

Anita Du Rietz

Industri- forskningens utveckling och avkastning

med en analys av
FoU-investeringarnas
röntabilitet inom stål-, kemi-
och skogsindustrierna



Industriens Utredningsinstitut



Industriens Utredningsinstitut

är en fristående vetenskaplig forskningsinstitution grundad 1939 av Svenska Arbetsgivareföreningen och Sveriges Industriförbund

Syfte

Att bedriva forskning rörande ekonomiska och sociala förhållanden av betydelse för den industriella utvecklingen.

Verksamhet

Huvuddelen av arbetet inom institutet ägnas åt långsiktiga forskningsuppgifter. Man siktar härvid till ett studium av de grundläggande sammanhangen inom näringslivet och särskilt till att belysa de frågor som hör samman med strukturella och institutionella förändringar. Forskningsresultaten publiceras i institutets skriftserier.

Vid sidan om det långsiktiga forskningsarbetet utför institutet smärre utredningar rörande speciella problem samt ger viss service åt industriföretag, organisationer, statliga myndigheter etc.

Styrelse

Direktör Erland Waldenström, ordf.

Tekn. dr Ingmar Eidem

Direktör Curt-Steffan Giesecke

Direktör Nils Holgerson

Direktör Tryggve Holm

Direktör Axel Iveroth

Direktör Alde Nilsson

Direktör Åke Palm

Direktör Sven-Olov Träff

Direktör K. Arne Wegerfelt

Ekon. dr Lars Wohlin, chef

Adress

Industriens Utredningsinstitut
Storgatan 19, Stockholm, Box 5037, 102 41 Stockholm 5
Tel. 08-63 50 20

ISBN 91-7204-021-1

Industriforskningens utveckling och avkastning

Industriens Utredningsinstitut

Industriforskningens utveckling och avkastning

med en analys av FoU-investeringarnas räntabilitet
inom stål-, kemi- och skogsindustrierna

Anita Du Rietz

Almqvist & Wiksell International, Stockholm
i distribution

© Industriens Utredningsinstitut

Citering ur denna bok är tillåten om följande uppgifter anges:
Du Rietz, A., 1975, Industriforskningens utveckling och avkastning,
Industriens Utredningsinstitut

ISBN 91-7204-021-1

Almqvist & Wiksell, Uppsala 1975

INNEHÅLL

FÖRORD	9
Kapitel 1. INDUSTRIELL FORSKNINGS- OCH UTVECKLINGSVERKSAMHET	11
1.1 Produktivitetsökning, teknisk utveckling och immateriell kapitalbildning	11
1.2 Undersökningens syfte och uppläggnig	12
1.3 Forskning, utveckling och innovation - olika definitioner	13
1.4 Fyra sätt att mäta innovationsverksamheten	14
1.5 FoU-verksamhetens karaktär - en sammanfattning av empiriska resultat	17
1.5.1 Är innovationerna utbuds- eller efterfrågebestämda?	18
1.5.2 Skapas innovationer inom företagen eller av fristående forskare?	18
1.5.3 Överföring av idéer och innovationer	19
1.5.4 Sannolikheten att en idé blir innovation	20
1.5.5 Forsknings- och utvecklingsförloppets olika stadier	20
1.6 Företagsstorlek och FoU	21
Kapitel 2. FOU-VERKSAMHETEN I SVERIGE OCH I ANDRA LÄNDER	24
2.1 FoU-verksamheten i internationell jämförelse	24
2.1.1 Den totala FoU-verksamhetens omfattning och finansiering	24
2.1.2 FoU-verksamheten inom industrin	30
2.1.3 FoU-utgifternas tillväxt	32
2.1.4 Forskningsintensitetens variationer mellan branscher och länder	32
2.2 Industrins forskningsverksamhet i Sverige	36
2.2.1 Den svenska forskningsstatistiken	36
2.2.2 Forskningsverksamhetens omfattning i Sverige	40
Kapitel 3. FOU-VERKSAMHETEN I TRE SPECIALUNDERSÖKTA INDUSTRIBRANSCHER	43
3.1 Inledning	43
3.2 Det statistiska materialet	43

3.3	Urvalets omfattning	46
3.4	Forskningsintensiteten	48
3.5	FoU-verksamheten 1963 och 1969	50
3.5.1	FoU-utgifternas olika delar	51
3.5.2	Forskning kontra utvecklingsarbete	52
3.6	FoU-verksamheten i olika stora företag	53
3.7	Forskning i företagskoncerner	54
Kapitel 4.	MODELL OCH METODOLOGI	59
4.1	Den teoretiska bakgrunden	59
4.1.1	Att beräkna FoU-kapitalet	59
4.1.2	Produktionsfunktionen	64
4.1.3	Definition av marginalavkastning	65
4.1.4	Nuvärdeskalkyler	67
4.2	Två tidigare produktionsfunktionsstudier	72
4.2.1	Minasians studie	72
4.2.2	Mansfields studie	73
4.2.3	En jämförelse av tre metoder att mäta forskningsavkastningen	75
4.3	Tillämpade skattningsförfaranden	77
4.3.1	Permanent och gemensam struktur	77
4.3.2	Tvärsnittsskattning	77
4.3.3	Tvärtidsskattning	78
4.4	Betydelsen av specifikationsfel i produktionsfunktionen - en sammanfattning	79
Kapitel 5.	EMPIRISKA RESULTAT	81
5.1	Regressionsberäkningar	81
5.2	Beräkning av marginalavkastningen	90
5.3	En jämförelse med andra undersökningar	97
Kapitel 6.	SAMMANFATTNING	101
6.1	Forskningsintensiteten i olika länder och branscher	102
6.2	Beräkning av FoU-kapitalet	103
6.3	Regressionskattningarnas resultat	104
6.4	Den fortsatta forskningen	107

APPENDIX

- A. Förteckning över delbranscher inom de specialundersökta
industribranscherna 110
- B. Data om FoU-verksamheten på delbranschnivå 112
- C. Specifikationsfel vid estimering av produktionsfunktionen 114
- D. Data från regressionsberäkningarna på disaggregerad nivå 122

LITTERATUR OCH KÄLLOR 126

FIGURER

- 2:1 Sambandet mellan BNP per capita och FoU-utgifternas
andel av BNP i några OECD-länder 1971 26
- 2:2 Totala FoU-utgifternas procentuella andel av BNP 1971 i
några OECD-länder med fördelning på finansieringskällor 28
- 2:3. Industrins totala FoU-utgifter 1971 i några OECD-länder
i procent av förädlingsvärdet med fördelning på
finansieringskällor 31
- 4:1 En illustration av sambandet mellan investeringar och
kapitalstock för forskningen 60
- 4:2 En illustration av hur den årliga marginella avkastningen
från forskningskapitalet reduceras över tiden 68

TABELLER

- 1:1 Fördelning av kostnader och tidsåtgång mellan innovations-
processens olika stadier 21
- 2:1 FoU-verksamhetens relativa omfattning i några OECD-länder
1971 25
- 2:2 De offentliga forskningsanslagens relativa fördelning
på olika ändamål i några OECD-länder 1971 29
- 2:3 Forskningsintensitet i tio industriländer 33
- 2:4 FoU-verksamhetens omfattning och inriktning på produktgrupper
inom tillverkningsindustrin 1971 41
- 3:1 Antalet företag i de specialundersökta branscherna i SCB's
FoU-enkäter samt i denna undersökning 1965 och 1969 45
- 3:2 Jämförelse mellan företagen i SCB's industristatistik och
företagen i denna undersökning 1969 47

- 3:3 Tre mått på forskningsintensiteten i de studerade industribranscherna 1969 49
- 3:4 Industrins FoU-utgifter 1963 och 1969 fördelade på extern och intern FoU-verksamhet 51
- 3:5 FoU-årsverkenas fördelning mellan forskning och utveckling 1963 och 1969 52
- 3:6 FoU-intensiteten i undersökta företag av olika storlek 1963 och 1969 54
- 3:7 Antalet svenska koncerner, vilkas moderbolag ingår i denna undersökning, med producerande dotterbolag i utlandet 1965 och 1970 55
- 3:8 Fördelning av koncernens omsättning och FoU-utgifter mellan Sverige och utlandet 1965 och 1970 56
- 3:9 Forskningsintensiteter för 30 koncerner 57
- 4:1 Hypotetiska värden på forskningskapitalet F_t 61
- 4:2 Värden på C_F och C_K för olika a_F , a_K och i 70
- 5:1 Resultaten av multipla regressionsanalyser på tvärsnittsdata för 1969 85
- 5:2 Resultaten av tvärtidsregressioner på data för åren 1963-1969 med delbransch- och årskonstanter 86
- 5:3 Antalet företag samt genomsnittsvärden för variablerna i tvärsnittsstudien 1969. Monetär ansats 91
- 5:4 Produktionsfaktorernas direkta marginalavkastning i tvärsnittsstudien 1969. Monetär ansats 92
- 5:5 Nuvärden på marginalavkastningen i en tvärschnittsanalys för 1969. Monetär ansats 94
- 5:6 Antalet företag och observationer samt genomsnittsvärden för variablerna i tvärtidsstudien 1963-1969 95
- 5:7 Nuvärden på marginalavkastningen i tvärtidsanalysen 1933-1969. Fysisk ansats 96
- 6:1 Avkastningen på FoU-investeringar 105

FÖRORD

Det har ofta i diskussionen om företagens investeringar, tillväxt och räntabilitet påpekats att man försummar den immateriella kapitalbildningen. Skälet till detta har naturligtvis i hög grad varit svårigheterna att få uppgifter om de immateriella investeringarna. En viktig del av dessa utgörs av utgifter för forsknings- och utvecklingsarbete. Industriens Utredningsinstitut insamlade 1960 för första gången uppgifter från företagen om deras FoU-utgifter. Sedan 1963 har sådana uppgifter insamlats av statistiska centralbyrån. Från institutets sida har det ansetts angeläget att utnyttja detta material för analyser av FoU-kapitalets räntabilitet och produktivitet. Styrelsen för Teknisk Utveckling visade stort intresse för en sådan studie och har stött utredningsprojektet ekonomiskt.

För att utveckla mättekniken och pröva de teoretiska ansatser som främst prövats i USA begränsades studien till en specialanalys av individuella företag inom järn- och stål-, skogs- och kemiindustrierna. Tillstånd har inhämtats från berörda företag att få ta del av SCB:s individualuppgifter för företag. Föreliggande utredning är en presentation av dessa analyser men innehåller även i de tre första kapitlen allmänna översikter över forskningen i svensk industri med vissa internationella jämförelser. Tanken har varit att på basis av de vunna erfarenheterna sedan följa upp den nu presenterade första undersökningen med liknande analyser för andra branscher. Därvid skulle man också ha tillgång till längre tidsserier, vilket skulle avsevärt förbättra möjligheterna till fördjupade analyser på detta område.

Ansvarig för undersökningen har varit civilekonom Anita Du Rietz, f. Lignell. En genomgripande överarbetning av manuskriptet - speciellt avseende kapitlen 4, 5 och 6 - har gjorts av ekon.lic. Olle Renck, fil.dr Göran Eriksson och undertecknad. Vid utveckling av den statistiska analysen har fil.dr Harry Lütjohann aktivt medverkat.

Institutet ber att få tacka de företag som medgivit att IUI fått utnyttja uppgifter om deras forskningsverksamhet. Vi vill också tacka byrådirektör Tage Berglund vid statistiska centralbyrån för värdefull

hjälp vid sammanställningen och tolkningen av företagens uppgifter.
Likaså vill vi rikta ett varmt tack till Styrelsen för Teknisk Ut-
veckling för det betydande ekonomiska bidrag som lämnats till insti-
tutet för genomförande av projektet samt för de värdefulla synpunkter
som erhållits vid seminarier med personal från STU.

Stockholm i oktober 1975

Lars Wohlin

KAPITEL 1

INDUSTRIELL FORSKNINGS- OCH UTVECKLINGSVERKSAMHET

1.1 PRODUKTIVITETSÖKNING, TEKNISK UTVECKLING OCH IMMATERIELL KAPITALBILDNING

De senaste etthundra åren har präglats av en snabb ekonomisk tillväxt i västvärlden. I vårt land ökade mellan 1870 och 1964 hela näringslivets produktionsvolym med i genomsnitt nästan 3 % per år.¹ Då omkring hälften av näringslivets produktionsvärde härrör från den egentliga industrisektorn torde industrins tillväxt ha varit en väsentligt bidragande orsak till denna tillväxt. Mellan 1947 och 1964 ökade tillverkningsindustrins förädlingsvärde med i genomsnitt 4,3 % per år i fasta priser.¹ Drygt hälften av denna ökningstakt kan förklaras av ökade insatser av arbete och realkapital. Resten utgörs av en ökning i totalproduktiviteten. Denna "oförklarade" totalproduktivitetstegring har studerats av ett stort antal ekonomer, däribland Solow [1957] och Kendrick [1961].²

I princip kan två företeelser sägas orsaka den observerade produktivitetstegringen, nämligen stordriftsfördelar och teknisk utveckling. Stordriftsfördelar föreligger då produktionen (förädlingsvärdet i fasta priser) ökar mer än insatsfaktorerna vid en given relativ ökning av varje faktor, allt annat lika. Stordriftsfördelar har ytterst sin grund i odelbarheter hos produktionsfaktorerna, innebärande t.ex. att stora realkapitalföremål tenderar att ha större relativ produktionskapacitet än små.

Teknisk utveckling innebär att teknologin förändras vid oförändrad produktionsskala, dvs. att ny kunskap skapas och att redan känd kunskap sprids eller utnyttjas bättre. Kunskapen kan utnyttjas för nya produkter, nya produktionsprocesser eller ny organisation som successivt påverkar och förändrar produktionsverksamheten.

Den tekniska utvecklingen i industrin torde i hög grad vara resultat av att resurser direkt satsas på forsknings- och utvecklingsarbete

¹ Se Åberg [1969].

² Översikter av litteraturen på området ges av Nadiri [1970] samt av Kennedy & Thirlwall [1972].

(FoU)³ i företagen. Industrin kan vidare tillgodogöra sig resultat från forskningsarbete utanför företagssektorn eller från ökad utbildning av arbetskraften. De finansiella medel som under en given period nedläggs på att utveckla nya produkter och produktionsmetoder kan betraktas som en investering i tekniskt kunnande. Företagets ackumulerade FoU-utgifter åstadkommer ett kunskapskapital, som utnyttjas i företagets produktion. Med detta synsätt särskiljs två typer av kapital inom företagen: realkapital och kunskapskapital. De två kapitaltyperna har det gemensamt att deras värde minskar med tiden. Kunskapskapitalet varken förslits eller förbrukas när det utnyttjas, men dess ekonomiska värde reduceras successivt, liksom realkapitalets, till följd av att ny bättre teknik och nytt kunnande skapas och utnyttjas i företagen.

För att utröna vilken inverkan företagets forskningsverksamhet har på produktion, produktionstillväxt och produktivitet måste man kunna mäta det internt genererade kunskapskapital som utnyttjas i produktionen. Medan realkapitalet blir materialiserat i byggnader, maskiner m.m., är kunskapskapitalet av immateriell karaktär. Mätproblemen är betydande när det gäller att uppskatta realkapitalets storlek, och än mer problematisk blir mätningen av kunskapskapitalet. Vid empiriska analyser knyter man ofta realkapitalets värdering till gjorda investeringar. I analogi härmed är man för värdering av kunskapskapitalet i första hand hänvisad till att indirekt utgå från företagets utgifter för forskningsverksamheten.

1.2 UNDERSÖKNINGENS SYFTE OCH UPPLÄGGNING

Avsikten med denna undersökning är dels att studera forskningens omfattning och inriktning i svensk industri under perioden 1963-1971 i internationell jämförelse, dels att med hjälp av företagsdata för tre större industribranscher skatta avkastningen på forskningsinvesteringar.

I enlighet med detta syfte har studien uppdelats i två delar. Första delen omfattar, förutom detta inledningskapitel, kapitlen 2 och 3. I kapitel 2 presenteras den svenska och internationella sta-

³ Vi kommer att använda termerna "forskning och utveckling" och "forskning" synonymt i texten utom när en speciell distinktion krävs. Den förkortade formen FoU förekommer dock mest.

tistiken över främst industriell FoU-verksamhet för perioden 1963-1971 med fördelning på branscher. I kapitel 3 ges en översikt av data för de tre industribranscher som mer ingående undersöks i studiens andra del. Dessa branscher är skogsindustrin, järn- och stålindustrin samt den kemiska industrin.

Studiens andra del är av mer analytisk karaktär. Analysen syftar ytterst till att besvara två viktiga frågor:

- 1) Hur stor är forsknings- och utvecklingsverksamhetens marginella avkastning i förhållande till den för andra produktionsfaktorer? Denna fråga kan eventuellt belysa huruvida de totala produktionsresurserna fördelas optimalt mellan produktionsfaktorerna.
- 2) Hur varierar den marginella avkastningen för forskningskapital respektive realkapital mellan olika branscher och mellan olika företagsgrupper indelade efter storlek? Denna fråga kan eventuellt belysa huruvida de givna forskningsresurserna fördelas optimalt mellan branscher och mellan storleksgrupper.

Kapitel 4 ägnas åt att beskriva den bakomliggande teorin angående produktionsfunktioner och marginalavkastningskalkyler. Där definieras begreppen realkapital och forskningskapital. Vidare diskuteras vissa empiriska problem vid regressionsestimation av produktionsfunktioner. Resultaten av estimationen presenteras i kapitel 5, där också marginalavkastningen för produktionsfaktorerna beräknas. I kapitel 6 slutligen sammanfattas undersökningens resultat och slutsatser.

1.3 FORSKNING, UTVECKLING OCH INNOVATION - OLIKA DEFINITIONER

Den industriella kunskapen brukar indelas i två grupper: ekonomisk kunskap omfattande marknadsföring, administration, redovisning m.m. samt teknisk kunskap omfattande naturvetenskap, teknologi, medicin, lantbruksvetenskap m.m. Det är den senare gruppen som skapas och utnyttjas vid företagets forsknings- och utvecklingsavdelningar.

En typ av sökande efter ny teknisk kunskap - grundforskning - innebär ett systematiskt och metodiskt sökande efter ny kunskap och nya idéer utan någon bestämd tillämpning i sikte. När sökande efter ny kunskap och nya idéer har en bestämd tillämpning i sikte är det fråga

om tillämpad forskning. Det är i regel denna form av forskning som företagen bedriver.

De största resurserna inom företagen ägnas dock åt utvecklingsarbete, vilket definieras som systematiskt och metodiskt utnyttjande av forskningsresultat, vetenskaplig kunskap och nya idéer för att åstadkomma nya produkter, nya processer, nya system eller väsentliga förbättringar av redan existerande sådana. Härvid finns således anledning att dra en gräns mellan å ena sidan vad som kan kallas nyutveckling, dvs. nya produkter och väsentliga förbättringar, samt å andra sidan vidareutveckling, dvs. mindre genomgripande modifieringar. Vidareutvecklingen ligger nära företagets konstruktionsverksamhet, nyutvecklingen närmare dess forskningsverksamhet.

Innovationer kan karakteriseras med avseende på användningsområden. Processinnovationer representerar nya produktionstekniker som inte nödvändigtvis förändrar produktens utseende eller kvalitet. Processinnovationen har ofta sin ekonomiska betydelse i det att den är kostnadsbesparande. En produktinnovation å andra sidan genererar en slutprodukt som inte funnits tidigare eller en väsentlig modifikation av en tidigare existerande produkt. Denna form av innovation är den vanligaste.⁴

1.4 FYRA SÄTT ATT MÄTA INNOVATIONSVERKSAMHETEN

Forskningsaktiviteten kan mätas med input- eller outputmått. De förra mäter forskningsinsatsen, de senare forskningsresultatet. Valet av mått måste ses mot bakgrund av det problem som skall studeras. I denna studie kommer inputmått att användas. Dessa kan registrera FoU-utgifterna eller insatsen av olika produktionsfaktorer i FoU-verksamheten. Alternativt kan ett produktivitetmått eller restposten i en produktionsfunktion användas. Ett annat tänkbart outputmått är antalet uppfinningar och patent.

⁴ Detta visar bl.a. två studier. McGraw Hills [1958] enkätstudie från 1958 av amerikanska företag visar att av alla innovationer var andelen nya produkter 48 %, förbättringar av kända produkter 41 %, medan andelen nya processer endast var 11 %. Ungefär samma fördelning visar Marquis studie [1969] av 191 företag i fem branscher med totalt 567 kommersiellt lyckade innovationer. En tredjedel av dessa innovationer klassificerades som modifikationer av redan existerande teknik, medan resterande två tredjedelar var helt nya projekt. De flesta var produktinnovationer - 58 % - medan processinnovationer utgjorde 25 % och komponentinnovationer 18 %.

I det följande kommer de fyra olika måtten att diskuteras, varvid deras fördelar och nackdelar belyses.

Inputmått

FoU-utgifter

Företagens FoU-utgifter har blivit ett ofta använt mått på innovationsaktiviteter i företagen. De totala FoU-utgifterna omfattar givetvis kostnaderna för såväl framgångsrika som misslyckade FoU-projekt och överskattar följaktligen de direkta kostnaderna för framkomna innovationer. Att en viss andel av FoU-projekten misslyckas kan ses som en följd av FoU-verksamhetens osäkerhet. Relationen mellan kostnaderna för framgångsrika projekt och kostnaderna för misslyckade projekt kan ge ett grovt mått på effektiviteten i FoU-verksamheten.

De FoU-utgifter som officiellt redovisas kan underskatta de verkliga utgifterna för den tekniska utvecklingen därför att många innovationer kan uppstå i andra verksamheter, t.ex. som biprodukter till produktionsverksamheten eller som resultat av miljövårdande åtgärder.

Faktorinsatsen i FoU-verksamheten

Ett sätt att mäta FoU-verksamheten från inputsidan är att beräkna antalet forskningstimmar. Eftersom forskningspersonalens tekniska skicklighet och utbildningsnivå kan variera, är det önskvärt att därvid väga arbetsinsatsen i forskningen med någon form av kvalitetsindex. Det är emellertid svårt att hitta en lämplig kvalitetsskala att väga arbetskraftsinsatserna med. De totala löneutgifterna för forskningspersonalen skulle kunna användas som ett dylikt vägt arbetskraftsmått för forskningsinsatsen. Korrelationen mellan detta mått och FoU-utgifterna är hög.

Forskningsinsatserna, mätta med FoU-utgifter, har haft en accelererande ökning, medan de, mätta med antalet utförda arbetstimmar eller årsverken, har stått i det närmaste stilla. Skillnaden förklaras delvis av att det ena måttet är monetärt och det andra Realt. Vidare kan den starka lönekostnadsstegringen ha lett till en substitution, varigenom relativt billigare insatser av realkapital i forskningslaboratorierna fått ersätta kvantitativt ökade arbetsinsatser.

Outputmått

Residualmetoden

En produktionsfunktion är i princip så uppbyggd att förändringar i insatsen av olika produktionsfaktorer - framför allt arbete och realkapital - skall kunna förklara variationer i produktionsvolymen. Den del därav som eventuellt inte förklaras på detta sätt kallas restposten eller residualen och orsakas av andra faktorer, såsom förbättrad utbildning, förändrat produktsortiment, förändrad organisation m.m. Residualen skulle därför ge en mycket grov uppskattning av effekten av forskningsinsatsen. Dessutom är det svårt att med denna metod särskilja kapitalbunden ("capital embodied") teknisk utveckling, vilken inte alls behöver uppträda i residualen och registreras som teknisk förändring. Företagen köper nämligen ofta andra företags FoU-resultat i samband med köp av produktionsanläggningar som i sin konstruktion eller sitt arbetssätt utnyttjar dessa FoU-resultat. Utgifterna för köp av sådana FoU-resultat särredovisas dock inte utan behandlas som en del av företagets realkapitalinvesteringar. Sambandet mellan produktivitetens utveckling och FoU-utgifter är ej heller speciellt starkt, vilket skulle kunna tala mot att använda förändringar i totalproduktiviteten som FoU-mått.

Patentstatistik

Ett ofta använt mått på innovationsaktivitet är antalet registrerade patent. Dess främste förespråkare har varit J. Schmookler.⁵

Ett patent kan erhållas först efter en undersökning av uppfinningens tekniska rimlighet, dvs. av att den motsvarar uppfinnarens krav och inte redan patenterats. Ett patent representerar således en ny och tekniskt användbar uppfinning. Patentansökan inlämnas endast om man tror att uppfinningens potentiella ekonomiska värde motiverar kostnaderna för en patentansökan.

Att använda antalet patent för att registrera innovationsaktiviteten är dock vanskligt av flera skäl. Sannolikt varierar både den forskningsverksamhet som ligger bakom patenten och patentens ekonomiska potential. Vidare patenteras inte alla innovationer. Företagen kan finna att de krav som är förknippade med patentförfarandet är svåra att

⁵ Se bl.a. Schmookler [1957], [1962], [1966] och [1972].

uppfylla, kostnaderna kan vara alltför stora, väntetiden kan vara ett hinder i konkurrensen, m.m. Företagen kan tvärtom finna fördelar i att inte patentera innovationer. Man vill t.ex. inte dra på sig onödig uppmärksamhet, som exempelvis kan leda till imitationer hos konkurrenterna. Man vill kanske exploatera en innovation omedelbart, och om den varit i kommersiellt bruk en viss tid kan den inte patenteras. Traditionsenligt patenterar vissa företagsgrupper mer än andra, t.ex. elektronikföretag, kemi- och läkemedelsindustrin. I vissa branscher är det vanligt att använda sig av s.k. kringpatent för att skydda sin innovation från imitationer; detta förfarande snedvrider också patentstatistiken.

I de flesta undersökningar visar totalproduktiviteten en öknings-takt på omkring 3-4 procent per år i ekonomin. Om innovationsverksamheten mäts med hjälp av patentstatistiken, blir utvecklingen en annan. Antalet registrerade patent har nämligen minskat under efterkrigstiden. Nedgången kan vara ett resultat av att företagen i allt större utsträckning svarar för innovationsverksamheten, vilken tidigare dominerades av enskilda uppfinnare som i stor utsträckning tvingades skydda sina uppfinningar med patent. De större företagen har andra möjligheter att trygga avkastningen av sina innovationer.

1.5 FOU-VERKSAMHETENS KARAKTÄR - EN SAMMANFATTNING AV EMPIRISKA RESULTAT

Vi skall här kort redogöra för några frågeställningar inom litteraturen om karaktären hos FoU-verksamheten, dvs. den process som frambringar innovationer i företagen.⁶ Vi kommer också att nämna några viktiga empiriska resultat. De frågor som diskuteras är:

1. Genereras innovationer via utbuds- eller efterfrågesidan?
2. Skapas innovationer inom företag eller av fristående forskare?
3. Köper företagen innovationer eller skapar de dem själva?
4. Hur stor är sannolikheten att en idé utvecklas till en innovation?
5. Hur fördelar sig kostnader och tidsåtgång mellan olika stadier i innovationsprocessen?

⁶ Nordhaus [1969] har givit en intressant teoretisk översikt över uppfinningars och innovationers karaktär.

1.5.1 Är innovationerna utbuds- eller efterfrågebestämda?

Enligt den Schumpeterianska traditionen⁷ bestäms utbudet av innovationer av den aktuella kunskapsnivån och självständiga uppfinnares förmåga. Innovationer är alltså enligt denna teori utbudsbestämda i den meningen att de är relativt okänsliga för förändringar i efterfrågan. En annan skola hävdar att innovationer och uppfinningar är efterfrågestyrda. Behovet av innovationer skulle uppstå när någon yttre förändring, t.ex. prisstegring för en råvara, medför ökade krav på substitut. Vinstmotivet präglar agerandet i detta fall mer än i det föregående.

Ekonomer av i dag är snarast benägna att betrakta innovationer som uppkomna genom en interaktion av utbud av och efterfrågan på ny teknologi. I regel är det ett samspel mellan tekniska villkor och marknadsförutsättningar som styr innovationsflödet (Nelson [1959]).

Det kan mot denna bakgrund vara intressant att ta del av Marquis [1969] resultat. Det visade sig i hans enkät att 45 % av de studerade innovationerna var initierade av ett behov på marknaden, 30 % av produktionskrav av olika slag, medan endast 21 % utgjorde direkt tillvaratagande av tekniska möjligheter. Större delen, dvs. tre fjärdedelar, var således vad vi här kallar behovsorienterade innovationer.

I slutet av förra seklet var det enskilda uppfinnare som framträdde med nya teknologier. Under senare decennier har de större företagen i allt större utsträckning övertagit denna roll och de ekonomiska övervägandena har kommit att få en större betydelse (Jewkes, Sawers & Stillerman [1962]).

1.5.2 Skapas innovationer inom företagen eller av fristående forskare?

Det har hävdats att företagens FoU-avdelningar svarar för en relativt liten andel av det totala antalet innovationer. Schmookler [1957] fann att ca 40 % av de uttagna patent han undersökte gällde uppfinningar som gjorts av personer som på heltid var sysselsatta med andra arbetsuppgifter, omkring 33 % hade gjorts av helt fristående uppfinnare och endast 20-25 % av industripersonal som var anställd för att uppfinna.

⁷ Se Nordhaus [1969], s. 28.

Haeffner [1973] har sammanställt statistik för antalet uttagna patent per FoU-årsverke. Detta antal var för innovationsföretagen⁸ i Sverige i början av 1970-talet 3,0, för mindre industriföretag 1,8, och för större industriföretag 0,3 till 0,7. Motsvarande tal för större amerikanska industriföretag är 0,3. Vidare tycks de mindre företagen ha en större relativ patentfrekvens, vilket också bekräftas av Jewkes, Sawers & Stillerman [1962] samt Hamberg [1963]. De förra studerade 61 viktiga uppfinningar under 1900-talet och fann att mindre än en tredjedel hade sitt ursprung i industriella forskningslaboratorier. Över hälften hade gjorts av personer som arbetade som helt fristående forskare eller vid universitet.

Patentförfarandet används inte i lika hög grad av större företag som av enskilda forskare, vilka har färre medel att skydda sin uppfinning eller innovation med. Därför kommer patentfrekvensen att ge ett betydligt större utslag till förmån för de små företagen och de enskilda forskarna.

1.5.3 Överföring av idéer och innovationer

Ett företag som är i behov av viss kunskap kan självt generera denna, t.ex. i sin egen FoU-verksamhet. Alternativt kan kunskapen förvärfvas utifrån. Detta kan ske utan vederlag via bl.a. tidskrifter, mässor och personliga kontakter, eller genom köp av patent, licenser m.m. Kunskap kan också tillföras företaget genom anställning av kvalificerad personal. Analogt kan kunskap spridas från företaget till omvärlden mot eller utan vederlag.

En vanlig form av innovationsöverföring är större industriföretags köp av uppfinningar och teknologi från enskilda uppfinnare eller mindre företag. Mueller [1962] studerade 25 av de viktigaste produkt- och processinnovationerna hos det amerikanska företaget Du Pont under perioden 1920-1950. Han fann att endast 11 av de 25 ursprungligen hade gjorts i Du Ponts laboratorier och att resten kom från andra företag och fristående forskare. I anslutning härtill har Scherer [1970] påpekat att utvecklandet av många av dessa och andra banbrytande uppfinningar skett utanför de stora företagen men med deras direkta stöd eller hjälp. Mansfield m.fl. [1971] hävdar att i deras material en tredje-

⁸ Företag vars huvudsakliga uppgift är att frambringa innovationer.

del av innovationerna var baserade på någon specifik teknologi kommen utifrån till det innoverande företaget. Det är dock mycket svårt att kvantifiera sådana överföringar.

1.5.4 Sannolikheten att en idé blir innovation

Flertalet påbörjade FoU-projekt leder icke fram till ett marknadsfört resultat utan avbryts någonstans på vägen dit. Man kan grovt urskilja tre olika utvärderingstillfällen under FoU-processen.⁹

- 1) När det tekniska skedet är avslutat och en uppfinning har skapats.
- 2) När den ekonomiska utvärderingen gjorts och en innovation föreligger.
- 3) När en ny produkt finns som kan marknadsföras av företaget.

Mansfield m.fl. [1971] fann att sannolikheten att ett FoU-projekt skulle resultera i en uppfinning var 0,57. Sannolikheten att en uppfinning skulle bli föremål för en ekonomisk satsning och bli en innovation var 0,55. Slutligen var sannolikheten 0,38 för att innovationen skulle marknadsföras. Detta innebär att endast vart åttonde projekt ledde fram till en marknadsförd produkt.

1.5.5 Forsknings- och utvecklingsförloppets olika stadier

Hur används den tid och de kostnader som åtgår mellan identifieringen av ett forskningsprojekts mål och marknadsföringen av den nya produkten eller processen? För att besvara denna fråga undersökte Mansfield m.fl. [1971] 6 kemiföretag med 17 innovationer, 3 maskinföretag med 9 innovationer och 5 elektronikföretag med totalt 12 innovationer. Han indelade innovationsprocessen i fem olika steg:

1. Tillämpad forskning
2. Planering och specificering av prototyp
3. Design, byggande och test av prototyp eller försöksanläggning
4. Produktionsplanering, anskaffande av verktyg och maskiner samt byggande och installation av produktionsanläggning
5. Inkörning av produktionsprocessen eller -anläggningen.

Efter detta urskildes ytterligare ett steg:

⁹ Se Meadows [1968].

6. Förberedelser för marknadsföring, dvs. marknadsundersökningar, efterfrågestudier, annonskampanjer, uppbyggandet av distributions-system.

Av tabell 1:1 framgår att kostnaderna var störst i det fjärde stadiet, då produktionsutrustningen tillverkas. De båda sista stadierna är klart mindre kostnadskrävande. När det gäller tidsfördelningen låg tyngdpunkten inom maskin- och elektroföretagen på stadium 3, när prototypen utformas. Kemiföretagen använde däremot betydligt mer tid för tillämpad forskning.

1.6 FÖRETAGSSTORLEK OCH FOU

Storleksfördelar när det gäller forskning har bl.a. betonats av Galbraith [1952], som påpekat att kostnaderna för teknologiska innovationer tenderar att bli så stora att de endast kan bäras av de större företagen. Vidare torde på grund av diverse stordriftsfördelar en större FoU-avdelning arbeta mer effektivt än en mindre samt även en FoU-avdelning av given storlek vara mer effektiv i ett större företag. Dessa storleksfördelar har sin grund i vissa allmängiltiga företeelser.

Tabell 1:1. Fördelning av kostnader och tidsåtgång mellan innovationsprocessens olika stadier

	Kostnadsandel, %		Tidsandel, %	
	alla undersökta företag	därav kemiföretagen	alla undersökta företag	därav kemiföretagen
1. Tillämpad forskning	9,5	16,9	28,7	62,0
2. Planering	7,6	13,1	18,8	34,6
3. Konstruktion av prototyp	29,1	12,6	50,3	35,0
4. Produktionsplanering	36,9	41,4	31,0	21,9
5. Inkörning	9,1	8,3	11,7	7,8
6. Marknadsföringsstart	7,7	7,4		
7. Överlappningstid ^a			37,5	59,1

^a Härmed avses den aggregerade tid då ett stadium förlängts så att två stadier kommer att fortgå parallellt.

Källa: Mansfield m.fl. [1971].

Stora företag har större möjligheter till riskspridning på grund av ett bredare produktsortiment och kan därigenom reducera risken i FoU-satsningarna genom att engagera sig i fler projekt än vad som i regel är möjligt för små företag med mindre diversifierad produktion.

Stordriftsfördelar kan också bero på bristande delbarhet hos insatsfaktorerna. En liten FoU-avdelning kan t.ex. ofta inte effektivt utnyttja de speciella maskiner och den utrustning i övrigt som krävs i mer avancerad forskning. Vidare kan specialister och experter ej alltid utnyttjas effektivt i den mindre FoU-avdelningen.

Komplementaritetfördelar torde vanligtvis förekomma vid utnyttjandet av FoU-resultaten. Ett företag med en omfattande och diversifierad produktion kan t.ex. använda FoU-resultat från en produktionsgren inom andra produktionsgrenar.

På marknaden har det större företaget fördel på grund av sin större försäljningsvolym. Nya produkter kan produceras i större skala, varvid den nedlagda FoU-kostnaden per producerad enhet blir mindre. Pionjär- och monopolsituationer kan utnyttjas i högre grad. Vidare har de större företagen ofta möjligheter att få tillgång till finansiella resurser till lägre kostnader än de mindre företagen.

Mot dessa fördelar står vissa nackdelar som storleken antas föra med sig. Man hävdar t.ex. att uppfinningslusten är mindre i större företag. Vidare kan tendenser till byråkratisering uppkomma med ökad storlek. Stora FoU-laboratorier kan bli överorganiserade, varigenom informationsöverföringen försvåras. Detta kan vidare vara orsak till att de mest kapabla forskarna utnyttjas för annat än forskning och till att många av de mest kreativa forskarna söker sig från företagslaboratorier till innovationsverksamhet i egen regi.

Inom större företag finns också risk för ökad ineffektivitet i beslutsprocessen. Exempel härpå är att ett projekt måste passera ett stort antal befattningshavare, som är mer eller mindre insatta och engagerade i projektet, men dock ansvariga för dess genomförande. Därigenom kommer sannolikheten att ett veto stoppar projektet att öka. Idéer och innovationer kan på så sätt dö till följd av olika befattningshavares starka riskaversion.

Många ekonomer har empiriskt studerat sambanden mellan företagsstorlek, forskningsintensitet och innovationsbenägenhet.

Worley [1961] fann inget bevis för att forskningsinsatsen mätt i FoU-personal ökar mer än proportionellt med antalet anställda i företagen. Carter & Williams ([1957], s. 126) fann "no general and systematic connection between the size of firm or form of industrial organization and the possibility of technical progressiveness". Vidare kunde Scherer [1965] konstatera att av de 500 största företagen på tidskriften Fortunes lista svarade de etthundra största för en något mindre andel av totala FoU-utgifter och patent än av total försäljning.

Slutligen kan nämnas Mansfields olika försök att studera sambandet mellan företagsstorlek och forskning. Han fann [1964], att de största företagen i petroleum-, läkemedels- och glasindustrierna satsade en mindre andel av sina försäljningsintäkter på FoU än vad de något mindre företagen gjorde. I kemisk industri spenderade de största företagen relativt mer och i stålindustri relativt mindre, men skillnaden var inte statistiskt signifikant. Vidare fann Mansfield m.fl. [1971], att "up to some point, increases in size of firm are associated with increases in the proportion of total R and D expenditures devoted to basic research, increases in the technical riskiness of the projects, and increases in the median expected time to completion" (s. 222).

KAPITEL 2

FOU-VERKSAMHETEN I SVERIGE OCH I ANDRA LÄNDER

Syftet med detta kapitel är att studera industriforskningens omfattning och fördelning på branscher. Först jämförs FoU-verksamheten i Sverige med den i andra länder. Därefter studeras den svenska industriforskningens inriktning och omfattning. Kapitlet är avsett att utgöra en bakgrund till vår mer ingående beskrivning och analys av forskningsverksamheten inom tre industribranscher.

2.1 FOU-VERKSAMHETEN I INTERNATIONELL JÄMFÖRELSE

2.1.1 Den totala FoU-verksamhetens omfattning och finansiering

De nationer som tillhör OECD utgör ett spektrum av olika högt industrialiserade länder. I denna studie har 20 av dessa nationer valts ut. Deras BNP per capita varierade 1971 mellan drygt 5 000 dollar i USA och knappt 800 dollar i Portugal. Likaså fanns det en stor variationsbredd i de relativa FoU-insatserna. Ländernas totala FoU-utgifter uttryckta i procent av BNP varierade mellan 2,6 i USA och 0,2 i Grekland och Spanien. Detta framgår av tabell 2:1. Den största forskningsandelen hade USA, Storbritannien, Västtyskland och Nederländerna, medan Island, Portugal, Grekland och Spanien hade den minsta.¹

Det har i litteraturen hävdats² att det finns ett samband mellan den andel av ett lands BNP som spenderas på FoU och landets välfärdsnivå. I försök att studera detta samband har här BNP per capita valts som mått på landets välfärdsnivå. Sambandet mellan total FoU-andel av BNP och BNP per capita 1970/71 illustreras i figur 2:1, där även en med minsta kvadratmetoden estimerad regressionslinje finns inlagd. Sambandet

¹ OECD insamlar vartannat år FoU-statistik från medlemsländerna. Den senaste rapport som fanns tillgänglig när detta skrevs (maj 1975) var OECD, Directorate for Scientific Affairs; "International survey of the resources devoted to R-D in 1971 by OECD Member Countries" och OECD, National Accounts of OECD Members 1960-1971.

² Se t.ex. Williams [1964] och Leonard [1971].

Tabell 2:1. FoU-verksamhetens relativa omfattning i några OECD-länder 1971

Land	BNP per capita till marknadspris i dollar (1)	Totala FoU-utgifter i % av BNP (2)	Tillverkningsindustrins FoU-utgifter i % av förädlingsvärdet (3)	Rangordning av länderna enligt (3) (4)
USA	5 162	2,6	6,7	1
Sverige	4 138	1,6	3,7	4
Schweiz	3 880	1,9	-	-
Kanada	3 756	1,2	1,8	10
Västtyskland	3 547	2,1	3,0	6
Danmark ^a	3 187	0,9	1,5	13
Frankrike	3 176	1,8	2,6	7
Belgien	3 010	1,2	2,1	8
Norge ^a	2 928	1,1	1,6	12
Island	2 913	0,5	0,1	18
Nederländerna	2 819	2,0	4,5 ^b	3
Finland	2 425	0,8	1,7	11
Japan	2 150	1,6	3,1	5
Storbritannien ^a	2 014	2,3	4,7	2
Österrike ^a	1 936	0,6	0,9	14
Italien	1 884	0,9	1,9	9
Irland	1 555	0,7	0,9	14
Grekland	1 220	0,2	0,1	18
Spanien ^a	1 079	0,2	0,3	16
Portugal	764	0,3	0,2	17

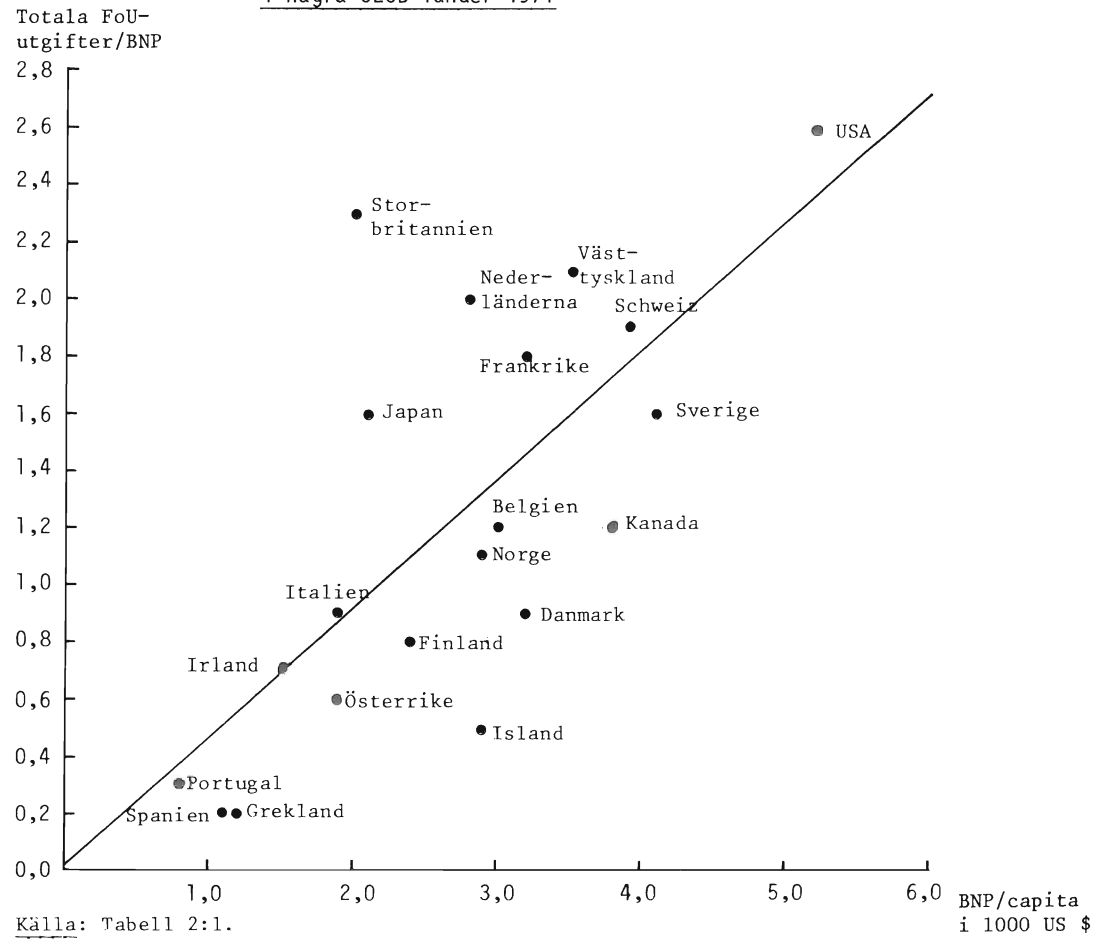
^a Uppgifterna avser 1970

^b Uppgifterna avser 1969

Anm.: Länderna är rangordnade efter BNP per capita.

Källor: OECD, Directorate for Scientific Affairs, International survey of the resources devoted to R-D in 1971 by OECD Member countries, Paris 1974, samt OECD, National Accounts of OECD Members 1960-1971, Paris 1973.

Figur 2:1. Sambandet mellan BNP per capita och FoU-utgifternas andel av BNP i några OECD-länder 1971



är positivt och relativt starkt, med en multipel korrelationskoefficient på 0,5. Det är således inte osannolikt att hög välfärdsnivå i våra OECD-länder är förknippad med stora FoU-satsningar i relation till BNP.

För flera länder ligger de observerade värdena relativt långt från regressionslinjen. Sverige, Kanada och Danmark tillhör de länder som i denna jämförelse kan sägas uppvisa mindre än genomsnittlig forskning i förhållande till sin BNP per capita. Storbritannien, Nederländerna, Västtyskland och Japan har däremot betydligt mer forskning än vad som kunde vara att vänta utifrån deras BNP per capita. Att använda BNP per capita som resursmått kan dock vara vanskligt med tanke på att växelkurserna inte speglar det reala värdet av BNP. På så sätt kan t.ex. en undervärderad valuta ge ett värde på BNP per capita som är missvisande lågt och vice versa.

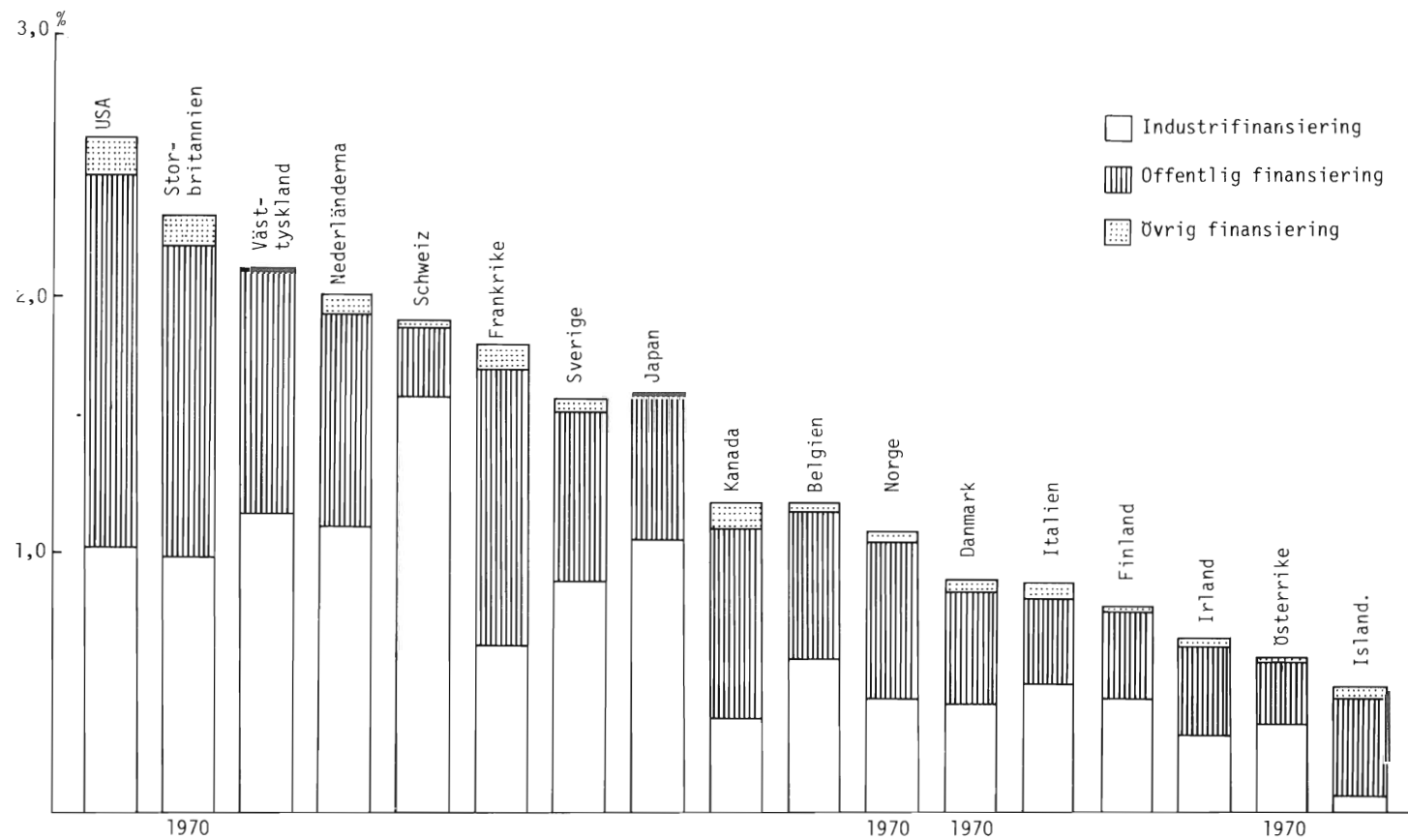
Det är att notera att det i figur 2:1 finns flera fall där två länder har ungefär lika stor BNP per capita, dvs. ligger på samma vertikala linje (t.ex. Storbritannien och Japan, Nederländerna och Island, Västtyskland och Kanada, Danmark och Frankrike), medan deras FoU-andel av BNP skiljer sig kraftigt. Denna skillnad kan t.ex. bero på att forskningen i vissa länder stöds genom stora statliga FoU-anslag, att vissa länders industri har sin tyngdpunkt i forskningsintensiva branscher, m.m. För att belysa bakgrunden till FoU-andelens ländervariationer kommer vi för det första att undersöka vilka sektorer inom samhället som finansierar forskningen. Därefter skall vi se vilken av dessa sektorer som är mest forskningsintensiv och slutligen splittra upp denna och studera delsektoreernas storlek och deras relativa forskningsinsatser.

FoU-finansiärerna kan indelas i tre grupper:

1. Industrisektorn, som ger anslag till i stort sett företagsekonomiskt motiverat FoU-arbete.
2. Den offentliga sektorn, som bl.a. ger anslag till forskning avseende utbildning, sjukvård, försvar, kärnvapen, rymdprogram etc.
3. Övriga finansiärer, bl.a. privata icke vinstgivande institutioner och organisationer.

De offentliga anslagen är ofta mycket stora, vilket framgår av figur 2:2. Över hälften av de totala FoU-utgifterna i Frankrike, Irland, Kanada, USA, Storbritannien, Norge, Danmark och Island finansieras av den offentliga sektorn. I en del fall kan detta delvis förklaras av en omfattande försvarsforskning. I tabell 2:2 återges de offentliga

Figur 2:2. Totala FoU-utgifternas procentuella andel av BNP 1971 i några OECD-länder med fördelning på finansieringskällor



Källa: OECD, Survey of the resources devoted to R-D by OECD Members Countries - Business Enterprise Sector, Paris 1974.

Tabell 2:2. De offentliga forskningsanslagens relativa fördelning på olika ändamål i några OECD-länder 1971

Procent

	Försvars- forsk- ning (1)	Rymd- forsk- ning (2)	Atom- forsk- ning (3)	(1)+(2)+ (3) (4)	Industri- forsk- ning ^a (5)	Övrig forsk- ning (6)
USA ^b	53	0,4	22	75,4	2,3	22,3
Stor- britannien ^c	40	21	0	61	9	30
Frankrike	33	36	8	77	0	23
Sverige	41	30	1	72	3	25
Italien	36	38	3	77	11	12
Västtyskland	0	40	10	50	4	46
Danmark ^c	0	19	2	21	2	77
Finland	9	3	-	12	21	67
Kanada	11	14	2	27	13	60
Belgien	0	23	4	27	7	66
Neder- länderna	7	12	0	19	10	71
Norge ^c	26	16	3	45	3	52
Japan	3	28	5	36	18	46

^a Anslag som ej avser försvars-, rymd- och atomforskning.

^b Uppgifterna inkluderar humanistiska ämnen och psykologi.

^c Uppgifterna avser 1970.

Källa: OECD, Survey of the resources devoted to R&D by OECD Member Countries. International Statistical Year 1971. Vol. 2, tabell C.1(b).

FoU-utgifterna fördelade på försvars-, rymd- och atomforskning. I kol. (5) återfinns de statliga anslagen till industrins FoU-verksamhet. I de högt utvecklade forskningsnationerna USA, Storbritannien, Frankrike, Sverige och även i Italien används mer än hälften av de offentliga forskningsmedlen till försvars-, rymd- och atomforskning. Drygt hälften av USA:s statliga FoU-utgifter går till försvarsforskning och drygt en femtedel till rymdforskning. Framför allt har USA:s försvarsforskning ökat, i samband med Vietnamkrigets upptrappning, från 1963/64 då dess andel av de statliga FoU-utgifterna var ca 30 procent. Men även övriga länder i den övre delen av tabellen har ökat försvarsforskningens andel

med i genomsnitt 7-9 procentenheter mellan 1963/64 och 1971. Efter USA har Sverige den största andelen försvarsforskning av de totala offentliga forskningsanslagen.

Den andel av de offentliga FoU-anslagen som går till industrin är liten i de länder vi studerat med några undantag, som t.ex. Finland, Japan och Kanada. Även i Sverige går en jämförelsevis liten del av offentliga medel till industriforskning.

2.1.2 FoU-verksamheten inom industrin

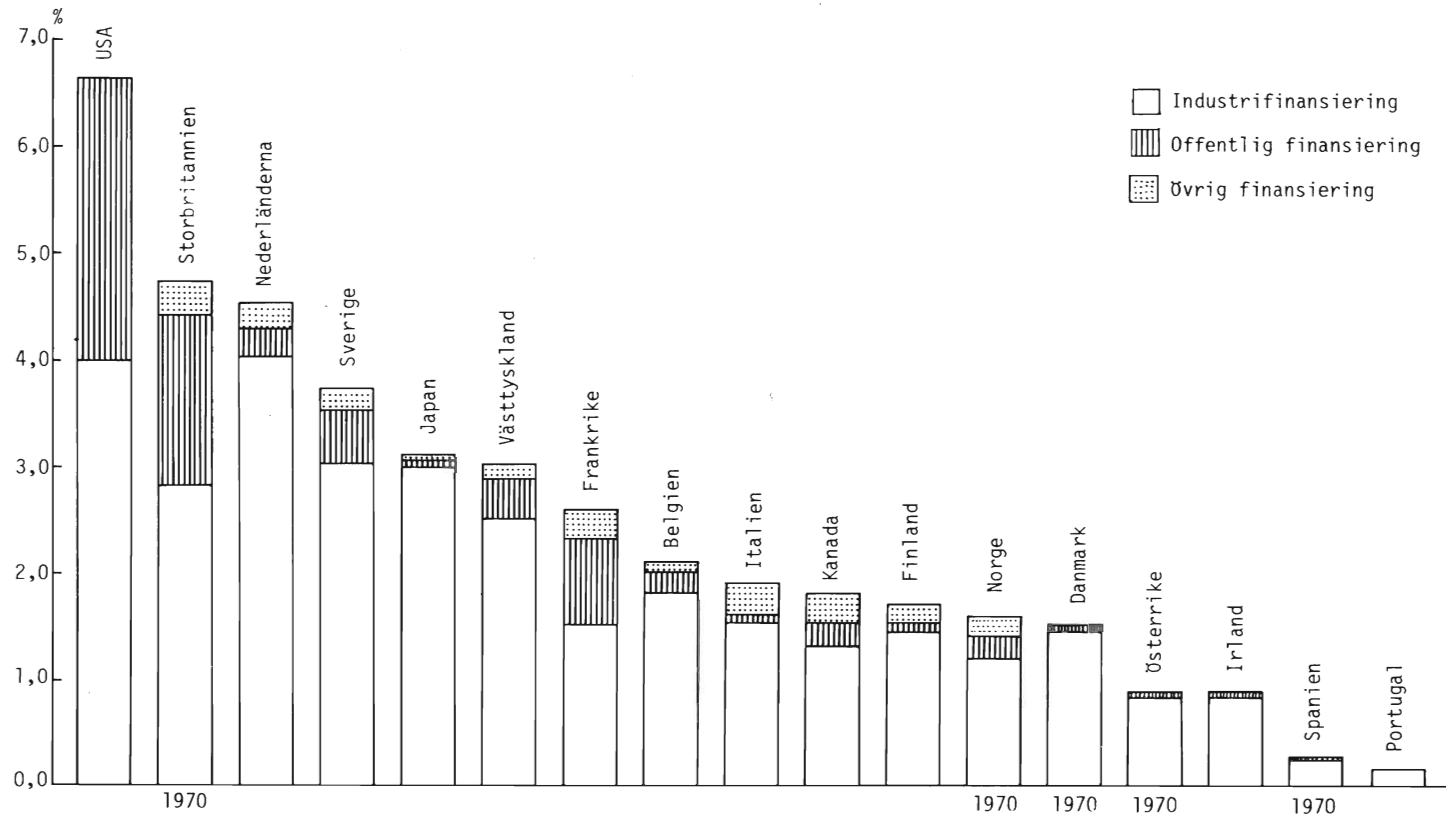
Av de OECD-länder vilkas forskningsfinansiering jämförs i figur 2:2 har några en stor industrifinansierad andel, nämligen Schweiz, Japan, Västtyskland, Nederländerna och Sverige. I samma länder svarar industrins FoU-utgifter också för en relativt stor andel av industrins förädlingsvärde. I tabell 2:1 (kolumnerna 3 och 4) presenteras denna s.k. forskningsintensitet för våra OECD-länder och där anges också rangordningstal. USA, Storbritannien och Nederländerna återfinns på ledande platser.

För att eliminera effekterna av att offentliga anslag till industriell forskning förekommer i varierande omfattning kan industrins forskningsutgifter exklusive den offentligt finansierade delen sättas i relation till industrins förädlingsvärde. Ett sådant relativmått kastar om rangordningen mellan länderna något, vilket framgår av figur 2:3. I stället för USA kommer nu Nederländerna att uppvisa den största relativa forskningsinsatsen. Japan med sina relativt sett begränsade offentliga anslag till industrins FoU-verksamhet placerar sig nu bland de främsta forskningsnationerna. Storbritannien och Frankrike går däremot några steg tillbaka i denna gruppering.

De stora variationerna mellan länderna i industriell forskningsinsats synes inte kunna förklaras på något enkelt sätt. Det är visserligen sedan länge känt att den relativa FoU-insatsen i viss utsträckning är korrelerad med industriell utvecklingsnivå³ och produktivitet. Emellertid kan man knappast tala om något enkelt orsaksförhållande mellan forskningsinsats och industriell nivå utan snarare om ett ömsesidigt beroende.

³ Se t.ex. OECD, Gaps in Technology [1970], s. 225 f, Minasian [1962] och Leonard [1971].

Figur 2:3. Industrins totala FoU-utgifter 1971 i några OECD-länder i procent av förädlingsvärdet med fördelning på finansieringskällor



Källa: OECD, Survey of the resources devoted to R-D by OECD Member Countries - Business Enterprise Sector, Paris 1974.

2.1.3 FoU-utgifternas tillväxt

Ökningstakten i industrins FoU-utgifter mätta i löpande priser varierar avsevärt mellan länderna. I Japan har t.ex. FoU-utgifterna fyrfaldigats mellan 1963 och 1971 medan ökningen i Storbritannien endast varit 24 %. I Sverige har industrins FoU-utgifter fördubblats under samma period. Den i särklass snabbaste tillväxten av FoU-utgifterna uppvisar Nederländerna. Man kan vidare notera att industrins FoU-utgifter har ökat mer än BNP i flertalet av de studerade länderna, dock inte i Storbritannien, USA och Kanada. Alla dessa uppgifter gäller dollar i löpande priser, varvid ingen hänsyn tagits till varierande inflationstakt eller växelkursförändringar.

2.1.4 Forskningsintensitetens variationer mellan branscher och länder

FoU-verksamhetens relativa storlek i industrin - FoU-intensiteten - kan mätas på olika sätt. Vanligast är att relatera FoU-utgifterna till något uttryck för produktionen, t.ex. omsättningen eller förädlingsvärdet. Förädlingsvärdet är fördelaktigare genom att man korrigerar för skillnader i vertikal integration.

Med hjälp av två statistikkällor⁴ har forskningsintensiteten 1970/71 kunnat beräknas för tretton branscher i tio länder (se tabell 2:3). Västtysklands statistik över branschernas förädlingsvärden är dock så aggregerad att endast ett fåtal huvudgrupper kunnat särskiljas, vilket försvårar jämförelse med andra länder.

Vissa branscher, t.ex. elektroindustrin, kemiindustrin samt instrumentindustrin uppvisar hög forskningsintensitet i samtliga studerade länder. Dessa branscher ingår tillsammans med flygindustri och läkemedelsindustri i en grupp i vilken forskningen anses vara mer vetenskapligt inriktad än i övriga branscher.⁵ Enligt föregående avsnitt får några av dessa branscher också de jämförelsevis största statliga forskningsanslagen. En annan grupp av branscher, bestående av bl.a. maskinindustri och transportmedelsindustri, är mycket heterogen och uppvisar stora skillnader mellan länderna i FoU-intensitet. Resterande branscher har relativt låg FoU-intensitet.

⁴ OECD, International Survey of the Resources devoted to R&D 1969 resp. 1971, Vol. 1 och UN, The Growth of World Industry 1961-71, New York 1973.

⁵ Se bl.a. OECD, Gaps in Technology, Analytical Report [1970] som använder denna indelning (s. 135).

Tabell 2:3. Forskningsintensitet i tio industriländer
Forskningskostnader/förädlingsvärde. Procent

Bransch	USA 1971	Stor- britan- nien 1969	Väst- tysk- land 1969	Japan 1971	Frank- rike 1971	Ita- lien 1971	Sve- rige 1971	Norge 1970	Dan- mark 1970	Fin- land 1971	
Elektroindustri	16,4	11,3	} 3,8	7,4	14,2	6,3	10,1	9,1	4,4	6,8	
Instrument- industri	7,8	5,2		5,0	} 1,7	5,4	4,8	3,9	12,2	2,8	
Maskinindustri	5,5	2,8		2,2		0,9	3,8	5,0	3,3	2,3	
Transportmedels- industri	19,2	11,5	} 5,7	4,1	2,3	6,5	6,0	1,2	2,5	0,5	
Kemisk industri	6,0	5,2		6,0	} 6,6	3,7	5,2	2,8	5,8	3,2	
Gummi- och plastindustri	2,4	1,4		1,1		3,2	0,8	1,0	1,1	1,8	
Järn- o. stålind.	1,2	1,6	1,3	1,5	0,9	0,3	3,1	1,5	0,5	2,3	
Livsmedels-, dryckes- och tobaksindustri	0,7	1,0	0,1	1,1	0,3	0,2	1,4	0,5	0,7	0,5	
Textil- och kon- fektionsindustri	0,2	0,9	0,1	0,7	0,6	0,5	0,8	0,5	0,2	0,2	
Sten-, ler- och glasindustri	1,4	1,8	0,4	1,2	1,2	0,1	1,9	0,7	0,9	0,8	
Pappers- och gra- fisk industri	0,6	0,6	} 0,2	0,4	0,1	0,1	1,0	0,6	0,5	1,7	
Övrig trä- industri	0,5	0,2		} 1,1		0,1	-	0,2	0,4	0,3	0,3
Övrig tillverk- ning	2,6	1,4			-	1,0	0,9	1,2	0,7	8,9	0,4
Hela tillverk- ningsindustrin	5,6	3,9	2,6	2,8	2,8	2,1	3,3	1,7	2,0	1,7	

Källa: Beräkningarna är baserade på uppgifter från OECD, International Survey of the Resources devoted to R&D in 1971 and 1969 by OECD Member Countries, Vol. 1, samt UN, The Growth of World Industry 1961-71, Vol. 1, New York 1974.

Vissa betydande skillnader mellan länderna kan konstateras i branschernas forskningsintensitetstal. Kemiindustrins forskningsintensitet är klart lägre i Italien, Norge och Finland än i övriga länder, medan den är högst i USA, Japan och Frankrike.

Läkemedelsindustrin ingår som en delgrupp i den kemiska branschen. I länder där läkemedelsindustrin redovisas separat är dess andel mellan 14 och 16 procent av den totala kemiska industrin. När läkemedelsindustrin exkluderas minskar den kemiska industrins FoU-intensitet för Storbritannien och USA från 5,2 respektive 6,0 till 4,7 respektive 5,5 %, och för Sverige från 5,2 till endast 0,7 %. Sverige har alltså en exceptionellt hög forskningsintensitet i läkemedelsindustrin,⁶ medan den övriga kemiindustrins forskningsintensitet är jämförelsevis låg. Den kemiska industrins höga FoU-intensitet i USA och Storbritannien torde i första hand bero på att petroleumforskningen koncentrerats till dessa länder, där petroleumraffinaderierna till stor del är belägna.

Företagen inom järn- och stålindustrin i Sverige forskar mer än i övriga jämförda länder och forskningsintensiteten uppgår till 3,1, vilket är mycket högt för en så starkt råvarubaserad bransch. Detta höga tal får främst tillskrivas järn- och stålföretagen och i mindre grad övrig metallindustri. I övriga länder bedriver dock den sistnämnda gruppen mest forskning.

Verkstadsindustrin är här uppdelad på fyra delbranscher, av vilka elektroindustrin uppvisar den högsta forskningsintensiteten. Framför allt framträder USA och Frankrike med höga tal. Japan uppvisar här en ovanligt låg forskningsintensitet, vilket möjligen delvis skulle kunna förklaras av att landet köper FoU-resultat i denna bransch från andra länder - utgifter för köp av patent, licenser etc. inräknas inte i denna statistik. En orsak till elektroindustrins höga forskningsintensitet i USA och Frankrike skulle kunna vara det forskningsstöd denna bransch får indirekt via de statliga FoU-projekt som läggs ut till industrin. Instrumentindustrin är efter kemi- och elektroindustrierna den mest forskningsintensiva branschen i hela tillverkningsindustrin. Forskningsintensiteten inom transportmedelsindustrin varierar starkt

⁶ Denna jämförelsevis höga forskningsintensitet beläggs också i OECD:s rapport "Gaps in Technology, Pharmaceuticals" [1969], tabell 19. Enligt denna studie hade läkemedelsindustrin 1966 följande intensitetstal (FoU-utgifter i procent av omsättningen): i Frankrike 6 à 7 %, i Tyskland 7 %, i Italien 6 à 7 %, i Japan (1963) 4 %, i Nederländerna 7 à 10 %, i Sverige 14 % och i Storbritannien 9 %.

mellan länderna. Så satsar t.ex. USA hela 19,2 % av branschens förädlingsvärde på forskning, medan Finland endast satsar 0,5 %.

Av övriga branscher som finns redovisade i tabell 2:3 är ingen speciellt forskningsintensiv. Inom pappersindustrin inklusive grafisk industri är forskningsintensiteten relativt hög i Sverige och Finland i jämförelse med övriga länder. Jämfört med övriga branscher är siffran dock inte hög. Skogsindustrins inriktning på råvaror kan vara en av orsakerna till att så litet forskning bedrivs i denna bransch.

Av ovanstående beskrivning framgår att det förekommer betydande skillnader i FoU-intensitet mellan länderna. Dessa skillnader är inte alltid lätta att förklara. Vi måste här nöja oss med att ge några tänkbara förklaringar till att forskningsintensiteten i en bransch varierar mellan länder. Den första har redan berörts i avsnitt 2.1.2, där det framgår att länder som USA, Storbritannien och Frankrike har en stor andel statligt finansierad forskning. Framför allt gäller detta transportmedelsindustrin, där flyg- och vapenindustri ingår, men även övrig verkstadsindustri torde beröras av dessa forskningsbeställningar och anslag. Ser vi till dessa branscher uppvisar som väntat nämnda länder mycket hög FoU-intensitet.

Den andra tänkbara förklaringen har också något berörts tidigare (avsnitt 2.1.2), då vi sökte förklara ländernas relativa forskningsinsatser med hjälp av skillnader i utvecklingsnivå. Nationer med hög levnadsstandard torde i de flesta fall ha höga industriarbetarlöner. I den internationella konkurrensen tenderar höglöneländerna att ha en nackdel till följd av högre lönekostnader, när det gäller enklare varor. Det finns därigenom en press på höglöneländer att inrikta produktionen på nya och mer komplicerade produkter, där den högre lönenivån inte spelar samma roll. Utveckling av sådana produkter kräver i allmänhet betydande forskningsinsatser, vilket medför att höglöneländer som USA och Sverige i många branscher uppvisar de högsta forskningsintensiteterna (tabell 2:3). Det bör dock observeras att Nederländerna och Schweiz inte kunnat medtas i jämförelsen.

Slutligen förekommer vad vi här vill beteckna som specialiseringsfördelar, i viss mån sammanhängande med historiska komparativa fördelar. Hela industrin eller de olika branscherna kan i olika länder ha fått en speciell inriktning till följd av externa faktorer, såsom råvarutillgångars belägenhet, lagstiftning, tidigare banbrytande uppfinningar, etablerade handelsrelationer m.m. Vid sidan av dessa faktorer kan

också en medveten intern specialisering på vissa produktgrupper ha förekommit till följd av marknadens behov och konkurrensstrukturen. En sådan differentiering minskar konkurrensen på det egna området och ökar specialiseringsgraden. Härigenom krävs givetvis forskningsinsatser för att bibehålla sin linje och ytterligare segmentera marknaden genom att utveckla olika produkter inom området.

De branscher där svensk industri forskar speciellt mycket är läkemedelsindustrin, maskinindustrin, massa- och pappersindustrin samt järn- och stålindustrin. I de två sistnämnda industrigrenarna spelar givetvis betydande komparativa fördelar in via råvarutillgången och en lång industritradition på området. Järn- och stålföretagen i Sverige är ett exempel på hur en medveten inriktning på specialstål lett fram till ökade marknader där specialiseringen bibehållits genom bl.a. forskning på stållegeringar.

Sammanfattningsvis kan man därför av den presenterade statistiken utläsa att svensk industri i internationell jämförelse inte har någon särskilt hög andel FoU-utgifter. Sverige har däremot relativt höga andelar inom branscher där Sverige har komparativa fördelar. Detta är dock branscher med en relativt låg forskningsintensitet, vilket således förklarar den genomsnittligt låga FoU-satsningen i svensk industri.

2.2 INDUSTRINS FORSKNINGSVERSAMHET I SVERIGE

2.2.1 Den svenska forskningsstatistiken

Innan vi går över till att studera den svenska forskningsverksamheten finns det skäl att redogöra för forskningsstatistikens uppläggning i Sverige. Sedan 1963 har statistiska centralbyrån (SCB) utarbetat och publicerat statistik över teknisk och naturvetenskaplig forsknings- och utvecklingsverksamhet inom industrin, kallad "Forskningsstatistik för industri".⁷ Statistikens uppläggning har vad gäller definitioner och branschklassificering i stor utsträckning samordnats med ett projekt inom OECD, som just pågår för att ge enhetliga normer för internationell forskningsstatistik.

Till en början insamlade SCB denna statistik varje år, dvs. 1963, 1964 och 1965, varefter den insamlats vartannat år, dvs. 1967, 1969

⁷ Statistiken har publicerats i Statistiska Meddelanden, Serie V 1965:21 och 1968:5 samt i Serie U 1969:4, 1970:27, 1973:19 samt 1975:19.

och 1971. Uppgiftslämnarna har efter insamlingsårets slut lämnat utfallsuppgifter för detta år samt prognosdata för de två följande åren.

I SCB's statistik är undersökningsenheten företag som bedriver industriell rörelse med fler än fem anställda. Vid 1965 års FoU-undersökning tillfrågades företagens separata arbetsställen i syfte att få en branschren redovisning. Många företag fann det dock svårt att fördela utgifterna för sin ofta centraliserade forskningsverksamhet på olika arbetsställen, varför man vid efterföljande undersökningstillfällen återgått till att begära uppgifter med företaget som enhet.

Detaljerade populationskartläggningar av forskande företag har hittills genomförts vid två tillfällen, varvid ett relativt stort urval företag med industriell rörelse lämnat ungefärliga uppgifter om forskningsutgifter. Den första populationskartläggningen⁸ utfördes i samband med 1963 års statistikinsamling och omfattade 1 544 svarande företag, av vilka 493 hade forskningsutgifter. Genom denna provundersökning erhöles en bild av hur FoU-utgifterna fördelade sig inom industrin. Därefter gjordes bland de forskande företagen ett stratifierat urval omfattande 278 företag. I urvalet ingick samtliga företag som hade FoU-utgifter över 200 000 kr men endast en liten andel av företagen med lägre FoU-utgifter.

Vid den andra populationskartläggningen⁹, som gjordes 1967, svarade 3 052 företag, av vilka 792 bedrev forskningsverksamhet. I denna grupp undersöktes samtliga företag med minst 100 anställda och ett urval av företagen med 5-99 anställda. Dessa populationskartläggningar har legat till grund för övriga undersökningar. Antalet företag vid de olika detaljerade undersökningarna framgår av nedanstående tablå.

	<u>1963</u>	<u>1964</u>	<u>1965</u>	<u>1967</u>	<u>1969</u>	<u>1971</u>
Antal företag i urvalet	278	276	268	591	591	527
Svarande företag	256	259	238	524	528	444
Svarsfrekvens, %	92	94	89	89	89	84

Vid 1967 års undersökning mer än fördubblades antalet företag, varvid större delen av de nytillkomna företagen hade mindre än 50 anställda. I alla dessa FoU-undersökningar har svarsfrekvensen varit hög.

⁸ Återgiven i Statistiska Meddelanden V 1965:21.

⁹ Återgiven i Statistiska Meddelanden U 1969:8.

Den svenska forskningsstatistiken har anpassats efter bl.a. de definitioner som rekommenderats av OECD och har begränsats till att omfatta teknisk och naturvetenskaplig forskning. FoU-aktiviteten omfattar sålunda "verksamhet i naturvetenskap, teknologi, medicin m.m., lantbruksvetenskap m.m."

I statistiken brukar man i begreppet forsknings- och utvecklingsverksamhet inbegripa tre verksamheter:

Grundforskning: systematiskt och metodiskt sökande efter ny kunskap och nya idéer utan någon bestämd tillämpning i sikte.

Tillämpad forskning: systematiskt och metodiskt sökande efter kunskap och nya idéer med en bestämd tillämpning i sikte.

Utvecklingsarbete: systematiskt och metodiskt utnyttjande av forskningsresultat, vetenskaplig kunskap och nya idéer för att åstadkomma nya produkter, nya processer, nya system eller väsentliga förbättringar av redan existerande sådana.

De företagsenheter som ingår i undersökningen är engagerade i ett aktivt FoU-arbete, som bedrivs med företagets egen personal. I allt arbete som hänförs till aktivt FoU-arbete skall det, enligt enkätformulärens anvisningar, finnas ett nyhetselement. Ett normalt konstruktions- och undersökningsarbete som helt följer tidigare utstakade banor och etablerade rutiner skall alltså inte räknas till FoU. Vid t.ex. serieproduktion är utvecklandet och konstruktionen av prototypen att hänföra till FoU-arbete, däremot inte tillverkningen av den första serieenheten.

Det frågeformulär som sänds ut till företagen i samband med forskningsundersökningarna innehåller frågor avseende både ekonomiska förhållanden och personella resurser. Först och främst tillfrågas företagen om personal engagerad i FoU-arbete.

Som volymmått på det inom företaget utförda FoU-arbetet skall antalet årsverken anges. Ett årsverke är det arbete en heltidsanställd person utför under ett år. Denna variabel uppdelas på forskning och utvecklingsarbete.

Forskningskostnaderna skall fördelas på grundforskning, tillämpad forskning och utvecklingsarbete. De skall vidare redovisas uppdelade på följande kostnadsslag:

Personalutgifter: löner, individuella ersättningar, naturaförmåner, kollektiva avgifter, pensionskostnader och övriga personalkostnader.

Övriga driftskostnader: lokalhyra, el, värme, förbrukningsmaterial, verktyg, administrationskostnader m.fl. driftsomkostnader.

Kapitalkostnader: räntor och avskrivningar på byggnader, anläggningar och maskiner.

Byggnads- och anläggningsinvesteringar för FoU-verksamheten ingår som en särskild uppgift i statistiken. Företagen får vidare uppge till vilken branschgrupp forskningskostnaderna och -investeringarna är hänförliga. För driftskostnaderna begärs en fördelning på forskningsdiscipliner, t.ex. matematik, biologi eller kemi.

Vidare skall uppges i vilken mån företagen själva finansierar sin FoU-verksamhet och i hur stor utsträckning de får bidrag utifrån, t.ex. från statliga myndigheter, svenska och utländska privata källor m.fl.

Kostnader och intäkter av patent, royalties m.m. skall också redovisas, numera med viss länderfördelning.

Slutligen har ytterligare en fråga införts i enkäten fr.o.m. 1967: "Har aktivt FoU-arbete eller fördelande FoU-verksamhet ägnats något av problemområdena försvarsforskning,¹⁰ atomforskning, rymdforskning, vattenföreningar, luftföreningar, biocider, buller eller cancer?"

De företag som ingår i forskningsstatistiken är således endast sådana som bedriver forskningsverksamhet. Dessa företag kan av flera skäl inte anses vara representativa för svensk industri. Bl.a. är de sannolikt av en storlek som överstiger den genomsnittliga. Mindre företag har ofta, även om de bedriver en viss forskningsverksamhet, inte en organiserad FoU-avdelning som kan registreras statistiskt. En del av industrins forskning torde därför ske utanför statistikuppgiftslämnarnas grupp.

Det finns skäl att förmoda att det inom de redovisade branscherna finns delbranscher med hög forskningsintensitet. I en del fall kan dessa forskningsintensiva delbranscher komma att dominera hela branschen, i andra fall framträder de inte alls. Branschklassificeringen och aggregeringsgraden avgör således hur representativ branschstatistiken blir för de ingående produktgrupperna.

¹⁰ Infördes först 1969.

Statistiken blir snedvriden vad avser företag som är utlandsägda eller på andra sätt står i nära kontakt med andra innovationskällor. Forskningen kan då bedrivas på annan plats än i det svenska företaget men dess resultat kan ändå transfereras till Sverige och utnyttjas i den svenska produktionen. Analogt kan svenska företag med utländska dotterbolag bedriva forskning i Sverige, vars resultat överförs till de utländska koncerndelarna och utnyttjas där.

2.2.2 Forskningsverksamhetens omfattning i Sverige

Enligt 1963 års forskningsstatistik uppgick industrins totala forskningsutgifter i Sverige till 710 milj.kr och åtta år senare - 1971 - hade siffran nästan fördubblats (1 585 milj.kr), vilket innebär en årlig ökningstakt på 10,5 % i löpande priser. Volymmässigt har ökningen varit mindre. Räknat i antal årsverken har ökningstakten uppgått till 6 % per år för kvalificerad och till 3,8 % per år för icke kvalificerad personal.

I föregående avsnitt kunde vi med hjälp av internationell statistik konstatera att till de forskningsintensiva branscherna i svensk industri hör läkemedelsindustri, elektroindustri, transportmedelsindustri, järn-, stål- och metallverk samt instrumentfabriker. FoU-utgifterna var då branschfördelade med ledning av de forskande företagens branschtillhörighet, vilken bestämts enligt ett s.k. mest-kriterium. Många av de större företagen är dock heterogena och bedriver såväl produktion som forskning inom mer än en bransch.

För att något belysa effekterna härav har i tabell 2:4 tillverkningsindustrins FoU-utgifter fördelats så att forskningens specialiserings- och täckningsgrad belyses. Av totalt 1 580 milj.kr ägnas 1 512 milj.kr eller 96 % åt tillverkningsindustrins produktområde.

Specialiseringsgraden mäter hur mycket av branschföretagens forskning som ligger inom det egna produktområdet. I tabellen ser vi t.ex. att 87 % av livsmedelsföretagens forskning avser livsmedelsprodukter, medan återstående 3 % ägnas åt andra områden. En låg specialiseringsgrad noteras bl.a. inom trä- och möbelindustri, järn-, stål- och metallverk samt metallmanufakturverk - branscher till vilka de stora och heterogena bruksföretagen hänförts. Forskningen i livsmedelsindustrin, gummivaruindustrin och elektroindustrin avser i huvudsak det egna produktområdet.

Tabell 2:4. FoU-verksamhetens omfattning och inriktning på produktgrupper inom tillverkningsindustrin 1971

Bransch	FoU- utgifter mkr	Specia- liseringsgrad ^a %	Täcknings- grad ^b %
1. Livsmedels-, dryckesvaru- och tobaksindustri	60,4	87	95
2. Beklädnadsindustri	18,0	48	99
3. Trä- och möbelindustri	5,3	11	100
4. Massa-, pappers- och pappersvaruindustri	49,2	70	80
5. Grafisk industri	1,7	53	82
6. Gummiindustri inkl. plast	9,5	95	37
7. Kemisk industri exkl. läke- medel	47,3	80	42
8. Läkemedelsindustri	116,0	85	90
9. Petroleum- och kolindustri	3,0	27	62
10. Jord- och stenförädlings- industri exkl. tegel och cement	6,6	62	100
11. Tegelbruk och cement- fabriker	30,8	41	99
12. Järn-, stål- och metall- verk	209,9	30	82
13. Metallmanufakturverk	20,7	16	3
14. Maskinindustri	247,4	62	83
15. Elektroindustri	393,8	88	80
16. Skeppsvarv	24,5	56 ^c	22 ^c
17. Övrig transportmedels- industri	310,3	75 ^d	100 ^d
18. Instrumentindustri	22,2	69	64
19. Annan förädlingsindustri	3,3	9	1
Hela tillverkningsindustrin	1 580,1	96	100
Vägt branschgenomsnitt		69	72

^a Den andel av branschföretagens forskning som ägnas åt branschens produktgrupper.

^b Branschföretagens andel av den forskning inom industrin som ägnas åt branschens produktgrupper.

^c Siffran avser forskning angående alla transportmedel utom bilar, bilmotorer och flygplan.

^d Siffran avser forskning angående bilar, bilmotorer och flygplan.

Anm.: FoU-verksamheten är här mätt med driftskostnader plus investeringsutgifter.

Källa: Tabellen bygger på uppgifter ur Statistiska Meddelanden Serie U 1973:10, tabell 3.

Täckningsgraden visar hur mycket av den totala forskningen inom ett produktområde som bedrivs i de till motsvarande bransch klassificerade företagen. Så t.ex. bedrivs 95 % av industrins livsmedelsforskning inom livsmedelsföretag, medan 5 % bedrivs av företag tillhörande andra branscher. Det är i första hand forskningen om gummi-produkter, kemiska produkter, petroleum- och kolprodukter samt metall-manufakturvaror, som inte bedrivs av de egna branschföretagen.

En jämförelse mellan specialiseringsgrad och täckningsgrad visar att de båda måtten i några branscher avviker starkt från varandra. I några branscher ägnar företagen en betydande del av sin forskning åt andra produktområden för att kunna finna en ny väg för sin expansion. Samtidigt attraherar dessa branscher naturligt nog inget forskningsintresse från företag i andra branscher. Detta medför att specialiseringsgraden är låg och täckningsgraden hög. Detta gäller framförallt trä- och möbelindustrin, petroleum- och kolindustrin samt järn-, stål- och metallverken. Inom några andra, snabbt växande branschers produktområden bedrivs däremot en omfattande forskning även av företag som tillhör andra branscher men nu försöker slå sig in i nya sådana. Detta medför att täckningsgraden är lägre än specialiseringsgraden, vilket gäller för bl.a. gummivaru- och plastindustri, kemisk industri samt elektroindustri.

KAPITEL 3

FOU-VERKSAMHETEN I TRE SPECIALUNDERSÖKTA INDUSTRIBRANSCHER

3.1 INLEDNING

Avsikten med denna undersökning har varit att pröva möjligheterna att skatta marginalavkastningen på FoU-investeringar i industrin. För detta ändamål har tre branscher valts ut som har relativt olika karakteristika med avseende på FoU-intensitet, utlandsetablering etc. Branscherna är skogsindustri, kemisk industri samt järn- och stålindustri. Deras delbranscher framgår av tabell 3:1.

I det följande kommer dessa branschers storlek och utveckling att belysas. Vidare har forskningsintensiteter räknats fram. Slutligen beskrivs och jämförs FoU-verksamhetens struktur i de olika branscherna och i olika stora företag. Det bör redan här framhållas att vår studie endast gäller de företag som bedriver FoU-verksamhet i en så betydande skala att verksamheten registreras i statistiken. Vårt material är i flera avseenden inte representativt för branscherna som helhet.

Till grund för denna studie har legat SCB's företagsenkäter. Dessa är sekretessbelagda men med företagets tillstånd har det varit möjligt att få tillgång till både forsknings- och produktionsstatistikens uppgifter. Därigenom har för första gången forskningsdata kunnat analyseras på grundval av observationer för enskilda företag.

3.2 DET STATISTISKA MATERIALET

Forskningsstatistikens branschindelning är relativt grov och det har varit nödvändigt att här använda en mer förfinad branschindelning, som också kan sammanställas med SCB's produktions- och investeringsstatistik. För detta har valts den branschindelning som sedan 1968 används av SCB för industristatistiken - svensk näringsgrensindelning (SNI).¹ I vissa fall har det dock varit nödvändigt att föra samman branscher i materialpresentationer och analyser. Av det totala antalet företag som

¹ I appendix A redovisas denna branschindelning av vårt material.

ingår i SCB's forskningsstatistik 1969 svarar de tre studerade industribranscherna för 24 %. Räknat i totalt anslagna FoU-utgifter är andelen 29 % och i årsverken 28 % (1969).

I denna undersökning ingår mellan 80 och 95 % av de företag som besvarat SCB's FoU-enkät i de tre industribranscherna. Detta framgår bl.a. av tabell 3:1, där delbranscherna särredovisas vid 1965 och 1969 års undersökningar, som grundades på två olika populationer.² Den populationskartläggning som genomfördes 1963 kom att gälla ända fram till 1967 när nästa kartläggning utfördes. Ökningen i populationen från 317 företag till 836 i tabell 3:1 beror således på att SCB utökade antalet tillfrågade företag, varvid fler forskande företag inkluderats i statistiken. Av de nyetablerade företagen har endast ett begränsat antal inkluderats i vårt material. Däremot har samtliga fall beaktats där företag i 1963 års respektive 1967 års population nedlagts eller upphört med sin forskning. Skillnaden i tabell 3:1 mellan antalet svarande företag och företag som vi redovisat uppgifter för har sin grund i att vi varit tvungna att begränsa studien till de enkätsvar som vi funnit bearbetningsbara. Allt som allt har ungefär 140 företags enkätsvar kunnat användas.

Vår materialredovisning har utförts för två olika företagsgrupper. Den första omfattar de företag som under hela undersökningsperioden lämnat uppgifter till FoU-statistiken och haft någon form av forskning, dvs. de företag för vilka tidsserier över variablerna finns tillgängliga. Det är dessa genomgående företags datauppgifter som ligger till grund för tabellerna 3:4-3:9.

Den andra gruppen är större och omfattar samtliga företag som någon gång under perioden lämnat uppgifter till forskningsstatistiken. Dessa data används bl.a. vid intensitets- och storleksjämförelser samt i regressionsberäkningar som ej kräver kontinuerliga tidsseriedata. I några fall har företag uteslutits på grund av att fusioner skett under perioden eller därför att FoU-verksamheten lagts ned.

Vår undersökning omfattar i huvudsak perioden 1963-1969. Utfallsdata för 1963, 1964, 1965, 1967 och 1969 har erhållits ur enkäterna.

² Populationerna baseras på den årliga industristatistikens arbetsställeregister. Vidare utgörs de av en urvalsdel (företag med 5-99 anställda) och en totalundersökt del (företag med 100 anställda och däröver). I princip motsvarar detta antalet företag som ingår i finansstatistiken. Se vidare SCB's populationskartläggning 1967; Statistiska Meddelanden, serie U 1969:8.

Tabell 3:1. Antalet företag i de specialundersökta branscherna i SCB's FoU-enkäter samt i denna undersökning 1965 och 1969

	SCB's forskningsstatistik			Denna undersökning		
	i popula- tionen totalt	i ur- valet	svarande	företag som redovisat uppgifter för 1965		
<u>1965</u>						
Trävaru- och möbel- industri	30	8	8	2		
Massa-, pappers- och pappersvaruindustri	85	22	22	15		
Grafisk industri	86	4	4	4		
Kemisk industri utom läkemedelsindustri	49	25	23	26 ^a		
Läkemedelsindustri	5	5	5	5		
Petroleum- och kolindustri	8	5	5	2		
Gummivaruindustri	10	5	5	4		
Järn-, stål- o. metallverk	44	21	21	21		
Summa	317	95	93	79		
	SCB's forskningsstatistik				Denna undersökning	
	i po- pula- tionen totalt	i popu- lationen av forskande företag	i ur- valet	sva- rande	företag som redovisat uppgifter för 1969	identiska företag 1963-69
<u>1969</u>						
Trävaru- och möbel- industri	231	36	23	20	8	2
Massa-, pappers- och pappersvaruindustri	131	47	37	33	22	14
Grafisk industri	138	15	10	10	7	4
Kemisk industri utom läkemedelsindustri	134	63	50	45	45	26
Läkemedelsindustri	31	10	10	10	8	5
Petroleum- och kolindustri	31	9	9	9	7	2
Gummivaruindustri	46	10	10	10	7	3
Järn-, stål- o. metallverk	94	37	37	31	26	20
Summa	836	227	186	168	130	76

^a Vissa företag har omklassificerats till 1967-69 års branschindelning.

För 1966 och 1968 har använts prognosuppgifter lämnade av företagen under prognosåret, eller också har i osäkra fall utfallsdata inhämtats per telefon under denna undersöknings gång.

Uppgifter om 1959 års FoU-utgifter insamlades av IUI till långtidsutredningen 1960.³ För att i föreliggande undersökning knyta an dessa uppgifter till 1963 års SCB-data har de aktuella företagen kontaktats och ombetts att ange sina ungefärliga FoU-utgifter åren 1960-1963. Resultatet har blivit att för ett 70-tal företag, dvs. flertalet genomgående företag, har tidsserier över 11 år, 1959-1969, kunnat användas.

Branschklassificeringen av företagen har gett upphov till en del problem. Flera företag, speciellt "bruksföretag", har såväl produktion som forskning i flera branscher och det vore missvisande att klassificera hela företaget i enbart en bransch utan hänsyn till FoU-arbetets inriktning (jfr avsnitt 2.2.2). Det gavs emellertid möjlighet att med hjälp av arbetsställeuppdelningen 1965 splittra upp större företag med starkt branschdiversifierad produktion i arbetsställen. Dessa arbetsställen med därtill hörande FoU-insatser kunde sedan klassificeras i olika branscher - inte enbart för 1965 utan även för tidigare och senare år. På så sätt har en branschrenare indelning erhållits än den som använts i SCB's undersökningar.

3.3 URVALETS OMFATTNING

Innan vi går över till att studera forskningsdata skall några uppgifter ges om de utvalda företagens och branschernas storlek. Av tabell 3:2 framgår att de 130 företagen tillsammans hade ett förädlingsvärde 1969 på 10 miljarder kronor och forskningsutgifter på 444 milj.kr, vilket utgör nära 30 % av industrins totala anslagna FoU-utgifter. I genomsnitt blir detta 75 milj.kr i förädlingsvärde per företag och 3,4 milj.kr i forskningsutgifter. Denna undersökning behandlar således för svenska förhållanden ganska stora företag. Detta gäller främst järn- och stålindustrin men även skogsindustrin med i genomsnitt 156 milj.kr respektive 90 milj.kr i förädlingsvärde per företag. Kemiindustrins företag är betydligt mindre (36 milj.kr i genomsnitt) men utgör drygt hälften av antalet företag i vårt material.

³ Wallander [1961].

Tabell 3:2. Jämförelse mellan företagen i SCB's industristatistik och företagen i denna undersökning 1969

SNI-kod	Bransch	Antal företag (1)	Förädlingsvärde mkr (2)	SCB's industristatistik Förädlingsvärde mkr (3)	Förädlingsvärdeandel (2):(3) % (4)	FoU-utgifter mkr (5)	Branschens andel av FoU-utgifterna % (6/1)
	<u>Skogsindustri</u>	37	3 324	5 863	57	62,5	14
331	Trävaruindustri, utom möbelindustri	8	232	2 547	9	9,3	2
34111	Massaindustri	5	592	1 141	52	13,1	3
34112	Pappers- o. pappindustri	16	1 996	1 632	2)	34,3	8
34113+ 3412+ 342	Träfiberplatt-, pappers- o. pappförpacknings- samt grafisk industri	8	504	543	93	5,8	1
	<u>Kemisk industri</u>	67	2 419	3 434	70	224,0	50
3511+ 3512	Kemikalieindustri samt industri för gödselmedel, ogräsbekämpningsmedel	8	333	615	54	17,2	4
3513	Konstfiber- och plastindustri	8	398	570	70	19,6	4
3521	Färgindustri	6	171	269	64	8,9	2
3522	Läkemedelsindustri	8	377	392	96	127,2	29
3523	Tvättmedels- och toalettmiddelsindustri	6	186	282	66	6,8	2
3529	Övrig kemisk industri	17	321	340	94	23,5	5
353+354	Petroleumraffinaderier samt smörjmedels-, asfalt- och kolproduktindustri	7	222	390	57	4,4	1
355	Gummivaruindustri	7	411	576	71	16,4	3
	<u>Järn- och stålindustri</u>	26	4 057	5 551	73	157,4	36
37101	Järn- och stålverk ³	13	3 074	2 641	2)	128,8	29
37102+ 37103	Ferrolegeringsverk samt järn- och stål-gjuterier	4	99	328	30	2,9	1
372	Ickejärnmetallverk	5	757	568	2)	24,2	6
3819	Övrig metallvaruindustri	4	127	2 014	6	1,5	0
	Totalt tre branscher	130	9 800	14 848	66	443,9	100

¹ FoU-utgifterna inkluderar drifts- och kapitalkostnader samt fördelade FoU-verksamhet inkl. patentutgifter.

² I några branscher överstiger förädlingsvärdet i vårt urval det enligt SCB's industristatistik. Detta beror på att vi placerat vissa större företag med blandad produktion i dessa delbranscher, eftersom någon branschuppdelning av dessa företags FoU-utgifter inte är möjlig.

³ Inkl. viss försvarsproduktion.

Källa: Primärmaterial till SCB's enkäter.

En jämförelse med SCB's industristatistik⁴ ger vid handen att 66 % av industrins förädlingsvärde i de tre branscherna ingår i vårt material. I skogsindustrin är täckningen sämst med 57 %, medan i den kemiska industrin och järn- och stålindustrin 70 respektive 73 % av branschen finns representerad i denna undersökning. Eftersom vårt material inte är arbetsställeindelad i lika stor utsträckning som industristatistikens, uppkommer på delbranschnivå viss överrepresentation i vårt material. När det gäller forskningsstatistiken är vår täckning av SCB's material hundra procentig.

En jämförelse visar att vårt material endast motsvarar en bråkdel av det antal företag som ingår i SCB's finansstatistik⁵ - 1 % av antalet företag i skogsindustrin, 8 % i kemiindustrin och 15 % i järn-, stål- och metallverken.

Vi har i vår undersökning fått med de stora företagen som täcker in den större delen av förädlingsvärdet i respektive bransch. De små företagen, som säkerligen också bedriver viss FoU-verksamhet, men icke separat redovisar denna, låter sig däremot inte fångas upp i denna statistik. Därför kan inte branschernas totala FoU-insatser registreras på detta vis. Vårt material kan därför vara missvisande i det avseendet att branscher med genomsnittligt större företag kommer att få en stor del av de totala FoU-utgifterna registrerade, medan vi i branscher med en stor andel mindre företag får en kraftigare underskattning av FoU-verksamheten.

3.4 FORSKNINGSINTENSITETEN

Forskningsintensiteten kan redovisas på olika sätt. Rangordningen mellan branschgrupperna påverkas dock inte mycket av vilket mått som används. Detta framgår av tabell 3:3, där tre olika intensitetstal redovisas.⁶ Forskningsintensiteten mätt med FoU-utgifternas andel av försäljningen, som ofta brukar användas, uppgår för våra företag i genom-

⁴ SOS, Industri 1969, del 1.

⁵ SOS, Företagen 1969, Ekonomisk redovisning.

⁶ Ett rangkorrelationstest visar att rangkorrelationen $r = 1 - \frac{6(\sum d^2)}{n(n^2-1)}$,

där d = differensen mellan rangordningstalen och n = antal observationer, mellan kolumnerna 1 och 2 är 0,98, mellan kolumnerna 2 och 3 0,82 och mellan kolumnerna 1 och 3 0,77.

Tabell 3:3. Tre mått på forskningsintensiteten i de studerade industri-
branscherna 1969. Procent

SNI- kod	Bransch	Totala FoU- utgifter/ försäljnings- summa (1)	Totala FoU- utgifter/ förädlings- värde (2)	Egen FoU- personal/ totala antalet anställda (3)
	<u>Skogsindustri</u>	0,8	1,7	1,8
331+332	Trävaru- och trämöbelindustri	0,6	1,1	0,9
34111	Massaindustri	0,9	2,3	2,2
341121+ 22	Tidningspappers- och kraft- pappersindustri	0,9	1,9	2,2
341129+ 30	Övrig pappers- och pappindustri samt träfiberplattindustri	0,4	0,8	0,7
3412+ 19+20	Pappers- och pappförpackningsind., övrig pappers- och pappvaruind. samt grafisk industri	0,4	0,7	0,8
	<u>Kemisk industri</u>	4,9	9,4	7,0
3511+12	Kemikalieindustri samt industri för gödselmedel, ogräsbekämpnings- medel	2,3	5,2	6,9
3513	Konstfiber- och plastindustri	2,3	4,9	4,1
3521	Färgindustri	2,9	5,4	7,8
3522	Läkemedelsindustri	25,2	33,8	23,2
3523	Tvättmedels- och toalettmiddels- industri	2,2	3,5	4,3
3529	Övrig kemisk industri	3,3	7,7	5,7
354	Smörjmedels-, asfalt- och kol- produktindustri	0,8	1,7	6,6
355	Gummivaruindustri	2,2	4,0	1,7
	<u>Järn- och stålindustri inkl. metallverk</u>	1,7	4,0	3,9
37101	Järn- och stålverk ^a	2,2	4,4	4,1
37102+ 103	Ferrolegeringsverk samt järn- och stålgiuterier	1,2	3,1	1,5
372	Ickejärnmetallverk	0,9	3,2	4,3
3819	Övrig metallvaruindustri	0,6	1,2	1,1

^a Inklusivt viss försvarsforskning.

Anm.: Uppgifterna avser endast företag som uppgivit att de bedriver FoU-verksamhet.

Källa: Sammanställning av SCB's primärmaterial.

snitt till 2,1 %. Skogsindustrin och järn- och stålindustrin ligger under och den kemiska industrin över detta värde. I huvudsak är det läkemedelsindustrin som drar upp den kemiska industrins FoU-intensitet. Exkluderas denna delbransch kommer intensitetstalet att halveras för kemisk industri och reduceras till 1,6 % för hela materialet.

FoU-utgifternas andel av förädlingsvärdet är dock att föredra, eftersom förädlingsvärdet är bättre än saluvärdet som mått på ett företags industriella produktion. Bl.a. korrigerar man därvid för skillnader i vertikal integration. Det sista måttet slutligen, egen FoU-personal i förhållande till totala antalet anställda, mäter bara den FoU-verksamhet som företaget självt bedriver och har därtill den nackdelen att FoU-verksamheten relateras till endast en av de inputfaktorer som används i produktionen.

Av de industribranscher vi studerat är den kemiska industrin mest forskningsintensiv. Läkemedelsindustrin, som satsar en tredjedel av sitt förädlingsvärde på FoU-verksamheten, står i detta avseende i särklass. Även övriga kemiska delbranscher är dock mer forskningsintensiva än de båda övriga industribranscherna. Järn- och stålindustrin i sin tur uppvisar ungefär dubbelt så hög forskningsintensitet som skogsindustrin. Inom dessa båda industribranscher är skillnaderna i forskningsintensitet mellan delbranscherna tämligen små.

I föregående kapitel framhölls att de höga intensitetstalen för vissa branscher i vissa länder möjligen delvis kunde sammanhånga med att de statliga FoU-anslagen var särskilt stora i dessa branscher. De statliga FoU-anslagen till den svenska industrin är i de branscher där vi funnit höga intensitetstal mycket små, och de påverkar värdena endast i ett fall. Till gruppen järn- och stålverk har hänförts ett företag med betydande försvarsmaterielproduktion. De statliga FoU-anslagen är där, även om de minskat under 1960-talet, så pass betydande att de bidragit till att höja branschens intensitetstal. Utelämnades detta företag skulle järn- och stålverkens totala FoU-utgifter i förhållande till försäljningen reduceras med en halv procentenhet.

3.5 FoU-VERKSAMHETEN 1963 OCH 1969

I detta avsnitt kommer forskningsstrukturen 1963 och 1969 att beskrivas med avseende på FoU-utgifternas fördelning på olika utgiftslag samt

mellan forsknings- och utvecklingsarbete. I tabellerna i detta avsnitt redovisas endast uppgifter för de tre huvudbranscherna. Motsvarande uppgifter för delbranscherna kommenteras emellertid i texten och återges i appendix B.

3.5.1 FoU-utgifternas olika delar

Företagen kan få tillgång till FoU-resultat på flera sätt: genom att själva bedriva den erforderliga forskningsverksamheten, genom att beställa sådant forskningsarbete från andra eller genom att köpa färdiga FoU-resultat i form av patent, licenser o.dyl. I tabell 3:4 redovisas för de studerade branscherna fördelningen av FoU-utgifterna på dessa olika ändamål.

I vårt material är utgifternas fördelning mellan intern och extern FoU-verksamhet densamma 1969 som 1963. Investeringarnas utgiftsandel har dock minskat medan de löpande utgifternas andel ökat i motsvarande mån. Andelen för köp av FoU-resultat har ökat något och andelen för köp av FoU-tjänster minskat något. Bland industribranscherna uppvisar

Tabell 3:4. Industrins FoU-utgifter 1963 och 1969 fördelade på extern och intern FoU-verksamhet. Procent

Bransch	Extern FoU-verksamhet				Intern FoU-verksamhet			
	Patent- utgifter m.m.		Utgifter för uppdrag till utomstående		Investering- ar i FoU-an- läggningar		Egna lö- pande FoU- utgifter	
	1963	1969	1963	1969	1963	1969	1963	1969
Hela tillverknings- industrin	6,0	7,3	6,3	3,5	9,0	5,0	78,7	84,3
Därav:								
Totalt nedan redo- visade branscher	7,9	9,1	5,1	3,9	9,9	5,8	77,1	81,2
Därav:								
Skogsindustri	4,5	5,0	7,0	10,1	14,2	3,3	74,3	81,6
Kemisk industri	10,4	11,3	4,6	3,5	10,9	7,5	74,1	77,7
Järn- och stål- industri	6,7	7,2	4,8	2,5	7,1	4,3	81,4	86,0

Källa: Bearbetning av SCB's primärmaterial och publicerad statistik.

skogsindustrin de största andelsförskjutningarna mellan 1963 och 1969, vilket synes bero på att investeringarna i FoU-anläggningar var osedvanligt stora 1963. Vårt material synes inte avvika markant från industrin som helhet.

3.5.2 Forskning kontra utvecklingsarbete

Antalet årsverken ligger till grund för den uppdelning mellan forskning och utvecklingsverksamhet som redovisas i tabell 3:5. Det är ofta svårt att avgöra vad som är forskning och vad som är utvecklingsarbete. Med ledning av de normer OECD uppställt för definition av dessa två begrepp har dock en uppdelning av företagens FoU-arbete gjorts i den svenska statistiken. Uppdelningen har gjorts av företagen själva. Enligt denna gick mellan 12 och 14 % av företagens egna FoU-insatser i industrin som helhet till forskning, vari innefattas både grundforskning och tillämpad forskning. Resten, dvs. 86 till 88 %, avsåg utvecklingsarbete. I vårt material är andelen forskningsarbete ungefär dubbelt så stor som i industrin som helhet och någon förändring i den ena eller andra riktningen har inte skett under perioden. På delbranschnivå kan stora skillnader noteras. Skogsindustrin och järn- och stålindustrin har ett starkt utvecklingsinriktat FoU-arbete. Den kemiska industrin har däremot en stor forskningsandel, vilket bl.a. kan förklaras av läkemedelsindustrins starka inriktning på grundforskning.

Tabell 3:5. FoU-årsverkens fördelning mellan forskning och utveckling 1963 och 1969. Procent

Bransch	<u>Forskning</u>		<u>Utveckling</u>	
	1963	1969	1963	1969
Hela tillverkningsindustrin	14	12	86	88
Därav:				
Totalt nedan redovisade branscher	28	28	72	72
Därav:				
Skogsindustri	9	13	91	87
Kemisk industri	36	38	64	62
Järn- och stålindustri	24	20	76	80

Källa: Bearbetning av SCB's primärmaterial och publicerad statistik.

3.6 FOU-VERKSAMHETEN I OLIKA STORA FÖRETAG

Kan större företag vara benägna att satsa relativt sett mera på FoU-verksamhet än mindre företag? Sannolikt kan större företag vinna storleksfördelar inom FoU-verksamheten genom riskutjämning, spill-over-effekter etc. I avsnitt 1.6 redogjordes för de olika hypoteser som ligger bakom teorin om storleksfördelar. Där visades också att forskningsintensiteten är ett mått som föga speglar innovationsbenägenheten men som används mycket flitigt i studier av detta slag. I tabell 3:6 studeras den genomsnittliga forskningskostnaden i olika stora företag. Företagen är där indelade i tre storleksgrupper med avseende på totala antalet sysselsatta 1969. För att få ungefär lika många företag i varje storleksgrupp i varje bransch har det varit nödvändigt att ha olika klassgränser för branscherna.⁷ Genomsnittsstorleken är nämligen mindre för företag i den kemiska industrin än för företag i de båda andra branscherna. Som framgår av tabellen växer forskningsintensiteten med ökad företagsstorlek. Det gäller för 1963 och med undantag av skogsindustrins grupp III och kemiindustrins grupp II även för 1969. Slutsatsen gäller således för alla tre branscherna.

Till sist kan vi i tabell 3:6 konstatera att försäljningsökningen i genomsnitt per år mellan 1963 och 1969 varierar relativt mycket mellan branscher och storleksgrupper. Emellertid tycks försäljningsvärdet ha ökat mer än forskningsutgifterna, eftersom forskningsintensiteten sjunkit mellan 1963 och 1969 i samtliga storleksgrupper och branscher med undantag av den kemiska industrins grupp I.

Slutsatsen att större företag har högre forskningsintensitet än mindre kan även dras från den av National Science Foundation⁸ redovisade statistiken för amerikanska företag. Forskningsintensiteten låg i USA

⁷ Storleksgrupper, antal anställda:

	Skogsindustri, Järn- och stålindustri	Kemisk industri, Hela materialet
Grupp I	- 899	-499
II	900-2 999	500-899
III	3 000-	900-

Från den kemiska industrin har här läkemedelsbranschen uteslutits för att inte resultaten skulle påverkas alltför kraftigt av de fåtaliga läkemedelsföretagens höga forskningssiffror.

⁸ National Science Foundation, Surveys of Science Resources Series; Research and Development in Industry, 1953-1971.

Tabell 3:6. FoU-intensiteten i undersökta företag av olika storlek
1963 och 1969

Bransch	Stor- leks- grupp ^a	Antal före- tag	Genom- snittligt antal an- ställda 1969	Totala FoU- utgifter/ försäljning		Försäljnings- ökning i lö- pande priser, % per år 1963-1969
				1963	1969	
Skogsindustri	I	3	322	0,8	0,5	8,7
	II	7	1 984	1,0	0,9	7,2
	III	5	4 107	1,0	0,8	6,7
Kemisk industri exkl. läkemedels- industri	I	9	319	1,9	2,6	4,5
	II	9	720	2,0	1,5	10,0
	III	8	1 793	3,3	3,1	8,5
Järn- och stål- industri	I	5	566	0,5	0,4	14,2
	II	5	2 150	2,2	1,7	10,2
	III	7	6 689	2,3	1,9	10,6
Hela materialet exkl. läkemedels- industri	I	11	257	1,3	1,2	10,6
	II	15	673	1,7	1,3	10,3
	III	32	3 345	1,9	1,6	8,8

^a Beträffande gruppindelningen se not 7.

Källa: Bearbetning av SCB's primärmaterial

betydligt högre för de största företagen än för de mindre under perio-
den 1957-1968. Svenska data överensstämmer således väl med amerikanska
data, även om den absoluta företagsstorleken avviker länderna emellan.

3.7 FORSKNING I FÖRETAGSKONCERNER

De uppgifter om forskning, omsättning, förädlingsvärde etc. som redo-
visats här gäller i vissa fall företag som är moderbolag i koncerner.
Vi har således i denna undersökning inte tagit hänsyn till produktion
och forskning som bedrivs inom övriga delar av dessa koncerner. Efter-
som de forskningsresultat som framkommer inom en koncern utnyttjas
även inom andra företag i koncernen än det där forskningen bedrivits,
har det bedömts vara önskvärt att belysa forskningens absoluta och re-
lativa omfattning inom ett antal större koncerner med svenska moder-
bolag.

Svårigheterna att erhålla fullständiga uppgifter för hela koncernerna har varit särskilt stora för de koncerner som haft producerande eller forskande dotterföretag i utlandet, eftersom uppgifter om dessa företag inte lämnats till SCB. Emellertid har vi för detta ändamål kunnat utnyttja det material som insamlats av IUI för en undersökning av svenska investeringar i utlandet.⁹

De uppgifter som redovisas nedan avser 1965 och 1970. De 30 koncerner, vars moderbolag ingår i vår undersökning, har med ledning av koncernomsättningens branschfördelning fördelats på sex branscher. Av tabell 3:7 framgår att 21 moderbolag 1965 hade totalt 112 producerande dotterbolag utomlands. 1970 hade koncernantalet ökat till 30 med 152 utlandsproducerande dotterbolag. Påfallande många utländska dotterbolag återfinns i branscherna järn- och stålverk och kemiindustri. I det första fallet svarar enbart Sandvik AB för ca hälften av bolagen och i det andra fallet är det STAB som dominerar till ca 90 %. I övrigt är dotterbolagen ungefär jämnt fördelade mellan koncernerna med undantag av att Fagersta och Astra har ett större antal än de övriga.

Tabell 3:7. Antalet svenska koncerner, vilkas moderbolag ingår i denna undersökning, med producerande dotterbolag i utlandet 1965 och 1970

Bransch	1965		1970	
	Koncerner	Dotterbolag	Koncerner	Dotterbolag
Skogsindustri	2	4	6	13
Järn- och stålverk	6	32	7	52
Övriga metallverk	2	7	3	5
Kemisk industri inkl. läkemedels- industri	6	58	7	68
Gummivaruindustri	2	3	4	6
Övriga företag	3	8	3	8
Hela materialet	21	112	30	152

Källa: Swedenborg [1973], primärmaterial.

⁹ Swedenborg [1973].

I tabell 3:8 redovisas fördelningen av koncernernas externt fakturerade omsättning mellan svenska bolag och utländska dotterbolag. Den utländska andelen ökade mellan 1965 och 1970 i samtliga studerade branscher utom gummivaruindustrin. Störst har andelsökningen varit i skogsindustrin.

Av tabell 3:8 framgår att de kemiska företagen redan före 1965 hade en stor del av sin omsättning förlagd utomlands. Av de fyra koncerner som redovisas här svarade en (STAB) 1965 för drygt 95 % av den utländska omsättningen. Detta företag etablerade större delen av sina utländska dotterbolag redan före 1940. I läkemedelsindustrin har två koncerner vardera omkring en tredjedel av sin produktion förlagd utomlands. I gummiindustrin har de utländska dotterföretagens andel av omsättningen minskat.

Trots att stora delar av produktionen är förlagd utomlands återfinns forskningsverksamheten i de undersökta koncernerna i regel hos moderbolaget i Sverige. Det är endast kemi- och läkemedelskoncernerna som i någon betydande utsträckning har forskning förlagd utomlands.

I tabell 3:9 återges fyra mått på forskningsintensiteten. Forskningsutgifterna avser här endast kostnader för egen FoU-verksamhet in-

Tabell 3:8. Fördelning av koncernens omsättning och FoU-utgifter mellan Sverige och utlandet 1965 och 1970. Procent

Bransch	Omsättning				FoU			
	Sverige		Utlandet		Sverige		Utlandet	
	1965	1970	1965	1970	1965	1970	1965	1970
Skogsindustri	98,2	90,3	1,8	9,7	100	100	-	-
Järn- och stålverk	89,4	83,9	10,6	16,1	100	100	-	-
Övriga metallverk	94,0	91,1	6,0	8,9	100	98,8	-	1,2
Kemi- och läkemedelsindustri	53,2	52,9	46,8	47,1	76,8	77,7	23,2	22,3
Gummivaruindustri	92,7	94,6	7,3	5,4	100	100	-	-
Övriga företag	84,8	78,0	15,2	22,0	99,5	97,3	0,5	2,7

Källa: Bearbetning av SCB's primärmaterial.

Tabell 3:9. Forskningsintensiteter för 30 koncerner

(Kostnader för egen FoU-verksamhet och FoU-uppdrag till utomstående)/omsättning. Procent

Bransch	Antal kon- cerner	Hela kon- cernerna		De svenska koncern- delarna		Moder- bolagen		De utländska koncern- delarna	
		1965 (1)	1970 (2)	1965 (3)	1970 (4)	1965 (5)	1969 (6)	1965 (7)	1970 (8)
Skogsindustri	6	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1	1,1	-	-
Kemi- och läkemedels- industri	7	2,8	3,3	4,1	4,8	9,2	11,2	1,4	1,6
Järn-, stål- och metall- verk	10	1,7	1,8	1,8	2,1	2,2	2,3	-	0,2
Gummivaru- industri	4	1,7	2,1	1,9	2,2	1,4	1,6	-	-
Övriga företag	3	1,2	0,7	1,4	0,8	1,7	2,4	0,04	0,08

Källa: Bearbetning av SCB's primärmaterial.

klusive uppdragsforskning. Patentutgifter samt utgifter för FoU-investeringar har alltså uteslutits, varför de angivna intensiteterna inte är helt jämförbara med dem i avsnitt 3.4. I kolumnerna (1) och (2) har FoU-utgifterna satts i relation till hela koncernernas omsättning 1965 och 1970. Vi kan konstatera att forskningsintensiteten ökat mellan dessa år, främst i kemi- och läkemedelsindustri, men även i järn-, stål- och metallverk och gummivaruindustri. Från materialet för de 30 koncernerna kan också forskningsintensiteter som enbart berör de svenska koncerndelarna beräknas. De återges i kolumnerna (3) och (4) och är genomgående högre än de för hela koncernerna beroende på att dessa har stor utlandsproduktion, medan forskningen huvudsakligen är förlagd till Sverige.

Dessa forskningsintensiteter kan jämföras med dem som redovisas i tabell 3:3 för våra tre industribranscher. För att få materialet i jämförelsen helt överensstämmande har de 30 koncernernas moderbolag framtagits ur vårt ursprungliga material och deras forskningsintensiteter redovisas branschvis i kolumnerna (5) och (6). Eftersom vårt material endast omfattar 1963-1969, kan två år jämföras, nämligen 1965 och 1969 med 1965 och 1970 i koncernmaterialet. I skogsindustrin och i järn-, stål- och metallverken avviker inte värdena mycket från varandra i kolumnerna

(3)-(4) och (5)-(6) beroende på att vårt material i dessa fall inkluderar hela koncernerna och att utlandsproduktionen är liten. I kemi- och läkemedelsindustrin avviker de olika intensitetsvärdena mest. I denna bransch omfattar koncernerna för det första fler företag än enbart moderbolaget som finns registrerat i vårt huvudmaterial. För det andra är den utländska produktionen stor, vilket innebär att om denna medräknas kommer nämnaren i intensitetsmättet att bli så stor att hela forskningsintensiteten reduceras. För det tredje förekommer viss utländsk forskningsverksamhet. Denna är dock i förhållande till den utländska produktionen mindre än motsvarande svenska. Resultatet blir att forskningsintensiteterna, om vi inkluderar den svenska och den utländska koncernandelen i våra företag, kommer att sjunka till mindre än en tredjedel. De sju kemi- och läkemedelskoncernerna med utlandsproduktion svarar för 20 % av hela branschens förädlingsvärde och för 45 % av forskningskostnaderna. Eftersom detta är ganska stora andelar finns det anledning att räkna med att forskningsintensiteten i tabell 3:3 för kemisk industri måste korrigeras. Det innebär att forskningsintensiteten (totala FoU-utgifter/försäljning) reduceras från 4,9 % till 3,8 %.

Utan hänsynstagande till de stora koncernernas utlandsproduktion kommer vi även i de fortsatta beräkningarna att få en överskattning av forskningsinsatsen i förhållande till den totala produktionen. I huvudsak gäller denna snedvridning kemi- och läkemedelsindustrin. I kapitel 5 skall vi söka korrigera för denna brist i datamaterialet.

KAPITEL 4

MODELL OCH METODOLOGI

4.1 DEN TEORETISKA BAKGRUNDEN

Huvuduppgiften i denna undersökning har varit att söka mäta den marginella avkastningen på FoU-utgifter. Riktlinjerna för sådana mätningar kommer att dras upp i detta kapitel, varefter själva beräkningarna görs i kapitel 5. Till en början måste en produktionsfunktion bestämmas. De faktorer som används är arbete, realkapital och forskningskapital. För att beräkna värdet av marginalavkastningen av varje insatsfaktor fordras dels faktorns estimerade produktionselasticitet, dels absolutvärden för både produktionen och den utnyttjade produktionsfaktorn.

Marginalavkastningarna för olika insatsfaktorer kan tillsammans med faktorernas priser ge en uppfattning om i vad mån det går att öka företagets produktionsvärde genom en förändring av insatserna av de tre faktorerna, givet den totala faktorkostnaden. Såvitt känt har denna typ av undersökningar hittills endast utförts av Minasian [1969] och Mansfield [1968]. Dessa båda amerikanska ekonomer har på olika sätt sökt skatta FoU-avkastningen.¹

Eftersom speciella problem gäller för mätningen av forskningskapitalet, inleder vi kapitlet med en principdiskussion om hur man lämpligen bör mäta detta kapital. Därefter redovisas vår metod att beräkna insatsfaktorernas marginalavkastning och jämförs den modellansats vi valt med Minasians och Mansfields.

4.1.1 Att beräkna FoU-kapitalet

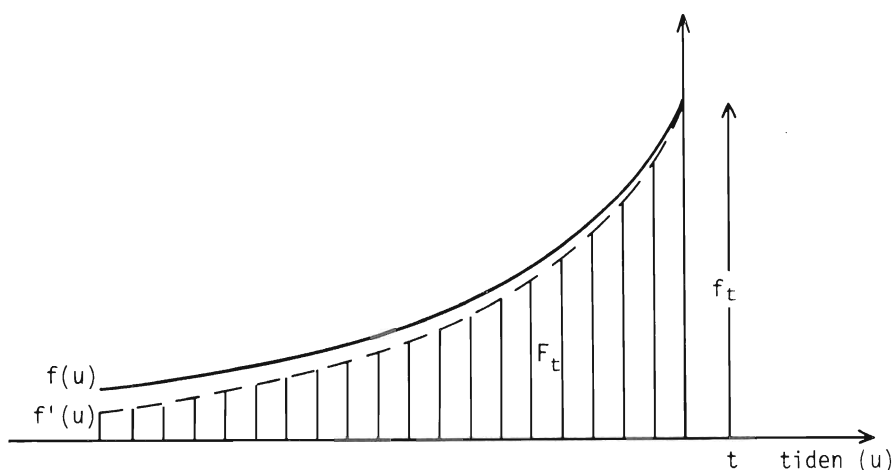
I företag som förnyar sitt varusortiment och sin produktionsteknik kan verksamheten uppdelas i två skilda grupper, dels en som enbart omfattar produktion av varor, dels en som omfattar produktion av ny kunskap, teknik och innovationer. Den förstnämnda gruppen är vad som i allmän-

¹ Här bör även nämnas Griliches [1958], [1964] arbeten om den samhälls-ekonomiska avkastningen på forskningsinvesteringar i hybrid säd. Eftersom vi i denna undersökning begränsar syftet till att studera forskningens marginella avkastning inom företaget ligger Griliches målsättning vid sidan av vår.

het betecknas som producerande verksamhet, medan den senare utgör företags FoU-verksamhet.

FoU-verksamheten skiljer sig emellertid från den direkta varuproduktionen vad beträffar tidsaspekten. Insatta forskningsresurser ger inte avkastning enbart i en tidsperiod utan i flera. De resurser företaget satsar på FoU-verksamhet kan betraktas som immateriella investeringar. Summan av dessa investeringar under en längre tidrymd bygger upp företags totala FoU-kapital. I likhet med realkapitalet avskrivs också FoU-kapitalet på grund av ekonomisk föråldring och/eller fysisk förslitning. Dessa båda karakteristiska egenskaper hos FoU-faktorn är av central betydelse när man skall mäta den ackumulerade insatsen av forskningsresurserna. Hur forskningsresurserna ackumuleras och avskrivs över tiden visas i figur 4:1.

Figur 4:1. En illustration av sambandet mellan investeringar och kapitalstock för forskningen



I figuren anger t en given nutidpunkt. Antag att bruttoinvesteringarna i FoU fram till denna tidpunkt vuxit med en konstant hastighet v_F enligt den heldragna kurvan. Antag också att FoU-investeringen för varje givet år $f(u)$ avskrivs med a_F procent. Den streckade kurvan anger det återstående (nedskrivna) värdet av FoU-investeringarna under olika år $f'(u)$. Den streckade ytan visar summan av de FoU-investeringar som bidrar till produktionen, dvs. det totala nedskrivna FoU-kapitalet vid tidpunkten t (F_t).

Hur F_t fås som en summa av tidigare FoU-investeringar kan också visas matematiskt. Vi förutsätter att tillväxt och avskrivning av FoU-kapitalet sker kontinuerligt.

Vid tidpunkten u är forskningsinvesteringarna

$$f_u = f_0 e^{v_F u}, \quad (4:1)$$

där f_0 = utgångsårets forskningsinvesteringar.

Forskningsstocken (F_t) vid tidpunkten t utgörs av summan av alla avskrivna FoU-investeringar fram till denna tidpunkt.

$$F_t = \int_{-\infty}^t f_u e^{-a_F(t-u)} du. \quad (4:2)$$

(4:1) och (4:2) ger

$$F_t = \int_{-\infty}^t f_0 e^{-a_F(t-u)+v_F u} du = f_0 e^{-a_F t} \int_{-\infty}^t e^{(a_F+v_F)u} du. \quad (4:3)$$

Evaluering av integralen ger

$$F_t = \frac{f_0}{a_F+v_F} \cdot e^{v_F t} \quad (4:4)$$

eller

$$F_t = \frac{f_t}{a_F+v_F}. \quad (4:5)$$

Uttryck (4:5) anger forskningsstocken F_t , dvs. den streckade ytan i figuren ovan.

När vi i praktiken skall uppskatta forskningsstocken måste mer eller mindre godtyckliga antaganden göras beträffande avskrivningsprocenten a_F . I tabell (4:1) har vi med hjälp av ekvation (4:5) räknat fram värden på F_t för några olika avskrivningsprocenter (a_F) och tillväxttakter (v_F). Vi utgår från att FoU-investeringarna under slutåret $f_t = 100$.

Tabell 4:1. Hypotetiska värden på forskningskapitalet F_t

$a_F \backslash v_F$	0,05	0,10	0,15
0,05	1000	667	500
0,10	667	500	400
0,15	500	400	333

Som framgår av tabellen ökar F_t -mättet när a_F sänks. Sänks exempelvis a_F från 0,15 till 0,05 ökar F_t med 100 procent vid tillväxttakten $v_F = 0,05$. Vid tillväxttakten $v_F = 0,15$ ökar däremot F_t med blott 50 procent. Det nedskrivna FoU-kapitalet påverkas således mindre av en ändrad avskrivningsprocent, ju snabbare forskningsinvesteringarna växer. Här beskrivna riktningseffekter av förändringar i avskrivningsprocenten gäller också i fallet med linjär avskrivning och ändlig livslängd för varje investeringsårgång.

Tillblivelseperiod

Företagets ackumulerade och avskrivna bruttoinvesteringar i forskning (F_t) torde emellertid överskatta det forskningskapital som faktiskt medverkar i produktionsprocessen. Anledningen är att FoU-investeringarna ej omedelbart utan med en viss tidsfördröjning påverkar produktionsresultatet. Den tid som förflyter från det att ett FoU-projekt startas till dess att projektet slutförts och åstadkommer höjd produktion, kan inrymma en hel kedja av verksamheter: grundforskning, tillämpad forskning, utvecklingsarbete och konstruktion. Denna tillblivelseperiod varierar givetvis i längd, beroende på projekttyp och verksamhetsområde.

Antag att tillblivelseperioden är n_F år för varje projekt och att varje års investeringar fördelas lika på de olika forskningsprojekten. Då kommer det sista årets investeringar till en $(n_F-1)/n_F$ -del, det näst sista årets investeringar till en $(n_F-2)/n_F$ -del osv. att ha ägnats åt pågående projekt. Därav följer att de kostnader som totalt nedlagts på ännu icke avslutade projekt vid slutet av år t approximativt uppgår till $A_{Ft} = (n_F-1)f_t/2$, där $f_t =$ bruttoinvesteringarna i FoU under år t .²

Antag vidare att företagets forskningsinvesteringar genast börjar avskrivas på grund av en allmän utveckling av forskningskunnandet som gör att tidigare års forskningsinsatser inom företaget med tiden blir alltmer obsoleta. Detta betyder att formel (4:5) för bestämning av det nedskrivna forskningskapitalet F_t fortfarande skulle gälla, dvs.

$$F_t = f_t / (a_F + v_F).$$

Det FoU-kapital som medverkar i produktionsprocessen skulle således vara $\hat{F}_t = F_t - A_{Ft} = f_t / (a_F + v_F) - (n_F-1)f_t/2$. Vi får därmed slutligen den

² Det exakta sambandet för $A_{Ft} = 1/n_F \left\{ (n_F-1)f_t + (n_F-2)(1+a_F)^{-1}f_{t-1} + \dots + 1 \cdot f_{t-n_F+2} (1+a_F)^{-n_F+2} \right\}$. Om n_F sträcker sig över en period på endast några år blir approximationsfelet litet.

procentuella överskattningen av \hat{F}_t när F_t används som mått; $\delta_F = A_{F_t} / \hat{F}_t = (a_F + v_F)(n_F - 1) / [2 - (a_F + v_F)(n_F - 1)]$. Den relativa felspecificeringen δ_F blir större, ju större n_F , a_F och v_F är, vilket överensstämmer med vad man intuitivt kan vänta sig.

Det bör poängteras att längden på tillblivelseperioden kan vara en beslutsparameter för företaget. Genom en ökad insats av arbeidskrafts- och kapitalresurser samt av planerings- och administrationsarbete från företagsledningens sida kan tiden för att genomföra forskningsprojekten förkortas. Därmed reduceras betydelsen av den ekonomiska föråldringen av forskningsresurserna för att färdigställa projekten. På grund av att utbudet av företagsledande tjänster är begränsat och att tiden i sig är en knapp resurs (det blir i regel mer kostsamt att snabbt utföra olika arbetsuppgifter än att göra det långsamt) torde å andra sidan en successiv förkortning av projektens tillblivelseperioder leda till accelererat stigande tillväxtkostnader. Det senare torde vara förklaringen till att tillblivelseperioder av viss längd överhuvudtaget förekommer.

För realkapitalet gäller likaledes en viss tillblivelseperiod n_K omfattande tiden från det att anläggningar börjar uppföras och maskiner installeras tills anläggningarna och maskinerna tas i bruk i produktionen. På analogt sätt fås den procentuella överskattningen av realkapitalet $\delta_K = (a_K + v_K)(n_K - 1) / [2 - (a_K + v_K)(n_K - 1)]$. Tillblivelseperioden torde i regel vara kortare för realkapitalet än för FoU-kapitalet. Litteratur på området uppger att denna period för forskningskapitalet och realkapitalet i genomsnitt är 3-5 respektive 1-2 år.³ Det är rimligt att tro att $a_F = 0,10$ och $a_K = 0,035$ - se s. 82. För v_F och v_K skulle det betyda att $\delta_F = 0,22-0,32$ och $\delta_K = 0,0-0,05$.

Som framgår av detta sifferexempel synes överskattningen på grund av att tillblivelseperioden ej beaktas bli nästan försumbar för realkapitalet men av en viss betydelse för FoU-kapitalet.

Det skall dock tilläggas att δ_F och δ_K här beräknats under förutsättningen att forsknings- och realkapitalinvesteringarna börjar att avskrivnas omedelbart på grund av ekonomisk föråldring. Om i stället enbart fysisk förslitning vore orsak till avskrivningarna, borde de investeringar som ännu inte tagits i bruk i produktionen ej alls avskrivnas. Underskattningen av de FoU-kapital och realkapital som faktiskt

³ Minasian [1969], Mansfield m.fl. [1971] och Renck [1972].

medverkar i produktionen skulle då bli mindre, vilket i sin tur finge till följd att δ_F och δ_K bleve lägre. Dessutom kan, speciellt vad beträffar forskningen, inte uteslutas att forskningsarbetet redan under det att projekten genomförs skapar kunskaper, vilka har en gynnsam effekt på produktionen.

4.1.2 Produktionsfunktionen

Ett företags produktionsfunktion är en sammanfattning av de teknologiska villkor under vilka företaget arbetar och den anger sambanden mellan insatsfaktorer och produktionsresultat. De i litteraturen vanligast förekommande produktionsfunktionerna⁴ är av tre typer, som skiljer sig åt med avseende på substituerbarheten mellan produktionsfaktorerna. I en typ av funktioner (Leontief-funktionen) står produktionsfaktorerna hela tiden i fix proportion till varandra och substitutionselasticiteten mellan dem är lika med noll. Vidare finns den rent additiva produktionsfunktionen, där insatsfaktorerna är perfekta substitut till varandra och substitutionselasticiteten oändlig. Slutligen har vi CES-funktionen, där faktorerna varken är rena komplement eller rena substitut till varandra. Substitutionselasticiteten är i CES-funktionen konstant.⁵ Ett specialfall av CES-funktionen är den välkända Cobb-Douglas-funktionen, där substitutionselasticiteten antar värdet ett.

För regressionsanalysen i kapitel 5 har vi använt en variant av Cobb-Douglasfunktionen, där förutom arbetskraften och realkapitalet också forskningskapitalet ingår som insatsfaktor. Denna funktionsform har valts för att den är lätt att ekonometriskt skatta, men även därför att tidigare tvärsnittsstudier visat att faktorelasticiteten i de skattade produktionsfunktionerna ligger nära ett.⁶

Explicit kan funktionen skrivas

$$Q = AL^{\alpha}K^{\beta}F^{\gamma}e^{\lambda t}, \quad (4:6)$$

⁴ För en utförlig redogörelse för olika produktionsfunktionstyper och deras ekonometriska skattningar hänvisas till Walters [1963].

⁵ En konstant substitutionselasticitet innebär att kapitalintensiteten förändras med en konstant procentsats vid alla givna procentuella förändringar i de relativa faktorpriserna utefter en given isokvant.

⁶ Se bl.a. Arrow, Chenery, Minhas & Solow [1961], Griliches [1967] samt Mayor [1969].

där A = konstantterm
 Q = produktionsvolym
 L = arbetsinsats
 K = realkapital
 F = forskningskapital
 t = tidsindex

och där α , β , γ och λ är positiva parametrar.

Insatsfaktorn F och tidstrenden $e^{\lambda t}$ avses här representera två olika delar av företagets totala kunskapsstock. Förändringar i F har till uppgift att fånga upp den produktivitetensökning, givet L och K , som beror på företagets egen FoU-verksamhet. Tidstrenden avser att fånga upp den produktivitetensökning som är bestämd utifrån och beror av den allmänna tekniska utvecklingen.

Är skalavkastningen stigande, dvs. $(\alpha+\beta+\gamma) = 1$, kommer, när alla de tre produktionsfaktorerna L , K och F ökar procentuellt lika mycket, produktionen att öka i samma takt. Det är dock mindre troligt att konstant skalavkastning förekommer på företagsnivå. Vid skattningarna med företagsdata har därför en obunden form av produktionsform valts, där summan av elasticitetskoefficienterna kan anta vilka värden som helst.

Vilka värden kan då elasticiteterna väntas anta? Mycket litet kan sägas om detta innan funktionen estimerats. Om företagen vinstmaximerar och ren konkurrens råder på såväl varu- som faktormarknaderna, kan det visas att elasticiteten för varje faktor är lika med faktorns inkomstandel. Specialfallet med ren-konkurrens-antagandet är således det enda fall, där vi har någon a priori kunskap om produktionselasticiteterna. I de branscher vi studerat ligger löneandelen av förädlingsvärdet på 50 ä 65 %, vilket gör att elasticiteten med avseende på arbetsinsatsen skulle kunna vara av storleksordningen 0,50-0,65. Resterande 0,35-0,50 fördelas då mellan materiella och immateriella kapitalinsatser, varvid realkapitalet kan väntas svara för merparten.

4.1.3 Definition av marginalavkastning

Marginalprodukten för en produktionsfaktor anger den ökning i produktionen som följer av att ytterligare en enhet av denna faktor används, givet insatsen av de övriga produktionsfaktorerna. Resonemanget kan belysas med ett exempel. Ett företag kan genom investeringar i maskiner utöka sitt realkapital och på så sätt öka produktionen. Ökningen

i produktionen i förhållande till investeringen anger marginalprodukten för realkapitalet. Företaget kan också öka de resurser som satsas på FoU-verksamheten för att i framtiden få ökad produktion.

Genom att partiellt derivera produktionsfunktionen (4:6) med avseende på var och en av de olika insatsfaktorerna L, K och F erhålls deras respektive marginalprodukter. För forskningsinsatsen blir marginalprodukten

$$MP_F = \frac{\partial Q}{\partial F} = A\gamma L^\alpha K^\beta F^{\gamma-1} e^{\lambda t} = \gamma \frac{Q}{F}. \quad (4:7)$$

På samma sätt fås marginalprodukterna för arbete och realkapital. Marginalprodukten i monetära termer, dvs. marginalavkastningen (MA_F), erhålls genom att multiplicera in intäktsfaktorn $P(1+e_{PQ})$.

$$MA_F = P(1+e_{PQ})\gamma \cdot \frac{Q}{F}, \quad (4:8)$$

där $e_{PQ} = (\partial P / \partial Q) \cdot Q / P$.

Antag nu att företaget söker maximera vinsten i varje period där vinsten (V) är skillnaden mellan företagets produktionsvärde och dess totala faktorkostnader, dvs. $V = PQ - P_L L - P_K K - P_F F$.

Vinstmaximeringen ger följande optimivillkor

$$\frac{\frac{\partial Q}{\partial L} P(1+e_{PQ})}{P_L(1+e_{PL})} = \frac{\frac{\partial Q}{\partial K} P(1+e_{PQ})}{P_K(1+e_{PK})} = \frac{\frac{\partial Q}{\partial F} P(1+e_{PQ})}{P_F(1+e_{PF})} = 1. \quad (4:9)$$

Skulle perfekt konkurrens råda på varu- och faktormarknaderna är prisfunktionerna helt oelastiska, dvs. $e_{PQ} = e_{PL} = e_{PK} = e_{PE} = 0$, och vi får i stället

$$\frac{\frac{\partial Q}{\partial L} P}{P_L} = \frac{\frac{\partial Q}{\partial K} P}{P_K} = \frac{\frac{\partial Q}{\partial F} P}{P_F} = 1. \quad (4:10)$$

Fallet med perfekt konkurrens får betraktas som ett hypotetiskt specialfall som knappast existerar i verkligheten. Därtill kommer att perfekt konkurrens i princip är oförenlig med förekomst av forskning och utvecklingsarbete inom företagen. Att man satsar på forskning för

att utveckla nya produkter innebär ju att man försöker skapa monopol-situationer för dessa nya produkter under deras introduktions- och expansionsfaser.

Vad innebär det i praktiken om marginalkvoterna ovan avviker från talet ett? En marginalkvot ≥ 1 för en viss faktor antyder att företaget kan öka vinsten genom att sysselsätta mer (mindre) av denna faktor. Detta resonemang kan utsträckas till att gälla alla företag i en bransch och/eller alla företag i hela industrin. Om marginalkvoterna är lägre för en grupp av företag än för en annan kan detta vara ett tecken på att överflyttningsvinster uppnås genom omflyttning av resurser från den förra till den senare företagsgruppen.

I kapitel 5, där marginalavkastningen beräknas för företag i olika branscher, kommer jämförelser att göras av marginalkvoterna dels mellan faktorerna inom företagen, dels mellan företagen för en och samma faktor i avsikt att undersöka i vilken utsträckning resurserna kan vara inoptimalt allokerade.

4.1.4 Nuvärdeskalkyler

Vid beräkningen av den marginella avkastningen för realkapitalet och forskningskapitalet finns två viktiga komplikationer som inte gäller beräkningen av arbetsinsatsens marginella avkastning.

För det första påverkar ej, som tidigare framhållits, investeringar i forskning och realkapital produktionsresultatet omedelbart utan med en viss tidsfördröjning. Eftersom de framtida marginalavkastningarna bör tidsdeflateras kommer nuvärdet av marginalavkastningarna från en given investering att reduceras. Med det avskrivningsförfarande samt de avskrivningsprocenter och tillblivelseperioder som antagits gälla i räkneexemplet på s. 63 kunde vi konstatera att den del av det i produktionen verksamma kapitalet som avser pågående projekt uppgår till 0,22-0,32 för forskningen och 0,0-0,05 för realkapitalet. Detta synes tyda på att det fel man gör sig skyldig till om man vid marginalavkastningsberäkningarna ej beaktar tillblivelseperioden blir jämförelsevis litet, åtminstone vad gäller realkapitalet.

För det andra påverkar investeringarna produktionen under flera perioder. De avskrivningsprocenter som angivits i avsnitt 4.1.1 indikerar att den genomsnittliga livslängden för forsknings- och realkapital-

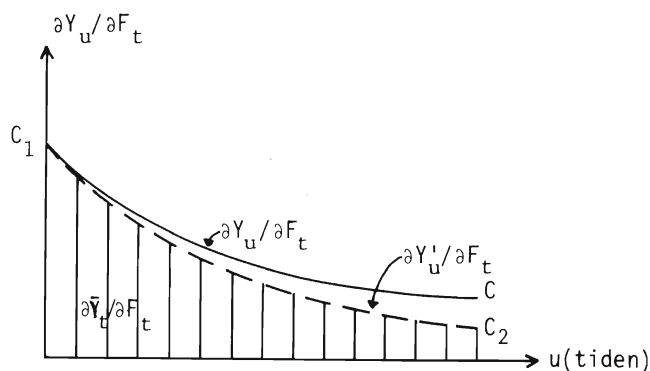
investeringarna är betydande. Det diskonterade nuvärdet av alla framtida marginalavkastningar från dessa investeringar skulle således kraftigt överstiga den avkastning av dem som enbart gäller det första året. Vi kommer därför att söka nuvärdesberäkna marginalavkastningen för forskningskapitalet och realkapitalet.

Först skall i figur 4:2 den inverkan visas som avskrivningstakten och diskonteringsräntan kan tänkas ha på forskningskapitalets framtida årliga marginalavkastningar.

Antag att det vid tidpunkten t givna FoU-kapitalet F_t avskrivs geometriskt med avskrivningsprocenten a_p . Det innebär att de framtida marginalavkastningarna från detta kapital exponentiellt sjunker med tiden - se den heldragna kurvan i figuren. För att sedan få nuvärdet av varje framtida marginalavkastning $\partial Y_u / \partial F_t$ bör dessa tidsdeflateras tillbaka till tidpunkten t med diskonteringsräntan i , som antas vara utifrån given. De diskonterade marginalavkastningarna $\partial Y'_u / \partial F_t$ sjunker alltså med tiden ännu snabbare - se den streckade kurvan. Ytan $\partial \bar{Y}_t / \partial F_t$ anger slutligen nuvärdet av alla $\partial Y'_u / \partial F_t$.

När man på grundval av företagets produktionsfunktion skall fastställa varje $\partial Y_u / \partial F_t$ måste man göra vissa antaganden om det framtida utvecklingsförloppet för F_t och för de två andra produktionsfaktorerna L_t och K_t . För att förenkla härledningen av nuvärdet av marginalavkastningarna antar vi att L_t , F_t , K_t och Y_t växer exponentiellt över tiden, dock ej nödvändigt i samma takt. Härledningen presenteras i exkursen på s. 70.

Figur 4:2. En illustration av hur den årliga marginella avkastningen från forskningskapitalet reduceras över tiden



Först kan konstateras att nuvärdesberäkningar ej behöver göras för flödesstorheten arbetskraftsfaktorn. Om forskningen och realkapitalet kunde uttryckas som flöden i produktionsfunktionen skulle i princip ej heller deras marginalavkastningar behöva nuvärdesberäknas. Detta skulle t.ex. vara fallet om företagen hyrde alla forsknings- och realkapitaltjänster utifrån.

Flödet av tjänster som FoU-kapitalstocken levererar varje år är lika med $F_t(i+a_F)$, där i = diskonteringsräntan och a_F = forskningsinvesteringarnas avskrivningsprocent. Marginalavkastningen av dessa tjänster är $\{[1/(i+a_F)] \cdot \gamma \cdot Y_t/F_t\}$, där γ = forskningskapitalets produktionselasticitet, Y_t = förädlingsvärdet⁷ och F_t = forskningskapitalet. Vidare anger $1/(i+a_F)$ den faktor med vilken den momentana marginalavkastningen $\gamma \cdot Y_t/F_t$ uppräknas till motsvarande nuvärde $\partial \bar{Y}_t/\partial F_t$.

Om kvoten F_t/Y_t är oförändrad över tiden följer att nuvärdesmarginalavkastningen $\partial \bar{Y}_t/\partial F_t$ enligt (4:18) och (4:19) i exkursen också blir $[1/(i+a_F)] \cdot \gamma \cdot Y_t/F_t$. Våra nuvärdeskalkyler ger således vid en jämviktstillväxt, där relationen mellan förädlingsvärde och forskningskapital inte trendmässigt förändras, exakt samma marginalavkastningar för forskningskapitalet som skulle gälla om detta uttrycktes i flödestermerna. Om tillväxttakten för förädlingsvärdet och forskningskapitalet ej är densamma, dvs. $v \neq v_F$, gäller för forskningskapitalet i stället uppräkningsfaktorn $C_F = 1/[a_F+i-(v-v_F)]$ - se ekvation (4:19). C_F anger således det inverterade värdet av avskrivningsprocenten (a_F) plus diskonteringsräntan (i) minus tillväxttakten av genomsnittsproduktiviteten för forskningskapitalet ($v-v_F$). Motsvarande uppräkningsfaktor för realkapitalet är $C_K = 1/[a_K+i-(v-v_K)]$ - se ekvation (4:24).

Låt oss till sist pröva hur känsliga uppräkningsfaktorerna C_F och C_K är för alternativa värden på a_F , a_K och i . Antag att $v = 0,08$, $v_F = 0,04$ och $v_K = 0,05$. Resultaten av dessa beräkningar återges i tabell 4:2.

Utifrån de olika pilarna i tabellen kan vi utläsa hur halvering av a_F , a_K och i påverkar konstanterna C_F respektive C_K . Genom att t.ex. forskningskapitalets avskrivningsfaktor minskas från 0,4 till 0,2 sker en ökning av C_F med cirka 80 %.

⁷ Observera antagandet om perfekt konkurrens på varumarknaden.

Tabell 4:2. Värden på C_F och C_K för olika a_F , a_K och i

a_F	i	C_F	
0,4	0,1	2,17	} 1,8
0,2	0,1	3,85	
0,2	0,05	4,76	} 1,2

a_K	i	C_K	
0,133	0,1	4,93	} 1,5
0,067	0,1	7,30	
0,067	0,05	11,49	} 1,6

Exkurs: Matematisk härledning av nuvärdet av marginalavkastningen

Låt L_0 , K_0 och F_0 beteckna de kvantiteter arbetskraft, realkapital respektive forskningskapital som används i produktionsprocessen vid tidpunkten $t=0$. Antag att dessa tre faktorer växer med de konstanta tillväxttakterna v_L , v_K respektive v_F . Vi får då att

$$\left. \begin{aligned} L_t &= L_0 e^{v_L t} \\ K_t &= K_0 e^{v_K t} \\ F_t &= F_0 e^{v_F t} \end{aligned} \right\} \quad (4:11)$$

Antag vidare följande enkla samband för bestämning av förädlingsvärdet Y_t ⁸

$$Y_t = A L_t^\alpha K_t^\beta F_t^\gamma e^{\lambda t}, \quad (4:12)$$

vilket med hjälp av (4:11) kan skrivas

$$Y_t = A (L_0 e^{v_L t})^\alpha (K_0 e^{v_K t})^\beta (F_0 e^{v_F t})^\gamma e^{\lambda t}. \quad (4:13)$$

När

$$Y_0 = A L_0^\alpha K_0^\beta F_0^\gamma \quad (4:14)$$

kommer (4:13) att bli

$$Y_t = Y_0 e^{(\alpha v_L + \beta v_K + \gamma v_F + \lambda)t} \quad (4:15)$$

⁸ Produktpriset förutsätts för enkelhets skull givet.

Deriveras (4:12) med avseende på F_t och insätts därefter (4:15) och (4:11), fås

$$\frac{\partial Y_t}{\partial F_t} = \gamma \frac{Y_0}{F_0} e^{[\alpha v_L + \beta v_K + (\gamma-1)v_F + \lambda]t} \quad (4:16)$$

Det ackumulerade nuvärdet av alla framtida $\partial Y_u / \partial F_t$ kan då skrivas

$$\frac{\partial \bar{Y}_t}{\partial F_t} = \gamma \frac{Y_0}{F_0} \int_t^\infty e^{-(a_F+i)(u-t)} e^{[\alpha v_L + \beta v_K + (\gamma-1)v_F + \lambda]u} du, \quad (4:17)$$

där i = diskonteringsräntan
 a_F = avskrivningsprocenten.

Skriv om (4:17)

$$\frac{\partial \bar{Y}_t}{\partial F_t} = \gamma \frac{Y_0}{F_0} e^{(a_F+i)t} \int_t^\infty e^{[\alpha v_L + \beta v_K + (\gamma-1)v_F + \lambda - a_F - i]u} du \quad (4:18)$$

$$\text{Sätt } 1/C_F = \psi = -\alpha v_L - \beta v_K - (\gamma-1)v_F - \lambda + a_F + i = -v + v_F + a_F + i. \quad (4:19)$$

För att integralen i (4:18) skall konvergera måste $\psi < 0$
 Evaluera integralen i (4:18), vilket ger

$$\frac{\partial \bar{Y}_t}{\partial F_t} = \gamma \frac{Y_0}{F_0} e^{(a_F+i)t} e^{-\psi t} \left(\frac{1}{\psi}\right). \quad (4:20)$$

Från (4:11) och (4:15) får vi nu att

$$\frac{\partial \bar{Y}_t}{\partial F_t} = \gamma \frac{Y_t}{F_t} \frac{e^{(a_F+i)t} e^{-\psi t}}{e^{[\alpha v_L + \beta v_K + (\gamma-1)v_F + \lambda]t}} \left(\frac{1}{\psi}\right) \quad (4:21)$$

eller efter förkortning

$$\frac{\partial \bar{Y}_t}{\partial F_t} = \gamma \frac{Y_t}{F_t} \left(\frac{1}{\psi}\right). \quad (4:22)$$

På motsvarande sätt erhålls den ackumulerade avkastningen på realkapitalet.

$$\frac{\partial \bar{Y}_t}{\partial K_t} = \beta \frac{Y_t}{K_t} \left(\frac{1}{\phi}\right), \quad (4:23)$$

$$\text{där } (1/C_K) = \phi = -\alpha v_L - (\beta-1)v_K - \gamma v_F - \lambda + a_K + i = -v + v_K + a_K + i. \quad (4:24)$$

⁹ Produktionsvolymens oförklarade del $\lambda = v - \alpha v_L - \beta v_K - \gamma v_F$.

4.2 TVÅ TIDIGARE PRODUKTIONSFUNKTIONSSTUDIER

De två undersökningar av Minasian [1969] och Mansfield [1968] som legat till grund för vår studie beskrivs i detta avsnitt dels vad gäller teori och metodologi, dels avseende det material som använts.¹⁰ Slutligen kommer alla tre studierna att jämföras.

4.2.1 Minasians studie

Minasian utgår från att varje företags produktion bestäms av insatsfaktorerna arbetskraft och realkapital samt av den rådande teknologin inom företaget. Denna teknologi är uttryck för en given kunskapsmängd, vars storlek åstadkommit dels av FoU-utgifter som företaget under tidigare perioder åtagit sig (den internt genererade kunskapsmängden), dels av att tekniskt kunnande tillförts detsamma utifrån direkt via personliga kontakter, fackpress o.dyl. och indirekt via dess arbetskraft och uppbyggnaden av dess realkapital (den externt genererade kunskapsmängden).

Den internt skapade kunskapsmängden mäts med de kumulerade bruttoinvesteringarna i FoU under en bestämd tidsrymd räknat bakåt i tiden, medan den externt genererade kunskapsnivån ej associeras med någon specifik företagsvariabel utan får innebörden av en oförklarad restpost i Minasians produktionsfunktion. Denna restpost visar den produktionsökning som autonomt sker över tiden, givet insatserna av arbetskraft, realkapital och FoU-kapital.

Vidare mäter Minasian arbetsinsatsen med utbetalda löner inklusive övriga arbetskostnader, deflaterade med löneindex. Realkapitalet mäts med de kumulerade bruttoinvesteringarna i materiella tillgångar inklusive omsättningskapitalet som prisdeflateras men ej avskrivs. Produktionsvolymen är mätt med deflaterat förädlingsvärde. För 17 företag i kemibranschen skattas sedan en produktionsfunktion över tioårsperioden 1948-1957. Den funktionsform som valts är densamma som vi själva har använt, dvs. den logaritmiskt linjära Cobb-Douglasfunktionen.

Marginalavkastningen beräknas för forskningsinsatsen och tecknas

$$MA_{F_t} = \gamma \left(\frac{Y_t}{F_t} \right). \quad (4:25)$$

¹⁰ De resultat som de båda undersökningarna kommit fram till jämförs med våra egna resultat i kapitel 5.

På analogt sätt beräknas sedan marginalavkastningen för realkapitalet.

Minasians framräknade marginalavkastningar visar att den för forskningen är flera gånger större än den för kapitalinsatsen. Skillnaden kan med reservation för mätfel, skillnader i FoU- och realkapitalens livslängd m.m. tolkas så att företagen borde kunna höja sina vinster avsevärt genom att satsa mer på FoU och mindre på realkapital. Sett ur total ekonomisk synvinkel skulle skillnaderna mellan FoU- och realkapitalets avkastningar kunna vara än större. Detta med tanke på de positiva externa effekter som kan förväntas följa av forskningsverksamheten. Tidigare nedlagda forskningskostnader inom ett företag kan t.ex. ge kunskaper som andra företag kan använda för att förbättra kvaliteten på sina produkter eller sänka styckkostnaderna.

En fördel med Minasians beräkningsmetod är dess enkelhet. Det finns dock anledning att rikta invändningar mot Minasians empiriska tillvägagångssätt. Att mäta realkapitalet och FoU-kapitalet som bruttostorheter innebär att man bortser från att tidigare investeringar ekonomiskt åldras. När deras genomsnittsålder ökar, minskar deras relativa förmåga att generera kapitaltjänster på grund av att företagen ständigt tillförs ny mer avancerad teknik. Han tar heller inte upp problemet med att arbets-, forsknings- och realkapitalinsatser ger framtida avkastning över olika lång tid.

4.2.2 Mansfields studie

Mansfield, liksom Minasian, utgår från att företagets produktion bestäms av insatsfaktorerna arbetskraft, realkapital och kumulerade FoU-investeringar. Det nya med Mansfields ansats är att den tar hänsyn till FoU-kapitalets varaktighet, dvs. dess förmåga att under kommande perioder bidra till produktionen. Han gör det genom att beräkna internräntan för forskningsinvesteringarna.

Mansfield antar att produktionsfunktionen är av Cobb-Douglas typ och att produktionselasticiteterna med avseende på arbete och realkapital summerar till ett. Vidare förutsätter han att produktionsfaktorerna och företagets produktionsvolym växer exponentiellt över tiden. Därmed blir det möjligt för Mansfield att härleda ett tämligen enkelt integraluttryck för nuvärdet av alla framtida marginalprodukter av en given FoU-investering. Detta integraluttryck fås genom att man först partiellt

deriverar produktionsfunktionen med avseende på FoU-faktorn och sedan summerar alla marginalavkastningarna för denna faktor från en given nutidpunkt oändligt långt framåt i tiden.

Ett annat centralt antagande som Mansfield gör är att varje företag handlar marginalistiskt och driver forskningsinvesteringarna till den punkt där de framtida marginalavkastningarna av den sista investerade forskningskronan diskonterad tillbaka till investeringstidpunkten (t) är lika med ett. Ur detta villkor för intertemporalt maximum fås diskonteringsräntan - vilken är lika med den marginella internräntan för forskningsinvesteringarna - som en funktion av produktionsfunktionens parametrar och insatsfaktorernas tillväxttakter. Denna funktion tecknas

$$\gamma(v_F' - v_{pF} + a_F) \frac{Y_t}{F_t} = i + a_F - \lambda - (\gamma-1)(v_F' - v_{pF}) - \alpha v_L - \beta v_K, \quad (4:26)$$

vilket kan förenklas till¹¹

$$\gamma \frac{Y_t}{F_t} = i + a_F + v_F - v. \quad (4:27)$$

På grundval av ekvation (4:27) beräknar sedan Mansfield forskningsinvesteringarnas internränta (i) för vardera fem kemiföretag och fem petroleumföretag, givet alternativa värden på v_{pF} och a_F . Data över tillväxttakterna v_L , v_K och v_F' samt utgångsvärdena Y_t och F_t får Mansfield från dessa företags årsredovisningar. Genom att anta att marginalvärdesprodukten för arbetskraften = arbetslönen blir arbetskraftens produktionselasticitet α = löneandelen av företagets förädlingsvärde. Vidare blir då realkapitalets produktionselasticitet $\beta = (1-\alpha)$. Forskningselasticiteten γ är densamma som den Minasian estimate. Slutligen fås ett värde på λ av identiteten $\dot{V}/V = \lambda + \gamma(v_F' - v_{pF})$. \dot{V}/V = totala tekniska utvecklingstakten, vilken regressionsberäknas utifrån tidsserier avseende varje företags deflaterade förädlingsvärde, arbetskraftsinsats och realkapitalinsats.

¹¹ Variablerna i (4:26) är desamma som i (4:21) med undantag för f_t . v_F' och $v_{pF} \cdot f_t$ = forskningsbruttoinvesteringarna år t , v_F' = tillväxten av dessa bruttoinvesteringar, v_{pF} = tillväxten av deras priser. Differensen $v_F' - v_{pF} = v_F$ = den prisdeflaterade tillväxten av bruttoinvesteringarna i FoU, och av (4:19) följer då att högerledet i (4:26) är lika med $(i + a_F + v_F - v)$. Dessutom är $\gamma(v_F' - v_{pF} + a_F) Y_t / f_t = \gamma \cdot Y_t / F_t = \partial Y / \partial F$ = forskningskapitalets marginella avkastning.

De värden på internräntan (i) som Mansfield på detta sätt framräknar är ofta mycket höga och uppgår genomsnittligt till omkring 30-40 %. De varierar också kraftigt mellan de olika företagen från lägst några procent till nära 100 %. Däremot visar sig i -värdena vara jämförelsevis okänsliga för vilka värden som väljs på a_F - och v_{pF} -variablerna. De stora skillnader som framkommer mellan företagens internräntor kan tyda på betydande samplefel och mätfel. Det finns vidare anledning att ifrågasätta rimligheten i Mansfields antagande om ett renodlat marginalistiskt beteende hos företagen.

På i princip samma sätt beräknar Mansfield också forskningsinvesteringarnas marginella internränta för olika industrigrupper. Härför används en något modifierad version av ekvation (4:26), där hänsyn tas till den proportion av varje industrigrupps tekniska utvecklingstakt som ej förklaras av förändringar i dess egen FoU-insats. Även dessa beräkningar ger till resultat betydande variationer i gruppernas internräntor med värden som ofta överstiger 50 %.

Även om man med all rätt kan hysa tvivel om tillförlitligheten av både Minasians och Mansfields skattningar av FoU-investerings avkastning, indikerar dessa dock en så betydande avvikelse från den avkastning som allmänt anses gälla för realkapitalinvesteringar att man starkt kan misstänka att en ökad satsning på FoU leder till ett effektivare utnyttjande av företagets totala resurser. Härför talar också det förhållandet att risken och osäkerheten förbunden med FoU-investeringarna sett från det enskilda företagets synpunkt förmodligen är större än för andra investeringar i realkapital och finansiellt kapital.

4.2.3 En jämförelse av tre metoder att mäta forskningsavkastningen

Den ansats som används i denna undersökning kan sägas vara en kombination av Minasians och Mansfields ansatser. I likhet med Minasian mittpunktsberäknar vi FoU-kapitalets marginalproduktivitet som kvoten mellan produktionsvolymen och FoU-insatsen multiplicerad med dennas regressionsberäknade elasticitet. Vi använder också Mansfields idé att beräkna en marginalavkastning med hänsyn till att kapitalet ger upphov till produktion under kommande perioder.

Låt oss studera de tre metoderna i tur och ordning.

1. Minasian tar ej hänsyn till kapitalets avkastning under senare pe-

rioder. Från (4:25) fås då marginalavkastningen för FoU-insatserna vid tidpunkten t .

$$MA_F = \gamma \left(\frac{Y_t}{F_t} \right). \quad (4:28)$$

2. Mansfield beaktar däremot FoU-kapitalets framtida avkastning och gör det under antagande om jämviktstillväxt av företaget samt ett marginalistiskt beteende hos företaget. Utifrån (4:26) kan Mansfields nuvärdesmarginalavkastning för forskningsinvesteringarna skrivas

$$MA_F' = \gamma (v_F' - v_{pF} + a_F) \frac{Y_t}{F_t} [i + a_F - \lambda - (\gamma - 1)(v_F' - v_{pF}) - \alpha v_L - (1 - \alpha)v_K]^{-1} \quad (4:29)$$

3. Mansfields förutsättning att företaget ökar forskningsinvesteringarna tills den diskonterade summan av de framtida marginalavkastningarna från den sista investeringskronan är lika med ett, implicerar att $MA_F' = 1$. Däri skiljer sig hans ansats från vår, som enligt (4:19) och (4:22) ger nuvärdesmarginalavkastningen för FoU-kapitalet

$$MA_F'' = \gamma \frac{Y_t}{F_t} [a_F + i - \lambda - (\gamma - 1)v_F - \alpha v_L - \beta v_K]^{-1}. \quad (4:30)$$

Om vi antar att ackumuleringen av FoU-kapitalet går från $-\infty$ till år t (vilket Mansfield gör), fås av (4:4)

$$F_t = \frac{f_0}{a_F + v_F} e^{v_F t} = \frac{f_t}{a_F + v_F}. \quad (4:31)$$

(4:31) insatt i (4:30) ger med hänsyn till att $v_F = v_F' - v_{pF}$ och $\beta = 1 - \alpha$ Mansfields uttryck (4:29). Alltså $MA_F' = MA_F''$.

Om därtill ingen ackumulering av framtida avkastningar görs, bortfaller uttrycket $[\alpha v_L + (1 - \alpha)v_K + (\gamma - 1)v_F + \lambda - a_F - i]^{-1}$ i både vår (4:30) och Mansfields (4:29). Då blir alltså $MA_F' = MA_F'' = MA_F$, dvs. marginalavkastningen för forskningen blir densamma med alla tre ansatserna.

4.3 TILLÄMPADE SKATTNINGSFÖRFARANDEN

4.3.1 Permanent och gemensam struktur

Den ekonomiska teori som produktionsfunktionsskattningen bygger på gäller i strikt mening endast det enskilda företaget. Det är företaget som beslutar om köp av insatsfaktorer, som avgör fördelningen av produktionsresurserna och som dirigerar produktionens inriktning m.m. Den funktion som här valts uttrycker schematiskt sambandet mellan insatsfaktorer och produktion. När denna funktion skattas på tidsseriematerial för ett och samma företag förutsätts en strukturpermanens, dvs. att parametrarna inte förändras över tiden utan att samma produktionsfunktion gäller vid periodens slut som vid dess början.

Tvårsnittsanalys kräver ett strängare antagande. Då förutsätts nämligen att samtliga företag som ingår som observationer följer samma beteende, dvs. i sin produktionsprocess uppvisar samma lagbundenhet och har samma produktionsmodell. I en kombinerad tvärsnitts- och tidsserieanalys, här kallad tvärtidsansats, antas elasticiteterna vara gemensamma och de båda ovan nämnda antagandena lägger restriktioner på modellen. Emellertid kan dessa restriktioner mildras genom att man via införandet av dummyvariabler beaktar en viss variation i produktiviteten över tiden och mellan branscher.

4.3.2 Tvärsnittsskattning

I kapitel 5 skattas produktionsfunktionen (4:6) med en uppsättning variabler mätta i antingen monetära eller fysiska termer. I den monetära ansatsen används ackumulerade kapitalinvesteringar och forskningsutgifter. Emellertid har denna ansats vissa svagheter, speciellt vad beträffar deflateringen av de oberoende variablerna, varför också en fysisk ansats prövas.

De båda ansatserna skattas med minsta kvadratmetoden. Först har estimeringen skett på ett tvärsnitt, dvs. en gemensam produktionsfunktion har skattats för ett antal företag under ett och samma år. Valet av år har varit givet - det senaste - eftersom den längsta ackumuleringsstiden då erhålls för kapital- och forskningsvariablerna.

Modellen vid tvärsnittsskattning av den obundna Cobb-Douglasfunktionen kan uttryckas

$$\log Y_i = \log A + \alpha \log L_i + \beta \log K_i + \gamma \log F_i + \epsilon_i. \quad (4:32)$$

$i = 1, \dots, N$, där N = antalet företag.

Slump termen ϵ_i antas ha väntevärdet noll och en konstant varians.

I tvärsnittsansatsen kommer naturligtvis produktivitetsförändringar över tiden på grund av autonom teknisk utveckling eller andra faktorer inte att avspeglas i data. Av denna anledning förekommer i tvärsnittsmodellen ingen trendvariabel.

De systematiska produktivitetsskillnaderna mellan företagen utöver dem som kan hänföras till de i modellen inkluderade förklaringsvariablerna kan bero på skillnader i företagsledningens duglighet. Man kan tänka sig företagsledarinsatsen representerad i modellen av en särskild förklaringsvariabel X med elasticiteten $\xi \neq 0$. Utelämnandet av denna variabel kan medföra snedvridning av estimaten av elasticiteterna α , β och γ . De produktivitetsskillnader mellan branscherna som inte hänför sig till de i tvärsnittsmodellen inkluderade förklaringsvariablerna skulle formellt representeras av för delbranscherna specifika konstanttermer ϕ_j (se nästa avsnitt).

4.3.3 Tvärtidsskattning

Långa tidsserier har inte kunnat erhållas för alla företag. Data för samtliga företag har dock funnits för en kortare period, vilket möjliggjort funktionsskattningar på ett kombinerat tidsserie- och tvärsnittsmaterial (tvärtidsskattning). En av fördelarna med ett sådant förfaringsätt är att antalet observationer ökar betydligt. Dock krävs, som ovan framhållits, att strukturen i materialet kan förväntas vara oförändrad. En annan fördel med poolade tidsserie- och tvärsnittsdata är att vi därmed kan beakta systematiska variationer i produktionen mellan företag och över tiden, vilka ej beror på skillnader i insatsfaktorerna arbetskraft, realkapital och forskningskapital. Vår metod påminner om den metod Hoch [1962] och Mundlak [1961] använt. Förfarandet innebär att man i produktionsfunktionen inkluderar ett antal konstanttermer för dels årsvariationer, dels företagsdifferenser. Vi förutsätter då att det för varje företag finns en årskonstant och en branschkonstant (s.k. samspel mellan år och branscher antas alltså ej förekomma i de studerade industribranscherna).

I stället för att använda företagskonstanter har vi valt delbranschkonstanter. Motivet är att vi tror att produktivitetsskillnader av strukturell natur främst existerar mellan olika branscher. Vidare har det av estimeringstekniska skäl - det begränsade antalet frihetsgrader till följd av korta dataserier - knappast varit möjligt att använda företagskonstanter. Ett försök med företagskonstanter i järn- och stålindustrin, som är den bransch som har det största antalet företag med obrutna tidsserier, gav insignifikanta resultat.

Modellen vid tvärtidsskattningen är

$$\log Y_{it} = \log A + \phi_j + \psi_t + \alpha \log L_{it} + \beta \log K_{it} + \gamma \log F_{it} + \lambda t + \epsilon_{it}, \quad (4:33)$$

där i = företagsindex; $i=1, \dots, N$
 j = branschindex; $j=1, \dots, n$
 t = tidsindex och tidsvariabel; $t=1, \dots, 7$
 ϕ = förskjutningsparameter för n branscher
 ψ = förskjutningsparameter för 7 år
 α, β, γ = elasticiteter
 λ = trendparameter

Enligt (4:33) förutsätts samma elasticiteter α, β och γ för varje företags- och årsobservation; likaså samma trendparameter λ . Produktionsfunktionens nivå antas däremot variera med delbransch (j) och tidsperiod (t) enligt uttrycket $\log A + \phi_j + \psi_t$. De i tvärtidsmodellen inkluderade delbranschkonstanterna ϕ_j skulle ha kunnat inkluderas och estimeras även i tvärsnittsansatsen. Detta bör hållas i minnet vid tolkning av tvärsnittsanalyserna och vid jämförelse av dessa med tvärtidsanalyserna.

4.4 BETYDELSEN AV SPECIFIKATIONSFEL I PRODUKTIONSFUNKTIONEN - EN SAMMANFATTNING

Några av de vanligast förekommande problemen vid produktionsfunktionsskattningar behandlas i appendix C. I detta avsnitt skall endast översiktligt tre problem diskuteras: valet av variabler, variationer i utnyttjandegraden av kapitalet och deflatering av de monetära variablerna.

Eftersom det finns starka skäl som talar för att forsknings- och utvecklingsverksamheten spelar stor roll för företagens produktionsutveckling, skulle det vara ett misstag att utelämna forskningen som förklaringsvariabel i modellen. En produktionsfunktion utan nämnda insatsfaktor synes leda till att elasticiteterna för arbete och kapital överskattas. Enligt vår uppfattning får produktionsmodellen en mer realistisk utformning när forskningen beaktas.

Emellertid kvarstår den eventuella snedvridningen av de övriga partiella elasticitetsestimaten till följd av att den forskningsvariabel som används inte är tidsförskjutningen. Eftersom vi saknar kunskap om längden av tidsförskjutningen mellan forskningsinsats och resulterande produktionsökning kommer de kumulerade forskningsinvesteringarna fram till slutåret att användas som mått på det forskningskapital som medverkar i produktionsprocessen. En principiell diskussion av effekterna härav genomfördes i avsnitt 4.1.1.

Problemet med att finna ett kapacitetskorrigerat kapitalmätt har vidare inte tillfredsställande kunnat lösas. Utan någon som helst korrigering torde arbetsinsatsens produktionselasticitet icke obetydligt överskattas på grund av att kapacitetsutnyttjandet av realkapitalet i långt högre grad än av arbetskraften synes variera med konjunkturerna. Överskattningen kan dock antas ha reducerats genom att vi inför årskonstanter i tvärtidsansatsen. Vid estimation med årskonstanter kommer inverkan på produktionen av variation i kapacitetsutnyttjande delvis att fångas upp av dessa konstanter.

Dessutom kan specifikationsfel uppkomma på grund av felaktig prisdeflatering av någon variabel. Genom en för stor eller för liten ökning av prisindex, t.ex. för forskningsvariabeln, kommer vårt deflaterade monetära mått på forskningskapitalet att underskattas respektive överskattas. Denna typ av prisdeflateringsproblem diskuteras i kapitel 5, s. 83.

Felaktigheter i de skattade faktorelasticiteterna kan också följa av att vi använder förädlingsvärdet som mått på produktionsvolymen. De företag som befinner sig i en monopolsituation kan väntas ta ut höga produktpriser. Detta i sin tur kan leda till att insatsfaktorers elasticiteter överskattas och därmed även medför en överskattad elasticitetssumma.

KAPITEL 5

EMPIRISKA RESULTAT

I föregående kapitel presenterades begreppet produktionsfunktion. Som en produktionsfaktor vid sidan av fysiskt kapital och arbetskraft infördes FoU-kapitalet. Utifrån de definitioner av FoU-kapitalet som där gjordes skall vi i detta kapitel söka empiriskt skatta produktionsfunktioner med FoU-kapital för att bestämma alla tre produktionsfaktorernas produktionselasticiteter. I avsnitt 5.1 redovisas först resultaten av skattningarna med statistiska kommentarer, varefter de tolkas och diskuteras i ekonomiska termer. I avsnitt 5.2 används de skattade elasticiteterna tillsammans med data från kapitel 3 i ett försök att beräkna marginalavkastningen för de olika produktionsfaktorerna. Slutligen jämförs i avsnitt 5.3 vår erhållna marginalavkastning på forskningskapitalet med den som andra undersökningar givit.

5.1 REGRESSIONSBERÄKNINGAR

Skattningar av produktionsfunktionen görs dels på ett tvärsnittsmaterial för 1969, dels på en kombination av tidsseriematerial för åren 1963-1969 och tvärsnittsobservationer för dessa år. De i skattningarna använda måtten på produktionsfaktorerna är dels monetära, den s.k. monetära ansatsen, dels fysiska, den s.k. fysiska ansatsen. I tvärsnittsskattningen används såväl den monetära ansatsen som den fysiska, medan i den kombinerade tvärsnitts- och tidsserieskattningen endast fysiska produktionsfaktormått används.

Regressionsanalyser utförs dels för var och en av de tre branscherna skogsindustrin, den kemiska industrin samt järn- och stålindustrin, dels för dessa tre branscher tillsammans. Den branschindelning som används i estimeringarna avviker något från den som tillämpades i kapitel 3 och den redovisas i appendix D.

Variabeldefinitioner

Den monetära ansatsen, som enbart används i tvärsnittsanalysen för 1969, kan i funktionsform uttryckas på följande sätt:

81

$Y = f(W, K, F)$, där (5:1)

Y = förädlingsvärdet 1969¹

W = lönesumman för anställda arbetare och förvaltningspersonal 1969¹

K = ackumulerade realkapitalinvesteringar 1962-1969^{1,2}

F = ackumulerade forskningsutgifter 1959-1969^{3,4}

Observationsmaterialet vid den monetära ansatsen är begränsat till den mindre del av företagen i urvalet som har kunnat redovisa sina investeringar och FoU-utgifter under de angivna perioderna. Observationsmaterialet samt resultatet av de beräkningar som utförts med denna ansats framgår av övre delen av tabell 5:1.

Eftersom inte forskningen och eventuellt inte heller realkapitalanskaffningen påverkar produktionsresultatet omedelbart, borde dessa variabler helst ingå tidsförskjutna i produktionsfunktionen (se avsnitt 4.1). Emellertid saknas kunskap om den lämpliga längden på tidsförskjutningen, varför de båda variablerna får ingå utan någon tidsförskjutning. Då de ackumulerade insatserna, beräknade med något olika slutår, troligen är starkt korrelerade, är valet av tidsförskjutning knappast kritiskt för skattningen av produktionens elasticiteter.

Någon särskild korrigering för eventuella skillnader i kapacitetsutnyttjande mellan företag har inte kunnat göras. Företagen kan antas relativt väl anpassa arbetsinsatsen till den rådande produktionsnivån.

¹ Dessa uppgifter är hämtade från primärmaterialet till SCB:s produktions- och investeringsenkäter.

² Investeringar i byggnader och maskiner har ackumulerats fr.o.m. 1962 t.o.m. 1969 samt skrivits av med 3,5 % per år på investerat belopp (avskrivningstiden för byggnader är 50 år och för maskiner 20 år). Deflator har varit en sammanvägning av SCB:s investeringsprisindex för maskiner (65 %) respektive byggnader (35 %). Olika ackumuleringsperioder har undersökts. För sammanlagt 27 företag fanns tidsserier fr.o.m. 1951. En jämförelse mellan en 19-årsperiod och en 11-årsperiod visar små skillnader i regressionskoefficienterna. Ackumulering under endast 8 år ger större skillnader. Emellertid ansågs vinsten av att få med fler företag i varje industribransch mer betydelsefull än de små underskattningar i kapital- och forskningskoefficienterna som erhålls vid användning av kortare tidsserier för investeringarna, och här valdes därför ackumuleringsperioden 8 år.

³ Dessa uppgifter är hämtade från primärmaterialet till SCB:s forskningsenkäter.

⁴ Härmed avses utgifter för dels egen FoU-verksamhet, dels inköpta FoU-resultat i form av patent, licenser m.m. Avskrivningar har gjorts med 10 % per år på investerat belopp, vilket motiverats av antagandet att forskningsresultatens avskrivningstid varit 17 år (jämför patentskyddets längd) och utvecklingsprojektens 7 år. (Se även avsnitt 3.2.)

För det reala kapitalet och forskningskapitalet kan däremot variationen i kapacitetsutnyttjande vara klart större. Eftersom tvärsnittsanalysen görs för 1969 - ett år som för flertalet företag karakteriserades av i det närmaste fullt kapacitetsutnyttjande - torde dock inte detta leda till någon allvarligare felspecificering.

I den monetära ansatsen antas kvalitetsskillnader mellan olika slag av arbetskraft och mellan olika kapitalföremål komma till uttryck i löne- respektive prisskillnader. Vid beräkning av kapitalvärdena 1969 har investeringar i fysiskt kapital och FoU-kapital ackumulerats i fasta priser under en följd av år. Därvid blir de skattade volymmått på kapitalstockarna beroende av vilka prisindex som används. Samma prisindex har använts för alla företag i en och samma bransch. Om prisindex inte är helt rensat från kvalitetsförbättringar utan även innehåller de prisstegringar som är uttryck för förbättringar av kvaliteten på kapitalföremålen, kommer de monetära måtten på kapitalvolymen 1969 att underskattas. Underskattningen blir mindre för snabbt växande företag med tyngdpunkten av sina investeringar nära i tiden än vad den blir för företag med tyngdpunkten på äldre kapitalårgångar.

I den fysiska ansatsen skrivs funktionen:

$$Y = f(L;Hkr;Års), \quad (5:2)$$

där Y = förädlingsvärdet 1969⁵

L = antalet sysselsatta (arbetare och förvaltningspersonal) 1969⁵

Hkr = effekten av installerade maskiner mätt i antalet hästkrafter 1969⁵

$Års$ = antalet årsverken i egen FoU-verksamhet 1969⁶.

Observationsmaterialet vid den fysiska ansatsen består av alla företag som finns representerade 1969. Resultaten återfinns i nedre delen av tabell 5:1.

Att använda antalet forskarår ett visst år som proxyvariabel för det ackumulerade FoU-kapitalet samma år kan givetvis ifrågasättas. Tanken är att skillnaderna det sista året i FoU-verksamheten mellan företag återspeglar skillnaderna i ackumulerat FoU-kapital. Det tar nämligen lång tid att bygga upp en stor forskningsverksamhet. En viss

⁵ Dessa uppgifter är hämtade ur primärmaterialet till SCB:s produktionsenkäter.

⁶ Dessa uppgifter är hämtade ur primärmaterialet till SCB:s forskningsenkäter.

systematisk skillnad uppstår dock mellan företag som ökat FoU-utgifterna snabbt och företag som ökat dem långsamt under lång tid (se avsnitt 4.1).

Med användning av dessa båda sätt att mäta produktionsfaktorerna redovisas nedan för skogsindustrin, den kemiska industrin och järn- och stålindustrin samt för de tre branscherna sammantagna dels en tvärsnittsstudie av år 1969 med monetära och fysiska variabler (tabell 5:1), dels en kombinerad tvärsnitts- och tidsstudie av åren 1963-1969 med fysiska variabler (tabell 5:2).

Tvärsnittsskattningar 1969

I tabell 5:1 är de multipla korrelationskoefficienterna R^2 höga. Flera av elasticiteterna är inte signifikanta på femprocentsnivån. Om det kritiska värdet satts vid 10 %, skulle dock endast tre estimat i denna tabell vara insignifikanta, nämligen forskningsvariabelns estimat för den kemiska industrin och järn- och stålindustrin i den monetära ansatsen samt för skogsindustrin i den fysiska ansatsen.

För både den monetära och den fysiska ansatsen gjordes analogo beräkningar, där forskningsvariabeln inte ingick i produktionsfunktionen. Jämförelser av resultaten av dessa beräkningar, vilka inte redovisas här, med resultaten enligt tabell 5:1 visar att den multipla korrelationskoefficienten genomgående ökade mycket obetydligt när forskningsvariabeln introducerades. Den skattade elasticiteten för arbetskraftsinsatsen sjönk, vilket skulle tyda på att produktionsfunktionen tidigare haft en felaktig specifikation. När den nya variabeln infördes försvann denna snedvridningseffekt samtidigt som dock precisionen för-sämrades. Det senare berodde på att en stark korrelation (omkring 0,80) mellan arbetskraftsinsatsen och forskningsinsatsen förekom i materialet. Den höga korrelationen berodde bl.a. på att FoU-personalen ingick i antalet anställda.

Eftersom endast ett tvärsnitt för 1969 studerats, kan man ställa frågan om samma estimerade funktioner gäller även för andra år. För att belysa denna fråga har en analog regression gjorts på material från skogsindustrin 1963. En jämförelse visade att avvikelserna i estimaten var mycket små. Sålunda förefaller inte någon större förändring ha skett i produktionsfunktionen under denna korta tid.

Tabell 5:1. Resultaten av multipla regressionsanalyser på tvärsnittsdata för 1969.

Re- gres- sion nr	Bransch	Antal obser- vatio- ner	Elasticiteter för				Elas- tici- teter Σ	R^2	Kritiskt F-kvots- värde 5 %
			Kon- stant	arbets- kraft	real- kapital	forsk- nings- kapital			
<u>Monetär ansats</u>									
1	Skogs- industri	18	0,053	0,832 (67,31)	0,133* (2,72)	0,095* (2,69)	1,060	0,976	2,93
2	Kemisk industri	34	0,608	0,710 (21,61)	0,151 (2,84)	0,082* (1,27)	0,943	0,808	2,65
3	Järn- och stålind.	21	0,226	0,839 (37,41)	0,226 (6,97)	-0,070* (0,45)	0,995	0,949	2,84
4	Ovanstående branscher	73	0,567	0,710 (128,65)	0,154 (10,06)	0,085 (5,88)	0,949	0,922	2,52
<u>Fysisk ansats</u>									
5	Skogs- industri	41	1,342	1,016 (87,47)	0,069* (2,14)	0,016* (0,08)	1,101	0,929	2,61
6	Kemisk industri	77	1,801	0,650 (48,87)	0,169 (10,97)	0,143 (8,67)	0,962	0,865	2,50
7	Järn- och stålind.	26	1,849	0,360 (4,20)	0,340 (12,93)	0,162 (5,86)	0,862	0,949	2,74
8	Ovanstående branscher	144	1,799	0,695 (120,16)	0,135 (16,63)	0,136 (20,35)	0,966	0,910	2,40

* Regressionskoefficienten ej signifikant skild från noll vid dubbelsidigt test på femprocentnivå.

Anm.: För varje regression anges de partiella regressionskoefficienterna i första raden och deras F-kvotsvärden därunder inom parentes.

Kombinerad tvärsnitts- och tidsseriestudie 1963-1969

Genom att utöka företagsobservationerna för 1969 med tvärsnittsdata (fysiska variabler) för 1963-1968 erhålls ett tvärtidsmaterial med ett större antal observationer. Eftersom tidsperioden är ganska kort synes en funktion med konstanta parametrar mycket väl vara användbar.

En kombination av tvärsnitts- och tidsserier gör det möjligt att i beräkningarna beakta systematiska variationer som ej beror av förändringar i insatsfaktorerna. Medelst dummyvariabler införs i produktionsfunktionen konstanter (nivåförskjutningstermer) som är specifika för varje delbransch och för varje år. Härigenom torde t.ex. det specifika fel i faktorernas skattade elasticiteter som har att göra med konjunkturvariationer bli mindre. Tidskonstanterna är sju, en för varje år. Skogsindustrin har fem delbranschkonstanter, den kemiska industrin åtta samt järn- och stålindustrin fyra. Resultaten av beräkningarna för våra tre branscher återges i tabell 5:2.

Tabell 5:2. Resultaten av tvärtidsregressioner på data för åren 1963-1969 med delbransch- och årskonstanter.

Re- gres- sion nr	Bransch	Antal obser- vatio- ner	Kon- stant	Elasticiteter för			Elas- tici- teter Σ	Exponent- koeff. för tiden	R^2	Kritiskt F-kvots- värde 5 %
				arbets- kraft	real- kapital	forsk- nings- kapital				
9	Skogs industri	176	1,139	0,668 (163,23)	0,324 (49,00)	0,032 (2,22)	1,024	0,038 (44,60)	0,961	1,60
10	Kemisk industri	321	1,394	0,563 (123,01)	0,265 (66,45)	0,142 (28,79)	0,970	0,033 (20,82)	0,880	1,60
11	Järn- och stålind.	154	1,574	0,610 (124,45)	0,191 (25,95)	0,108 (21,83)	0,909	0,056 (10,91)	0,966	1,60
12	Ovanstående branscher	651	1,638	0,685 (634,88)	0,124 (64,82)	0,135 (117,57)	0,944	0,032 (38,64)	0,919	1,60

Anm.: För varje regression anges de partiella regressionskoefficienterna i första raden och deras F-kvotvärden därunder inom parentes.

Den tidstrend som ingår i den skattade produktionsfunktionen kan delvis spegla prisökningstakten i förädlingsvärdet, eftersom denna variabel inte deflaterats. Den externa tekniska utvecklingen skulle därför grovt framgå av hur mycket trendestimatet överstiger den allmänna inflationstakten.

Man kan konstatera att de årliga FoU-utgifterna varierar märkbart över konjunkturcykeln till skillnad mot det fysiska kapitalmätt som använts här (installerade hästkrafter), vilket är ett renodlat kapacitetsmätt. När variablerna är definierade på så olika sätt kan tendenser uppkomma till överskattning av elasticiteten för FoU-kapitalet och underskattning av den för realkapitalet. Även arbetskraftsinsatsen uppvisar större variation och produktionselasticiteten för arbetskraft borde därför också tendera att överskattas.

Kombinerad tvärtidsstudie av delbranscher

De tre produktionsfunktioner som skattades ovan avsåg att sammanfatta produktionsförhållandena i en rad företag med olika produktionsinriktning. I avsikt att undersöka mer homogena grupper av företag har materialet splittrats upp på delbranscher och motsvarande produktionsfunktioner har skattats på denna disaggregerade industribranschnivå. Sammanlagt utfördes tretton regressioner, varav tre för skogsindustrin åtta för den kemiska industrin samt två för järn- och stålindustrin. Resultaten presenteras i appendix D, tabell D:1. Många svenska företag har produktion inom mer än en av dessa delbranscher och därför kan renodlade data för varje delbransch inte erhållas. I flera av delbranscherna gav dessa skattningar realistiska värden på elasticiteterna; deras summa skiljer sig kraftigt från ett, i något fall är elasticiteten t.o.m. negativ. Antalet företag blir emellertid litet inom varje delbranschgrupp, vilket gör skattningarna osäkra. Ju längre man driver uppdelningen, desto mer branschblandade blir företagen.

Kombinerad tvärtidsstudie av storleksgrupper

Det kan med utgångspunkt från teorierna i kapitel 1 vara intressant att studera företagsstorlekens betydelse för marginalavkastningen i de tre branscherna. I föreliggande datamaterial har det varit möjligt att indela företagen i storleksgrupper med avseende på deras totala syssel-

sättning 1969 och estimerar produktionsfunktioner med hjälp av tvärtidsmetoden. Avsikten är att se om någon signifikant skillnad finns mellan de skattade produktionselasticiteterna - främst då den för forskningsvariabeln - i olika storleksgrupper.

Till en början gjordes skattningar med absoluta storleksgränser, som gällde samtliga branscher.⁷ Resultaten återges i appendix D, tabell D:2. Elasticiteten för forskningsinsatsen varierar ganska mycket mellan storleksgrupperna. Mellangruppens skattade elasticitet är två respektive tre gånger så stor som de båda övriga gruppernas.

Eftersom företagens storleksfördelning är olika i de tre industribranscherna,⁸ kan de funna storlekseffekterna kanske i själva verket vara uttryck för skillnader mellan branscherna. Därför har också en annan storleksindelning prövats, varvid hela materialet för varje industribransch delats in i tre lika stora grupper, där den första gruppen omfattar de minsta företagen, den mellersta de närmast större företagen och den tredje gruppen de största företagen. Även resultaten från regressionerna med denna relativa storleksindelning presenteras i tabell D:2. Spridningen i estimaten för samtliga variabler är mindre vid den relativa indelningen än vid den absoluta, men tendensen är densamma; den största elasticiteten för forskningsinsatsen har den mellersta storleksgruppen, närmast kommer den minsta storleksgruppen och sist den största. Emellertid är skillnaden mellan de båda sistnämnda grupperna inte stor vad beträffar forskningsvariabeln.

Tolkning av resultaten

Enligt teorin skall produktionsfaktorernas inkomstandelar av förädlingsvärdet vid fri konkurrens motsvara deras elasticiteter. Ersättningen till arbetskraften brukar svara för närmare 60 % av förädlingsvärdet. Materiellt och immateriellt kapital brukar gemensamt svara för resterande 40 %. Hur stor andel av kapitalinkomsten som det fysiska kapitalet respektive FoU-kapitalet utgör känner vi inte.

I tabell nedan har arbetskraftens och kapitalets inkomstandelar (andelar av förädlingsvärdet) angivits för de tre branscherna. Andelarna är beräknade som vägda genomsnitt för åren 1963-1969.

⁷ Grupp	I	Företag med	0-499	anställda	år	1969
	II	" "	500-999	"	"	"
	III	" "	1000-	"	"	"

⁸ Jfr s. 53.

	Produktionsfaktoreernas andel av förädlingsvärdet, genomsnitt 1963-1969, %		FoU-kapitalets andel av totalt kapital 1969, %
	Kapital	Arbetskraft	
Skogsindustri	37	63	7
Kemisk industri	48	52	30
Järn- och stålindustri	34	66	16
Genomsnitt för de tre branscherna	39	61	16

Anm.: Lönekostnaderna har ökats med socialförsäkringsavgifter.

Källa: SOS, Industri.

Tvärsnittsanalysen i tabell 5:1 ger i den monetära ansatsen värden som avviker starkt från vad man enligt tablån borde kunna vänta sig. Arbetskraftens elasticitet ligger i samtliga fall betydligt över arbetskraftens inkomstandel, medan summan av elasticiteterna för materiellt och immateriellt kapital, vilken skulle motsvara kapitalets andel av förädlingsvärdet, blivit för låg. Resultaten av tvärtidsskattningarna i tabell 5:2 synes vara något tillförlitligare. Alla elasticiteter är signifikanta i motsats till dem som erhöles vid tvärsnittsskattningen. Elasticitetsvärdena överensstämmer dessutom ganska väl med de inkomstandelar som anges i tablån ovan. Summan av elasticiteterna för realkapital och forskningskapital uppgår till mellan 30-40 % i de tre branscherna. Det mest frapperande är de höga elasticiteterna för FoU-kapitalet i den kemiska industrin och i järn- och stålindustrin.

Resultaten visar att våra skattningar justerar de traditionella produktionsfunktionsskattningarna. I tvärtidsskattningarna sjönk elasticiteten för arbetskraft i samtliga branscher när forskningskapitalet infördes i produktionsfunktionen. Detsamma gäller elasticiteten för realkapital med undantag av den kemiska industrin. Framför allt får man en uppdelning av kapitalelasticiteten i en elasticitet för realkapital och en för forskningskapital och en analog uppdelning av arbetskraftselasticiteten i en för FoU-personal och en för övrig personal.

Enligt vår analys skall alltså forskningsverksamheten "gottskrivas" en del av driftsöverskottet från verksamheten. Hela detta, som består av saluvärdet reducerat med kostnader för insatsvaror och löner, skall alltså inte tillfalla realkapitalet. Det skall täcka avskrivningar och avkastningar inte bara på realkapitalet utan även på forskningskapitalet. Hur kapitalinkomsten skall fördelas mellan real- och FoU-kapital

har vi dock ingen a priori kunskap om. Vi känner inte inkomstandelarna för de bägge kapitaltyperna. Kände man respektive kapitalstocks storlek, avskrivningstakt och avkastning skulle man kunna beräkna inkomstandelarna. Som ett första steg i en sådan beräkning har vi i sista kolumnen i tabblån ovan angivit hur stor andel av summan som FoU-kapitalet svarar för. I kemiindustrin uppgår exempelvis FoU-kapitalets andel till 30 % av kapitalsumman. De kapitalvärden som ligger till grund för andelsberäkningen är de som användes i den monetära ansatsen och som erhållits genom ackumulering och avskrivning av investeringarna.

Hos företagen omkostnadsbokförs nästan alla forskningsutgifter, vilket man i princip borde korrigerera för vid beräkning av vinstmåtten. Endast en mindre del av forskningsutgifterna utgörs dock av investeringar i byggnader, maskiner och apparater avsedda för forskningsändamål. Omkring två tredjedelar utgörs av löner, medan resten utgörs av kapitalkostnader och insatsvaror.

Företagens bruttovinst (driftsöverskott) är beräknad efter avdrag av lönekostnaderna för FoU. Man kan definiera en "brutto-brutto-vinst" som är beräknad utan avdrag för några FoU-utgifter. Denna brutto-brutto-vinst skall täcka avskrivningarna på både FoU- och realkapitalet samt vinsten på det sammanlagda kapitalet. Summan av inkomstandelen i förädlingsvärdet för FoU-kapital och realkapital är därför större än vad man traditionellt brukar ange som kapitalinkomstandelen i förädlingsvärdet. Genom att från lönesumman dra bort lönerna för forskarpersonal och justera förädlingsvärdet med hänsyn till utifrån köpta insatser i forskningen har vi beräknat att brutto-brutto-vinstandelen i förädlingsvärdet egentligen skulle ligga 2 å 4 procentenheter över den vanliga beräknade kapitalinkomstandelen.⁹

5.2 BERÄKNING AV MARGINALAVKASTNINGEN

Med hjälp av produktionselasticiteter som redovisats i föregående avsnitt beräknas i detta avsnitt produktionsfaktorernas marginella avkastning. Vi har, som tidigare motiverats, valt att vid beräkningarna av marginalavkastningen genomgående använda de elasticiteter som före-

⁹ Om utgifterna för FoU exakt motsvarade avskrivning och förräntning på FoU-kapitalet skulle den vanliga kapitalinkomstandelsberäkningen bli korrekt. Detta skulle dock betyda att FoU-kapitalet växte i takt med sin förräntning; således ett mycket speciellt antagande.

faller mest rimliga, nämligen de som erhöles vid tvärtidsstudien med fysiska variabler (tabell 5:2).

I kapitel 4 visades att man kan beräkna den marginella avkastningen för en produktionsfaktor genom att multiplicera produktionselasticiteten med kvoten mellan produktionen (= förädlingsvärdet) och faktorinsatsen. Som exempel kan man beräkna marginalavkastningen för realkapital i kemiindustrin. Från tabell 5:4 ser vi att produktionselasticiteten för realkapital $\beta = (\partial Y/\partial K)(K/Y) = 0,27$. Multipliceras β med $Y/K = 0,97$ erhöles marginalavkastningen $\partial Y/\partial K = 0,26$.

För att således kunna beräkna marginalavkastningen på produktionsfaktorerna måste man ha mått på kvoterna mellan produktion och respektive faktorinsats. I tabell 5:3 har vi angivit genomsnittsvärdena per företag i den monetära ansatsen 1969 och i tabell 5:6 genomsnittsvärden för tvärtidsstudien med fysiska variabler.

Monetära mått på faktorinsatsen

I tabell 5:4 har vi beräknat produktionsfaktorernas marginalavkastning på det sätt som exemplifierades ovan, med användande av monetära mått på produktionsfaktorerna. Resultaten är som synes känsliga för vilka nivåvärden som real- och FoU-kapitalen antar. Värdena för real- och FoU-kapitalen har, som tidigare redovisats, beräknats genom ackumulering av investeringar över åtta respektive sju år. Även om nivån på dessa kapitalvärden genom den korta ackumuleringsperioden varit missvisande behöver detta inte leda till stora fel i regressionskattningarna,

Tabell 5:3. Antalet företag samt genomsnittsvärden för variablerna i tvärsnittsstudien 1969. Monetär ansats.

Bransch	Antal företag	Förädlingsvärde milj.kr	Löne-summa milj.kr	Akkumulerad realkapitalstock milj.kr	Akkumulerade FoU-utgifter milj.kr
Skogsindustri	18	137,2	69,0	218,1(386,0)	17,4
Kemisk industri	34	56,2	24,4	57,7(98,1)	25,2
Järn- och stålindustri	21	185,0	106,8	187,9(370,2)	36,5

Anm.: Beträffande siffrorna inom parentes se texten s.92.

Tabell 5:4. Produktionsfaktorernas direkta marginalavkastning i tvärsnittsstudien 1969. Monetär ansats.

Bransch	Produktions-elasticiteter för			Genomsnittsproduktivitet			Direkt marginalavkastning		
	W	K	F	Y/W	Y/K	Y/F	$\partial Y/\partial W$	$\partial Y/\partial K$	$\partial Y/\partial F$
Skogsindustri	0,67	0,32	0,03	1,98	0,63 (0,36)	7,88	1,32	0,20 (0,115)	0,25
Kemisk industri	0,56	0,27	0,14	2,30	0,97 (0,57)	2,23	1,29	0,26 (0,151)	0,32
Järn- och stålind.	0,61	0,19	0,11	1,73	0,98 (0,50)	5,07	1,05	0,19 (0,095)	0,55

W = arbetskraft
 K = realkapital
 F = forskningskapital
 Y = förädlingsvärde

Anm.: Beträffande siffrorna inom parentes se nedan.

eftersom de använda kapitalvärdena kan förmodas samvariera med de riktiga värdena.

För en del av företagen har vi haft tillgång till investeringsserier över 19 år. Kapitalstockar som beräknats med hjälp av dessa serier blir betydligt större än de som beräknats över åtta års ackumuleringsperiod; nästa dubbelt så stora. Genomsnittsvärdena i tabell 5:3 för realkapitalet har därför räknats upp med den kvot mellan kapitalvärdet, beräknade genom ackumulering över 19 respektive nio år, vilka erhållits för de företag för vilka vi haft långa investeringsserier. Dessa högre tal är angivna inom parentes. FoU-kapitalet har inte räknats upp på motsvarande sätt, eftersom långa tidsserier över FoU-utgifter saknas och avskrivningstakten antagits vara så hög att detta inte heller vore behövt.

Av tabell 5:4 ser man att marginalavkastningen för arbetskraft genomgående ligger något över 1. En ökning av arbetskraftsinsatsen med ett värde motsvarande en krona ger således enligt dessa beräkningar en produktionsökning med 1,32 i skogsindustrin och 1,05 i järn- och stålindustrin.

Marginalavkastningen på realkapitalet uppgår vid användande av de större, mer realistiska värdena på kapitalstocken till 11,5 % i skogs-

industrin, 9,5 % i järn- och stålindustrin och 15,1 % i den kemiska industrin (angivna inom parentes). Marginalavkastningen skall tolkas som den ökning i produktionen (förädlingsvärdet brutto) som erhålls vid en ökning i kapitalstocken med en krona. Under vissa allmänna förutsättningar¹⁰ är den direkta marginalavkastningen lika med bruttoräntabiliteten. Från bruttoräntabiliteten dras avskrivningsprocenten för att få nettoräntabiliteten. Antar man att avskrivningssatsen är 6,7 % (en avskrivningsperiod på 15 år) blir nettoräntabiliteten på realkapitalet ca 5 % i skogsindustrin, 3 % i järn- och stålindustrin och 8 % i den kemiska industrin.

FoU-kapitalet ger till synes en betydligt högre avkastning. Vi har dock, som påpekats ovan, inte gjort någon uppjustering av detta kapitalmätt. Antar man att avskrivningstakten på FoU-kapitalet är så hög som 20 % (en avskrivningsperiod på 5 år) blir FoU-kapitalets nettoräntabilitet i skogsindustrin 5 %, i järn- och stålindustrin 35 % och i den kemiska industrin 12 %. Man får således en märkbart högre räntabilitet på FoU-kapitalet i järn- och stålindustrin än i de andra branscherna, vilka har en endast något högre räntabilitet på FoU-kapitalet än på realkapitalet.

Den marginalavkastning som real- och FoU-kapitalen ger är avkastningen under den första perioden, och den kan som här tolkas som räntabilitetstal. Det realkapital och det FoU-kunnande som byggts upp inom ett företag kan dock utnyttjas under flera perioder. Ett tillskott till kapital- eller FoU-variabeln ger därför upphov till en produktionsökning inte enbart under den första perioden. I avsnitt 4.1.4 visades hur den direkta marginalavkastningen kan nuvärdeberäknas.

Denna nuvärdeberäkning sker för exempelvis realkapitalet genom en uppräkningsfaktor av den direkta marginalavkastningen med en faktor som erhålls från kvoten $1/(v_K - v + a_K + i)$, där v_K = tillväxttakten i kapitalstocken, v = tillväxttakten i produktionen, a_K = avskrivningstakten på kapitalet och i = diskonteringsräntan (se ekvation 4:24). Uttrycket $(v_K - v)$ är lika med tillväxttakten för den s.k. kapitalkvoten, dvs. kapitalinsatsen per producerad enhet. Om kapitalkvoten är konstant, dvs. $v_K - v = 0$, blir uppräkningsfaktorn detsamma som en kapitalisering av marginalavkastningen med faktorn $(a_K + i)$.

¹⁰ För att marginalavkastningen $P(\partial Q/\partial F)$ skall överensstämma med den genomsnittliga räntabiliteten krävs konstant skalavkastning, marginalistiskt beteende hos företagen och perfekt konkurrens.

I våra beräkningar har diskonteringsräntan satts till 10 %. Livslängden har antagits vara i genomsnitt 30 år för realkapitalet och 10 år för FoU-kapitalet. Vidare har i kalkylerna antagits att FoU-utgifterna och realkapitalinvesteringarna påverkat produktionsresultatet redan samma år de gjorts, dvs. utan tidsfördröjning. Värdena på tillväxttakten återfinns i appendix D (tabell D:3). Som framgår där har tillväxttakten för produktion och kapitalstock inte varit lika hög.

Med användning av dessa uppräkningsfaktorer erhålls marginalavkastningen för real- och FoU-kapital. Man ser att marginalavkastningen för realkapitalet är 7 å 10 gånger högre i tabell 5:5 än i tabell 5:4 och för FoU-kapitalet 3 å 5 gånger högre. Dessa värden på de båda produktionsfaktorernas marginalavkastning skall tolkas som nuvärdet av den intäctsström som en ökning av faktorinsatsen med en krona ger upphov till, varvid nuvärdet erhållits vid en diskonteringsränta på 10 %. Den diskonteringsränta som gör att marginalavkastningen blir 1 är internräntan. Om kapitalmarknadsräntan under antaganden om perfekt konkurrens vore 10 %, skulle en marginalavkastning som låg över eller under 1 indikera en inoptimal satsning av kapital under förutsättning av konstant skalavkastning.

Fysiska mått på faktorinsatsen

Samma slags kalkyler som gjorts för de monetära måtten på produktionsfaktorerna kan göras för de fysiska måtten. Produktionsresultatet mäts i både den monetära och den fysiska ansatsen i monetära termer. Den marginalavkastning som framkommer av beräkningarna är avkastningen för den marginella enheten av de olika produktionsfaktorerna. I optimum

Tabell 5:5. Nuvärden på marginalavkastningen i en tvärsnittsanalys för 1969. Monetär ansats.

Bransch	<u>Marginalavkastning för produktionsfaktorerna</u>		
	arbetskraft	realkapital	forskningskapital
Skogsindustri	1,32	1,03	1,15
Kemisk industri	1,29	1,13	1,05
Järn- och stålindustri	1,05	0,81	2,32

Anm.: Marginalavkastningen är uttryckt i kr per lönekrona respektive per krona ackumulerat real- och forskningskapital och är beräknad med elasticiteter från tvärtidsanalysen med fysisk ansats.

bör t.ex. en ökning av det totala antalet sysselsatta med en helårs-sysselsatt ge upphov till en produktionsökning som motsvarar den totala lönekostnaden för denne. I den fysiska ansatsen ligger optimum där marginalavkastningen är lika med marginalkostnaden, eller med andra ord där marginalkvoten (marginalavkastningen/marginalkostnaden) är lika med ett.

I den fysiska ansatsen mäts insatsen av såväl arbete som FoU i årsverken. Den totala lönekostnaden för dessa insatser finns redovisad i det statistiska primärmaterial som utnyttjats för denna undersökning. Under förutsättning att marginallönen för dessa insatser är lika med genomsnittslönen, vilket förefaller rimligt för de enskilda företagen i populationen, kan de två produktionsfaktorernas marginalkvoter beräknas. Realkapitalinsatsen är mätt med hästkrafter insatta i produktionen, men kostnadsuppgifter saknas. Marginalkvoten för realkapitalet kan därför inte beräknas, och kapitalets marginalavkastning kan inte jämföras med den för övriga variabler.

I tabell 5:6 presenteras genomsnittsvärden för de företag som ingått i tvärtidsskattningen, från vilken vi tagit produktionsfaktorelasticiteterna. Antalet FoU-årsverken ett visst år är ett flödesmått och inte ett stockmått. För att korrekt skatta marginalavkastningen måste man räkna om detta flödesmått till ett stockmått enligt det förfarande

5:6. Antalet företag och observationer samt genomsnittsvärden för variablerna i tvärtidsstudien 1963-1969. Fysisk ansats.

Bransch	Antal företag	Antal observationer	Förädlingsvärde 1000 kr (Y)	Antal sysselsatta (L)	Antal hästkrafter 1000-tal (K)	Antal FoU-årsverken (f)	FoU-kapital; antal FoU-årsverken ^a (F)	Genomsnittsproduktivitet		
								Y/L	Y/K	Y/F
Skogsindustri	37	176	91 384	1 825	100,7	36,2	206,3	50,0	908	443
Kemisk industri	69	321	34 305	660	9,1	38,6	156,6	52,0	3 769	219
Järn- och stålind.	28	154	129 770	2 950	95,7	65,9	300,2	44,0	1 356	432

^a Beräknat enligt formel (4:5).

som presenterats i avsnitt 4.1.1. I tabell 5:6 anges det forskningskapital som beräknats med hjälp av formel (4:5). Detta kapital har använts vid beräkningen av den i samma tabell angivna kvoten Y/F.

Genom att multiplicera elasticiteterna från tabell 5:4 med kvoterna från tabell 5:6 erhåller man den direkta marginalavkastningen, som redovisas i tabell 5:7. Av denna ser man t.ex. för skogsindustrin att marginalavkastningen för en helårssysselsatt uppgått till 33 500 kronor. Lönen (inkl. sociala kostnader) har samtidigt i genomsnitt under denna period uppgått till 26 700 kronor. Man får därför marginalkvoten 1,25, dvs. betydligt över ett.

Den direkta marginalavkastningen för realkapitalet uppgår inom skogsindustrin till 291 000 kronor per enhet kapital om 1 000 hkr installerad effekt ($0,32 \cdot 908\ 000$ kr). För att få nuvärdet av den avkastning som en ökning av kapitalstocken, mätt på detta sätt, ger över kapitalets beräknade livstid skall detta värde räknas upp med en faktor som beräknas med hjälp av ekvation (4:24). Man får då ett ca sex gånger högre värde eller i detta exempel 1,69 milj.kr (se tabell 5:7). Nuvärdet av den intäktsström som en ökning av kapitalstocken med 1 000 hkr installerad effekt ger upphov till är alltså 1,69 milj.kr vid en diskonteringsränta på 10 %. Resultaten visar att avkastningen på realkapital i den kemiska industrin ligger betydligt över den i de två andra branscherna, förutsatt att investeringskostnaden per installerad hkr är densamma. Detta är dock inte fallet. En jämförelse av de ackumulerade kapitalvärdena i tabell 5:3 med antalet installerade hkr i tabell 5:6 visar nämligen att kemiindustrins kapitalvärde per hkr är betydligt högre än skogs- och järn- och stålindustriernas.

Tabell 5:7. Nuvärden på marginalavkastningen i tvärtidsanalysen 1963-1969. Fysiska variabelmått.

Bransch	Marginalavkastning på produktionsfaktorerna			Genomsnittslön W_L	Marginalkvot M_L
	M_L tkr	M_K mkr	M_F tkr		
Skogsindustri	33,5	1,69	63,9	26,7	1,25
Kemisk industri	29,3	5,54	111,9	28,1	1,04
Järn- och stålindustri	26,8	1,80	186,6	30,8	0,87

L = arbetskraft; K = realkapital; F = forskningskapital

Analogt fås den direkta marginalavkastningen för FoU-kapitalet inom skogsindustrin till 14 000 kr per ackumulerat FoU-årsverke (0,032 · 443 000 kr) och nuvärdet av FoU-kapitalets marginalavkastning under dess beräknade livstid fås genom att den direkta marginalavkastningen multipliceras med en faktor beräknad enligt formel (4:19). I detta fall blir nuvärdet 63 900 kronor, vilket alltså är resultatet av en ökning i ett visst års forskningsinsats med ett årsverke. Som framgår av tabell 5:7 ligger FoU-insatsernas avkastning betydligt högre i järn- och stålindustrin än i de båda andra branscherna. För att några bestämda slutsatser skall kunna dras av detta måste man veta kostnaderna per FoU-årsverke i de olika branscherna, vilket vi inte gör.

5.3 EN JÄMFÖRELSE MED ANDRA UNDERSÖKNINGAR

I detta avsnitt skall vi redovisa vissa empiriska resultat från de i kapitel 4 nämnda undersökningarna av Minasian [1969] och Mansfield [1968] samt jämföra dessa resultat med våra.

Minasians undersökning

Minasian skattade en produktionsfunktion för 17 kemiföretag i USA på grundval av ett kombinerat tvärsnitts- och tidsseriematerial under perioden 1948-1957. Därvid prövades två olika ansatser, vilka innebar att i varje regressionsekvation ingick dels en allmän konstantterm plus specifika års- eller företagskonstanter, dels enbart en allmän konstantterm. I bägge ansatserna genomfördes stegvis regression; först med enbart arbetskraften och realkapitalet som förklaringsfaktor, varefter de kumulerade forskningsutgifterna infördes och sedan en tidstrend för den exogena tekniska utvecklingen.

De för oss mest intressanta resultaten av Minasians beräkningar kan sammanfattas som följer.

Minasian erhåller mycket höga förklaringsvärden (multipla korrelationskoefficienter, R^2) i samtliga regressionsekvationer. R^2 -värdena uppgår till 0,97-0,99, vilket kan jämföras med de R^2 som vi erhållit och som ligger mellan 0,85 och 0,95. När Minasian inför företagskonstanterna ökar R^2 icke obetydligt - i genomsnitt med 2 procentenheter. Motsvarigheten i våra regressioner till Minasians företagskonstanter är branschkonstanterna. Vi har också funnit att R^2 ökar med ungefär 2 procentenheter när branschkonstanterna inkluderas. Dessa resultat tyder

på att det mellan företagen finns systematiska produktivitetsskillnader, vilka ej beror på skillnader i deras insatser av arbetskraft, realkapital eller forskningskapital.

En ungefär lika stor ökning i R^2 får Minasian när forskningsvariabeln inkluderas. Samtidigt reduceras summan av arbetskraftens och realkapitalets elasticiteter med ett nästan lika stort belopp som den skattade forskningselasticiteten. Vi har även funnit att samma effekt uppkommer som följd av forskningsvariabelns införande. Detta visar att man tydligen i tidigare empiriska produktionsstudier, där enbart arbetskraften och realkapitalet medtagits som förklaringsfaktorer, har tillskrivit dessa båda insatsfaktorer produktionsökningar, som i själva verket orsakats av ökade forskningsinsatser inom företagen.

Den bästa anpassningen får Minasian när han använder ekvationen med företagskonstanter och medtar forskningsvariabeln. Han erhåller då elasticitetsvärdena $\alpha=0,82$ för arbetskraften, $\beta=0,16$ för realkapitalet och $\gamma=0,11$ för forskningen. Lägg märke till att vi likaså fått de högsta förklaringsvärdena för kemiindustrin i ekvationen som är beräknad på grundval av poolade tvärsnitts- och tidsseriesdata med branschkonstanter. Denna ekvations elasticiteter är $\alpha=0,56$, $\beta=0,27$ och $\gamma=0,14$. För den kemiska industrin har vi vidare på grundval av tvärsnittsdata utan branschkonstanter beräknat dessa elasticiteter till 0,65, 0,17 respektive 0,14.¹¹

Den sistnämnda realkapitalelasticiteten är nästan exakt lika stor som Minasians. Också för forskningen får vi elasticiteter som rätt väl stämmer överens med Minasians. Skillnaderna mellan våra resultat och Minasians är mindre än vad man skulle kunna vänta sig med tanke på dels att Minasians undersökning är baserad på ett begränsat antal kemiföretag från ett annat land under en annan tidsperiod, dels att Minasians mått på realkapitalet och forskningskapitalet är kumulerade bruttoinvesteringar i byggnader och maskiner respektive kumulerade nettoinvesteringar i forskning och utvecklingsarbete, medan våra mått på dessa två variabler är antal hästkrafter i installerade maskiner samt antal årsverken i egen forsknings- och utvecklingsverksamhet.

När Minasian beräknar realkapitalets marginalavkastning och forskningskapitalets marginalavkastning utgår han från de elasticiteter som

¹¹ Se ekvation 10 i tabell 5:2 och ekvation 6 i tabell 5:1.

angavs ovan, vilket ger $\partial Y/\partial K = 0,09$ respektive $\partial Y/\partial F = 0,54$. Våra marginalavkastningsmått för kemiindustrin beräknade på grundval av $\beta = 0,27$ och $\gamma = 0,14$ blev, som visades i tabell 5:4, $\partial Y/\partial K = 0,15$ och $\partial Y/\partial F = 0,32$.¹²

Enligt Minasians beräkningar skulle avkastningen på forskningskapitalet vara 6 gånger högre än på realkapitalet. Detta är dock bruttoräntabiliteten på kapitalet. Då avskrivningen på FoU-kapitalet är högre än på realkapitalet, blir skillnaden i avkastningen efter avskrivning mindre. Denna undersöknings kalkyler visar en mindre skillnad mellan forsknings- och realkapitalets marginalavkastningar utom i järn- och stålindustrin. Värt att notera är att både vi och Minasian funnit en högre avkastning för forskningskapitalet. Det finns dock anledning att tolka resultaten med största försiktighet, ty avsevärda felkällor torde vidlåda denna typ av marginalavkastningsberäkningar. Här kan nämnas de betydande svårigheter som finns att korrekt kunna mäta nivån på forsknings- och realkapitalen.

Mansfields undersökning

Mansfield har beräknat den marginella avkastningen enbart för forskningen. Han har inte själv utfört några produktionsfunktionsskattningar utan antagit att elasticiteterna för arbetskraften och realkapitalet i produktionsfunktionen är lika med dessa respektive faktorers inkomstandelar. Vidare har han antagit att elasticiteten för forskningen är den som Minasian skattat, dvs. $e_L = 0,11$.

Mansfields avkastningsmått är emellertid inte direkt jämförbart med vårt. Mansfield definierar marginalavkastningen som den marginella internräntan, medan vi definierar den som det diskonterade nuvärdet av alla framtida marginalavkastningar. Detta nuvärde utgör blott det första steget i hans beräkning av internräntan. Han förutsätter sedan att företagen forskningsinvesterar tills nuvärdet av dessa framtida marginalavkastningar är lika med ett. Därmed kan han ur själva nuvärdesuttrycket lösa ut diskonteringsräntan, med vilken marginalavkastningarna tidsdeflateras, såsom en funktion av produktionsfunktionens parametrar och insatsfaktorernas tillväxttakt. Det är denna endogen bestämda diskonteringsränta som är Mansfields marginella internränta.¹³

¹² Använder man elasticiteterna $\beta=0,17$ och $\gamma=0,14$ fås $\partial Y/\partial K = 0,09$ och $\partial Y/\partial F = 0,32$. Kapitalets marginalavkastning avser den större kapital som angivits inom parentes i tabell 5:3.

¹³ Se avsnitt 4.2.3. Jfr även s.94 ff.

Fördelen med Mansfields beräkningsmetod är att det avkastningsmått han beräknar ej påverkas av vilken diskonteringsränta man antar gälla för företagen. Å andra sidan kan rimligheten i hans antagande att företagen betar sig marginalistiskt beträffande forskningsinvesteringarna diskuteras. Han måste ändå för sina beräkningar - liksom vi själva - göra mer eller mindre godtyckliga antaganden om forskningsinvesteringarnas avskrivningstakt (a_F) och prisökningstakten för forskningsinvesteringarna (v_{PF}). För två alternativa värden på a_F , som är 0,04 och 0,07, respektive på v_{PF} , som också är 0,04 och 0,07, framräknar Mansfield internräntan. De valda värdena på a_F och v_{PF} påverkar dock internräntan jämförelsevis litet. Den beräknade internräntan, som gäller fem kemiföretag, uppgår till omkring 0,05-0,15.¹⁴

Det kan vara av intresse att ta reda på vilken internränta vi får om vi använder Mansfields beräkningsmetod på våra företagsdata. Vi utgår då från Mansfields formel (4:27) och antar som tidigare att prisstegringen på forskningsinvesteringarna kan försummas ($v_{PF}=0$).

Från tabell 5:4 har vi för den kemiska industrin att $\gamma(Y_t/F_t) = 0,32$. Genom att dra den av oss antagna avskrivningstakten $a_F=0,20$ från detta tal erhålls under vissa förutsättningar att internräntan $i = 0,31-0,20=0,12$.¹⁵ Vi skulle således få en ungefär lika hög avkastning på FoU i kemiindustrin som Mansfield.

¹⁴ Det skall tilläggas att Mansfields övriga beräkningar, som inte gäller just dessa företag utan företag i andra branscher, givit klart högre internräntor - omkring 30-50 %.

¹⁵ Förutsättningen är att kvoten Y/F är konstant över tiden, vilket ger $v_F-v = 0$.

Internräntan är därtill - under antaganden om konstant skalavkastning för forskning och arbetskraft och om marginalistiskt beteende hos företagen beträffande arbetskraftsinsatsen - lika med forskningskapitalets nettoräntabilitet.

KAPITEL 6

SAMMANFATTNING

Den tekniska utvecklingen är kanske den främsta drivkraften bakom den ekonomiska tillväxten. Den tekniska utvecklingen brukar mätas som den del av ökningen i produktionen som inte kan förklaras av ökningen i insatsen av arbetskraft och fysiskt kapital. Denna s.k. teknikfaktor (ibland också kallad restfaktor eller total produktivitet) svarar enligt de skattningar som gjorts i Sverige för den helt övervägande delen av produktionstillväxten i industrin. Bakom denna restfaktor ligger en lång rad faktorer, såsom förbättrad kvalitet på arbetskraften, förbättrad infrastruktur, ny teknologi etc.

Till en del är den tekniska utvecklingen beroende av den forsknings- och utvecklingsverksamhet som företagen själva bedriver. En viktig fråga vid uppläggnen av denna studie har varit: vad betyder företagets FoU-verksamhet för industrins produktionstillväxt? Kan man förklara en del av teknikfaktorn med utvecklingen av FoU-insatserna inom företagen? Kunde man mäta FoU-investeringarnas bidrag till produktionstillväxten, skulle man också få mått på deras ekonomiska avkastning.

Vi har gått igenom den litteratur där man försökt göra skattningar av forskningsverksamhetens avkastning. Relativt litet är gjort på området, vilket naturligtvis förklaras av de stora svårigheter som möter vid skattningar av detta slag. Ett av våra syften har varit att på svenskt material visa hur långt man kan nå med de generella s.k. produktionsfunktionsansatserna eller med de modifieringar av dessa som utvecklats av amerikanska forskare.

Eftersom syftet varit att pröva möjligheten att mäta FoU-investeringarnas avkastning, har vi begränsat undersökningen till enbart tre svenska industrigrenar, nämligen skogsindustrin, järn- och stålverken samt den kemiska industrin. Av dessa är den kemiska industrin, framför allt läkemedelssektorn, mest forskningsintensiv.

6.1 FORSKNINGSINTENSITETEN I OLIKA LÄNDER OCH BRANSCHER

I denna studies första tre kapitel presenteras ett allmänt material om FoU-utgifter i Sverige. Jämförelser görs också med förhållanden i andra länder.

Det är svårt att statistiskt avgränsa vad som utgör FoU-aktivitet. Det beror i stor utsträckning på att FoU är ett vitt begrepp, som varierar i inriktning och omfång mellan företag, branscher och länder. En internationell statistik (OECD's) med enhetliga definitioner ger emellertid möjlighet att göra jämförande studier av FoU-verksamheten i olika länder.

Forsknings omfattning i industrin varierar mycket mellan OECD's länder. USA är det land som bedriver mest industriell forskning i förhållande till tillverkningsvärdet i industrin (5,9 %), följt av Storbritannien och Nederländerna. Sveriges industriforskning utgör 2,8 % av tillverkningsvärdet. Det innebär att svensk industris forskningsintensitet ligger ungefär på genomsnittet av den i andra industri-länder. De mindre utvecklade länderna har i allmänhet låg FoU-intensitet i industrin.

Genomgående tycks i alla länder vissa branscher uppvisa högre forskningsintensitet än övriga. De är elektroindustrin, kemiindustrin, instrumentindustrin och delar av transportmedelsindustrin. I de svenska basindustrierna - järn-, stål- och metallindustrin samt trävaru-, pappers- och massaindustrin - är forskningsintensiteten genomgående låg i samtliga länder.

Industrins branschstruktur i vårt land är följaktligen sådan att tyngdpunkten ligger på branscher med relativt låg forskningsintensitet. Historiska skäl härtill kan anföras. Det är fråga om branscher som utnyttjar eller kan härledas från våra inhemska tillgångar på råvaror eller vattenkraft. Det intressanta är dock att konstatera, att Sverige i dessa branscher har högre forskningsintensitet än andra länder. På de områden där vi specialiserat oss har man haft relativt mycket resurser att satsa. Säkerligen har detta understötts av den allmänna FoU-politiken.

Att jämföra forskningsintensiteten i olika branscher, med den underförstådda avsikten att peka ut branscher som "forskar för litet", kan konstateras vara mindre meningsfullt. Bakom den goda överensstämmelsen mellan forskningens branschmönster i olika länder kan knappast

ligga någon annan förklaring än att det i första hand är vissa karaktäristiska drag hos de olika branscherna som inverkar på hur väsentlig forskningen är för dem och på hur mycket forskning som bedrivs.

Ett viktigt förhållande som gör jämförelser av forskningsintensiteten i olika branscher olämpliga är att forskningen inte alltid bedrivs i den bransch där forskningsresultaten utnyttjas. För att illustrera detta kan vi göra distinktionen mellan process- och produktforskning. Processindustriernas komplicerade anläggningar tillverkas inte inom de branscher som använder dem utan främst inom verkstadsindustrin; och processforskningen för t.ex. massaindustrin eller den petrokemiska industrin bedrivs inte inom vad som statistiskt klassificeras som skogs- eller kemibranscherna, även om verkstadsföretagen eventuellt skulle ingå i skogs- respektive kemikoncerner. Resultatet av en omfattande sådan processforskning blir därför en hög forskningsintensitet i verkstadsindustrin, medan processindustrierna uppvisar en låg forskningsintensitet men samtidigt en snabb teknisk utveckling, åtminstone när produktionsfaktorinsatserna mäts i fysiska termer.

Det är vidare viktigt att betona forskningens internationella karaktär. Den är i första hand koncernanknuten, vilket när den skall analyseras vållar problem på grund av koncernernas verksamhet i flera länder och i flera branscher. Att för en koncerns verksamhet i en viss bransch i ett visst land rätt definiera och avgränsa forskningsinsatsen och den produktion som denna insats skall relateras till är i praktiken mycket svårt. Vi har dock försökt att diskutera detta problem och har bland annat påvisat vilken liten andel av forskningsverksamheten som ligger utanför moderlandet. Inkluderas den produktion och forskning som bedrivs i svenska och utländska dotterbolag sjunker FoU-intensiteten, mätt som FoU-utgifter i procent av omsättningen, i den kemiska industrin från 11,2 % (1969) till 3,3 % (1970) och i stålindustrin från 2,3 % (1969) till 1,8 % (1970).

6.2 BERÄKNING AV FOU-KAPITALET

I kapitel 4 behandlas teorin för mätning av FoU-investeringarnas avkastning och de statistiska metoder som används för skattning av denna. I kapitel 5 presenteras resultaten av våra beräkningar enligt dessa metoder. Till grund för den använda teorin ligger produktionsfunktionsbegreppet. En produktionsfunktion anger sambandet mellan produktionen

å ena sidan och insatsen av arbetskraft, fysiskt kapital, FoU-kapital etc. å den andra. Genom statistisk regressionsanalys har vi sökt skatta produktionsfunktioner på företagsdata för några branscher. Dessa skattningar har gett värden på de s.k. partiella produktionselasticiteterna, som anger vilken procentuell ökning i produktionen som följer av en procents ökning av kapitalet, arbetskraften eller någon annan insatsfaktor. Den modell som används är en traditionell produktionsfunktion av Cobb-Douglas typ, som utvidgats till att vid sidan av arbete och realkapital även inkludera forskningen som en särskild insatsfaktor.

Det föreligger stora svårigheter att få ett teoretiskt tillfredsställande mått på FoU-kapitalet. Huvudprincipen har varit att ackumulera investeringar i FoU över en lång period till ett forskningskapital som successivt avskrivs i analogi med realkapitalet. SCB började insamlingen av FoU-statistik 1963. Det datamaterial vi använt täcker därför åren 1963-1969. För många företag har vi dock kunnat utnyttja av IUI tidigare insamlade uppgifter om FoU-investeringarna 1959, och i vissa fall har material också kunnat kompletteras med uppgifter direkt från företagen. Det säger sig självt att sådana skattningar av FoU-kapitalet blir osäkra. Det antagande som görs är att investeringar i FoU under en tioårsperiod eller sjuårsperiod är en god proxyvariabel för ett "riktigt" FoU-kapital. I tvärsnittsanalyser har också prövats möjligheten att använda årets FoU-investering som uttryck för företagets forskningsinsats.

Forskningskapitalet, som vi beräknat det, svarade 1969 för ca 30 % av det totala kapitalet inom kemisk industri och realkapitalet för återstående 70 %. Inom skogsindustrin och järn- och stålindustrin var motsvarande andelar för FoU-kapitalet 7 % respektive 16 % (jfr tabell 6:1).

6.3 REGRESSIONSSKATTNINGARNAS RESULTAT

I den statistiska undersökningen har vi dels gjort tvärsnittsskattningar, dels skattningar på kombinerade tvärsnitts- och tidsseriedata. Det betyder att ett företags produktion och insats av produktionsfaktorer ett år utgör en observationsenhet. Genom att man har många företag och i flertalet fall sju års observationsperiod får man ett stort antal observationer.

Tabell 6:1. Avkastningen på FoU-investeringar

	Skogs- industri	Kemisk industri	Järn- och stålindustri
FoU-kapitalets andel av totalt kapital, %	7	30	16
Produktionselasticiteter			
Arbetskraft	0,67	0,56	0,61
Fysiskt kapital	0,32	0,27	0,19
FoU-kapital	0,03	0,14	0,11
Räntabilitet, %			
Fysiskt kapital	5	8	3
FoU-kapital	5	11	35

Genom införande av FoU-kapitalet i produktionsfunktionen reducerades summan av realkapitalets och arbetskraftens elasticitet med nästan lika stort värde som den skattade elasticiteten för FoU-kapitalet. Detta visar att tidigare produktionsfunktionsskattningar är felspecificerade och att man ofta överskattar det reala kapitalets avkastning. De elasticiteter vi beräknat för FoU-kapitalet uppgår i skogsindustrin till 0,03, i stålindustrin till 0,11 och i kemiindustrin till 0,14. Summan av elasticiteterna för fysiskt kapital och FoU-kapital uppgår till 0,36, 0,30 respektive 0,41.

Resultaten av tvärtidsskattningarna gav värden på produktionsfaktorernas elasticiteter som från teoretiska utgångspunkter synes relativt rimliga. Elasticitetssumman för FoU- och realkapitalet skiljer sig inte mycket från kapitalinkomstens andel av förädlingsvärdet.

Eftersom större delen av FoU-utgifterna utgörs av löner och dessa omkostnadsbokförs, underskattas den totala kapitalinkomsten. Man borde egentligen beräkna en "brutto-brutto-vinst" omfattande det gängse driftsöverskottet plus företagets löpande kostnader för FoU. En del av brutto-bruttovinsten används till att investera i FoU-verksamhet. Endast om utgiften för FoU skulle motsvara avskrivning och förräntning av FoU-kapitalet ger de vanligen beräknade kapitalinkomstandelarna i förädlingsvärdet en riktig bild. Som visades i kapitel 5 ligger brutto-bruttovinstandelen 2 à 4 procentenheter högre än kapitalinkomstandelen.

Med hjälp av de i tvärtidsanalysen beräknade produktionselasticiteterna har vi sedan sökt beräkna den marginella avkastningen på arbetskraft, FoU-kapital och realkapital. Marginalavkastningen kan under vissa allmänna villkor och efter avdrag för en uppskattad avskrivningsprocent tolkas som nettorentabiliteten på FoU- respektive realkapitalet.

Beräkningen av marginalavkastningen på arbetskraft gav i den monetära ansatsen värden som låg nära 1, dvs. bruttolönen skulle ungefär motsvara arbetskraftens marginella produktivitet.

Den beräknade nettorentabiliteten redovisas i nedre delen av tabell 6:1. Årliga avskrivningar har förutsatts göras med 6,7 % på det fysiska kapitalet och med 20 % på FoU-kapitalet. Resultaten tyder på att avkastningen på realkapitalet 1963-1969 låg lägst i stålindustrin och högst i kemiindustrin. Skogsindustrin hade ett par procentenheter högre rentabilitet än stålindustrin. Rentabiliteten på FoU-kapitalet låg i skogs- och kemiindustrierna något över den för realkapitalet, medan den i stålindustrin låg betydligt högre.

Om man accepterar dessa resultat såsom åtminstone ungefärliga mått på rentabilitetsrelationen mellan de tre branscherna samt mellan FoU- och realkapital, skulle innebörden vara att man i stålindustrin satsat för mycket realkapital som gett en mycket låg rentabilitet (ca 3 %) och för litet FoU-kapital med mycket hög rentabilitet. Man måste dock vara mycket försiktig att tolka dessa resultat som en bekräftelse av en företagsekonomiskt inoptimal fördelning av investeringsresurserna inom stålindustrin. Därtill är dataunderlaget alltför svagt.

Att marginalavkastningen skulle vara högre för forskningskapitalet än för realkapitalet synes dock inte orimligt. En forskningsinvestering är förknippad med större risk än en investering i realkapital och det vore därför inte förvånande om företagen krävde en högre förväntad avkastning av forskningsinvesteringar än av realkapitalinvesteringar. Därtill kommer att just forskningens riskfylldhet kan ha medfört en snedvridning i den population av forskande företag vi undersökt. Denna omfattar av naturliga skäl enbart de företag som överlevt, dvs. där saknas de företag som misslyckats så totalt i sin forskning att de avvecklats. Detta bortfall av misslyckad forskning från det undersökta materialet kan givetvis leda till en överskattning av forskningsverksamhetens avkastning.

Slutligen finns det skäl att erinra om att vår studie analyserat företagsdata. Måtten på såväl forskningsverksamhetens och de andra produktionsfaktorinsatsernas storlek som produktionsresultatet avser enbart företagens input och output i produktionen. En samhällsekonomisk analys kan tänkas ge ganska kraftigt avvikande resultat. Företagen utnyttjar nämligen i betydande utsträckning resultat från på annat håll bedriven forskning utan att betala för den (eller utan att betalningen debiteras kontot "forskningskostnader"). Samtidigt förefaller det sannolikt att företagen inte förmår att kapitalisera hela det samhällsekonomiska värdet av sina forskningsresultat - dessa utnyttjas av andra företag utan vederlag, kommer kunderna till godo i form av billigare produkter etc. Det är givetvis omöjligt att ur vår studie härleda några mått på storleken av forskningens samhällsekonomiska marginalavkastning, men det förefaller inte att finnas några starka skäl att tro att den skulle vara mindre än den företagsekonomiska.

6.4 DEN FORTSATTA FORSKNINGEN

I vår analys av FoU-verksamheten har vi utgått från att ökad FoU-insats ger upphov till högre produktion. Orsaksriktningen förutsätts således gå från FoU till produktionen. Man kan dock också tro på ett motsatt samband. Lönsamma företag får hög produktion i förhållande till insatsen av realkapital och arbetskraft, och det är kanske de som har råd att satsa mycket på FoU. Om man därför i en tvärsnittsskattning finner en hög korrelation mellan FoU och företagens produktion får man vara försiktig med att tolka detta som en bekräftelse på att FoU-kapitalet varit orsak till den höga produktionselasticitet som man får för FoU-kapitalet.

Det kan finnas generella bakomliggande förklaringar, såsom en skicklig företagsledning, en betydelsefull engångsinnovation som framkommit utan FoU-investeringar, marknadsdominans etc. Hög FoU-intensitet blir sedan ett medel att hålla uppe tillväxttakten och lönsamheten genom att söka nya produktionsmetoder som kan ersätta den tidigare produktionen, när marknadsdominansen eller vinsten från den ursprungliga innovationen successivt förloras. Dessutom kan det vara så att företagen satsar i större omfattning på FoU först vid hög lönsamhet, beroende på att de uppfattar risken som så stor att de inte vågar satsa utan en stark finansiell ställning.

För att säkrare kunna bestämma produktionssambandet skulle man behöva närmare undersöka det motsatta sambandet, dvs. vad som bestämmer företagens investeringar i FoU. Det vore därför av värde att studera företagens investeringsbeteende med avseende på FoU i analogi med de försök som gjorts att bestämma investeringsfunktioner för företagen i vilka realkapitalinvesteringarna förklaras med bl.a. försäljningsförväntningar och olika finansiella storheter. Investeringsbeteendet skiljer sig sannolikt med avseende på inverkan av risk, externa finansieringsmöjligheter etc. Med tillgång till långa tidsserier av data för företag skulle det finnas bättre möjligheter att undersöka förekomsten av sådana eventuella dubbelkausala förhållanden.

Sedan 1963 sker en systematisk insamling hos SCB av statistik rörande FoU-utgifter i svensk industri. Det är givetvis av stort intresse att analysera detta material. Om sådan materialinsamling skall vara meningsfull måste denna statistik kunna ges en ekonomisk innebörd. När det gäller investeringar i realkapital har vi en omfattande teoretisk och empirisk kunskap om dessas betydelse. Motsvarande kunskap finns inte om FoU-utgifterna. Forskningen om forskning bör lämpligen gå fram på flera vägar med statistiska analyser för ett stort antal företag. En väg är den som här valts. Föreliggande studie har varit en första analys av detta material på företagsnivå. Sådana allmänna analyser måste dock kompletteras med mer detaljerade analyser av FoU-investeringarnas livslängd, avskrivningstakt, ekonomiska avkastning i olika företag etc.

För den fortsatta empiriska forskningen kring FoU-verksamheten kan vissa viktiga slutsatser dras av denna studie. Det krävs för att skatta elasticiteterna och beräkna marginalavkastningen längre tidsserier över FoU-utgifterna och över de reala investeringarna i företagen än vi haft tillgång till, för att man skall få rimliga mått på kapitalstockarna. På sikt kommer materialet att bli avsevärt bättre.

Det är vidare viktigt att söka definiera det verksamhetsområde, den produktion inom en koncern som man skall relatera FoU-insatsen till. Det är ofta inte meningsfullt att ta med all produktionsverksamhet som en koncern har. Man måste dock som ovan påpekades även inkludera den i andra länder bedrivna produktionen, vilket återigen minskar möjligheten att få bra mått på arbetskrafts- och kapitalinsatsen. Dessutom måste man klarare särskilja FoU-verksamheten från den övriga verksamheten vid

företaget. Företaget producerar en stor del av sitt eget FoU-kapital, och kostnaderna för detta tillsammans med de externa intäkterna (licensinkomster o.dyl.) måste redovisningsmässigt skiljas från övriga kostnader och intäkter när man analyserar avkastningen på FoU-investeringar.

Införandet av FoU-kapitalet i produktionsfunktionen visade att man får oriktiga skattningar av elasticiteten för realkapital och arbetskraft i sedvanliga produktionsfunktionsskattningar med enbart dessa två produktionsfaktorer. FoU-investeringarna är emellertid endast en form av immateriell investeringsverksamhet i företagen. Därför finns det skäl att försöka inkludera även övrigt immateriellt kapital för att få en mer rättvisande bild av vad själva FoU-verksamheten betyder. Det är kanske endast i förening med stora marknadsinvesteringar som den ger avkastning.

En sista slutsats, men inte minst viktig, är att det är nödvändigt att noggrant pröva rimligheten i de avgränsningar av FoU-verksamheten som man nu gör i statistiken. En betydande del av den produktutvecklingsverksamhet som sker inom företagen kommer exempelvis inte med i FoU-statistiken. Genom fortsatt teoretisk och empirisk forskning kring FoU-verksamheten får man på sikt ett bättre underlag för att klargöra hur man bäst mäter FoU-insatsen inom industrin och hur man skall tolka denna statistik.

APPENDIX A

FÖRTECKNING ÖVER DELBRANSCHER INOM DE SPECIALUNDERSÖKTA INDUSTRIBRANSCHERNA

I denna förteckning presenteras endast de delbranscher enligt svensk näringsgrensindelning (SNI) inom vilka det förekommer företag som lämnat uppgifter till SCB:s forskningsstatistik och för vilka data särskiljas i denna studie.

Skogsindustri

- 331 Trävaruindustri utom möbelindustri
 - 3311 Trämateriale- och byggnadssnickeriindustri
 - 3312 Träförpackningsindustri
 - 3319 Övrig trävaruindustri
- 332 Trämöbelvaruindustri
- 341 Massa-, pappers- och pappersvaruindustri
 - 3411 Massa- och pappersindustri
 - 34111 Massaindustri
 - 34112 Pappers- och pappindustri
 - 341121 Tidnings- och journalpappersindustri
 - 341122 Kraftpapper- och -pappindustri
 - 341129 Övrig pappers- och pappindustri
 - 34113 Träfiberplattindustri
 - 3412 Pappers- och pappförpackningsindustri
 - 3419 Övrig pappers- och pappvaruindustri
- 342 Grafisk industri

Kemisk industri

- 351 Kemikalie-, gödselmedels- och plastindustri
 - 3511 Kemikalieindustri
 - 3512 Industri för gödselmedel, ogräsbekämpningsmedel
 - 3513 Konstfiber- och plastindustri

- 352 Annan kemisk industri
 - 3521 Färgindustri
 - 3522 Läkemedelsindustri
 - 3523 Tvättmedels- och toalettmiddelsindustri
 - 3529 Övrig kemisk industri
- 354 Smörjmedels-, asfalt- och kolproduktindustri
- 355 Gummivaruindustri

Järn- och stålindustri

- 371 Järn-, stål- och ferrolegeringsverk
 - 37101 Järn- och stålverk
 - 37102 Ferrolegeringsverk
 - 37103 Järn- och stålgjuterier
 - 3720 Ickejärnmetallverk
 - 37201 Industri för icke järnmetaller ur malm
 - 37202 Industri för ickejärnmetaller ur skrot
 - 37203 Valsverk, dragerier o.d. för ickejärnmetall
 - 37204 Gjuterier för ickejärnmetall
 - 3819 Övrig metallvaruindustri
 - 38192 Industri för metalltråd, -nät, -linor och -kablar
 - 38199 Annan metallvaruindustri

APPENDIX B

DATA OM FOU-VERKSAMHETEN PÅ DELBRANSCHNIVÅ

Tabell B:1. FoU-årsverkenas fördelning mellan forskning och utveckling 1963 och 1969 på delbranschnivå. Procent.

SNI-kod	Bransch	Forskning		Utveckling	
		1963	1969	1963	1969
	<u>Skogsindustri</u>	9	13	91	87
34111	Massaindustri ^a	35	2	65	98
34112	Pappers- och pappindustri	6	15	94	85
34113+ 29	Träfiberplattindustri samt annan pappers- och pappförpackningsindustri	7	5	93	95
	<u>Kemisk industri</u>	36	38	64	62
3511+ 12	Kemikalieindustri samt industri för gödselmedel, ogräsbekämpningsmedel	40	33	60	67
3513	Konstfiber- och plastindustri	17	8	83	92
3521	Färgindustri	10	11	90	89
3522	Läkemedelsindustri	59	52	41	48
3523+ 29	Tvättmedels- och toalettmiddelsindustri samt övrig kemisk industri	31	40	69	60
354+5	Smörjmedels-, asfalt- och kolproduktindustri samt gummivaruindustri	7	11	93	89
	<u>Järn- och stålindustri</u>	24	20	76	80
37101	Järn- och stålverk	23	18	77	82
37102+ 3819	Ferrolegeringsverk och övrig metallvaruindustri	29	36	71	64

^a Ett företag har uteslutits på grund av att det sannolikt felklassificerat sin utvecklingsandel.

Källa: Bearbetning av SCB's primärmaterial.

Tabell B:2. FoU-utgifterna 1963 och 1969 på delbranschnivå fördelade på extern och intern FoU-verksamhet

SNI-kod	Bransch	Extern FoU-verksamhet				Intern FoU-verksamhet			
		Patent-utgifter m.m.		Utgifter för uppdrag till utomstående		Investeringar i FoU-anläggningar		Egna löpande FoU-utgifter	
		1963	1969	1963	1969	1963	1969	1963	1969
	<u>Skogsindustri</u>	4,5	5,0	7,0	10,1	14,2	3,3	74,3	81,6
34111	Massaindustri	6,9	4,2	5,7	8,9	7,0	2,0	80,3	84,9
34112	Pappers- och pappindustri	1,9	4,1	7,4	10,4	17,2	3,8	73,5	81,7
34113+ 29	Träfiberplattindustri samt annan pappers- och pappförpackningsindustri	28,9	23,3	8,6	14,2	7,3	3,2	55,2	59,3
	<u>Kemisk industri</u>	10,4	11,3	4,6	3,5	10,9	7,5	74,1	77,7
3511+ 12	Kemikalieindustri ind. för gödselmedel, ogräsbekämpningsmedel	8,2	1,8	8,1	2,2	2,8	7,1	80,9	88,9
3513	Konstfiber- och plastindustri	5,0	11,4	1,8	0,5	12,1	7,0	80,9	81,1
3521	Färgindustri	1,1	0,9	1,4	1,0	5,6	3,1	91,9	95,0
3522	Läkemedelsindustri	14,2	11,7	7,0	5,0	7,3	7,2	71,5	76,1
3523+ 29	Tvättmedels- och toalettmiddelsindustri samt övrig kemisk industri	2,2	2,5	3,3	0,6	15,2	11,1	79,3	85,8
354+5	Smörjmedels-, asfalt- och kolproduktindustri samt gummivaruindustri	21,9	33,1	1,1	0,5	18,9	7,8	58,1	58,6
	<u>Järn- och stålindustri</u>	6,7	7,2	4,8	2,5	7,1	4,3	81,4	86,0
37101	Järn- och stålverk	7,4	7,9	5,1	2,7	6,4	4,5	81,1	84,9
37102+ 3819	Ferrolegeingsverk och övrig metallvaruindustri	1,8	2,6	2,3	0,9	12,9	2,5	83,0	94,0

Källa: Bearbetning av SCB's primärmaterial.

SPECIFIKATIONSFEL VID ESTIMERING AV PRODUKTIONSFUNKTIONEN

Problem vid modellens specifikation

De funktioner som presenterades i avsnitt 4.3 skattades i kapitel 5 och där återgavs även resultaten av dessa skattningar. Emellertid kan i vissa fall inte skattningen ske problemfritt. Bakgrunden härtill är att estimeringarna bygger på en del modellantaganden som eventuellt inte är uppfyllda. Några av dessa antaganden kommer att behandlas i detta appendix, delvis med hjälp av en förenklad form av specifikationsanalys.

Om man vid linjär regressionsanalys använder felaktiga eller för få förklaringsvariabler, blir de skattade regressionskoefficienterna behäftade med systematiska fel. Hur detta tillgår studeras i den av Theil [1957]¹ införda specifikationsfelsanalysen. Den specifikationsanalys som tillämpas här nedan är förenklad så tillvida att alla ingående samband har förutsatts vara exakta, och linjära i de logaritmerade variablerna.

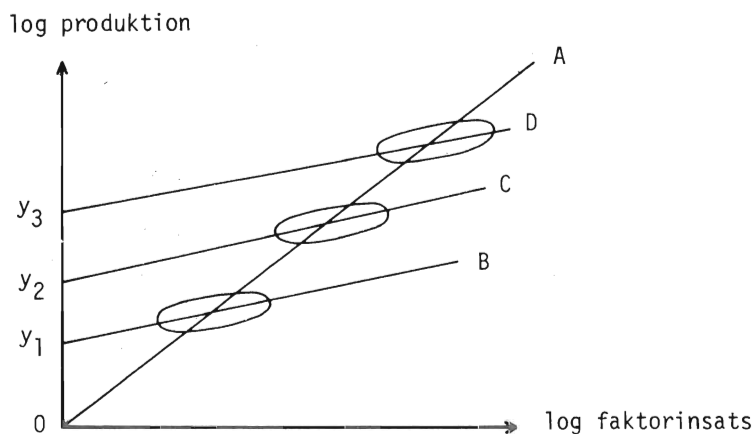
Aggregation och skalekonomi

Normalt skall man utifrån den skattade produktionsfunktionen kunna dra slutsatser som är giltiga för varje företag i det material som skattningen grundas på. Antag emellertid att inte alla de i ett tvärsnitt ingående företagen följer en och samma produktionsfunktion. I så fall föreligger ett fel i modellens specifikation, beroende på aggregeringen av disparata observationsmängder. Slutsatser från den skattade funktionen till enskilda företag blir då i allmänhet missvisande.

Fenomenet belyses, förenklat till två dimensioner, i figur C:1. Antag att linjen OA representerar sambandet mellan faktorinsats och produktion enligt en skattad funktion med en homogenitet av första graden ($\alpha+\beta+\gamma=1$). Antag vidare att skattningen bygger på en aggregering av observationsgrupperna B, C och D, vilket innebär ett fel i specifikationen av den skattade funktionen. Om separata skattningar gjorts

¹ Se även Griliches [1957] och Bentzel [1957].

Figur C:1. Aggregering av observationsmängder



för B, C och D skulle linjerna y_1B , y_2C och y_3D ha erhållits. I stället för funktionen OA borde en vägd genomsnittsfunktion av y_1B , y_2C och y_3D ha använts. En sådan "sann" funktion kan uppvisa avtagande avkastning ($\alpha+\beta+\gamma < 1$).

Genom ett fel av detta slag kommer felaktiga slutsatser att dras av de redovisade resultaten. Om de i ett tvärsnitt ingående företagen har påtagligt olika produktionsfunktioner, ger alltså de skattade elasticiteterna ingen upplysning om det enskilda företags skalekonomi. Mot bakgrund av det ovan sagda avstår vi från att tolka summan av elasticiteterna i kapitel 5.

Att försumma FoU

Införandet av en ny produktionsfaktor i den ursprungliga tvåfaktormodellen innebär en inte föraktlig förändring i estimaten för arbets- och kapitalvariablerna, förutsatt att den nya faktorn (forskningsinsatsen) tillhör "den sanna produktionsmodellen". Antag att denna har följande utseende:

$$Y = AL^\alpha K^\beta F^\gamma. \quad (C:1)$$

Om det vidare existerar ett exakt, loglinjärt samband mellan variabeln F och förklaringsfaktorerna L och K, kan detta uttryckas

$$F = BL^\phi K^\psi, \text{ där } \phi > 0 \text{ och } \psi > 0. \quad (C:2)$$

Substitueras (C:2) in i den "sanna" funktionen (C:1) erhålls

$$Y = (AB^\gamma)L^{\alpha+\gamma\phi}K^{\beta+\gamma\psi}. \quad (C:3)$$

Vi ser att om F tillhör den "sanna" ekvationen kommer uteslutandet av denna variabel att medföra snedvridningar i estimaten för L och K , förutsatt att γ är skild från noll och att ϕ och ψ ej är negligerbara.

Om det råder hög positiv kollinearitet mellan arbetsinsats och forskningsinsats blir ϕ stort och arbetsvariabelns estimat blir överskattat. Motsvarande gäller beträffande kapitalinsatsen. Först sedan produktionsfunktionen estimerats kan det avgöras hur stor felspecification av modellen det innebär att utelämma forskningsinsatsen. Genom att den nya produktionsfaktorn F införs i Cobb-Douglasfunktionen ges förmodligen en mer adekvat återspeglning av produktionsprocessen. Dessutom höjs regressionskattningens förklaringsvärde, dvs. mindre del av produktionsvolymens variationer kvarstår oförklarad.

Installerat contra utnyttjat kapital

Det är inte endast felspecification genom utelämnande av en produktionsfaktor som kan förorsaka betydande snedvridningar i estimaten. Även användandet av en "oriktig" variabel för att mäta insatsen av någon produktionsfaktor kan medföra missvisningar i de skattade elasticiteterna.

I allmänhet brukar det vara mycket svårt att korrekt mäta kapitalfaktorn. Förutom heterogeniteten i det insatta kapitalet spelar graden av kapacitetsutnyttjande en betydande roll, samtidigt som det oftast är omöjligt att explicit ta hänsyn till dessa förhållanden vid skattningarna. Egentligen är det variabel K^* som söks, dvs. det för produktionen utnyttjade kapitalet. Motsvarande mätproblem föreligger inte i samma utsträckning för arbetskraften. Förekomsten av "hoarding" under lågkonjunkturer kan, liksom de ökade kraven på anställningstrygghet, dock aktualisera dem.

Om nu K^* samvarierar med L inom ett företag, beroende på konjunkturförhållanden m.m., kan detta skrivas

$$K^* = cKL^\delta, \text{ där } \delta > 0. \quad (C:4)$$

Den korrekta produktionsfunktionen antas vara

$$Y = AL^\alpha (K^*)^\beta F^\gamma. \quad (C:5)$$

Genom att substituera in (C:4) får vi den funktion som verkligen estimate-rats

$$Y = (Ac^\beta)L^{\alpha+\delta\beta}K^\beta F^\gamma. \quad (C:6)$$

Eftersom det är rimligt att anta att den kapacitetskorrigerade variabeln linjärt varierar med den icke korrigerade, skulle K's estimat inte förändras. Vidare skulle K* vara starkt korrelerad med L, eftersom båda variablerna mäter utnyttjandegraden i insatserna. δ torde ligga nära ett; den torde vara större än ett, om kapitalinsatsen (K*) varierar mer än arbetsinsatsen och mindre än ett om det omvända gäller. Huruvida δ verkligen ligger över eller under ett är svårt att bedöma utan en ingående kännedom om de studerade bakomliggande ekonomiska förhållandena.

Låt oss med följande räkneexempel skissera hur estimaten kan snedvridas, när en okorrigerad kapitalvariabel används.

Elasticitetsparametrarna ges följande värden:

$$\alpha = 0,6$$

$$\beta = 0,4$$

$$\delta = 0,9$$

Elasticitetsvärdet till L enligt (C:6) blir:

$$\hat{\alpha} = \alpha + \delta\beta = 0,6 + 0,9 \cdot 0,4 = 0,96.$$

Det framgår av detta räkneexempel att överskattningen av arbetselasticiteten blir mer än 50 %, medan kapitalinsatsens estimat förblir oförändrat vid användandet av en icke utnyttjande-justerad kapitalvariabel.

Slutsatsen blir att en hög beräknad arbetselasticitet inte behöver tyda på hög arbetseffektivitet eller marginalavkastning - orsaken kan helt enkelt vara att ett olämpligt mått på en annan viktig faktorinsats använts vid produktionsfunktionsskattningen.²

² Men kommer inte produktionselasticiteten att förändras om ett stockmått används i stället för ett flödesmått för en variabel, t.ex. kapital? Så behöver inte vara fallet om sambandet i observationsmaterialet mellan flöde och stock är en direkt proportionalitet. Då spelar alltså inte valet mellan stock- och flödesmått någon roll för estimeringen av elasticiteterna.

Forskningsinsats med tidsförskjutning

En förändring i produktionen till följd av att nya forskningsresultat utnyttjas sker en viss tid efter det att resurser satts in i forskningsverksamheten. Det är emellertid svårt att få kunskap om hur lång den genomsnittliga tid är som förflyter mellan resursinsats och produktionspåverkan. Till följd härav kan tidsförskjutningen i den forskningsinsats som ingår i vår produktionsfunktion inte beräknas. Om i stället för forskningsinsatsen för ett visst "riktigt" år ett annat års insats väljs, kommer ett specifikationsfel att uppstå vid skattningen av produktionsfunktionen, vilket snedvrider estimatens värden.

Antag att vi har en tidsförskjutning i forskningsvariabeln. I den "sanna" modellen kommer då den tidsförskjutna variabeln att ingå. Emellertid saknas uppgifter om tidsförskjutningens storlek och i stället används en icke tidsförskjutten - olaggad - forskningsinsats. Antag att det råder ett visst samband mellan den laggade, sanna forskningsvariabeln och de i funktionen estimerade förklaringsfaktorerna, dvs. forskning, kapital och arbetskraft, samtliga olaggade. Detta sistnämnda samband som binder samman den sanna och den estimerade produktionsfunktionen visar hur mycket den senares skattade parametrar över- eller underskattar den sanna funktionens värden. Utan kunskap om det mellanliggande sambandet kan dock inget sägas om vare sig snedvridningseffektens storlek eller dess riktning.

Felaktig deflatering av FoU-variabeln

För de monetärt uttryckta variablerna kommer valet av prisindex att vara väsentligt vid produktionsfunktionsskattningarna. Framförallt är det behandlingen av kvalitetsförändringar i produktionsfaktorinsatserna som vållar problem. Under vissa förutsättningar kan prisindex konstrueras så att t.ex. kvalitetsförbättringar i insatsfaktorn deflateras bort genom en för kraftig ökning av deflateringstalet över tiden.

Vårt problem här gäller deflateringen av forskningsinsatsen. Antag att det använda FoU-måttet F innebär en över tiden allt starkare underskattning av det sanna FoU-värdet F^* . Antag också att F^* växer över tiden. Större F^* -värden underskattas då mer än mindre F^* -värden. Antag dock att denna effekt inte är starkare än att även F växer över tiden.

Ett mer preciserat antagande, som är förenligt med ovanstående, är att

$$\log F = \xi \log F^* \quad 0 < \xi < 1 \quad (\text{C:7})$$

eller likvärdigt

$$F^* = F^{1/\xi} \quad 0 < \xi < 1. \quad (\text{C:8})$$

Antag att produktionsfunktionen har utseendet

$$Y = AL^\alpha K^\beta (F^*)^\gamma. \quad (\text{C:9})$$

Substitutionen av (C:8) i (C:9) ger

$$Y = AL^\alpha K^\beta F^{\gamma/\xi} \quad (\text{C:10})$$

och då är

$$\gamma/\xi > \gamma, \quad (\text{C:11})$$

dvs. i detta fall kommer produktionselasticiteten med avseende på forskning att överskattas när en alltför kraftig deflator för FoU-värdet används.

Monopolfördelars avspeglning i data

Företag som satsar resurser på forskningsverksamhet kan förväntas erhålla innovationer som tillför dem ökade vinster. Detta kan synas naturligt med tanke på att forskningens syfte är att frambringa nya produkter eller processer som avviker från redan kända. Om nyhetselementet är tillräckligt stort kan företaget få monopol på sin uppfinning eller innovation med hjälp av patentskydd eller till följd av konkurrenternas bristande förmåga att imitera innovationen.

Med ett enkelt modellresonemang kan man visa att monopolfördelar för stora företag vid tvärsnittsstudier felaktigt kan tolkas som verkliga produktivitetsförbättringar. Här gäller det en felaktig specificering, men ej av den traditionella typen (dvs. Theils), utan felet behäftar den beroende variabeln förädlingsvärdet. Tekniken att analysera felet med en hjälprelation är dock analog med den som Theil tillämpar.

Antag att vi har två slag av produktionsresultat: Q är fysisk produkt och Y är motsvarande förädlingsvärde. Den "sanna" fysiska produktionsfunktionen är

$$Q = AL^\alpha K^\beta F^\gamma. \quad (C:12)$$

Antag att priset ökar konstantelastiskt över tvärsnittet med företagets produktion

$$P = P_0 Q^\delta; \quad \delta > 0. \quad (C:13)$$

Eftersom $Y = PQ$ gäller för Y modellen

$$Y = (P_0 A^{(1+\delta)}) L^{(1+\delta)\alpha} K^{(1+\delta)\beta} F^{(1+\delta)\gamma}. \quad (C:14)$$

Alla elasticiteterna kommer att överskattas i proportionen $(1+\delta)$. Detta slag av specifikationsfel medför att varje enskild faktor tycks ge större avkastning, så att stordriftsfördelar kan synas förekomma, även om $\alpha+\beta+\gamma \leq 1$.

Sålunda kan på kort sikt förekommande monopolvinster påverka produktionsfunktionens estimat i positiv riktning. En förändring i marknadssituationen kan ge en helt annan skattad funktion, sannolikt med lägre estimerade elasticiteter.

Eftersom prisindex i hela branschen eller ekonomin normalt inte påverkas när en ny produkt introduceras, kommer produktionsvolymen det aktuella året att registrera en stark stegring, vars storlek beror dels på den nyintroducerade varans andel av totalproduktionen, dels på graden av monopolprissättning.

På längre sikt kan inte monopolsituationen bestå utan nya substitut konkurrerar med innovationsprodukten, varvid prissättningen anpassas till den nya konkurrenssituationen, och vi registrerar på grund härav en skenbar nedgång i produktionsvolymen. Gustafson [1962] har bland andra behandlat detta problem och starkt kritiserat olika produktivitetsstudier, därför att man där i allmänhet förväxlar monopolprissättning med "rena produktivitetsökningar". Samtidigt som monopolsituationen efterhand försvagas, kan de rörliga styckkostnaderna för den nya produkten successivt sänkas när produktionens omfattning ökar och tillverkningen rationaliseras. På så sätt kommer den produktivitetsökning som den nya varan med-

förde och som berodde på monopolprissättning efterhand att ersättas med en reell produktivetsförbättring. På längre sikt kan också produktivetsförbättringen tillta, om en ständig ström av innovationer hela tiden kommer ut på marknaden.

APPENDIX D

DATA FRÅN REGRESSIONSBERÄKNINGARNA PÅ DISAGGREGERAD NIVÅ

Branschindelning använd i regressionsberäkningarna på delbranschnivå

Bransch- grupp	SNI- nr	Bransch
		<u>Skogsindustri</u>
S1	{ 3311	Trämateriäl- och byggnadssnickeriindustri
	{ 3320	Trämöbelvaruindustri
S2	3411	Massa- och pappersindustri
S3	{ 3412	Pappers- och pappförpackningsindustri
	{ 3419	Övrig pappers- och pappvaruindustri
	{ 3420	Grafisk industri
		<u>Kemisk industri</u>
K1	{ 3511	Kemikalieindustri
	{ 3512	Industri för gödselmedel, ogräsbekämpningsmedel
K2	3513	Konstfiber- och plastindustri
K3	3521	Färgindustri
K4	3522	Läkemedelsindustri
K5	3523	Tvättmedels- och toaletmedelsindustri
K6	3529	Övrig kemisk industri
K7	3540	Smörjmedels-, asfalt- och kolproduktindustri
K8	3550	Gummivaruindustri
		<u>Järn- och stålindustri</u>
J1	37101	Järn- och stålverk
J2	{ 37102	Ferrolegeringsverk
	{ 37103	Järn- och stålgiuterier
	{ 37202	Industri för ickejärnmetaller ur skrot
	{ 37203	Valsverk, dragerier o.d. för ickejärnmetall
	{ 38192	Industri för metalltråd, -nät, -linor, -kablar
	{ 38199	Annan metallvaruindustri

Tabell D:1. Resultat av tvärtidsregressioner på data för åren 1963-1969.
Delbranschgrupper med årskonstanter

Re- gres- sion nr	Bransch	Antal obser- vatio- ner	Kon- stant	Elasticiteter för			Elas- tici- teter Σ	Expo- nent- koeff. för tiden	R ²	Kritiskt F-kvots- värde	
				arbets- kraft	real- kapital	forsk- nings- kapital				5 %	10 %
<u>Skogsindustri</u>											
13	S1	27	0,838	0,681 (10,85)	0,371 (8,27)	0,067* (0,70)	1,119	0,045 (11,64)	0,966	2,13	1,77
14	S2	127	1,223	0,563 (65,49)	0,308 (25,67)	0,064 (8,69)	0,935	0,034 (7,75)	0,941	1,82	1,60
15	S3	22	0,847	0,633 (40,06)	0,456 (20,11)	0,055* (0,717)	1,144	0,025* (0,383)	0,994	2,23	1,85
<u>Kemisk industri</u>											
16	K1	53	0,350	1,153 (35,04)	0,191 (4,27)	0,023* (0,13)	1,367	0,042 (13,14)	0,911	1,96	1,69
17	K2	42	1,805	0,365 (4,05)	0,277 (18,37)	0,177 (4,84)	0,819	0,047 (4,75)	0,824	1,99	1,71
18	K3	22	1,280	0,444 (7,04)	0,478 (10,09)	0,060* (1,38)	0,982	0,022 (6,58)	0,983	2,23	1,85
19	K4	39	1,822	0,828 (34,04)	0,008* (0,01)	0,180 (2,05)	1,016	0,030 (11,57)	0,947	2,00	1,71
20	K5	24	1,520	1,117 (34,68)	0,274 (6,38)	-0,390 (10,67)	1,001	0,010* (0,05)	0,981	2,18	1,83
21	K6	72	1,847	0,461 (52,88)	0,223 (17,18)	0,142 (16,45)	0,826	0,024 (3,79)	0,922	1,92	1,64
22	K7	26	0,388	0,627 (4,30)	0,392* (1,74)	0,291 (2,23)	1,310	0,074* (0,72)	0,873	2,15	1,80
23	K8	36	1,445	0,707 (66,56)	0,080 (1,88)	0,210 (20,89)	0,997	0,048 (16,84)	0,957	2,04	1,75
<u>Järn- och stålindustri</u>											
24	J1	80	1,715	0,582 (28,56)	0,169 (14,25)	0,135 (10,81)	0,836	0,050 (11,96)	0,906	1,89	1,62
25	J2	74	1,403	0,541 (47,28)	0,314 (18,29)	0,048 (2,17)	0,903	0,037 (12,06)	0,943	1,91	1,64

* Regressionskoefficienten ej signifikant skild från noll vid dubbelsidigt test på 10 % nivå.

Anm.: För varje regression anges de partiella regressionskoefficienterna i första raden och deras F-kvotsvärden därunder inom parentes.

Tabell D:2. Resultat av tvärtidsregressioner på storleksindelade data för åren 1963-1969 med bransch- och årskonstanter

Re-gres-sion-nr	Stor-leks-grupp	Antal obser-vatio-ner	Kon-stant	Elasticiteter för			Elas-tici-teter Σ	Expo-nent-koeff. för tiden	R^2	Kritiskt F-kvots-värde 5 %
				arbets-kraft	real-kapital	forsk-nings-kapital				
<u>Absolut indelning</u>										
26	I	190	1,304	0,754 (167,72)	0,170 (30,79)	0,123 (18,44)	1,047	0,041 (18,75)	0,763	2,21
27	II	211	1,358	0,665 (67,99)	0,168 (26,33)	0,231 (82,16)	1,064	0,026 (3,81)	0,619	2,21
28	III	250	1,635	0,765 (393,85)	0,089 (32,21)	0,078 (33,73)	0,932	0,051 (67,87)	0,909	2,21
<u>Relativ indelning</u>										
29	I	141	1,482	0,703 (184,28)	0,153 (27,07)	0,145 (14,70)	1,001	0,035 (17,72)	0,844	2,28
30	II	251	1,402	0,713 (175,97)	0,135 (24,40)	0,184 (73,86)	1,032	0,040 (59,53)	0,804	2,21
31	III	259	1,710	0,684 (243,61)	0,098 (19,08)	0,144 (58,44)	0,926	0,035 (67,68)	0,897	2,71

Anm.: För varje regression anges de partiella regressionskoefficienterna i första raden och deras F-kvotsvärden därunder inom parentes.

Beträffande storleksindelningen hänvisas till s. 88.

Tabell D:3. Procentuell förändring mellan 1963 och 1969 för variabler
på delbranschnivå

Bransch	SNI-kod	Förädlingsvärde	Antalet anställda	Realkapitalets återanskaffningsvärde	Antalet installerade hästkrafter	FoU-utgifter	Antalet FoU-årsverken
Skogsindustri	34	8,35	-0,40	2,90	5,90	0,30	-2,45
	3311,						
S1	3320	8,50	2,25	2,75	7,50	2,40	12,60
S2	3411	8,95	0,31	4,25	3,45	-0,25	-7,85
	3412,						
S3	3419, 3420	8,05	-1,25	2,70	6,45	0,35	-1,20
Kemisk industri	35	9,05	1,35	5,80	8,05	9,10	4,65
	3511,						
K1	3512	9,35	-1,75	3,80	10,60	4,45	-0,40
K2	3513	9,20	0,75	6,40	6,60	2,30	0,20
K3	3521	10,00	2,15	8,40	11,00	13,50	-1,55
K4	3522	14,10	8,00	9,40	5,70	17,20	11,40
K5	3523	7,40	0,25	4,35	7,05	-3,10	-0,65
K6	3529						
K7	3540	6,95	0,20	7,30	8,20	-1,50	-2,85
K8	3550						
Järn- o. stålindustri	37	8,85	0,30	3,85	4,70	2,45	1,95
J1	37101	10,70	0,30	3,65	4,80	2,25	4,40
J2	37102 etc.	0,05	0,20	4,85	4,25	4,00	-7,50
Totalt		8,75	0,30	2,40	5,50	5,05	2,15

LITTERATUR OCH KÄLLOR

- Arrow, K.J., Chenery, H.B., Minhas, B.S. & Solow, R.M., 1961, Capital-Labor Substitution and Economic Efficiency. Review of Economics and Statistics. Vol. XLIII, August 1961.
- Bain, J.S., 1956, Barriers to New Competition. Harvard University Press, Cambridge, Mass.
- Bentzel, R., 1957, Om aggregation av produktionsfunktioner. Industriens Utredningsinstitut. Stockholm.
- Carter, C.F. & Williams, B.R., 1957, Industry and Technical Progress. Oxford University Press, London.
- Fisher, F.M. & Temin, P., 1973, Returns to Scale in Research and Development: What Does the Schumpeterian Hypothesis Imply? Journal of Political Economy. Vol. 81, January/February 1973.
- Florence, P.S., 1953, The Logic of British and American Industry. A Realistic Analysis of Economic Structure and Government. Routledge & Kegan Paul, London.
- Galbraith, J.K., 1952, American Capitalism, Houghton Mifflin, Boston.
- Giliches, Z., 1957, Specification Bias in Estimates of Production Functions. Journal of Farm Economics. Vol. 39, February 1957.
- 1958, Research Costs and Social Returns; Hybrid Corn and Related Innovations. Journal of Political Economy. Vol. LXVI, October 1958.
- 1964, Research Expenditures, Education, and the Aggregate Agricultural Production Function. American Economic Review. Vol. LIV, December 1964.
- 1967, Production Functions in Manufacturing: Some Preliminary Results i The Theory and Empirical Analysis of Production (ed. M. Brown). NBER, New York & London.
- Gustafson, W.E., 1962, Research and Development, New Products, and Productivity Change. American Economic Review. Papers and Proceedings . Vol. LII, May 1962.
- Haefner, E.A., 1973, The Innovation Process. Technology Review. March/April 1973.

- Hamberg, D., 1963, Invention in the Industrial Research Laboratory. Journal of Political Economy. Vol. LXXI, April 1963.
- Hoch, I., 1962, Estimation of Production Function Parameters Combining Time-Series and Cross-Section Data. Econometrica. Vol. 30, January 1962.
- Jewkes, J., Sawers, D. & Stillerman, R., 1962, The Sources of Invention. London.
- Kendrick, J.W., 1961, Productivity Trends in the United States. Princeton University Press, Princeton, N.J.
- Kennedy, C. & Thirlwall, A.P., 1972, Surveys in Applied Economics: Technical Progress. Economic Journal. Vol. 82, March 1972.
- Leonard, W.N., 1971, Research and Development in Industrial Growth. Journal of Political Economy. Vol. 79, March/April 1971.
- Mansfield, E., 1964, Industrial Research and Development Expenditures: Determinants, Prospects and Relation to Size of Firm and Inventive Output. Journal of Political Economy. Vol. LXXII, August 1964.
- 1968, Industrial Research and Technological Innovation. New York.
- 1968/69, The Economics of Technological Change. Longmans, London.
- Mansfield, E. m.fl., 1971, Research and Innovation in the Modern Corporation. Macmillan, New York.
- Marquis, D., 1969, The Anatomy of Successful Innovations. Innovation, No 7. Refererad i Haeffner [1973].
- Mayor, T.H., 1969, Some Theoretical Difficulties in the Estimation of the Elasticity of Substitution from Cross-Section Data. Western Economic Journal. Vol. VII.
- McGraw Hill Publishing Co., 1958, Business Plans for Expenditures on Plant and Equipment. Refererad i Keezer, D., 1960, The Outlook for Expenditures on Research and Development during the Next Decade, American Economic Review. Vol. L, May 1960.
- Meadows, D., 1968, Estimate Accuracy and Project Selection Models in Industrial Research. Industrial Management Review, Spring 1968.
- Minasian, J.R., 1960, The Economics of Research and Development. Ph.D. Thesis. University of Chicago. Chicago.
- 1962, The Economics of Research and Development, i The Rate and Direction of Inventive Activity. Princeton University Press, Princeton N.J.

- Minasian, J.R., 1969, Research and Development, Production Functions, and Rates of Return. American Economic Review. Papers and Proceedings. Vol. LIX, May 1969.
- Mueller, W., 1962, The Origins of the Basic Inventions Underlying Du Pont's Major Product and Process Innovations, 1920 to 1950, i The Rate and Direction of Inventive Activity, Princeton University Press, Princeton N.J.
- Mundlak, Y., 1961, Empirical Production Functions Free of Management Bias. Journal of Farm Economics, Vol. XLIII, February 1961.
- Nabseth, L., m.fl., 1970, Svensk industri under 70-talet med utblick mot 80-talet. Industriens Utredningsinstitut. Stockholm. Även publicerad som SOU 1971:5.
- Nadiri, M.I., 1970, Some Approaches to the Theory and Measurement of Total Factor Productivity: A Survey. Journal of Economic Literature, Vol. VIII, December 1970.
- National Science Foundation, Surveys of Science Resources Series. Research and Development in Industry 1953-1971. Washington.
- Nelson, R.R., 1959, The Economics of Invention: A Survey of the Literature. Journal of Business, Vol. 32, April 1959.
- Nordhaus, W.D., 1969, Invention, Growth and Welfare, MIT Press, Cambridge, Mass.
- OECD, 1968, A study of resources devoted to R&D in OECD Member countries in 1963/64. Paris.
- 1969, Gaps in Technology, Pharmaceuticals. Paris.
- 1970, Gaps in Technology, Analytical Report. Paris.
- 1972, International survey of the resources devoted to R&D in 1969 by OECD Member countries. Vol. 1. Paris.
- 1973, International survey of the resources devoted to R&D in 1969 by OECD Member countries. Vol. 5. Paris.
- 1973, Changing Priorities for Government R&D. Paris.
- 1973, National Accounts of OECD Members 1960-1971. Paris.
- 1974, International survey of the resources devoted to R&D in 1971 by OECD Member Countries, Business Enterprise Sector. Vol. 1. Paris.
- 1974, International survey of the resources devoted to R&D in 1971 by OECD Member countries, Total Tables. Paris.

- Renck, O., 1972, Investeringskalkyler, M & B. Stockholm.
- Sanders, B.S., 1962, Some Difficulties in Measuring Inventive Activity, i The Rate and Direction of Inventive Activity. Princeton University Press. Princeton N.J.
- Scherer, F.M., 1965, Firm Size, Market Structure, Opportunity, and the Output of Patented Inventions. American Economic Review. Vol. LV, December 1965.
- 1970, Industrial Market Structure and Economic Performance. Rand McNally, Chicago.
- Schmookler, J., 1957, Inventors Past and Present. Review of Economics and Statistics. Vol. XXXIX, August 1957.
- 1959, Bigness, Fewness, and Research. Journal of Political Economy, Vol. LXVII, December 1959.
- 1962, Changes in Industry and in the State of Knowledge as Determinants of Inventive Activity, i The Rate and Direction of Inventive Activity. Princeton University Press. Princeton N.J.
- 1966, Invention and Economic Growth. Harvard University Press, Cambridge, Mass.
- 1972, Patents, Invention and Economic Change. Harvard University Press, Cambridge, Mass.
- Schumpeter, J.A., 1942, Capitalism, Socialism, and Democracy. Harper & Row, New York.
- Solow, R., 1957, Technical Change and the Aggregate Production Function. Review of Economics and Statistics. Vol. XXXIX, August 1957.
- Swedenborg, B., 1973, Den svenska industrins investeringar i utlandet 1965-1970. Industriens Utredningsinstitut. Stockholm.
- Theil, H., 1957, Specification Errors and the Estimation of Economic Relationships. The Review of International Statistical Institute. Vol. 25.
- UN, 1973, The Growth of World Industry 1961-71. Vol. 1. New York.
- Usher, A.P., 1954, A History of Mechanical Inventions. Harvard University Press. Cambridge, Mass.
- Wallander, J., 1962, Framtidsperspektiv för svensk industri - 60-talets första hälft. Industriens Utredningsinstitut. Stockholm.
- Walters, A.A., 1963, Production and Cost Functions: An Econometric Survey. Econometrica. Vol. 31, January-April 1963.
- Williams, B.R., 1964, Investment and Technology in Growth. Manchester Statistical Society. Manchester.

- Worley, J.S., 1961, Industrial Research and the New Competition.
Journal of Political Economy. Vol. LXIX, April 1961.
- Aberg, Y., 1969, Produktion och produktivitet i Sverige 1861-1965.
Industriens Utredningsinstitut. Stockholm.

Offentligt tryck

SOS (Sveriges officiella statistik)
Företagen 1969. Ekonomisk redovisning.
Industri 1969, del I.

Statistiska Meddelanden

- V 1965:21 Forskningsstatistik I. Teknisk och naturvetenskaplig
forsknings- och utvecklingsverksamhet inom industri
1963-1965.
- V 1968:5 Forskningsstatistik för industri 1964-1966. Teknisk och
naturvetenskaplig forsknings- och utvecklingsverksamhet.
- U 1969:4 Forskningsstatistik för industri 1965-1967. Teknisk och
naturvetenskaplig forsknings- och utvecklingsverksamhet.
- U 1969:8 Forskningsstatistik för industri. Populationskartläggning
1967.
- U 1970:27 Forskningsstatistik för industri 1967-1969. Teknisk och
naturvetenskaplig forsknings- och utvecklingsverksamhet.
- U 1971:26 Forskningsstatistik för industri 1969-1971. Teknisk och
naturvetenskaplig forsknings- och utvecklingsverksamhet.
- U 1973:19 Forskningsstatistik för industri, myndigheter, institut,
organisationer och fonder 1971-1973.
- U 1975:19 Forskningsstatistik 1973-1975. Teknisk och naturvetenskap-
lig forskning och utveckling inom industri, myndigheter,
institut, organisationer och fonder.

Utgivna publikationer*

Böcker på engelska

1974

On Unit Prices and Their Use in the Analysis of the International Specialisation Pattern within Heterogeneous Industries. Lennart Ohlsson. Booklet No. 61. 19 pp.

Ca Sw. kr 6: -

Optimum Structure and Size of Road Haulage Firms. Lars Kritz. Booklet No. 60, 31 pp. Ca Sw. kr 6: -

1973

Regional Productivity Differences in Swedish Manufacturing. Yngve Åberg. Booklet No. 55. 25 pp. Ca Sw. kr 6: -

The Use of a Capital-Vintage Model in Long-Term Forecasting of Technical Progress and Structural Change.

Lars Wohlin. Booklet No. 54. 12 pp. Ca Sw. kr 6: -

A Model of the Swedish System for Personal Income Taxation. Ulf Jakobsson and Göran Normann. Booklet No. 53. 17 pp. Ca Sw. kr 6: -

Foreign Direct Investment in Sweden 1965-70.

Hans-Fredrik Samuelsson. Booklet No. 52. 21 pp.

Ca Sw. kr 6: -

The Economics of the Agricultural Sector. Odd Gulbrandsen and Assar Lindbeck. 270 pp. Ca Sw. kr 48: -

Böcker på svenska

1975

Industriforskningens utveckling och avkastning.

Anita Du Rietz. 130 s. Ca 40: -

Företagens tillväxt och finansiering.

Göran Eriksson. 277 s. Ca 60: -

Etablering, nedläggning och industriell tillväxt i Sverige 1954-1970. Gunnar Du Rietz. 116 s. Ca 40: -

1974

Löneutvecklingen och dess bestämningsfaktorer inom träindustrin. Yngve Åberg. Forskningsrapport. Stencil. 31 s.

Utvecklingen av hushållens inkomster efter skatt 1974-1975. Ulf Jakobsson och Göran Normann. Småtryck nr 59. 20 s. Ca 6: -

Regionala produktivitetsskillnader. Yngve Åberg.

Småtryck nr 58. 19 s. Ca 6: -

Industrins energiförbrukning - analys och prognos fram till 1985. Bo Carlsson och Märtha Josefsson. 83 s. Ca 30: -

Industritjänstemännens lönestruktur. En studie av löneprofiler för tjänstemän med högre utbildning. Anders Klevmarken m. fl. 146 s. Ca 40: -

Spridning av ny teknik - ett exempel från pappersindustrin. Staffan Håkanson. 85 s. Ca 30: -

Skatter, disponibla inkomster och sparande. Ulf Jakobsson. Småtryck nr 57. 23 s. Ca 6: -

Inkomstbeskattningen i den ekonomiska politiken.

Ulf Jakobsson och Göran Normann. 280 s. Ca 60: -

1973

Etablering och nedläggning av självständiga företag i metallmanufakturindustrin 1954-70. Gunnar Du Rietz.

Småtryck nr 56. 13 s. Ca 6: -

Den svenska industrins investeringar i utlandet. Birgitta Swedenborg. 164 s. Ca 30: -

* En fullständig förteckning kan erhållas på begäran.

Denna undersökning har två syften: dels att beskriva och analysera industrins forskningsinsatser, dels att söka mäta och bedöma den relativa marginella avkastningen på industrins FoU-verksamhet.

I den första delen av utredningen jämförs den svenska industrins forskning med den i andra industrinationer. Vidare analyseras sambandet mellan företagsstorlek och forskningsintensitet, och en specialstudie behandlar de svenskägda internationella koncernernas forskning.

I den andra delen studeras bl. a. hur man kan mäta forskningens avkastning, hur den marginella avkastningen på FoU-insatserna förhåller sig till den för andra produktionsfaktorer samt hur marginalavkastningen varierar mellan branscher. På grundval av produktionsfunktionsskattningar görs försök att bestämma den produktionsökning som kan hänföras till arbets-, kapital- respektive FoU-insatser.

Almqvist & Wiksell International, Stockholm
i distribution

ISBN 91-7204-021-1