden bestäms endogent. Det kräver en komplett och dynamisk simuleringsmodell av typ MOSES. Att genomföra en komplett simuleringsanalys på denna modell för detta speciella fall, Gripen, vilket är fullt möjligt, visade sig denna gång inte vara praktiskt genomförbart. Vi har dock vid tidigare tillfällen genomfört liknande simuleringsexperiment på hela den svenska ekonomin och då funnit att denna typ av indirekta dynamiska allokeringseffekter kan bli mycket stora över så långa perioder som mina beräkningar på Gripenprojektet, 1980–2007.

47. Det kan i sammanhanget nämnas att Ballot & Taymaz (2009) "klonat" MOSES-modellen till en modell med flera ekonomier mellan vilka spillovers sprider sig och i vilken dynamiken fångas upp. Tills vidare betraktar de dock den klonade modellen som ett metodologiskt experiment snarare än ett empiriskt analysverktyg.

FÖRTECKNING ÖVER PRAKTIKFALL

s. 67 *Praktikfall 1*

Saabs regionalflyg och satsningen på att utveckla lättviktskonstruktioner och delsystem för Boeing och Airbus

s. 68 *Praktikfall 2*

Volvo Aeros omvandling från huvudsakligen militär till huvudsakligen civil flygmotorsystemutvecklare

s. 70 *Praktikfall 3*

Rymdteknologi (Saab Space och Volvo Aero Corporation)

s. 70 *Praktikfall 4*

Civil säkerhet (Saab)

s. 80 *Praktikfall 5*

Ingenjörskonsulter (Combitech AB)

s. 83 *Praktikfall 6*

Hydraulmotorer (Voac)

s. 84 *Praktikfall 7*

Höghastighetsbearbetning av metaller (Modig Machine Tool)

s. 86 *Praktikfall 8*

Kompositmaterial och lättviktskonstruktioner (Acab, Saab och Volvo Aero Corporation)

s. 93 *Praktikfall 9*

Bilsäkerhetsindustrin och Autoliv

s. 97 *Praktikfall 10*

Från elektromekanisk, fast telefoni till digital mobiltelefoni på 40 år (Ericsson)

s. 106 *Praktikfall 11*

Övervakningssystem för telefonisystem (Ericsson HP)

s. 110 *Praktikfall 12*

Datorer och affärsinformationssystem

s. 116 *Praktikfall 13*

Individualiserad tv-underhållning (Tracab)

s. 121 *Praktikfall 14*

Medicinsk teknologi (Sectra)

LITTERATUR

- Abdelmoula, Myriam & Georges Bresson (2008), »Spatial and Technological Spillovers in European Patenting Activities: A Dynamic Count Patent Data Model«, *Annales d'Économie et de Statistique*, nr 87–88, s. 167–194.
- Adams, James D. (2001), »Comparative Localization of Academic and Industrial Spillovers«, NBER Working Paper nr 8292.
- Aghion, Philippe, Mathias Dewatripont & Jeremy C. Stein (2008), »Academic Freedom, Private-Sector Focus, and the Process of Innovation«, *RAND Journal of Economics*, 39, s. 617–635.
- Ahlgren, Jan, Anders Linner & Lars Wigert (2002), *Gripen – the first fourth generation fighter*. Linköping: Swedish Airforce, FMV & Saab Aerospace.
- Albrecht, James W., Pontus Braunerhjelm, Gunnar Eliasson, Jörgen Nilsson, Tomas Nordström & Erol Taymaz (1992), *MOSES database*, Research Report nr 40. Stockholm: Industriens utredningsinstitut.
- Alic, John A., Lewis M. Branscomb, Harvey Brooks, Ashton B. Carter & Gerald L. Epstein (1992), *Beyond Spinoff: Military and Commercial Technologists in a Changing World*. Boston: Harvard Business School Press.
- Andersson, Thomas, Pontus Braunerhjelm, Bo Carlsson, Gunnar Eliasson, Stefan Fölster, Lars Jagrén, Eugenia Kazamaki-Ottersten & Kent Rune Sjöholm (1993), *Den långa vägen: den ekonomiska politikens begränsningar och möjligheter att föra Sverige ur 1990-talets kris*. Stockholm: Industriens utredningsinstitut.
- Andreasson, Rune & Claes-Göran Bäckström (2000), *The Seat Belt – Swedish Research and Development for Global Automotive Safety*. Stockholm: Vattenfall AB.
- Arrow, Kenneth J. (1962), »Economic Welfare and the Allocation of Resources for Invention«, i Richard R. Nelson (red.), *The Rate and Direction of Inventive Activity: Economic and Social Factors*. Princeton: Princeton University Press, s. 609–626.
- Audretsch, David B., William J. Baumol & Andrew E. Burke (2001), »Competition Policy in Dynamic Markets«, *International Journal of Industrial Organization*, 19, s. 613–634.
- Axelsson, Mattias, Roland Heckerö & Peter Wickberg (2004), *Industriella*

- aspekter på NBF – konsekvenser för Sverige*, FOI-R, 1282-SE, juli, FIND-Projektet. Stockholm: Totalförsvarets forskningsinstitut.
- Ballot, Gérard & Erol Taymaz (1998), »Human Capital, Technological Lock-in and Evolutionary Dynamics«, i Gunnar Eliasson & Christopher Green, *The Micro Foundation of Economic Growth*. University of Michigan Press, s. 301–330.
- Ballot, Gerard & Erol Taymaz (2009), *Love Thy Neighbor – A Simulation Study on International Technology Spillovers and Growth Regimes*, presenterat vid the DIME Workshop, Université Antilles Guyanes, 2–4 december.
- Bernstein, Jeffery I. (1989), »Rates of Return on Physical and R&D Capital and Structure of the Production Process – Cross Section and Time Series Evidence«, i B. Raj (red.), *Advance in Econometrics and Modelling*. Boston, Dordrecht, London: Kluwer Academic Publishers.
- Bernstein, Jeffery I. (1991), »Product Demand, Cost of Production, Spillovers, and the Social Rate of Return to R&D«, NBER Working Paper nr 3625.
- Bernstein, Jeffery I. & Pierre Mohnen (1994), »International R&D Spillovers between U.S. and Japanese R&D Intensive Sectors«, NBER Working Paper nr 4682. Publicerad 1998 i *Journal of International Economics*, 44 (2), s. 315–338.
- Bernstein, Jeffery I. & M. Ishaq Nadiri (1988), »Interindustry R&D Spillover, Rates of Return, and Production in High-Tech Industries«, *American Economic Review, Papers and Proceedings*, 78 (2), s. 429–434.
- Bernstein, Jeffery I. & M. Ishaq Nadiri (1989), »Research and Development and Intra-industry Spillovers: An Empirical Application of Dynamic Duality«, *Review of Economic Studies*, 56, s. 249–269.
- Bernstein, Jeffery I. & Xiaoyi Yan (1995), »International R&D spillovers between Canadian and Japanese industries«, NBER Working Paper nr 5401.
- Brauer, Jurgen & Hubert van Tuyl (2008), *Castles, Battles, & Bombs – How economics explains military history*, Chicago & London: University of Chicago Press
- Braunerhjelm, Pontus (2007), »Academic entrepreneurship: social norms, university culture and policies«, *Science and Public Policy*, 34 (9), s. 619–631.
- Braunerhjelm, Pontus (2008), »Regional Specialization and Universities: The New Versus the Old«, *Industry and Innovation*, 15, s. 253–275.

- Broström, Anders (2009), *Strategists and Academics, Doctorate Thesis in Economics*. Stockholm: Kungliga Tekniska högskolan.
- Bruun, Staffan & Mosse Wallen (1999), *Boken om Nokia*. Stockholm: Fischer & Co.
- Burenstam Linder, Staffan (1961), *An Essay on Trade and Transformation*. Uppsala: Almqvist & Wiksell.
- BusinessWeek*, 24 september 2001.
- Carlsson, Bo (1983a), »Industrial Subsidies in Sweden: Macro-Economic Effects and an International Comparison«, *Journal of Industrial Economics*, XXXII (1), s. 9–14.
- Carlsson, Bo (1983b), »Industrial Subsidies in Sweden: Simulations on a Micro-to-Macro Model«, i *Microeconometrics, IUI Yearbook 1982–1983*. Stockholm: Industriens utredningsinstitut.
- Carlsson, Bo (red.) (1995), *Technological Systems and Economic Performance: The Case of Factory Automation*. Boston, Dordrecht, London: Kluwer Academic Publishers.
- Carlsson, Bo, Fredrik Bergholm & Thomas Lindberg (1981), *Industristödspolitik och dess inverkan på samhällsekonomin*. Stockholm: Industriens utredningsinstitut.
- Carlsson, Bo, Gunnar Eliasson & M. Ishaq Nadiri (red.) (1978), *The Importance of Technology and the Permanence of Structure in Industrial Growth*. Stockholm: IUI konferensrapport, 1978:2.
- Coase, Ronald H. (1937), »The Nature of the Firm«, *Economica*, New Series, IV (13–16), s. 386–405.
- Coase, Ronald H. (1960), »The Problem of Social Cost« *Journal of Law & Economics*, III, s. 1–44.
- Coase, Ronald H. (1974), »The Lighthouse in Economics«, *Journal of Law & Economics*, 17, s. 357–376.
- Cutler, David M. & Mark McClellan (2001), »Is Technological Change in Medicine Worth it?«, *Health Affairs*, 20 (5), s. 11–29.
- Dagens Industri*, 11 oktober 2004, 7 mars 2006, 3 september 2008, 25 juni, 9, 16 och 28 juli, 26 november 2009, 13 januari 2010.
- Dagens Nyheter*, 15 januari, 27 april och 27 juli 2009, 14 januari 2010.
- Day, Richard H. (1986), »On Endogenous Preferences and Adaptive Economizing«, i Richard H. Day & Gunnar Eliasson (red.), *The Dynamics of Market Economies*. Stockholm: Industriens utredningsinstitut & Amsterdam: North-Holland.

- Day, Richard H. & Gunnar Eliasson (red.) (1986), *The Dynamics of Market Economies*. Stockholm: Industriens utredningsinstitut & Amsterdam: North-Holland.
- DEK, Data- och elektronikkommittén (1980), *Datateknik, Ekonomisk Tillväxt och Sysselsättning*. Stockholm.
- Dunne, J. Paul (1990), »The Political Economy of Military Expenditure: An Introduction«, *Cambridge Journal of Economics*, vol. 14 (4), s. 395–404.
- The Economist*, 31 juli 2001.
- Eliasson, Gunnar (1976), *Business Economic Planning – Theory, Practice and Comparison*. London etc.: John Wiley & Sons.
- Eliasson, Gunnar (1980), »Elektronik, teknisk förändring och ekonomisk utveckling«, i *Datateknik, ekonomisk tillväxt och sysselsättning*, rapport från Data- och elektronikkommittén (DEK). Stockholm: DEK.
- Eliasson, Gunnar (1981), »Electronics, Economic Growth and Employment – Revolution or Evolution?«, i Herbert Giersch (red.), *Emerging Technologies: Consequences for Economic Growth, Structural Change, and Employment*. Kiel: Institut für Weltwirtschaft an der Universität Kiel.
- Eliasson, Gunnar (1984), »Micro Heterogeneity of Firms and Stability of Growth«, *Journal of Behavior and Economic Organization*, 5 (3–4), s. 249–298 (även i Richard H. Day & Gunnar Eliasson [red.], 1986).
- Eliasson, Gunnar (1987), *Technological Competition and Trade in the Experimentally Organized Economy*, Research Report nr 32. Stockholm: Industriens utredningsinstitut.
- Eliasson, Gunnar (1990), »The Firm as a Competent Team«, *Journal of Economic Behavior and Organization*, 13 (3).
- Eliasson, Gunnar (1991a), »Deregulation, Innovative Entry and Structural Diversity as a Source of Stable and Rapid Economic Growth«, *Journal of Evolutionary Economics*, (1), s. 49–63.
- Eliasson, Gunnar (1991b), »Modeling the Experimentally Organized Economy«, *Journal of Economic Behavior and Organization*, 16 (1–2), s. 153–182.
- Eliasson, Gunnar (1991c), »The International Firm: A Vehicle for Overcoming Barriers to Trade and a Global Intelligence Organization Diffusing the Notion of a Nation«, i Lars Gunnar Mattson & Bengt Stymne (red.), *Corporate and Industry Strategies for Europe*. Amsterdam: North-Holland.
- Eliasson, Gunnar (1994), *Högre utbildade i företag*, rapport nr 14, Agenda 2000. Stockholm: Utbildningsdepartementet.

- Eliasson, Gunnar (1995), *Teknologigenerator eller nationellt prestigeprojekt?: exemplet svensk flygindustri*. Stockholm: City University Press.
- Eliasson, Gunnar (1996a), *The Firm, Its Objectives, Its Controls and Its Organization*. Boston, Dordrecht, London: Kluwer Academic Publishers.
- Eliasson, Gunnar (1996b), »Spillovers, Integrated Production and the Theory of the Firm«, *Journal of Evolutionary Economics*, 6, s. 125–140.
- Eliasson, Gunnar (1997), »General Purpose Technologies, Industrial Competence Blocs and Economic Growth«, i Bo Carlsson (red.), *Technological Systems; Cases, Analyses, Comparisons*. Boston, Dordrecht, London: Kluwer Academic Publishers.
- Eliasson, Gunnar (1998), »Svensk datorindustri – en kompetensblocksanalys av dess framväxt och försvinnande«, i P. Heum (red.), *Kompetense og Verdiskapning*. SNF:s Årsbok 1998. Bergen: Fagboksforlaget.
- Eliasson, Gunnar (1999), *Undervattensteknologi i industriell tillämpning*, Trita-IEO, 1999:12. Stockholm: Kungliga Tekniska högskolan.
- Eliasson, Gunnar (2000a), »Industrial Policy, Competence Blocs and the Role of Science in the Economic Development«, *Journal of Evolutionary Economics*, 1.
- Eliasson, Gunnar (2000b), »Technological Spillovers from Advanced Defense Production«, *Militärteknisk Tidskrift*, 1.
- Eliasson, Gunnar (2002), *Den Nya och Omedelbara Ekonomin – ett Internetperspektiv*. Stockholm: Vinnova & Teldok (Telematic).
- Eliasson, Gunnar (2003), »The Venture Capitalist as a Competent Outsider«, i Kari Alho, Jukka Lassila & Pekka Ylä-Anttila, *Economic Research and Decision Making*, ETLA-Taloustieto oy, Helsinki. En tidigare version med samma titel har publicerats av Kungliga Tekniska högskolan, Stockholm, Trita-IEO, 1997:06.
- Eliasson, Gunnar (2005a) (red.), *The Birth, the Life and the Death of Firms – the role of entrepreneurship, creative destruction and conservative institutions in a growing and experimentally organized economy*. Stockholm: Ratioinstitutet.
- Eliasson, Gunnar (2005b), »The Nature of Economic Change and Management in a New Knowledge Based Information Economy«, *Information Economics and Policy*, 17, s. 428–456.
- Eliasson, Gunnar (2005c), »Entreprenörskap kring avancerad försvarsindustri«, i *Försvar och Säkerhet*. Stockholm: Kungliga Ingenjörsvetenskapsakademien (IVA).

- Eliasson, Gunnar (2006), »From Employment to Entrepreneurship«, *Journal of Industrial Relations*, 48 (5), s. 633–656.
- Eliasson, Gunnar (2007), *Entreprenörens roll i tillväxtteorin – en doktrinhistorisk översikt*. Östersund: Institutet för tillväxtpolitiska studier, ITPS R 2007:005.
- Eliasson, Gunnar (2008), *Advanced Purchasing, Spillovers, Innovative Pricing and Serendipitous Discovery*, presenterat vid the 12th International Conference of the Joseph A. Schumpeter Society, Rio de Janeiro, 2–5 juli. Kan laddas ner från konferenssajten och från Ratioinstitutet (<http://swopec.hhs.se/scripts/pstat.pl?p=RePEc:hhs:ratio:0119>).
- Eliasson, Gunnar (2009), *Svensk sjukvård som en framtida exportindustri? En industriekonomisk analys*, underlagsrapport nr 33 till Globaliseringsrådet. Stockholm: Regeringskansliet.
- Eliasson, Gunnar (2010), *Advanced Public Procurement as Industrial Policy – Aircraft Industry as a Technical University*. New York, Dordrecht, Heidelberg, London: Springer.
- Eliasson, Gunnar & Åsa Eliasson (1996), »The Biotechnological Competence Bloc«, *Revue d'Economie Industrielle*, 78 (4).
- Eliasson, Gunnar & Åsa Eliasson (2005), »The Theory of the Firm and the Markets for Strategic Acquisitions«, i Uwe Cantner, Elias Dinopoulos & Robert F. Lanzilotti (red.), *Entrepreneurship, the New Economy and Public Policy*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer.
- Eliasson, Gunnar & Åsa Eliasson (2009), »Competence and Learning in the Experimentally Organized Economy«, i Per-Olof Bjuggren & Dennis C. Mueller (red.), *The Modern Firm, Corporate Governance, and Investment*. Cheltenham & Northampton: Edward Elgar.
- Eliasson, Gunnar & Clas Wihlborg (2003), »On The Macroeconomic Effects of Establishing Tradability in Weak Property Rights«, *Journal of Evolutionary Economics*, 13, s. 607–632.
- Eliasson, Gunnar, Dan Johansson & Erol Taymaz (2004), »Simulating the New Economy«, *Structural Change and Economic Dynamics*, 15, s. 289–314.
- Eliasson, Gunnar, Dan Johansson & Erol Taymaz (2005), »Firm Turnover and the Rate of Macroeconomic Growth«, kapitel VI, i Gunnar Eliasson, *The Birth, the Life and the Death of Firms – The Role of Entrepreneurship, Creative Destruction and Conservative Institutions in a Growing and Experimentally Organized Economy*. Stockholm: Ratioinstitutet, s. 305–356.
- Fransson, Stig A. (1996), *Bofors 350 år*. Stockholm: Probus.

- Fredriksson, Billy (1994), »Systems Engineering – A Holistic Approach to Product Development«, *Griffin*, 94/95.
- Fölster, Stefan (1993), »De teknologiska spridningseffekterna av JAS: en ny empirisk metod«, stencil, Industriens utredningsinstitut.
- Gansler, Jacques (1989), *Affording Defense*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Gleeson, Janet (1998), *The Arcanum – The extraordinary True Story of the Invention of European Porcelain*. London, New York etc.: Bantam Press.
- Gripenkrönikan. En Historik Över Gripens Utveckling Nedtecknad av de som Deltagit* (2007), Linköping, Saab AB, SBC-2007-01103.
- Hall, Bronwyn H., Jacques Mairesse & Pierre Mohnen (2009), »Measuring the Returns to R&D«, NBER Working Paper nr 15622.
- Hart, Olivier, Andrei Shleifer & Robert W. Vishny (2001), »The Proper Scope of Government: Theory and application to prisons«, *The Quarterly Journal of Economics*, november, s. 1127–1161.
- Hartley, Keith (1994), *The Economic Case for Subsidizing the Aerospace Industry*. York: Centre for Defence Economics, University of York.
- Hartley, Keith (2006), »The Industrial and Economic Benefits of Eurofighter Typhoon«, slutrapport 16 juni, Centre for Defence Economics, University of York.
- HCP 41-1 (1994), *Competitiveness of UK manufacturing industry*, Trade and Industry Committee, House of Commons, HMSO, London, april, s. 137.
- Hill, Christopher (1965), *Intellectual Origins of the Industrial Revolution*. Oxford: At the Clarendon Press.
- Hirschleifer, Jack (1976), *Price Theory and Applications*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, Inc.
- ISA (2008), *Företagen i en globaliserad ekonomi. Full fart i huvudkontoret*. Stockholm: Invest in Sweden Agency (ISA).
- JAS 39 Gripen – en granskning av JAS-projektet*, betänkande av JAS-kommissionen, SOU 1993:119.
- JEBO (2007), *Journal of Economic Behavior & Organization*, vol. 63, special issue devoted to academic entrepreneurship.
- Jenner, Richard A. (1966), »An Information Version of Pure Competition«, *Economic Journal*, 76 (302), s. 786–805.
- Jonason, Andreas (2001), *Innovative Pricing*, doktorsavhandling. Stockholm: Institutionen för industriell ekonomi och organisation (INDEK), Kungliga Tekniska högskolan.

- Jones, Charles I. (1995), »R&D based Models of Economic Growth«, *Journal of Political Economy*, augusti, 103 (4), s. 759–784.
- Jones, Charles, I. (1999), »Growth: With or Without Scale Effects«, *The American Economic Review*, 89, Papers and Proceedings, s. 139–144.
- Jones, Charles, I. & John C. Williams (1998), »Measuring the Social Returns to R&D«, *The Quarterly Journal of Economics*, 113 (4), s. 1119–1135.
- Jorgenson, Dale W. & Zvi Griliches (1967), »The Explanation of Productivity Change«, *Review of Economic Studies*, XXXIV (3), s. 249–282.
- Keller, Wolfgang (2001), »International Technology Diffusion«, NBER Working Paper nr 8573. Publicerat 2004 i *Journal of Economic Literature*, 42, s. 752–782.
- Kelley, Maryellen R. & Cynthia R. Cook (1998), »The Institutional Context and Manufacturing Performance: the case of the U.S. Defense Industrial Network«, NBER Working Paper nr 6460.
- Klenow, Peter J. & Andres Rodriguez-Clare (2004), »Externalities and Growth«, NBER Working Paper nr 11009.
- Knight, Frank (1921), *Risk, Uncertainty and Profit*. Boston: Houghton-Mifflin.
- König, Bengt & Gunnar Cervin-Ellqvist (1998), *Robot 50 År*. Ödeshög: Danagårds Grafiska.
- Lewis, Tracy R. & David E.M. Sappington (1991), »Technological Change and the Boundaries of the Firm«, *American Economic Review*, 81 (4), s. 887–900.
- Lindahl, Mikael & Erik Canton (2007), »The social returns to education«, i Joop Hartog & Henrietta Maassen van der Drink (red.), *Human Capital: Theory & Evidence*. Cambridge: Cambridge University Press, s. 21–37.
- Lundberg, Erik (1961), *Produktivitet och räntabilitet. Studier i kapitalets betydelse inom svenskt näringsliv*. Stockholm: Studieförbundet Näringsliv och Samhälle.
- Mairesse, Jacques & Pierre Mohnen (2004), »The Importance of R&D for Innovation: A Reassessment Using French Survey Data«, NBER Working Paper nr 10897.
- Mamuneas, Theofanis P. & M. Ishaq Nadiri (1995), »Public R&D Policies and Cost Behavior of the US Manufacturing Industries«, NBER Working Paper nr 5059.
- Markusen, Ann & Joel Yudken (1992), *Dismantling the Cold War Economy*. New York: Basic Books.

- Marshall, Alfred (1890), *Principles of Economics*. London: Macmillan & Company.
- Marshall, Alfred (1919), *Industry and Trade*. London: Macmillan & Company.
- Mattson, Bengt (1988), Cost–benefit kalkyler. Göteborg: Esselte studium/Akademiförlaget.
- Mellander, Erik (2002), »Lön och Lärande – Räcker utbildningspremien?«, i Kenneth Abrahamsson, Lena Abrahamsson, Torsten Björkman, Per Erik Ellström & Jan Johansson (red.), *Utbildning Kompetens och Arbete*. Lund: Studentlitteratur.
- Mellander, Erik & Bengt-Christer Ysander (1990), »Analyzing Productivity and Efficiency in the Absence of Output Measures«, i Hans Carlsson & Bo Larsson (red.), *Problems of The Mixed Economy. Cooperation, Efficiency, and Stability*. Amsterdam etc.: Elsevier Science Publishers B.V.
- Militær Teknikk*, nr 1/2009.
- Mill, John Stuart (1848), *Principles of Political Economy with Some of Their Applications to Social Philosophy*. London.
- von Mises, Ludwig (1949), *Human Action*. Chicago: Contemporary Books.
- Mohnen, Pierre (1996), »R&D Externalities and Productivity Growth«, *OECD Science and Technology Review (STI)*, 18, s. 39–66.
- Moretti, Enrico (2002), »Human Capital Spillovers in Manufacturing: Evidence from Plant-level Production Functions«, NBER Working Paper nr 9316.
- MOSES database 1992*, se Albrecht med flera (1992).
- Mueller, Denis (1989), *Public Choice II – A revised edition of Public Choice*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Mun, Sung-Bae & M. Ishaq Nadiri (2002), »Information Technology Externalities: Empirical Evidence from 42 U.S. Industries«, NBER Working Paper nr 9272.
- Musgrave, Richard S. (1959), *The Theory of Public Finance*. New York, Toronto, London: McGraw-Hill.
- Nadiri, M. Ishaq (1978), »A Dynamic Model of Research and Development Expenditure«, i Bo Carlsson, Gunnar Eliasson and M. Ishaq Nadiri (red.), *The Importance of Technology and the Permanence of Structure in Industrial Growth*. Stockholm: IUI konferensrapport, 1978:2.
- Nadiri, M. Ishaq (1993), »Innovations and Technological Spillovers«, Working Paper nr 4423.

- Nadiri, M. Ishaq & Theophanis P. Mamuneas (1991), »The Effects of Public Infrastructure and R&D Capital on the Cost Structure and Performance of US Manufacturing Industries«, NBER Working Paper nr 3887.
- Nadiri, M. Ishaq & Theophanis P. Mamuneas (1994), »Infrastructure and Public R&D Investments, and the Growth of Factor Productivity in US Manufacturing Industries«, NBER Working Paper nr 4845.
- Nilsson, Karl Erik (2003), *Autoliv – 50 Years of Automobile Occupant Safety*. Vårgårda: Autoliv.
- Ny Teknik*, nr 23, 3 juni 2009.
- OECD 1996, *The Knowledge Based Economy*, Paris.
- OECD 2004, *The Security Economy*, Paris.
- Patel, Parimal & Keith Pavitt (1994), »The Continuing, Widespread (and Neglected) Importance of Improvements in Mechanical Technologies«, *Research Policy*, 23, s. 535–545.
- Pavitt, Keith & Luc G. Soete (1981), »International Differences in Economic Growth and the International Location of Innovation«, mimeo, Science Policy Research Unit, University of Sussex.
- Romer, Paul M. (1986), »Increasing Returns and Long-Run Growth«, *Journal of Political Economy*, 94 (5), s. 1002–1037.
- Romer, Paul M. (1990), »Endogenous Technological Growth«, *Journal of Political Economy*, 98 (5), s. 71–102.
- Schagerlund, Olof (1999), »Competing Technologies and Market Entry Strategy«, i Gunnar Eliasson (red.), *Internet Economics and Internet Technology*. Stockholm: Kungliga Tekniska högskolan, Trita-IEO, 1999:12.
- Schroder, Harald & Lars Gissler (1982), »Sweden's Commercial Approach to Military Aircraft Contracting«, National Contract Management Association, *Contract Management*, april, s. 5–7.
- Schumpeter, Joseph A. (1911), *Theorie der Wirtschaftlichen Entwicklung*, Dunker und Humblot, Jena. Brittisk upplaga 1934, *The Theory of Economic Development: An Inquiry into Profits, Capital, Credit, Interest and the Business Cycle*, vol. XLVI. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Schumpeter, Joseph A. (1942), *Capitalism, Socialism and Democracy*. New York: Harper & Row.
- Schumpeter, Joseph A. (1954), *History of Economic Analysis*. Oxford: Oxford University Press (1986 Allen & Unwin, London, Boston, Sydney).
- Serfati, Claude (red.) (2001a), *The Restructuring of the European Defence Industry: Dynamics of Change*, COST Action A10. Bryssel: Europeiska kommissionen.

- Serfati, Claude (2001b), »The Aerospace Industry: A Case for European Integration«, i Claude Serfati (red.), *The Restructuring of the European Defence Industry: Dynamics of Change*, COST Action A10. Bryssel: Europeiska kommissionen.
- Sharefkin, Mark (1983), »Stabilization and Growth Policy with Uncertain Oil Prices: Some Rules of Thumb«, i Gunnar Eliasson, Mark Sharefkin & Bengt-Christer Ysander (red.), *Policy Making in a Disorderly World Economy*. Stockholm: IUI konferensrapport, 1983:1.
- Stenbock, Dan (2001), *The Nokia Revolution – The Story of an Extraordinary Company That Transformed an Industry*. New York etc.: American Management Association (AMACOM).
- Svenska Dagbladet*, 14 och 18 juli 2009.
- Svenska Dagbladet Näringsliv*, 15 oktober och 4 november 2009.
- Taymaz, Erol (1991), *MOSES on PC: Manual, initialization, and calibration*. Stockholm: Industriens utredningsinstitut.
- Wennerholm, Bertil (2006), *Fjärde Flygvapnet i Världen?* Stockholm: Försvarshögskolan.
- Wentzel, Viggo (red.) (1994), *TEMA D21 Bits & bytes ur Datasabaabs historia*. Linköping: DatasabaabsVänner.
- Westerlund, Gunnar (1992), *Armerade Hårdplaster*. Stockholm: Sveriges Plastförbund.
- Westerman, Johan (1768), *Om Svenska Neringarnes Undervigt emot de Utländske, förmedelst en trögare Arbets-drift*. Stockholm.
- Widfeldt, Bo & Fredrik Fryklund (red.) (2005), *Flygmotor – Volvo Aero 1930–2005*. Nässjö: Air Historic Research.
- Winter, J.M. (1976), *War and Economic Progress*. London: Cambridge University Press.
- Wright, T.P. (1936), »Factors Affecting the Cost of Airplanes«, *Journal of Aeronautical Sciences*, vol. 3, s. 122–128.

ORDLISTA

Avancerad kund Med beställarkompetens och förmåga att ställa krav och med kompetens att upphandla nya produkter som inte finns. Bidrar ofta till utvecklingen av den nya produkten och delar den tekniska risken med tillverkaren.

CDMA, Code Division Multiple Access mobiletelefoniteknik

Varje digitalt röst- och datameddelande får en adress (kod) och delas upp i digitala paket som sänds iväg över näten för att sedan samlas ihop simultant på den angivna adressen. Kräver betydande administration och därmed dator och överföringskapacitet. Tekniken utvecklades för militärt bruk under Vietnamkriget av det amerikanska bolaget Qualcomm. På tillbakagång även i USA.

Clock speed En komponents eller ett delsystems livslängd.

Computing & Communications (C&C) Technologies Representerar den femte datorgenerationen (efter mikroprocessorn) dit Internetteknologin hör och där dator- och kommunikationsteknologierna integreras. Ett antal olika teknologier som utvecklades oberoende av varandra och för andra syften möjliggjorde denna integration som fortfarande pågår. Det kommersiella genombrottet ägde rum 1994 när Mosaic Corporation (Netscape från och med 1995) introducerade en lättanvänd grafisk *browser* (läsare).

École Polytechnique Världens första tekniska högskola, som grundades i Paris 1774 för att utbilda militära ingenjörer.

Fly by wire Elektriskt styrsystem.

Generationer (svenska) stridsflygplan:

1. Från propeller till jetdrift (Saab J 29, Flygande tunnan).
2. Överljudsflygplan (Saab 32 Lansen och Saab 35 Draken).
3. Överljudsflygplan som i hög grad utnyttjade datorer och systemintegration för att uppnå höga funktionella prestanda (Saab 37 Viggen).

4. Instabilt flygplan där piloten inte har kontroll över alla roderytter utan behöver datorstöd (Gripen).
5. Smyg(*stealth*)egenskaper tillkommer.

Generiska teknologier Allmänna industriella teknologier med många användningsområden, som systemintegration och lättviktsteknologier – till skillnad från specifika teknologier på vilka väldefinierade företag grundats, som Saab Marine Electronics och Tracab. Det ökade generiska teknologinnehållet i flygindustrins utvecklingsarbete verkar ha höjt spillover-intensiteten per investerad krona, men har samtidigt gjort det svårare att identifiera och mäta de ekonomiska effekterna (spillover-multiplikatorn). En orsak till denna utveckling är data och kommunikationsteknologiens ökade användning.

IG JAS, Industrigruppen JAS Bestod ursprungligen av Volvo Flygmotor, Ericsson, SRA och FFV Aerotech samt Saab som ansvarig systemintegrator.

Infotainment systems Integrerade informations- och underhållningssystem.

JAS Står för jakt, attack och spaning.

Kommersialiseringskompetens Kompetensen att bygga industri på utbudet av tekniskt definierade innovationer (se kompetensblockteorin i avsnitt 3.3 samt tabell 2).

Konkurrerande upphandling När uppdrag läggs ut på konkurrens. Svensk offentlig upphandling ska, med undantag för försvarsupphandling, i dag läggas ut för öppen europeisk konkurrens (se avsnitt 2.4). Problem när kunden aktivt deltar i produktens utveckling och delar risken.

Kreativ förstörelse Schumpeters (1942) metafor som egentligen hör hemma i hans tidigare skrift från 1911. Metaforen betonar att en positiv ekonomisk utveckling driven av innovativ konkurrens förutsätter avveckling av undermålig produktion – förstörelse – för att (även om Schumpeter själv inte var så tydlig på denna punkt) breda plats för det nya. En version av den kreativa förstörelseprocessen återfinns i tabell 5. Den visar hur endogen tillväxt äger rum, i den svenska mikro/makromodellen MOSES, och har

använts som ”förlaga” när makroeffekterna av spillovers diskuterats/härletts i denna bok.

LAN, Local Area Network Nätverk för digital kommunikation mellan datorer. Xerox Ethernet var den första; introducerades under 1970-talet.

LTE Står för Long Term Evolution och är en teknisk standard som binder samman radiodelarna i nästa generations mobila Internet (4G).

MD 110 Ericssons digitala kontorsväxel för röst och data. Blev kärnan i Ericssons mindre lyckade satsning på affärsinformationssystem, EIS.

Modulering En teknik att få en egenskap hos en våg att variera med en annan våg, till exempel en bärvåg. Har stor betydelse inom telekommunikation och radio, där information överförs med hjälp av en bärvåg.

MOSES kort för Model Of the Swedish Economy, den svenska mikro(företagsbaserade)/makromodellen.

Producera Används genomgående i betydelsen skapa förädlingsvärdet över hela produktionskedjan, och inkluderar både *produktutveckling* och fysisk *tillverkning*. När distinktionen är viktig används de senare termerna.

Roaming En teknik som möjliggör för alla påslagna mobilterminaler att hålla kontakt med systemet även när till exempel bilisten åker från en cell till en annan och därför byter basstation.

Serendipitet Förmågan att göra lyckosamma upptäckter i förbigående. Från Horace Walpole (1717–1797), *The Three Princes of Serendip*.

Spillover-intensitet Spillover-innehållet per investerad krona i till exempel produktutveckling – till skillnad från de samhällsekonomiska mervärden som skapas när spillovers kommersialiseras, som ingår i spillover-multiplikatorn.

Spillover-multiplikatorn Kvoten mellan uppskattade samhällsekonomiska mervärden, netto efter beräknad alternativ kostnad, när spillovers kommersialiseras, och den utvecklingsinvestering som skapat spillovers (se bilaga).

SRA, Svenska Radio AB Grundat 1919. Ericsson blir majoritetsägare 1927 med Marconi som minoritetsägare. Från 1983 ERA.

Teknologi Står för kunskap om teknik.

TDMA, Time Division Multiple Access Ericssons huvudsakliga mobilstandard. Bygger på att de digitala budskapen packas i tidsintervall.

Tradability Hos kunskapstillgångar där äganderätten definierats så väl att handel i dessa äganderätter kan bedrivas. Bra svenskt ord saknas.

Volvo Flygmotor Grundat 1930. Bytte 1994 namn till Volvo Aero eller Volvo Aero Corporation.

REGISTER

- Acab 60ff, 65, 79, 86ff, 119
affärsexperiment 53f, 97, 111f
affärsmislyckanden 53, 111
Airbus 60ff, 67f
Atlas Copco 82, 84
Autoliv 41, 62, 83, 91ff, 119
avancerade företaget som teknisk
 högskola 11ff
AXE-systemet 98, 101, 112
- beställarkompetens 12, 15f, 25, 30, 32,
 50, 130
Boeing 60ff, 67f, 85f, 89
business economics 25
bältesupprullare 94
- CDMA, Code Division Multiple
 Access 98, 104, 106, 160
Celsius 77, 81, 109, 112f, 118
CIS, Celsius Information Systems
 109, 112f
civilsäkerhet 18, 61ff, 69ff, 108
clock speed 22, 78, 160
Combitech Software 60f, 77, 80ff, 88,
 95, 119
C3T (C3Technologies) 66
commuter aircraft, se regionalflyg
computer & communications (C&C)
 technology 72f, 113, 160
- Data- och elektronikkommittén
 (DEK) 74
data- och kommunikationsteknologi
 se *computer & communications*
 technology
- Datsaaba 60, 66, 110f, 113ff
Draken, se Saab 35 Draken
dubbelkund 17, 24, 134
dubbel produktion/produkt 24, 134
- École Polytechnique 73, 160
efterfrågepolitik, ny 8, 134
EIS, Ericsson Information Systems
 60ff, 98, 102, 109ff, 161
elektronisk krigföring 71
EMC-skydd 83
endogen tillväxt 117, 132, 143, 160
entreprenör 35, 50, 54, 56f, 114f, 118,
 131
EOE, experimentellt organiserad
 ekonomi 53f, 112, 132
ERA, Ericsson Radio Systems AB 98
Ericsson 29, 40f, 43, 47, 60ff, 66, 70,
 77f, 83, 89, 96ff, 100ff, 106ff, 128,
 140
Erieye 100ff
EW, *electronic warfare* 71
experimentellt organiserad ekonomi,
 se EOE
externalitet 25f, 127
- FFV Aerotech 77, 161
fly by wire 77, 79, 92, 160
Flygande tunnan, se Saab J 29
FMV, Försvarets materielverk 7, 11,
 15, 22, 30, 32, 50, 56, 68, 78, 86,
 102, 119, 123, 138
- General Electric (GE) 60, 68
generationer (svenska) stridsflygplan

- 38, 76f, 107, 160
 generiska teknologier 65, 127f, 161
 GM, General Motors 33, 83, 93, 128
 Gripensystemet, se Jas 39 Gripen
- IG JAS, Industrigruppen JAS 47, 60,
 70, 77, 86, 161
 immateriella rättigheter 16f
 inbyggda realtidssystem 81
infotainment systems 82, 161
 innovativ prissättning 12f, 24, 29, 35,
 37, 129
 innovatör 54, 56
 instabilt stridsflygplan 160
intellectual property rights (IPR),
 se immateriella rättigheter
 Internetekonomin 76
- Jaktviggen 107, 110
 JAS 39 Gripen, Gripensystemet 12,
 14f, 19, 21f, 31, 34, 38ff, 40, 43ff,
 47, 56, 60, 69, 71, 76, 78f, 90, 92,
 101f, 107, 127, 135, 161
- katapultstol 90, 92f
 kollektiva nyttigheter/varor 37, 70
 kommersialiseringskompetens 16, 28,
 30, 35, 59, 130, 161
 kommodisering 31
 kompetensblocksteori 52ff
 kompetent
 kund 15, 32, 37f, 52, 54, 56, 94f, 96f
 upphandling 11, 30, 51, 52, 124
 konkurrensfördel
 nationell 15f, 129f
 avancerade kunder som 15, 37f
 konkurrenspolitik 18
 konkurrerande upphandling 8, 30ff,
 103, 133, 161
- kreativ förstörelse 25, 54, 132, 161
 kund
 avancerad 15, 25, 125, 129ff, 160
 kompetent 15, 30, 52, 54, 56, 96
 ställföreträdande 18, 27ff, 37, 124,
 134
 substitut 18
 köp från hyllan 8, 30ff
- LAN, Local Area Network 114, 162
 Lansen, se Saab 32 Lansen
 Linköpings tekniska högskola (LTH)
 85, 117f, 119, 122
 lättviktskonstruktioner 46, 62, 68ff,
 79ff, 86ff, 118f
- marknaden för
 innovationer 55
 strategiska företagsköp 52, 58, 80
 MD 110 113, 162
 modellbaserat arbetssätt 82
 Modig MachineTool 50, 60f, 65, 79,
 84ff, 88, 121
 modulering 75, 78, 98f, 101, 112, 162
 MOSES, Model Of the Swedish Eco-
 nomy 138f, 142ff, 162
 mottagarkompetens 23f, 130, 134f
- networking externalities* 25f
 Next Generation Gripen 39, 44
- offentlig upphandling 12ff, 17ff, 23,
 28, 30, 35, 37, 44, 46, 52, 125f, 129,
 133f
 av privat efterfrågade kollektiva
 varor och tjänster som indu-
 stripolitik 13

- produktutveckling 12ff, 15, 30, 32, 36,
46, 52f, 55, 76, 124, 127f, 143
Pratt & Whitney (P&W) 60, 68f, 83
public goods, se kollektiva nyttigheter/
varor
- radom (radardome) 86f, 119
regionalflyg 60ff, 67f
roaming 99, 162
Rolls Royce 60, 68f
- Saab 32 Lansen 64, 86, 93, 110, 160
Saab 35 Draken 69, 90f, 110, 121, 160
Saab 37 Viggen 21, 38f, 47, 64, 69, 79,
83f, 92f, 107f, 111, 127, 160
Saab J 29 Flygande tunnan 90, 160
samhällsekonomisk avkastning (lön-
samhet) på
industriell FoU 36, 42, 45
utbildning 45
- SARA, Saabs Automatiska Räkne
Apparat 96, 110, 121f
Sectra, Secure Transmission 61, 119,
121f
serendipitet 65, 162
sidokrockskydd 92
Siemens 64, 113
spillovers 8, 12ff, 18ff, 23ff, 35f, 38f,
43f, 46f, 49, 52, 56, 58f, 62, 65, 96,
112, 124ff, 129ff, 134f, 137ff
spillover-intensitet 13, 16, 18, 38ff,
101, 124f, 135, 160f, 162
SRA, Svenska Radio AB 77, 98, 163
Stal Laval, se Siemens
ställföreträdande kund, se kund ställ-
företrädande
swing role capacity 40, 76
systemintegration 81f, 89, 160f
systemkollaps 108
- systemsammanhållande (hel produkt)
kompetens 128f
säkerhetsdiagnos, konstant pågående
(*current maintained diagnostics*) 78
säkerhetskritisk programvara 81f
- TDMA, Time Division Multiple Ac-
cess 99, 101, 163
teknologi 59ff, 163
teknologidrivare 15, 77
Telelogic 80
tradability 58, 163
transaktionskostnad 58
trepunktsbälte 91, 93f, 96
tvåpunktsbälte 93
tyst kunskap (*tacit knowledge*) 55
- underhållsfria produkter 23, 61, 64,
69, 78f
- VAC, Volvo Aero Corporation 47, 60,
63f, 67ff, 70, 77, 79, 83f, 86f, 88,
119, 163
venture-kapitalister 35, 54f, 57
Viggen, se Saab 37 Viggen
Voac Hydraulics 60f, 65, 83f
Volvo Flygmotor 64, 68, 160, 163



ynliga kostnader, osynliga vinster handlar om den makroekonomiska betydelsen av det »moln av teknologi« – spillovers – som omger all avancerad produktion. Hur kommersialiseras de och hur bidrar de till ekonomisk tillväxt? Frågorna är särskilt aktuella i en tid av global ekonomisk kris, omfattande statliga stimulansprogram och en pågående omvandling från tillverknings- till kunskapsbaserade ekonomier.

För att belysa dessa frågor genomför författaren en detaljerad studie av utvecklingen av Saabs stridsflygplan JAS 39 Gripen, ett projekt som involverat nyskapande av avancerad teknologi med både militära och civila användningar samt utnyttjande av ett globalt nätverk av specialiserade och konkurrerande underleverantörer. Särskilt behandlas

- kompetent offentlig upphandling som ny efterfrågepolitik
- frågan om huruvida principerna för konkurrensupphandling och köp från hyllan är tillämpliga när den offentliga beställaren och den privata producenten samarbetar under lång tid för att utveckla en produkt vars egenskaper först så småningom klargörs
- hur den offentliga beställaren som dubbelkund och ställföreträdande kund för privat efterfrågan av kollektiva varor och tjänster ska värdera molnet av teknologi
- det avancerade företaget som teknisk högskola
- handel i immateriella tillgångar (teknologier) och därmed betydelsen av en ekonomiskt effektiv äganderättslagstiftning
- hur den dubbelprodukt som den upphandlade produkten plus molnet av teknologi utgör ska marknadsföras av producenten.

GUNNAR ELIASSON är professor emeritus i industriell ekonomi/dynamik vid Kungliga Tekniska högskolan i Stockholm och var tidigare chef för IUI (numera Institutet för Näringslivsforskning).



ISBN 978-91-86203-41-2



9 789186 203412