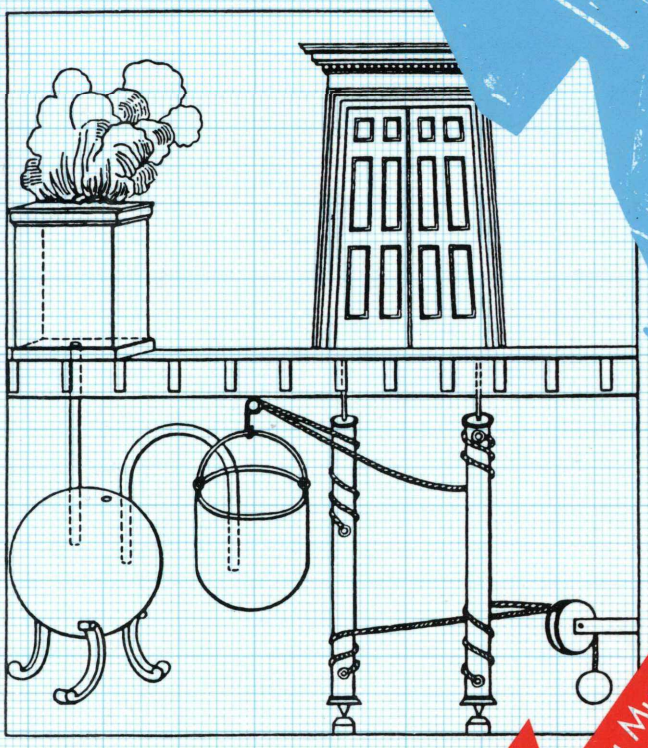
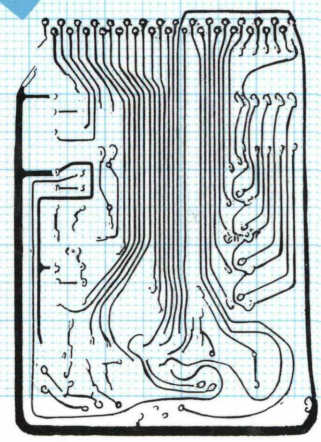
TEKNISK FORSKNING I HISTORISKT PERSPEKTIV

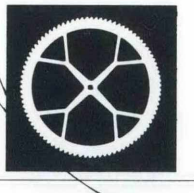




DÆDALUS
Sveriges Tekniska Museums
Årsbok 1986

Teknisk forskning i historiskt perspektiv

Teknisk forskning i historiskt perspektiv



DÆDALUS

Sveriges Tekniska Museums Årsbok 1986

Femtiofemte årgången

Innehåll

7 Förord
av Mikael Hård, Bengt Nyström och Per Sörbom

11 Att skåda bakåt för att spana framåt
av Aant Elzinga

I · Det långa perspektivet

17 Vetenskapsmän och ingenjörer. Kunskapsspridande under antiken
av Örjan Wikander

29 En teknikhistorisk återblick
av Sigvard Strandh

II · Uppbyggandet av tidiga forskningsinstitutioner

61 Carl Linde som teknikens institutionsbyggare
av Mikael Hård

71 Kontor, institut och akademi
av Bosse Sundin

III · Politiska aspekter på den tekniska forskningen

83 Bernalism och forskningsorganisation
av Thorsten Nybom

95 Energi, politik och FoU efter andra världskriget
av Stefan Lindström

107 Hur kan teknisk forskning påverkas av statlig forskningspolitik?
av Hans Glimell

119 Högteknologisk utveckling och nationella FoU-system
av Anders Granberg

IV · Militärteknisk forskning

135 "Demand pull" och "Technology push". Kring sjöförsvaret 1850–1950
av Jan Glete

147 System 37 Viggen – vapenteknisk forskning inom industrin
av Ingemar Dörfer

157 Vetenskapen i försvarets tjänst
av Wilhelm Agrell

V · Forskning och utveckling i norsk elektronikindustri

167 Entreprenørene som ble borte
av Olav Wicken

181 Fra forskning til industri
av John Peter Collett

193 Molekylærteknikk og mikrokretser
av Håkon With Andersen

205 English Summary
with author biographies

233 Stiftelsen Sveriges Tekniska Museum
verksamheten budgetåret 1985/86

242 Telemuseum
verksamheten budgetåret 1985/86

247 Tekniska Museets vänner
verksamheten 1985

251 Annonser

Tekniska museets årsbok har fått sitt namn efter den grekiska sagans Daidalos, på latin Dædalus, som enligt legenden betraktas som den första uppfinnaren och ingenjören. Dædalus byggde bl a kung Minos berömda labyrint på Kreta, där han själv senare blev instängd tillsammans med sonen Ikaros.
Med hjälp av de vingar Dædalus konstruerade lyckades han och Ikaros flygande ta sig ur labyrinten. I ungdomligt övermod inför den nya tekniken flög Ikaros så högt att solen smälte det vax som fäste vingarna på hans rygg, och han föll ned i havet. Den mer erfarne Dædalus höll sig på lagom höjd.
DÆDALUS HYPERBOREUS Eller Några Nya MATHEMATISKE och PHYSICALISKE Försök och Anteckningar är också namnet på Sveriges första tekniska tidskrift, utgiven av Emanuel Swedenborg 1716–18.

DÆDALUS 1986
© Respektive författare
och Sveriges Tekniska Museum
ISBN 91-38-09479-7

Redaktionskommitté: Anders Björklund, Katarina Ek-Nilsson, Bengt Nyström, Jan Erik Pettersson, Inga-Britta Sandqvist, Lennart Steen, Christer Welin.
Redaktörer: Mikael Hård, Bengt Nyström, Per Sörbom.
För innehållet i artiklarna svarar resp författare.

Omslag och grafisk formgivning: Bo Berndal, Liber Information.
Produktionsledning: Barbro Ogden, Allmänna Förlaget.
Tryck: Centraltryckeriet, Borås 1987

Förord

Den årgång av Dædalus, som du nu håller i din hand, innehåller samtliga föredrag som hölls vid museets senaste forskningssymposium. Det avhölls i augusti 1986 och behandlade den tekniska forskningen i ett historiskt perspektiv – från antiken till 1970-talet.

Den främsta anledningen till att Forskningsnämnden vid Sveriges Tekniska Museum beslöt att anordna en konferens om detta ämne var den senaste tidens snabbt växande intresse för just teknisk forskning. Under de senaste decennierna har vår tekniska och industriella produktion blivit alltmer forskningsintensiv. Representanter för samhälle och näringsliv är eniga om att fortsatt ekonomisk expansion kräver stora satsningar på FoU – forskning och utveckling.

Trots att många sjunger forskningens lov är det få som känner till dess egentliga karaktär. Genom att vända blickarna åt historien kan vi slå två flugor i en smäll. Dels kan historiska studier hjälpa oss att förstå varför den nuvarande positiva inställningen till FoU vuxit fram. Dels kan teknik- och vetenskapshistorien hjälpa oss att förstå forskningens och kreativitetens villkor på ett mer generellt plan.

Sveriges Tekniska Museum har i snart tio år arrangerat teknikhistoriska symposier. År 1974, då museet firade sitt femtioårsjubileum, fick museet mottaga en utomordentlig födelsedagspresent av svensk industri, nämligen en fond vars avkastning skulle användas för att sprida, bredda och fördjupa intresset för teknikhistoria. Forskningsnämnden vid Sveriges Tekniska Museum, som ombildades 1984 och övertog det tidigare symposieutskottets uppgifter, har fått vidgade uppgifter och arbetar numera även med att planera och genomföra

forskning inom museets ansvarsområde i samarbete med universitet och museer.

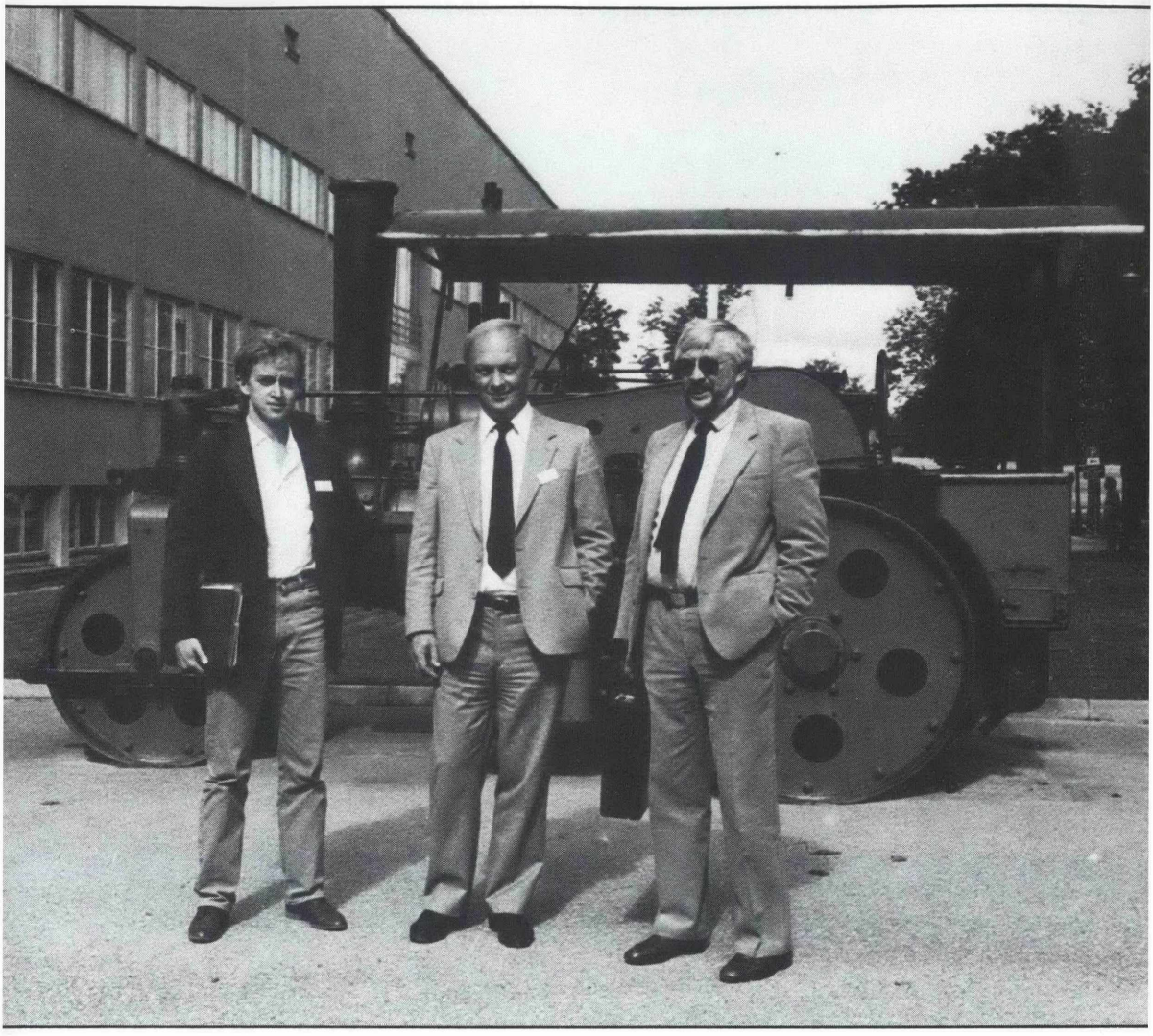
År 1977 hölls det första symposiet, *Technology and its Impact on Society*. Två år senare följde *Transport Technology and Social Change* och 1980 hölls *Det Flygande Symposiet*, då sex universitetsorter i Sverige besöktes i akt och mening att stimulera intresset för teknikhistoria. År 1983 hölls symposiet *Elkraftens historia i Sverige*. Årets symposium, *Teknisk forskning i historiskt perspektiv* är således det femte symposiet och har liksom de tidigare lockat många deltagare och väckt ett stort intresse.

Forskningsnämnden och dess arbetsutskott för symposiet vill varmt tacka alla medverkande – alla symposiedeltagare, föredragshållare, debattörer och inte minst symposiesekretariatet med Barbro Wahlström och hennes medarbetare vid museet. Och samtidigt önska alla läsare trevliga och stimulerande teknikhistoriska läsupplevelser!

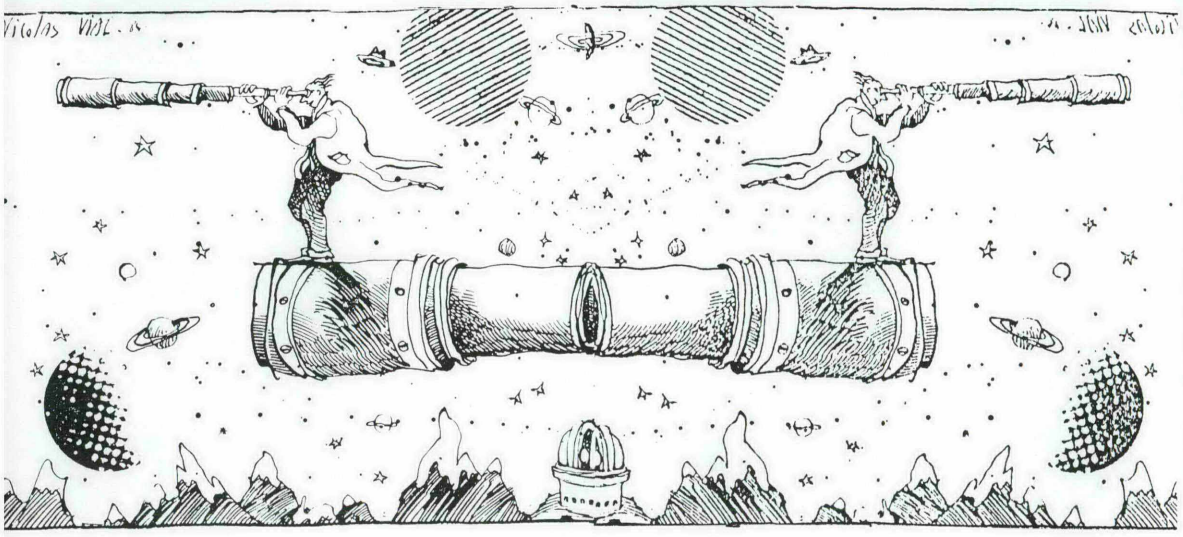
Mikael Hård, Bengt Nyström
och Per Sörbom

Forskningsnämnden vid Sveriges Tekniska Museum 1986

Ordförande docent Svante Lindqvist, vice ordförande fil dr Bengt Nyström
sekreterare fil kand Mikael Hård, ledamöter fil dr Anders Björklund,
museidirektör fil dr Erik Lundblad, docent Marie Nisser, direktör civ. ing
Göran Philipson, tekn dr Sigvard Strandh, fil dr Bosse Sundin,
docent Per Sörbom.
Arbetsutskott för symposiet 1986: Mikael Hård, Bengt Nyström,
Per Sörbom, fil dr Jan-Erik Pettersson



Symposiets arbetsutskott, Mikael Hård, Per Sörbom och Bengt Nyström.



A A N T E L Z I N G A

Introduktion

Att skåda bakåt för att spana framåt

Teknikhistoriens betydelse för forskningspolitiken

Teknikhistoria har framtiden för sig. På flera håll i världen sker en förnyelse i den historiska forskningen kring teknikens utveckling. Från att ibland ha varit fixerad vid "nuts and bolts" har uppmärksamheten riktats mot institutioner och på senare tid också teknikens samhälleliga "kontext" mer allmänt. Man undersöker betydelsen av olika drivkrafter som ekonomi, näringsliv, det militära, men även kulturella och ideologiska betingelser. På senare tid har också den forskningspolitiska verkligheten börjat lyftas fram.

Den förskjutning som skissats här har en parallell i de tekniska museernas utseende och förändrade funktion. Från att ha varit platser där man samlar och ställer ut obsoleta uppfinningar och maskiner från en svunnen tid till allmänt beskådande har dessa museer numera en utpräglad pedagogisk ambition med inslag av ett teknikens tivoli. "Third generation's Science centres" söker med video och technoramor kombinera teknik med estetiska upplevelser. Ett tekniskt museum liksom teknikhistorien själv ska undervisa, underhålla och tjäna som förbindelselänk mellan det förflutna och framtiden, alltsammans på en gång. Ty tekniken är inte blott "teknik"; teknik är också kultur, eller vittnande om ett slags kultur.

Artiklarna i föreliggande skrift bekräftar det förnyade intresse som sätter in teknikhistoria i ett brett sammanhang – inkluderande forskningspolitiska frågeställningar. Det är ingen tillfällighet att symposiet började med det långa perspektivet bakåt i tiden och avslutades med en framåtblickande diskussion om kreativa miljöer. Sistnämnda tema är aktuellt just nu i samband med regeringens arbete inför den forsk-

ningspolitiska propositionen som läggs till riksdagen våren 1987. I symposiets allra sista anförande talade statssekreteraren i utbildningsdepartementet Sverker Gustavsson om nödvändigheten av en kulturrevolution i det svenska forsknings- och högre utbildningssystemet. Detta för att frigöra kreativa krafter. Den forsknings- och industripolitiska bakgrunden är behovet av att utveckla grundforskning inom ett flertal teknologiområden såsom mikroelektroniken, biotekniken, avancerade industriella material, nya energiprocesser liksom katalysatorer, ytfysik och -kemi.

De nya framväxande teknologierna är mer än tidigare intimt beroende av avancerad forskning. Följaktligen kommer de länder som satsar på strategiska forskningsområden att kunna öka sin konkurrensförmåga med avseende på framtida marknader. Investeringar i dagens tekniska grundforskning är ett medel i kampen om framtida fördelar och framgång på en global marknad där medtävlarna heter Japan, USA, Västtyskland m fl.

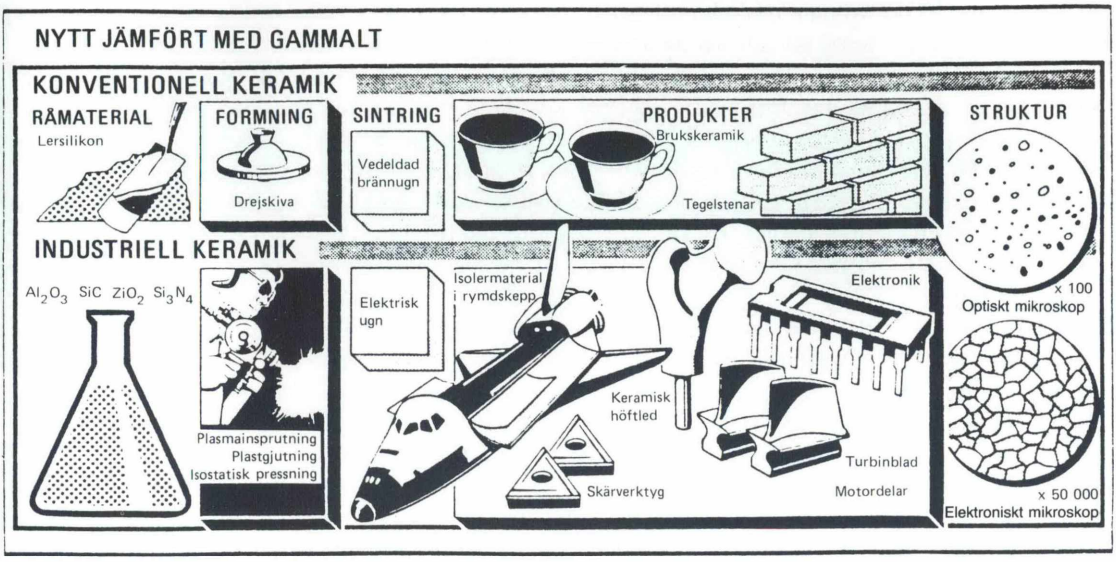
Sett ur industri- och teknikpolitisk synvinkel är ett symposium som detta betydelsefullt därför att det ger viktiga historiska perspektiv och teoretiska ansatser. Temat "Teknisk forskning i historiskt perspektiv" speglar i själva verket ett centralt nutida motiv.

När en industrination ska lägga fast en utvecklingslinje finns det åtskilligt att hämta ur de historiska lärdomarna av tidigare skeden i vetenskapens och teknikens utveckling. En hel del av de tendenser och problem vi möter i dag har historiska rötter och traditioner. Kunskapen om tidigare utvecklingstendenser kan då hjälpa i försöken att något frigöra oss från historiens tvång och kanske även att undvika de misstag som begåtts tidigare. En nations historia är en del av dess kollektiva minne, utan vilket vi blir historielösa och oförmögna att se alternativa utvecklingsmöjligheter. Ett kritiskt studium av vetenskapens och teknikens historia, liksom forskningspolitikens, kan alltså tjäna som botemedel mot teknokrati.

En gemensam nämnare för de föredrag som här presenteras i skriftlig form är teknikens beroende av forskning samt hur ekonomiska, sociala och politiska faktorer påverkar utvecklingen. Vid olika tidpunkter i historien kan det förekomma konkurrerande tekniska lösningar på sociala, militära och andra problem. Tradition, beslutskultur, forskningsmiljö, samt andra faktorer kan medföra att vissa tekniska "system" vinner framgång, medan andra stupar vid vägen. Det är sådana saker som många av bidragen i denna bok handlar om; det rör sig om kunskaper och insikter som är relevanta också för dagens forskning och för teknikpolitiken.

Avståndet mellan spörsmålet om kunskapsförändring inom vattenkraftsområdet under antiken (Örjan Wikander) och frågan om 1970-talets sektoriella forskningspolitik och dess inflytande över den tekniska utvecklingen är inte alltid så långt som läsaren må tro vid första anblicken. I båda fallen rör det sig om ett komplext samspel mellan teknik, kultur och politik eller professionella kunskapsbärare.

De norska bidragen (Olav Wicken, John Peter Collett, Håkon With Andersen) påminner oss att det är viktigt att studera misslyc-



Nya teknologier ger nytt liv åt urgammal teknik.

kade projekt i historien. Det finns många faktorer som kan vara avgörande för framgång respektive misslyckande. I de fall som tas upp gäller det bl a upphandlarnas kompetens och inriktning, forskningsmiljöns mikrokultur (skillnader mellan militär, industriell och högskolemiljö), konkurrens mellan de olika miljöerna, osv.

Mikael Hårds fallstudium belyser ännu fler aspekter som är viktiga att ta med i beräkningen. I den tyska miljön där kylteknikern Carl Linde var verksam och blev en institutionsbyggare, fanns både nationella och regionella säregenheter. Det gäller i fråga om forskningens anknytning till industrin och utvecklingsarbete, till prövningsverksamhet, innovation, men också skillnader och säregenheter i skolsystemet och bildningsideal. Fallstudiet ger en intressant inblick i en teknikhistorisk period i Tyskland vid en tidpunkt där vetenskapen systematiskt börjat tas i bruk som en ledande produktivkraft.

Sigvard Strandh går något längre tillbaka och leder oss igenom ett antal viktiga episoder i den tekniska forskningens historia i Sverige. Han tar oss genom ett landskap som befolkas av snillen, några för svenska läsare välbekanta figurer och en del mindre bekanta: Urban Hjärne, Torbern Bergman, Wilhelm Scheele, Emanuel Swedenborg, Christopher Polhem, och i modernare tid Alfred Nobel, Johan Cederblom, Peter Klason och Rudolph Liljequist m fl. Flera av dessa forskade i eller hade anknytning till kemi och kemiskt baserad teknik

eller industri. Vi får även en inblick i tidens lagring av olika institutionella former i vilka dessa mäns gärningar bedrevs. Det gäller alltifrån 1600-talets Laboratorium Chemicum i Stockholm, till Kungliga Vetenskapsakademien, Jernkontoret, högskolekonstitutionen, industriverkstaden och storforskningslaboratoriet. I en mening är det historien om hur "den ensamma vargen" i sitt lilla laboratorium ersattes av forskarlag och projektforskning, medan verksamheten övergick från ett hantverksstadium till en situation där forskningen har blivit en industri *i sig*. Undan för undan kom också staten in som en viktig aktör.

Sigvard Strandh problematiserar också själva begreppet "forskning", något som Bo Sundin fortsätter med i sin berättelse om tiden kring och efter första världskriget. Kriget stimulerade teknisk forskning och påverkade dess organisation. Ingenjörsvetenskapsakademien tillkom som en bro mellan det praktiska industrifolket och den självcentrerade akademiska forskningen. Tvärtemot vad som oftast antas, visade industrins företrädare inte någon större entusiasm för vetenskapligt forskningsarbete om inte den kunde ge omedelbar avkastning i ökade profiter. Skildringen av händelserna kring några tidiga branschforskningsanstalter med anknytning till basnäringarna skog och pappersmassa samt metall bekräftar regeln. Industrins och vetenskapens "kulturer" drevs av skiljaktiga intressen och det krävdes speciella entreprenörsandar för att sammanföra dem. Vetenskap och teknik är aldrig heller frikopplade från industriklassamhället och dess konflikter.

Thorsten Nybom behandlar 1930-talet och tiden kring och efter andra världskriget, en period av "allmän samhällelig turbulens". Det var under denna period som forskningspolitiken föddes, både som doktrin och i praktisk handling. Bernalism, doktrinen att vetenskapen kan och bör planeras, hade sitt upphov i en socialistisk världsåskådning. Den gick stick i stäv mot förhärskande idéer om vetenskapens frihet och kreativitet. Paradoxalt nog har Bernalism sedan kommit att bli en teoretisk grundval för forskningspolitik hos kapitalister och byråkrater såväl som socialister, ibland med resultat att forskningens integritet och autonomi urholkats. Som Nybom visar är det mycket vanskligt och ibland ett strategiskt misstag att överföra organisatoriska lösningar (t ex forskningsråd som finansieringsmodell) från ett område till ett annat i vetenskapens värld. Varje fält har sina egna säregenheter och förutsättningar som måste bilda utgångspunkten för administrativa och forskningspolitiska åtgärder. I annat fall bäddas för en vetenskapens missväxt.

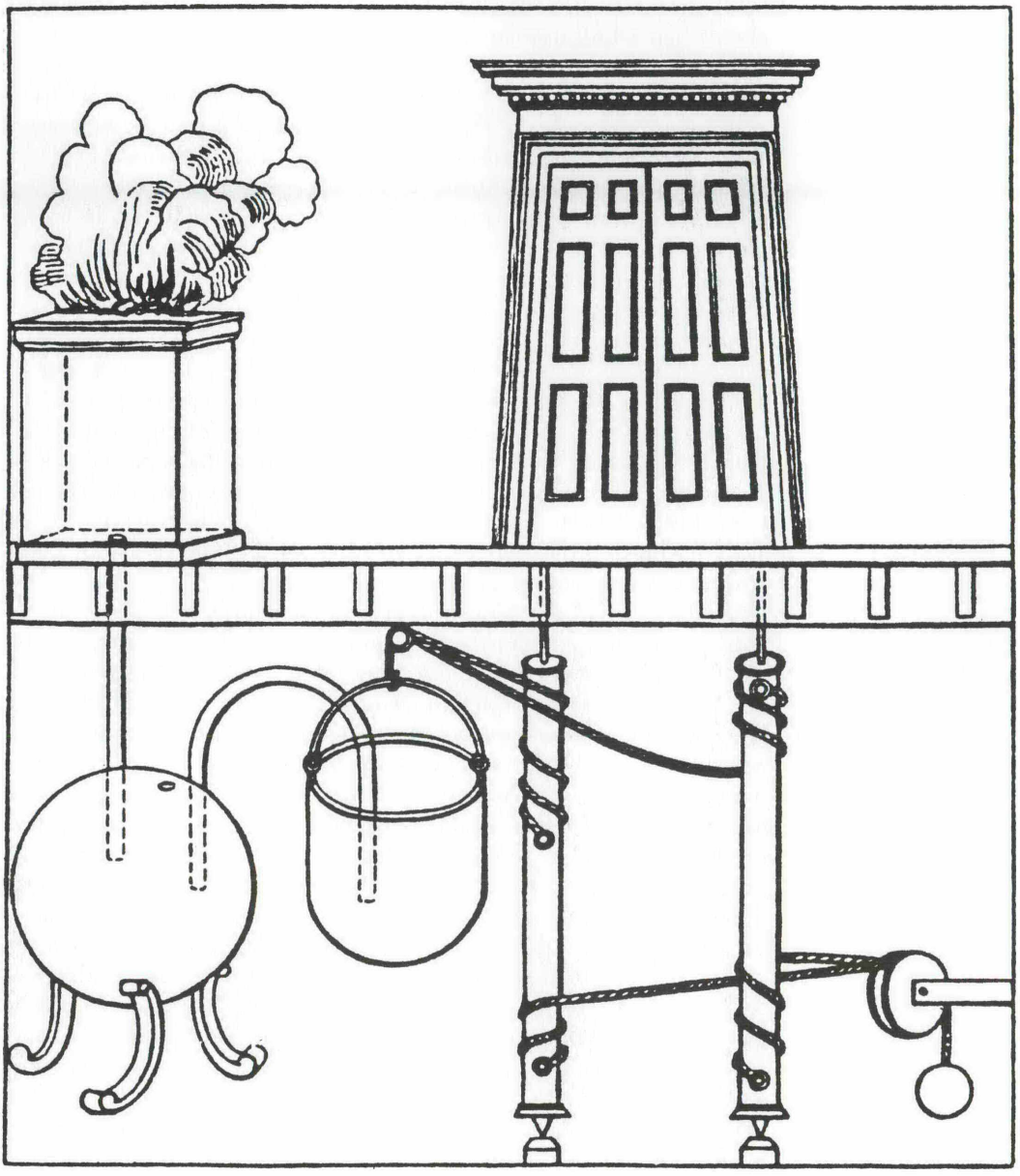
I några artiklar fokuserar författarna den militära sektorn. Det gäller både doktrinväxlingar och strategier i svensk forskningspolitik. 1970-talets brytningspunkter belyses mot bakgrund av element i 1950- och 1960-talens utveckling. Här har vi klart lämnat "den ensamme vargens" tidevarv och begrundar komplicerade ekonomiska och geopolitiska spel som är så kännetecknande för "Big Science". Jan Glete talar visserligen om 1800-talet, men hans huvudpoäng rör också läget 100 år senare – nämligen efterfrågesugets sätt att fungera

och behovet av en gedigen kompetens och klara produktspecifikationer på den teknikupphandlande partens sida.

Växelspelet mellan militärdoktrin, teknik och förnyelse berörs också av Ingemar Dörfer. System 37 Viggen och den militära flygkomponentindustrin är ett talande exempel på internationalisering, eller rättare sagt, stormaktsberoende i en ny tid. Wilhelm Agrell gör gällande att man över huvud taget inte kan förstå efterkrigstidens forskningspolitik om försvaret och den militärt orienterade forskningen ej tas med i bilden. Liksom Nybom talar han om ett förvetenskapligande, i detta fall i det militära. Den andra sidan av samma mynt heter forskningens byråkratisering (i detta fall dess militärisering). I sammanhanget är det intressant att notera att FOA är ett av de få exempel i Sverige som har en "institutsmodell" för forskning – merparten av svensk forskning finns ju vid universiteten, som ska fungera som hela samhällets resurs. De problem, som uppstår när ett stort antal forskare mobiliseras kring politiska mål i en viss sektor (t ex energiteknologin) eller vad som hände när Styrelsen för Teknisk Utveckling (STU) skulle göras till ett verksamt instrument för en aktiv näringspolitik, belyses på ett förtjänstfullt sätt av Stefan Lindström respektive Hans Glimell.

Anders Granberg slutligen ger ett smakprov på några av de moderna bibliometriska metoder som nu används i ett flertal länder för att avspana den teknologiska framtiden. Förhoppningen är oftast den att kunna styra in forskningen på de "rätta banor" där det egna landets industri kan få eventuella försprång på 1990-talets internationella marknad. Analys av patent och citationsmönster i ett mer komparativt perspektiv är ett av de medlen som används med framgång av MITI i Japan. Bevekelsegrunden för dylika metoder, även om det inte uttalas i Granbergs bidrag, är idén att vi lever i en ny industriell revolution där flera stora teknikvågor – mikroelektroniken, bioteknikken, avancerade industriella material – böljar fram. Dessa anses vara nycklarna till det framtida högteknologiska samhället.

Liksom så ofta i dylika sammanhang finns en stark dragning åt teknokratism. Jag har redan antytt hur historiska studier, kopplade till viktiga forskningspolitiska frågeställningar, kan motverka sådana tendenser. Detta är enligt min mening en av teknikhistorikernas viktigaste uppgifter i dag. Det innebär att man söker förena det bästa av två kulturer, den tekniska och den som förvaltas av de s k humanistiska ämnena. Teknikhistoria är i sig ett humanistämne, och som sådant bör det ha en civilisationskritisk uppgift. Det är inte fråga om att bejaka eller heja på "utvecklingen", utan att visa upp problem och resa frågan om alternativ. Det är precis vad flera av författarna gör i denna bok.



Herons magiska dörröppnare. När en eld tändes på det ihåliga altaret till vänster, drev varm luft vatten ur den sfäriska behållaren undertill. Vattnet samlades upp i en spann, som därmed tyngde ned det rep i vilket den var upphängd och fick tempelportarna att öppnas. (Från *A History of Technology*, Vol II, Oxford 1956, fig 575)

ÖRJAN WIKANDER

Vetenskapsmän och ingenjörer

Om kunskapsspridande i den antika världen

Teknikhistorien, liksom historien i övrigt, är fylld av myter. Så fort man börjar skrapa på ytan, inser man hur stora delar av den etablerade historien som över huvud taget inte är baserade på seriösa analyser av till buds stående källmaterial. Det kan gälla detaljer, men inte sällan också frågor av mera grundläggande betydelse. En av de mera betydelsefulla och därtill seglivade är myten om antiken som en period av teknisk stagnation och till och med tillbakagång.

Tidigare århundraden hade en helt annan bild av antikens betydelse. För renässansens människor var antiken en inspirationskälla på nära nog alla plan, och långt fram i tiden behöll den denna ställning – även sedan man alltmer påtagligt hade passerat dess nivå i tekniska och andra avseenden. Inom historieskrivningen nådde den höga uppskattningen av antiken en höjdpunkt ännu i början av vårt eget århundrade, inom den riktning som numera brukar sammanfattas under begreppet "modernismen". Antikens ekonomiska system skildrades där i termer som var hämtade från den moderna tid i vilken man levde: kapitalism, bourgeoisie, handelsfaktorier, ekonomiska marknader osv. Den utvecklade antiken – dvs den hellenistiska tiden och den romerska kejsartiden, under de tre århundradena närmast före och efter Kristi födelse – kom därmed att påtagligt erinra om 1800-talets expanderande värld med dess industriella och kapitalistiska grundförutsättningar.

Kritiken lät länge vänta på sig, men när den väl kom var den hård och skoningslös. År 1928 presenterade Johannes Hasebroek i sin *Staat und Handel im alten Griechenland* en uppgörelse med den gamla uppfattningen, från vilken den aldrig skulle hämta sig. Genom

Hasebroeks lärjungar, och med bidrag av socialantropologer som Karl Polanyi och framför allt den engelske antikhistorikern Moses I. Finley, växte i stället den bild av antiken fram som brukar beskrivas som "primitivism" – en riktning som snarare vill söka paralleller till den antika utvecklingen från socialantropologins studier av "primitiva" folkstammar än från 1800-talets Europa. Primitivismen har nu blivit ortodoxi, och dess grundläggande ståndpunkter står att finna i praktiskt taget varje handbok rörande antikens ekonomi och teknik. Finley själv sammanfattar sin uppfattning som följer:

"Det är en truism att greker och romare tillsammans lade föga till mänskligheten förråd av teknisk kunskap och utrustning. Neolithicum och bronsåldern uppfann eller upptäckte, och utvecklade sedan, de grundläggande förfaringssätten i fråga om jordbruk, metallurgi, keramik och textiltillverkning. Med dessa byggde greker och romare en hög civilisation, full av kraft, intellekt och skönhet, men de lämnade få nya uppfinningar till sina efterföljare."[1]

Teknisk stagnation?

Som redan torde ha framgått, tror jag personligen inte mycket på detta, men här är inte tiden och platsen att lämna en närmare motivering för min uppfattning – som jag upprepade gånger presenterat i skrift.[2] Här ska jag i stället koncentrera mig på en speciell konsekvens av mitt resonemang. Om man till äventyrs accepterar min uppfattning, hur ska man då ställa sig till de påstådda orsakerna till teknikens stagnation under antiken? För även om det inte lämnats mycket sakligt underlag för påståendet att en sådan tillbakagång skulle ha förelegat, har så mycket mera energi ägnats åt att förklara anledningen till den.

Förklaringarna är många och skiftande, men de oftast återkommande och de som normalt har tillmätts störst betydelse är i grunden tre: Slaveriets hämmande inverkan, bristande intresse för teknisk förnyelse hos de härskande klasserna, samt de antika vetenskapsmännens nedlåtande attityd till praktiskt användbara uppfinningar – faktorer som alla mer eller mindre uppenbart är baserade på den antika överklassens förakt för manuellt arbete.[3] Det senare är väl dokumenterat och svårt att på allvar ifrågasätta. Frågan är snarare om det verkligen fått de konsekvenser man hävdat.

Tanken på slaveriet som teknikhämmande faktor går ytterst tillbaka på Karl Marx' studier av slaveriet i den amerikanska Södern under 1800-talet, men fick snart en mera generell tillämpning och kom att övertas också av den icke-marxistiska antikforskningen. Problemet är emellertid att det finns alltför uppenbara och övertygande argument emot tesen, och under de båda senaste årtiondena har den åberopats alltmera sällan inom den seriösa forskningen. I stället talar man mera om betydelsen av variationer i tillgången på arbetskraft, oavsett dennas formella juridiska status.[4]

Att antikens överklass visade ett mycket måttligt intresse för tek-

niska innovationer som medel att lösa praktiska problem, äger alldeles säkert sin riktighet. En önskad produktionsökning åstadkoms normalt genom insättandet av en större mängd arbetare eller genom brukandet av ett större landområde. I det avseendet skilde den sig förvisso markant från vår egen tids ekonomiska och politiska ledarskikt, liksom från 1800-talets bourgeoisie, men betydligt mindre från 1600- och 1700-talens europeiska aristokrati, vars insatser för den begynnande industrialiseringen – enstaka undantag till trots – måste betecknas som ytterst blygsamma. I sig torde argumentet således ha ganska lite att säga om motsvarande förhållanden under antiken.

Och därmed kommer jag över till den tredje förklaringsgrunden, som är det egentliga temat för min uppsats. Förhållandet mellan den teoretiska vetenskapen och de praktiska produkter den avsätter är ett problem som inte bara berör antiken utan har en mera allmän räckvidd. Hur skapas ny kunskap? Hur sprids den? Och hur når den praktisk tillämpning?

För det första kan vi konstatera att motsättningen mellan tankearbete och handens arbete visserligen i hög grad karakteriserar antikens inställning, men att den ingalunda är specifikt antik. Den möter oss tvärtom, mer eller mindre utpräglad, tiderna igenom. Den är ingalunda främmande för den värld vi själva lever i. Det är sant att antikens vetenskapsmän normalt inte ägnade sin tid åt uppfinningar med omedelbar praktisk tillämpning – något som Archimedes sägs ha uppfattat som "lågsinnat och tarvligt".[5] Men om vi ska vara ärliga, gör våra egna teoretiska vetenskapsmän knappast detta i högre grad. De uppfinner möjligen transistorer, men knappast bärbara radioapparater.

Skillnaden mellan antikens vetenskapsmän och våra egna är således knappast så avgörande som man velat göra gällande. Båda grupperna ägnar sin tid åt grundforskning, åt skapandet av ny kunskap, vars praktiska utnyttjande man överlåter åt andra – åt tekniker och ingenjörer med tillräckliga teoretiska kunskaper för att förstå vetenskapsmännens resonemang, med tillräckliga kunskaper om det praktiska livet för att förstå dess behov, och med tillräcklig kreativ begåvning för att koppla samman dessa båda sfärer. I dagens samhälle har vi ett väl utbyggt nät av sådana tekniker. Men fanns de i antiken?

För att besvara denna fråga, vill jag först ställa en annan: Formulerade sig antikens vetenskapsmän på ett sådant sätt, att deras rön kunde nå ut till en bredare publik? Svaret är här klart och entydigt: det gjorde de. Vad antikens mekanik beträffar är vi bäst underrättade om vetenskapsmän av den alexandrinska skolan, verksamma vid Mouseion, det centrum för filosofi och vetenskap som skapats i Alexandria i början av 200-talet f Kr. Dessa vetenskapsmän känner vi genom senare skildringar, men i flera fall också genom bevarade delar av deras egna skrifter. Philon av Byzantion och Heron av Alexandria torde vara de bäst bekanta.[6] I deras verk finner vi ingående teoretiska diskussioner, men också beskrivningar av en del praktiskt användbara maskiner samt en rad *automata* – något som i allmänhet brukar beskrivas som leksaker utan meningsfullt syfte och tas som bevis för

vetenskapsmännens totala ointresse för praktiska uppfinningar. Jag tror att detta är en i grunden felaktig tolkning.

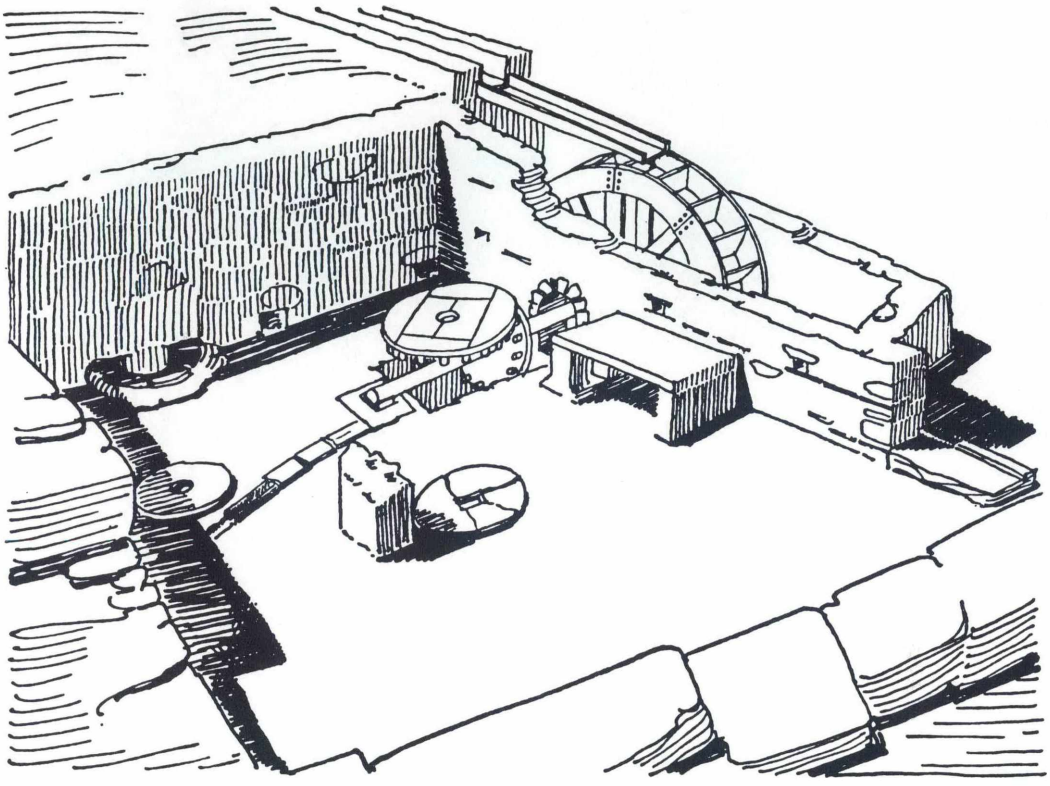
Ett automaton är, som ordet säger, någonting som rör sig av sig självt. Vårt låneord "automat" ger en viss uppfattning om vad det gäller. Det kan t ex röra sig om en modell av ett tempel, vars portar öppnas till synes genom gudomligt ingripande, i själva verket genom utnyttjande av en sinnrik lufttrycksmekanism.[7] Ett modernt automaton, som många av oss har i sitt hem, är änglaspelet. Jag minns själv mycket starkt min förundran, då jag som litet barn fick uppleva miraklet att änglarna började snurra runt och ett behagligt klingande spreds från klockorna. En leksak? Visst. Ett underverk? Lika visst. Men också någonting mer: en sällsynt effektiv modell för att åskådliggöra vissa grundläggande fysikaliska principer. Och det är rimligen just så antikens automata ska uppfattas. Dessa i eminent grad seriösa vetenskapsmän, som såg sig för goda att ägna sin tid åt "tarvliga" praktiska värv, har självfallet inte heller ägnat den åt leksaker för barn eller underverk åt lättrogna. Vad de framställt, är i stället modeller av grundläggande teoretiska principer, åtminstone delvis avsedda att åskådligt illustrera dessa för ingenjörer och tekniker på en lägre nivå – de som skulle göra vad vetenskapsmännen själva höll sig för goda för.[8] Automata visade på ett lättfattligt, ofta drastiskt, sätt hur principerna fungerade och antydde hur de skulle kunna praktiskt appliceras – även av den som saknade en mera ingående teoretisk skolning.

Antikens tekniker

Vad var det då för människor som fungerade som tekniker och ingenjörer i antiken? Av den moderna litteraturen får man knappast intrycket att de alls existerade, och inte heller är de ymnigt förekommande i den antika litteratur som blivit bevarad. Det är nu inte så mycket att förvånas över – inte heller i vår tid spelar ingenjörerna någon mera central roll inom litteraturarter som epos, lyrik, dramatik, historieskrivning osv. Men visst finns det spår av de antika ingenjörerna, inte bara i de arkeologiska resterna av deras konstruktioner utan också i skriftliga källor. Oftast skymtar de fram i förbigående, anonymt, men det finns också dem vi kommer betydligt närmare inpå livet. Jag ska ge två sådana exempel.

Den förste hette Quintus Candidius Benignus, fullkomligt obekant i den historiska litteraturen och känd endast genom inskriften på hans sarkofag, som påträffades i början av 1700-talet utanför Arles i Sydfrankrike. Den är avfattad på ett icke helt klassiskt latin och ett aningen klumpigt versmått, som i svensk prosaöversättning låter ungefär som följer:

"Han ägde den största hantverksskicklighet, vetenskaplig strävan, bildning och anspråkslöshet. Honom hälsade framstående hantverkare alltid som sin mästare. Ingen var lärdare än han, ingen kunde överträffa honom. Han kunde konsten att bygga maskiner och leda

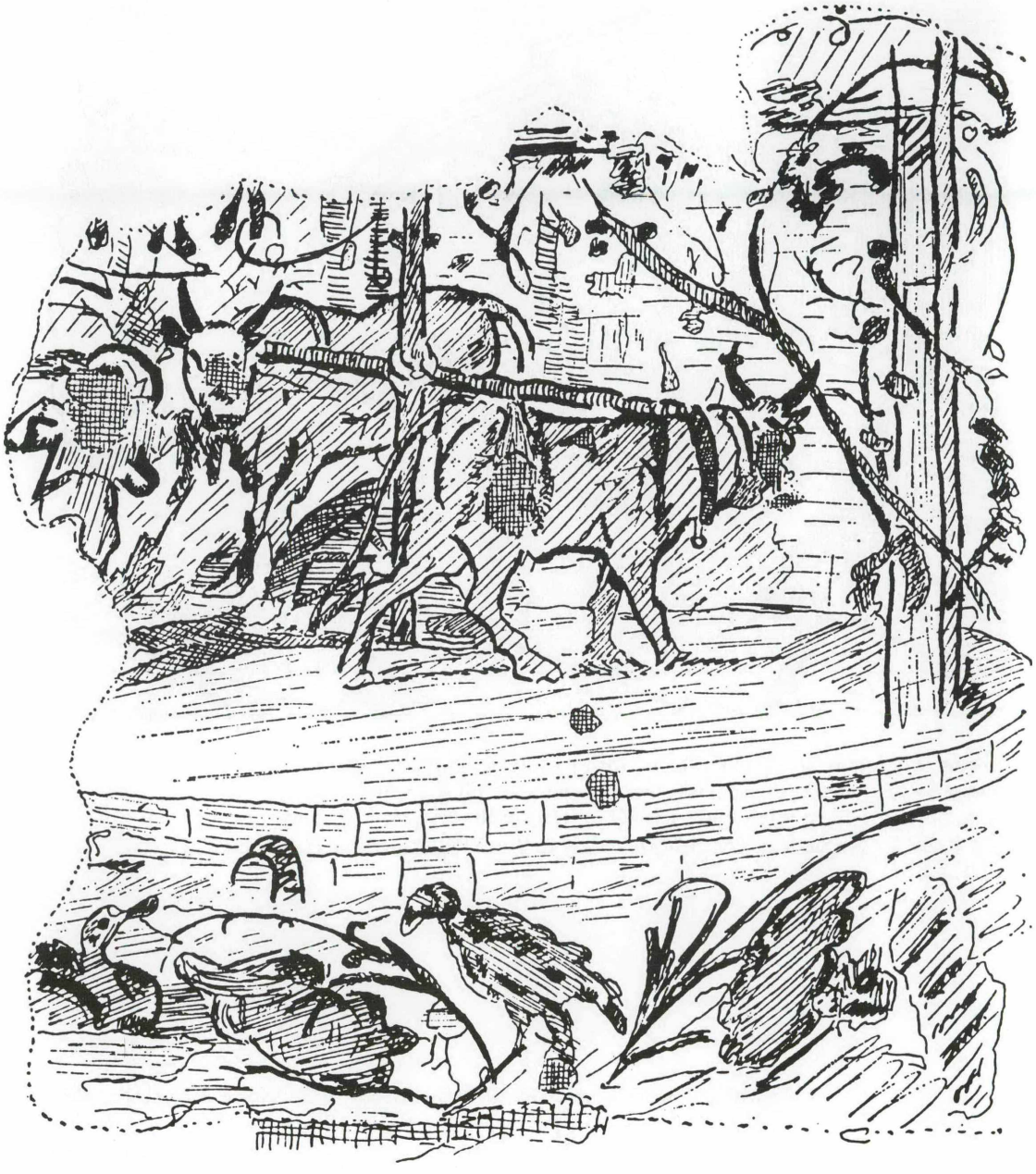


Rekonstruktion av en vattenmölla uppförd på torget, Agora, i Athen kring mitten av 400-talet e Kr. Tekniskt ansluter den nära till Vitruvius' beskrivning, bortsett från att vattenhjulet här har överfallsdrift. (Från H. A. Thompson & R. E. Wycherley, *The Athenian Agora*, Vol XIV, Princeton, N. J. 1972, fig 54)

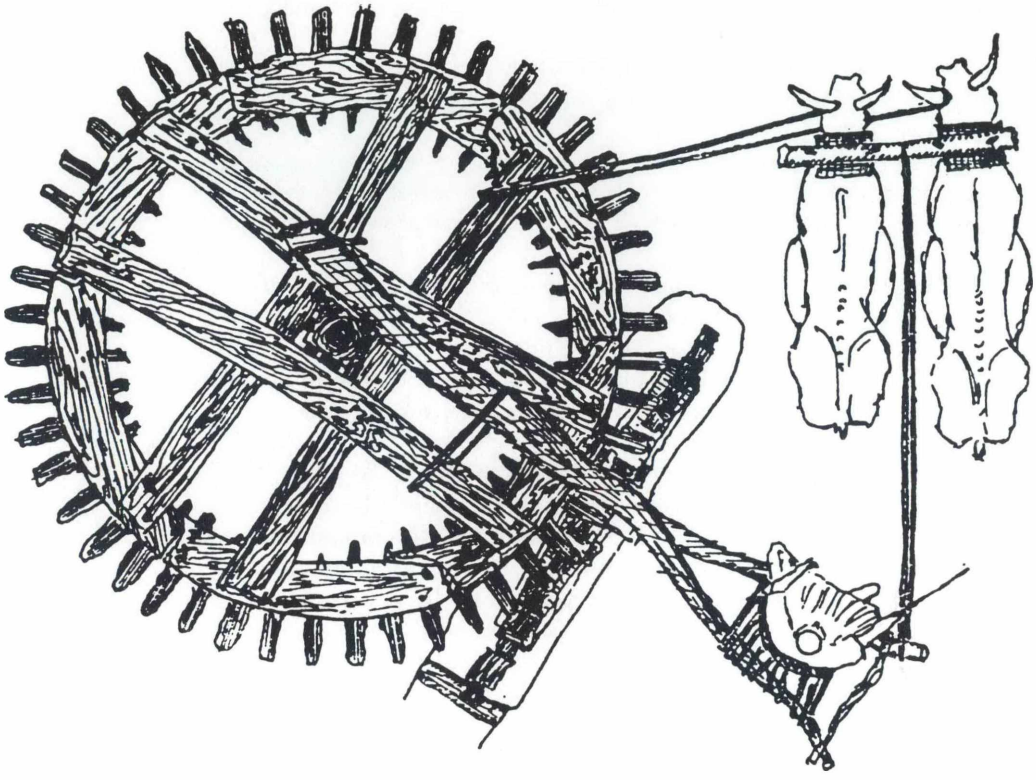
vatten. Han var en kär sällskapsbroder, som visste att utfodra sina vänner. Han var högt begåvad och god till sinnet."[9]

Candidius Benignus beskrives alltså uttryckligen som en sådan kunskapsförmedlande mellanhand som jag tidigare talat om. Han säges ha vissa vetenskapliga ambitioner utan att vara vetenskapsman själv; han är skickliga hantverkares mästare. Han har med all sannolikhet varit i stånd att själv studera vetenskapliga verk och ur dem välja ut sådana principer och automata som föreföll honom lämpliga att applicera på de praktiska problem han och de skickliga hantverkarna ställdes inför.

Om den andre antike ingenjör som jag här vill nämna vet vi mycket lite, men vi kan ur den handbok han skrev kort före Kristi födelse läsa



Sāqiyan, en kugghjulsutväxlad vattenuppfordringsmaskin driven av oxar. Till vänster en teckning baserad på den äldsta avbildning vi känner, en väggmålning från Alexandria från tiden för Kristi födelse; det vertikala kugghjulet skymtar mellan oxarna, medan det horisontella är skymt. Till höger en modern sāqiya sedd uppifrån, med båda kugghjulen tydligt urskiljbara. (Från Th. Schiøler, *Roman and Islamic water-lifting wheels*, Odense 1973, fig 108–109)



ut åtskilligt rörande just en sådan yrkesmans verksamhet. Han hette Vitruvius Pollio och är för eftervärlden främst känd som arkitekt. Hans verk går av hävd under namnet *Tio böcker om arkitekturen*, men ska man vara noga handlar endast de sju första om arkitektur i egentlig mening. Den åttonde behandlar vatten ur diverse olika aspekter, den nionde astronomi och tidmätning, den tionde "de principer som styr maskiner". Här befinner vi oss långt ifrån de alexandrinska vetenskapsmännens principdiskussioner och automata. Vi möter en utövande ingenjör, som på sin ålders höst vill förmedla kunskap om ett antal praktiska uppfinningar, som trots den nytta de kan göra endast sällan kommer till användning. Inte ens som ingenjör tycks Vitruvius vara att uppfatta som nyskapare. Det framgår med all

önskvärd tydlighet, att han långt ifrån att ha uppfunnit sina maskiner själv endast förmedlar kunskap han funnit i liknande grekiska ingenjörshandböcker. Den stora betydelse Vitruvius kommit att tillmätas i detta sammanhang, liksom i sin egenskap av arkitekt, grundar sig på det enkla faktum att nära nog alla andra antika handböcker av detta slag gått förlorade.

Bland Vitruvius' maskiner möter vi bland annat en beskrivning av en viktig ny princip: vattenkraften. Efter att ha förklarat hur tramphjul drivna av människor kan utnyttjas för att höja vatten till en högre nivå, fortsätter han som följer:

"Hjul konstruerade enligt samma principer används också i floder. Kring deras omkrets fästes vingar, vilka, när de träffas av flodens anlopp, genom sin rörelse framåt tvingar hjulet att rotera. Genom att ösa vatten i skovlarna och lyfta upp det till toppen, utför hjulen sålunda vad som behövs utan arbetares trampande, då de vrides av flodens egen kraft."

"Enligt samma princip vrids också vattenkvarnar, i vilka allt är detsamma, förutom att ett tandat hjul är fäst i ena änden av axeln. Men detta, som är placerat lodrätt på högkant, vrids tillsammans med vattenhjulet. Närmast detta är placerat ett större horisontellt hjul, också det tandat, av vilket det hålles fast. Genom att driva på tänderna på det horisontella hjulet tvingar således tänderna på det hjul som är fäst vid axeln kvarnstenarna att beskriva sin cirkelrörelse. En i denna maskin upphängd tratt förser kvarnstenarna med spannmål, och genom samma vridning knådas degen."[10]

Beskrivningen är påfallande kortfattad, och den har säkert ursprungligen varit försedd med en förklarande illustration. Icke desto mindre kan vi nog tämligen tryggt utgå ifrån att ingen tog sig för att bygga maskiner av detta slag uteslutande med hjälp av Vitruvius' eller andra handboksförfattares beskrivningar. De har säkert bara haft till syfte att inspirera läsaren att börja konstruera sådana maskiner. För det faktiska byggandet har man varit beroende av specialutbildade hantverkare.[11]

Steget ner från ingenjörer av Candidius Benignus' och Vitruvius' slag till hantverkarmästare och deras gesäller är inte svårt att föreställa sig. Men hur förhåller sig Vitruvius' maskiner på det andra hållet – till den teoretiska vetenskapen? Vattenmöllan är här ett utmärkt exempel, då den torde vara en av de mera komplicerade maskiner han presenterar. Underfallskvarnen, sådan som den beskrives av Vitruvius, förutsätter kännedom om tre viktiga principer, av vilka vi med stor sannolikhet vågar hävda att ingen var bekant tre hundra år tidigare. Den första är rotationsprincipen som en förutsättning för vridkvarnen, oavsett om denna drivs av människor, djur eller annan kraft. Den andra är vattenkraften med vattenhjulet som förutsättning för dess utnyttjande. Den tredje är utväxlingsmekanismen med vinkelställda kugghjul, utan vilka kraften inte kunnat överflyttas från en horisontell axel till en vertikal.

Om vridkvarnens ursprung vet vi ingenting säkert. Den roterande handkvarnen känner vi sedan 200-talet f Kr, den mera komplicerade

djurdrivna varianten obetydligt senare.[12] Ingenting tyder på att principen skulle vara att föra tillbaka på grekiska vetenskapsmäns verksamhet. Det flitiga experimenterande och nyskapande som förekommit inom kvarnområdet redan under de närmast föregående århundradena ger oss tvärtom anledning att uppfatta också denna innovation som en utveckling inom hantverket självt snarare än som resultatet av lärd spekulation.

Inte heller vad vattenkraften beträffar kan vi uttala oss med säkerhet, men vi vet att alexandrinska vetenskapsmän intresserade sig för olika energiformer och deras potentiella utnyttjande. Herons automata åskådliggör såväl vindkraftens som ångkraftens möjligheter,[13] men inom dessa fält kom antikens människor av allt att döma aldrig att göra några egentliga framsteg. Vårt äldsta belägg för utnyttjandet av vattenkraften står att finna i ett verk av Philon av Byzantion, som var verksam under andra hälften av 200-talet f Kr. Här finns en beskrivning av vad som förefaller ha varit ett slags vattenkraftsdrivet paternosterverk, avsett att lyfta vatten ur en flod eller ett mindre vattendrag. Olyckligtvis finns skriften i fråga bevarad endast i en arabisk översättning som uppenbarligen blivit föremål för senare tillägg, och det råder stor oenighet om huruvida just detta parti skall anses ursprungligen härröra från Philon eller inte.[14] Vi kan alltså inte heller i fråga om vattenkraften ge något entydigt besked, men det tycks mig här mera rimligt att se uppfinningen som resultatet av hellenistiska vetenskapsmäns tankemödor.

Kugghjulsmekanismen slutligen går utan tvivel tillbaka på strikt vetenskapligt teoretiserande. De första kända exemplen tillhör den alexandrinska skolan på 200-talet f Kr (Ktesibios och Archimedes), men först hos Heron under det första århundradet e Kr har vi mera ingående studier av kugghjulens möjligheter bevarade i original.[15] En helt unik illustration till dessa diskussioner utgör en liten, ytterligt komplicerad maskin av brons, som i början av vårt sekel påträffades i ett skeppsvrak utanför Antikythera i Grekland. Det rör sig, som man senare kunnat påvisa, om ett avancerat astronomiskt instrument från ca 80 f Kr.[16] Från ungefär samma tid stammar våra tidigaste exempel på vinkelställda kugghjul. Vi har då lämnat finmekaniken, och på det hela taget tillhör kugghjulens utnyttjande inte den vetenskapliga sfären utan ingenjörers och hantverkares. Vattenmöllans mekanism, liksom sāqiyans som troligen föregick den, krävde byggandet av väldiga kugghjul i trä – kugghjul som skulle utsättas för oerhörda fysiska påfrestningar och som därmed i sin tur krävde en långt driven hantverksskicklighet.[17]

Sammanfattning

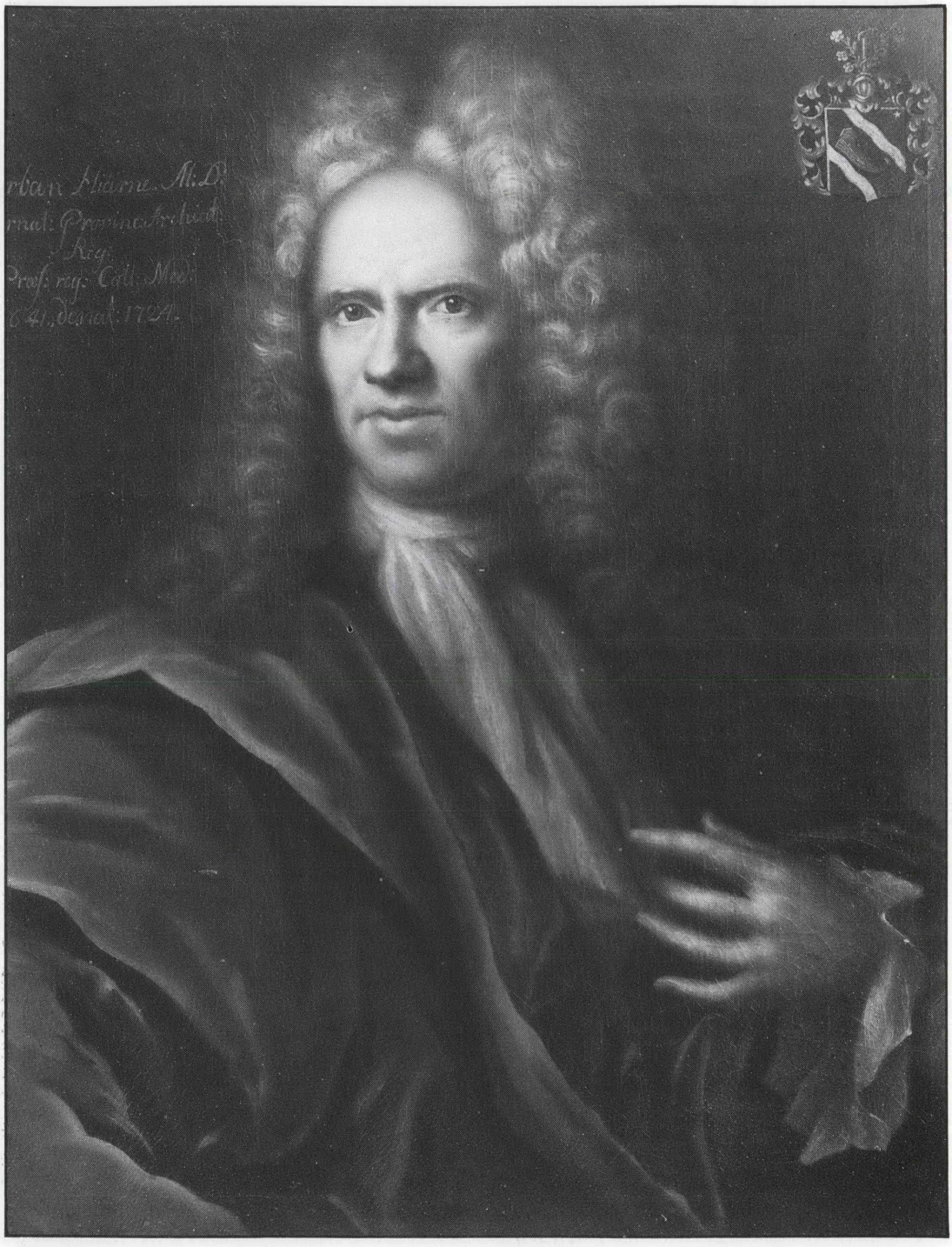
Vi kan alltså sammanfattningsvis konstatera, att av vattenmöllans tre teoretiska komponenter en med relativ säkerhet och en annan sannolikt går tillbaka på den hellenistiska vetenskapen, men att den tredje, vridkvarnen, ger oss en antydan om att betydande tekniska

framsteg kunde göras också vetenskapsmännen förutan. Inom loppet av ett par århundraden kom dessa tre principer att kopplas samman till en sofistikerad maskin, som inte bara löste ett akut problem rörande spannmålsmalningen utan också i sinom tid skulle komma att ligga till grund för en mera allmän mekanisering och industriell expansion. Om den geniale uppfinnare som åstadkom detta, vet vi över huvud taget inte något. Men jag är personligen övertygad om att vi har att söka honom inte bland vetenskapsmännen i Alexandria utan snarare bland Candidius Benignus' yrkesbröder – han som "ägde den största hantverksskicklighet, vetenskaplig strävan, bildning och anspråkslöshet", hantverkarnas mästare, som "kunde konsten att bygga maskiner och leda vatten".

För med all sannolikhet har de rätt som hävdar att antikens vetenskapsmän föraktade kroppsarbete och intresserade sig föga för de ovärdiga, praktiska konsekvenserna av sina upptäckter. Men jag tror ingalunda de har rätt, då de vill göra gällande att detta skulle på något avgörande sätt ha hämmat den tekniska utvecklingen.

Noter

1. M. I. Finley, "Technical innovation and economic progress in the ancient world", *The Economic History Review*, 2 ser, 18, 1965, sid 29.
2. Se framför allt *Exploitation of water-power or technological stagnation? A reappraisal of the productive forces in the Roman Empire*, Lund 1984 (Studier utgivna av Kungl Humanistiska Vetenskapssamfundet i Lund 1983–1984:3), samt "Framsteg eller stagnation? Nyare strömningar i antik teknikhistoria", *Polhem* 4, 1986, sid 145–164.
3. För en allmän introduktion till problemet, se H. W. Pleket, "Technology and society in the Graeco-Roman world", *Acta Historiae Neerlandica* 2, 1967, sid 1–25.
4. En utmärkt översikt över forskningens utveckling presenteras av J. T. Lauridsen, "Hovedlinier i den nyere debat om årsagerne til den teknologiske stagnation i antikken", *Museum Tusculanum* 44–47, 1981, sid 19–60.
5. Plutarchos, *Marcellus* 17, 4,
6. G. E. R. Lloyd, *Greek science after Aristotle*, London 1973 (Ancient culture and society), sid 91–112.
7. Heron, *Pneumatika* I 38.
8. Något som naturligtvis inte hindrar, att den stora grupp automata som likt de ovan nämnda tempelportarna hade karaktär av religiösa underverk samtidigt kan ha syftat till att vidmakthålla och stärka folklig vidskepelse och övertro. Jfr. B. Farrington, *Grekisk vetenskap*, Stockholm 1965, sid 175–178.
9. *Corpus Inscriptionum Latinarum* XII 722.
10. Vitruvius, *De architectura* X 5, 1–2.
11. Som t ex vattenkvarnsingenjören ("manganareios hydraleta") Euchromeios, vars gravsten från 300- eller 400-talet e Kr påträffats i Sardes. Jfr Ö. Wikander, *Vattenmöllor och möllare i det romerska riket*, Lund 1980, sid 130–131.
12. L. A. Moritz, *Grain-mills and flour in Classical Antiquity*, Oxford 1958, sid 62–121.
13. Heron, *Pneumatika* I 43; II 6 och 11. Jfr J. G. Landels, *Engineering in the ancient world*, London 1978, sid 26–30.
14. Philon, *Pneumatika 65*. Jfr Ö. Wikander, "The use of water-power in Classical Antiquity", *Opuscula Romana* 13, 1981, sid 92, med hänvisningar till vidare litteratur.
15. Kugghjulets äldsta historia har först på senare tid blivit föremål för seriös behandling, varför tidigare handbokslitteratur om ämnet måste studeras med stor försiktighet. Se nu i synnerhet V. Foley *et al*, "The origin of gearing", *History of Technology 7*, 1982, sid 101–129.
16. Föredömligt publicerat av D. J. de Solla Price, *Gears from the Greeks. The Antikythera mechanism – a calendar computer from ca 80 B.C.*, Philadelphia 1974 (Transactions of the American Philosophical Society, n.s. 64:7). Jfr också G. Pipping, "Antikytherafyndet i ny belysning", *Polhem* 4, 1986, sid 202–213.
17. J. P. Oleson, *Greek and Roman mechanical water-lifting devices: The history of a technology*, Toronto 1984 (Phoenix, Suppl vol 16), särskilt sid 370–385.



Urban Hierne. Porträtt. 1700-talskopia av J. H. Scheffel, efter samtida originalmålning.

SIGVARD STRANDH

En teknikhistorisk återblick

Den tekniskt-industriella forskningens rötter i Sverige

Forskning, att forska, är ord som relativt sent fått fotfäste i svenska språket. Det första belägget är – enligt Svenska Akademiens Ordbok, SAOB – från 1726, med ytterligare två under 1700-talets senare hälft. Det ena belägget är från Hedvig Charlotta Nordenflycht, det andra från Anna Maria Lenngren. Den senare skaldinnan talar dessutom om forskariver. Men det är *ordet* forskning som här är belagt. Semantiskt, till den inneboende meningen, betyder det snarast efterforskning, inte forskning i vår betydelse. Man får gå till tidiga 1900-talet innan ordet forskning får den innebörd som vi i dag lägger i begreppet.

Forskning i dagens mening innebär en tillämpning av den vetenskapliga metoden, dvs att man ställer upp en hypotes som sedan prövas med experimentella och teoretiska metoder. Den vetenskapliga metoden vann emellertid inte insteg inom naturvetenskaperna förrän under 1600-talet. Jag ska här försöka spåra rötterna till den tekniskt-industriella forskningen i Sverige – med några internationella utblickar – och vi finner forskningens upprinnelse just i det sena 1600-talet.

Tidig kemisk forskning

I vårt land har man, som vi vet, redan på ett mycket tidigt stadium blivit medveten om den ekonomiska betydelsen av att bearbeta de malm- och mineralfyndigheter som finns i den svenska berggrunden. När så intresset vaknade för att mer systematiskt försöka avlocka naturen dess hemligheter var det naturligt att tidens vetenskapsmän koncentrerade sitt studium till geologi, mineralogi och den rena

kemin. Vid denna tid började kemin så sakteliga framträda som en självständig vetenskap, att frigöra sig från den övertro och vidskeplighet som karakteriserade de gångna tidernas alkemi.

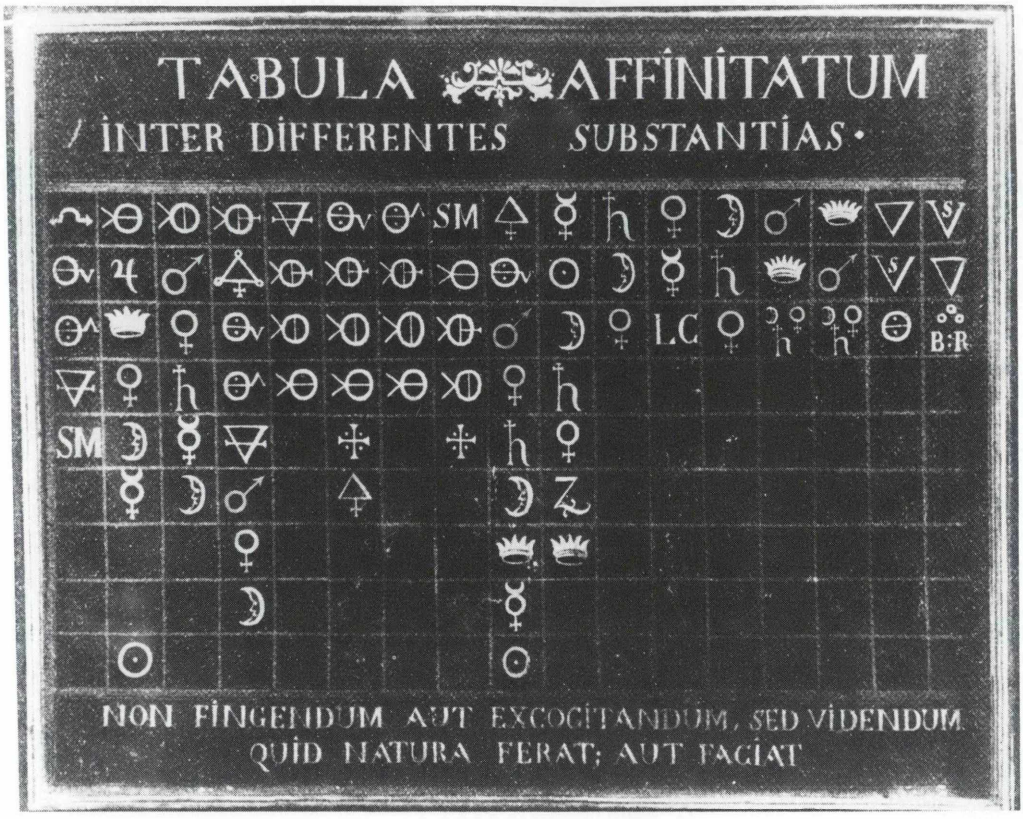
Den första händelse, som i detta sammanhang är värd att notera är inrättandet av Laboratorium Chemicum i Stockholm 1683. Det var läkaren och naturvetaren *Urban Hjärne* (1641–1729) som lyckades få detta till stånd. Avsikten var att insamla kända medicinalväxter, att söka analysera deras verksamma beståndsdelar och experimentera fram metoder för att framställa läkemedel. Produkterna skulle delas ut till fattiga sjuka och behövande. Hur det gick med den saken vet vi inte så mycket om. Men Hjärne drömde om att få igång något av en läkemedelsindustri, om än i blygsam skala. Under sitt arbete i laboratoriet upptäckte Hjärne myrsyran, som har betecknats som det första framsteget för den experimentella kemin i vårt land.

Urban Hjärne hade dock andra intressen, som snart började ta överhand. Det var framför allt hälsokällor som nu hade blivit på modet i Centraleuropa. Han hade grundat Medevi brunnsanstalt 1678 och verkade där under lång tid som läkare. Hjärne får betecknas som en pionjär inom den kemiska, nyttobetonade forskningen och fick stor betydelse för sina efterföljare i "kemins guldålder" i Sverige under sent 1700-tal och början av 1800-talet.

En kemisk forskare av format möter vi i *Johan Gottschalk Wallerius* (1709–85). Han blev professor i Uppsala 1750 i kemi, mineralogi och farmaci. Samtidigt drev han Hagelstens gård i Alsike, utanför Uppsala. Där specialiserade han sig på jordbrukets kemi och hade ett eget laboratorium på gården. Wallerius utkom 1761 med ett digert arbete på latin och svenska: *Agriculture fundamenta chimica* eller *Åkerbrukets kemiska grunder*. Nya upplagor och översättningar till flera språk kom år 1778. Dessa arbeten anses som banbrytande för jordbrukets kemi och fick stor betydelse för både Jacob Berzelius och Justus von Liebig. Den senare betraktas ju numera som skaparen av det moderna, vetenskapligt bedrivna jordbruket. Wallerius tog avsked från sin professur i Uppsala 1767 för att helt ägna sig åt jordbrukskemin och sin gård, och efterträddes då av *Torbern Bergman* (1735–84), den kanske mest framstående gestalten i vad jag nyss kallade "kemins guldålder" med – till en början – Uppsala som centrum.

Bergman var mycket mångsidig. Han började redan under gymnasietiden i Skara med biologi och zoologi, sedan blev det astronomi och matematik i universitetsstudierna. Han blev docent i fysik i Uppsala 1758. Bergman sysslade då bl a med elektriska fenomen av olika slag, främst luftelektriciteten. Han publicerade 1764 en avhandling om åskans skadeverkningar och hur de skulle förhindras. Han gav anvisningar om hur byggnader skulle skyddas mot åskslag, genom åskledare. Ungefär samtidigt arbetade Benjamin Franklin i Philadelphia med samma problem. Bergmans respektive Franklins prioritet är omtvistad.

Då Bergman blev kemiprofessor 1767 kom hans intresse – helt naturligt – att domineras av kemisk forskning. Av intresse i vårt sammanhang är hans analyser av järn och stål som blev av grundläg-

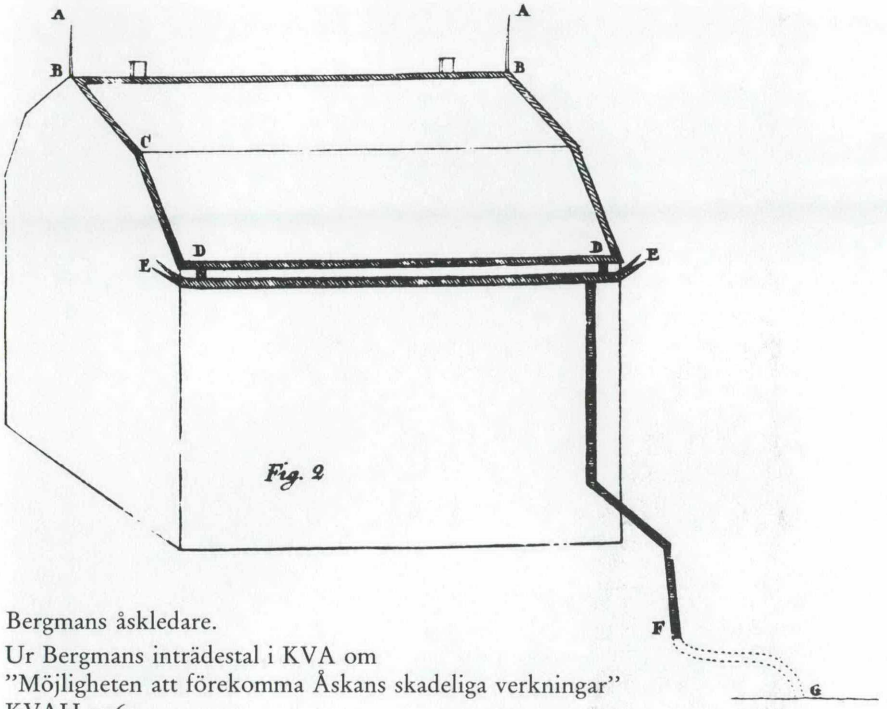


Bergmans affinitetstabell.

gande betydelse för den fortsatta utvecklingen av metallurgin. Bland Bergmans kemiska forskningsresultat väckte hans affinitetstabeller stor uppmärksamhet. Här sammanställde han de kemiska ämnenas frändskap genom ett otal försök för att bestämma likheter i deras beteenden. Närmare det periodiska systemet kunde man inte komma på detta stadium.

Bergmans ihärdiga experimenterande i dåtidens både oeldade och icke ventilerade laboratorier tärde hårt på hans hälsa. Han sökte kurera sig vid Medevi brunn men dog där 49-årig 1784.

Vän och kollega till Bergman under de senare åren var *Karl Wilhelm Scheele* (1742–86). "Apotekaren i Köping", som han kallades, var en av våra mest framstående grundforskare under denna tid. Resultaten av hans forskning fick emellertid så småningom mycket



Bergmans åskledare.
Ur Bergmans inträdestal i KVA om
"Möjligheten att förekomma Åskans skadeliga verkningar"
KVAH 1764.

stor teknisk betydelse. Så är exempelvis fallet med grundämnet klor, som Scheele upptäckte 1774. Tvåhundraårsminnet av denna händelse firades 1974 i Stockholm och Uppsala av klorindustrins internationella sammanslutning, International Chlorine Association.

Det var också Scheele som kunde konstatera att klorsilver svärtas av ljus. Detta väckte stor uppmärksamhet eftersom Priestley tidigare hade hävdat att svärtningen berodde på att klorsilvret utsattes för luftens inverkan. Denna Scheeles upptäckt fångades upp av fotografins pionjärer på 1830-talet och har sedan dess fått en allt större teknisk betydelse.

Scheeles upptäckt av syre ska jag här inte gå in på, prioritetskonflikten med Lavoisier och Priestley har utretts av Uno Boklund, även om denne inte fick möjlighet att fullborda sitt stora arbete om Scheeles *Bruna bok* (hans labjournal).

Jag har valt att nämna dessa forskare i en följd – Hjärne, Wallerius, Bergman och Scheele – därför att de huvudsakligen ägnade sig åt grundforskning, där deras resultat dock med tiden fått stora och betydelsefulla tekniska tillämpningar.

Skeppsbyggnad

En annan märklig gestalt under 1700-talet var *Fredrik Henrik af Chapman* (1721–1808) som gjorde banbrytande insatser inom skeppsbyggeriet. Han var född i Göteborg och fick sin praktiska utbildning vid skeppsvarv i England, Holland och Frankrike. Jämsides studerade han också matematik och fysik. Från 1757 var han skeppsbyggmästare i Stockholm, senare vid Sveaborg där han också sysslade med modellförsök för att utröna egenskaperna hos fartyg med olika skrovform. Han anses sålunda ha inrättat den första skeppsprovningsrännan i vårt land. Baserat på sina praktiska försök och teoretiska överväganden publicerade han 1768 sin *Architectura Navalis Mercatoria* den första vetenskapliga framställningen av skeppsbyggnadstekniken i vårt land. Den väckte också stor internationell uppmärksamhet.

af Chapman konstruerade och byggde också ett skepp för Ostindiska Kompaniet. Detta fartyg ansågs ha mycket goda sjöegenskaper. År 1781 kallades af Chapman till chef för Örlogsvarvet i Karlskrona, och verkade där till sin död 1808. Han utgav där flera vetenskapliga arbeten, bl a *Försök till teoretisk avhandling att giva linjeskepp och fregatter deras rätta form*. Hans *Architectura Navalis* har utgivits i nytryck (1960-talet) och betraktas med rätta som den första klassikern på sitt område.

Metallurgi

Vi ska nu gå något tillbaka i tiden för att finna några exempel på tidig teknisk forskning inom det metallurgiska området. Först ska vi se lite närmare på den s k järnvräkningen som infördes av Bergskollegium 1671. Det var en form av kvalitetskontroll av stångjärn avsett för export. Järnet skulle vara stämplat med ett märke för att tillverkaren skulle kunna identifieras. Järnvräkeriet var lokaliserat till de järnvågar som fanns vid exporthamnarna, för t ex Upplandsbruken var det Öregrund. Vi vet att det svenska järnet ofta kallades "Orground Iron" i England. Vid järnvräkningen hade man vissa normer, eller gränsvärden, och det järn som inte höll måttet kasserades och konfiskerades av Kronan för att bl a användas som barlast i örlogsfartyg.

Det bruk som fått sitt stångjärn "vräkt" eller refuserat var naturligtvis angeläget om att komma tillrätta med orsakerna till de fel som järnet var behäftat med. De anställde försök genom att variera sammansättningen av malmen vid smältningen i hyttan. Hur pass målmedvetet och sakkunnigt dessa försök gjordes under järnvräkningens första tid vet vi inte så mycket om. Men utan tvivel gav denna hårda kvalitetskontroll ett kraftigt incitament till att försöka få fram en så bra produkt som möjligt. Det gick upp för hyttmästarna ute på bruken att det helt enkelt var lönsamt att experimentera fram bättre järn. Experiment av detta slag kan man knappast kalla för forskning, men väl utvecklingsarbete, produktutveckling med en modern term. Men de ofta mycket seriösa undersökningar som då gjordes blev

avstampen för en alltmer omfattande och tekniskt inriktad forskning inom metallurgin. Bergskollegiets hårda bestämmelser om kvalitetskontroll bäddade också för djupare undersökningar om järnets metallurgi, ävenså om malmförekomsternas geologi. Det var framför allt två vetenskapsmän som kom att göra banbrytande insatser inom dessa områden på 1700-talet. Det var *Emanuel Swedenborg* och *Sven Rinman.*

Swedenborg (1688–1772) hade en gedigen utbildning i naturvetenskaperna, han vistades 1710–15 i England (med mellanlandning i Holland och Paris) där han i Oxford och London bl a följde Isaac Newtons föreläsningar. Efter hemkomsten samarbetade han med Christopher Polhem i flera år och deltog i några av Polhems avancerade anläggningsarbeten, bl a slussarna i Trollhättan. Swedenborg blev den i särklass mest produktive författaren av naturvetenskapliga skrifter i vårt land under 1700-talet. Han publicerade flera stora arbeten om framställning av metaller – *Om järnet* (De Ferro), *Om kopparen, De regnum subterraneum, Opera Philosophica et Mineralia.* Dessa verk utkom 1734. Arbetena grundade sig på omfattande litteraturforskningar, men också på praktiska försök. Swedenborg samarbetade därvid med bergmästaren Lars Schultze, en i bergshanteringen mycket kunnig och erfaren man.

Värdet av Swedenborgs metallurgiska skrifter ligger framför allt i att de ger en mycket grundlig beskrivning av 'the state of the art' inom hela metallhanteringen, och dessutom redogörelser för åtskilliga metodförbättringar. Swedenborg skrev sina arbeten på latin – enligt tidens sed – och flera av dem översattes till olika europeiska språk.

Sven Rinman (1720–92) blev tidigt fascinerad av kemi och mineralogi. Från 14-årsåldern följde han föreläsningarna vid universitetet i Uppsala av Samuel Klingenstjärna i matematik och den här tidigare nämnde J G Wallerius i kemi. Som 18-årig företog han en studieresa tillsammans med sin äldre bror till bergverken i Sala och Falun och därmed hade han sin framtida yrkesinriktning klar. "Han blev bergtagen" som Gösta Bodman skriver i en uppsats om honom i Daedalus.

Som 19-åring fick han i uppdrag av bröderna De Geer på Leufsta Bruk att inrätta en "proberkammare" på bruket. Det var benämningen på ett laboratorium inom bergshanteringen. De Geers beställning var inte någon svår uppgift för Rinman, han hade redan ordnat ett välutrustat laboratorium i sin bostad i Uppsala. Rinman gjorde en mycket snabb karriär sedan han anställts i Bergskollegium. Under sin första tid som auskultant bekostade De Geer en tvåårig lärdomsresa till Centraleuropa, och som förberedelse för denna fick han i uppdrag av Bergskollegium att studera de svenska bergverken. Innan 40 års ålder blev han direktör för rikets grov- och svartsmide samt assessor i Bergskollegium. Under sin utrikesresa knöt Rinman en lång rad förbindelser med vetenskapsmän runt om i Europa inom kemi och bergsvetenskap, med vilka han sedan korresponderade och utbytte tankar. Rinman arbetade rastlöst både i sitt laboratorium och ute på fältet med att kritiskt analysera metoderna för bearbetning av alla slags råvaror: järn- och stålframställning, kling- kniv- och liesmide,

valsverk, skärverk, gevärsfaktorier, fingerborgstillverkning, urfjädrar, mässing, gallmeja, stenkolsgruvor, svavel, alun, olja, papper, cement, torv, klinker, tegel, fajans och porslin, och mycket mera.

Rinman hade också flera medhjälpare bland bergmästare och hyttfolk som medverkade vid de förbättringar och nykonstruktioner av hyttor och t ex brännstålsugnar som han företog. Vi möter i Sven Rinman en forskare av nära nog modernt snitt, verksam i sitt laboratorium med teoretiska undersökningar och praktiska experiment i liten skala, men ständigt i förbindelse med praktikens män ute på bruken där han kunde utföra sina försök i full skala. Hans forskarflit resulterade i ett par mycket fullödiga arbeten. *Anteckningar till kunskap om den grövre järn- och ståltillverkningen* (1772). *Försök till järnets historia* (1782). Och så 1788–89 det stora samlingsverket *Bergwerkslexikon* i 2 band plus planscher, där han sammanfattade sina FoU-resultat.

Rinman har kallats "den svenska bergshanteringens fader", en romantisk etikett av det slag som man på 1800-talet gärna fäste på framstående personer. Polhem har, som vi vet, i samma anda fått heta "den svenska mekanikens fader".

Det hände mycket under 1700-talet, som Eli Heckscher kallade "nyttans århundrade".

Christopher Polhem (1661–1751). Jag nämnde just Polhem. Var inte han forskare? Ja och nej. Denne högst märkliga gestalt i vår historia var främst en högt begåvad polyhistor, han försökte famna och behärska hela sin tids vetenskap – och kanske spred han sig då för tunt. Med Urban Hjärnes Laboratorium Chemicum som förebild inrättade Polhem 1696 ett Laboratorium Mechanicum för forsknings- och utvecklingsarbete inom mekaniken. Här tillkom bl a hans mekaniska alfabet, som jag strax ska återkomma till. En målmedveten ansats till teknisk grundläggande forskning företog dock Polhem här inom hydromekaniken. Han konstruerade en mycket ändamålsenlig apparat för att studera kraft och effekt hos vattenhjul av olika typer – överfalls-, bröstfalls- och underfallshjul med olika slag av skovelkonstruktioner. Detta omfattande projekt utfördes i Falun av stipendiaten Göran Wallerius och tog två år, ca 25.000 mätningar gjordes. Resultaten av dessa studier användes av vattenhjulskonstruktörer under lång tid framöver. Polhem var under detta arbete också snubblande nära att definiera sådana grundläggande begrepp inom mekaniken som t ex arbete, dvs kraft gånger väg.

Inom sin specialitet, mekaniken, utvecklade Polhem en genialitet som har få motstycken, både i vårt land och internationellt. Manufakturverket i Stjernsund, anlagt 1700, var en underbar skapelse. Fem à sex vattenhjul, med dolda tillfartsrännor, drev en lång rad maskiner – bälgar för ässjor och smälthärdar, valsverk, klippstolar, smideshammare och annat. Av valsad tunnplåt (nyhet för Sverige) tillverkades här en hel rad förnödenheter enligt löpande band-principen. Tallrikar och bestick, bägare och fat, kastruller och stekpannor m m. Vidare takplåt, häng- och stuprännor med fästen och beslag. Samt tidvis specialprodukter som hänglås, tolkar för mätning ("polhemsstic-

kor"), kugghjul för klockor och hela urverk. De maskiner som Polhem konstruerade för automatisk tillverkning av kugghjul för klockor var långt före sin tid. Först på 1920-talet tillkom verktygsautomater med likvärdiga prestationer.

Med alla dessa idéer och konstruktioner inom mekaniken bröt Polhem igenom "kunskapsvallen" i sin samtid. Men det kan ifrågasättas om detta kan karakteriseras som forskning i den mening som vi idag lägger i begreppet. Likaså hans mekaniska alfabet, ett i och för sig genialiskt pedagogiskt grepp för att lära ut användningen av maskinelement. Jag citerar hans motto: "Liksom skalden har bokstäverna i vårt vanliga alfabet i minnet och därav sammanställer den skönaste poesi, skall en mekanikus städse ha i minnet det mekaniska alfabetet för att därav kunna konstruera de nyttigaste maskiner."

På teknikens dåvarande ståndpunkt var det mekaniska alfabetet onekligen ett avancerat utvecklingsarbete. Men Polhem publicerade inte något om detta, han förbehöll det för sin egen undervisning som han under åtskilliga år bedrev på Stjernsund. Det var en form av internatskola där eleverna var unga svenska adelsmän och andra välbeställda liksom även söner till bergverksägare i Centraleuropa. Bland Polhems många kvaliteter kan vi också konstatera att han var en både skicklig och hård affärsman. Det mekaniska alfabetet var en god inkomstkälla för honom. Därför behöll han det för sig själv. Till Polhems heder bör dock tilläggas att han gjorde sina uppfinningar och konstruktioner allmänt tillgängliga i sitt "Patriotiska testamente".


Underrättelſe/
Om ſhet
Förtenta Stiernesunds Arbete/
Thet
MM/
Och
ÖRTERING.
STOCKHOLM/

Titelsida till broschyr om Manufakturverkets produkter. Sannolikt Sveriges första reklamtryck.

Kungl Vetenskapsakademien

Låt oss dröja kvar något i "nyttans århundrade". År 1739 bildades Kungl Vetenskapsakademien, KVA, med blomsterkonungen Carl von Linné som dess förste preses. Tillkomsten av KVA måste betecknas som en av de stora milstolparna i den naturvetenskapliga forskningens historia i Sverige. Av största betydelse var att Sverige härigenom placerade sig på den vetenskapliga världskartan ända från KVA:s begynnelse, främst genom två då redan internationellt kända vetenskapsmän, Linné och Anders Celsius. Det bör här understrykas att KVA:s verksamhet under åtminstone de första hundra åren i stort sett var inriktad på sådana områden som vi i dag kallar teknik och industri. Det var "nyttiga manufakturer" som var det främsta riktmärket för ledamöternas arbete. Jag ska emellertid inte fördjupa mig ytterligare i detta. En granskning av registren i KVA:s handlingar ger övertygande och rikliga belägg för KVA industriellt-tekniska inriktning.

Som ett exempel vill jag endast anföra Linnés berömda forskningsresor i Sverige, som han företog på statsmakternas och KVA:s uppdrag. I direktiven för hans resa till Öland och Gotland heter det: "att göra en undersökning vad som i djur-, växt- och mineralriket därstädes kan finnas till fäderneslandets nytta". Han skulle bl a "göra sig underrättad" om sådana "gräs och växter som till färgerier tjänliga



Christopher Polhem.

KONGL.
VETENSKAPS
ACADEMIENS
NYA
HANDLINGAR,
Tom. XX.
FÖR ÅR 1799.



STOCKHOLM,
Tryckte hos Johan Pehr Lindh, 1799.

KVAH 1799. Spec. av intresse är vignetten ”För efterkommande” (”gubben som gräver”)

äro". Vidare söka efter ler- och jordarter "som till hel- och halvporcellaner, tobakspipor, klädesvalkande m m äro".

Framför allt blev Linnés publicerade reseberättelser viktiga incitament till att "gräva där man stod" och ta tillvara de naturtillgångar som fanns och att utnyttja dem hantverks- och industrimässigt.

Jernkontoret

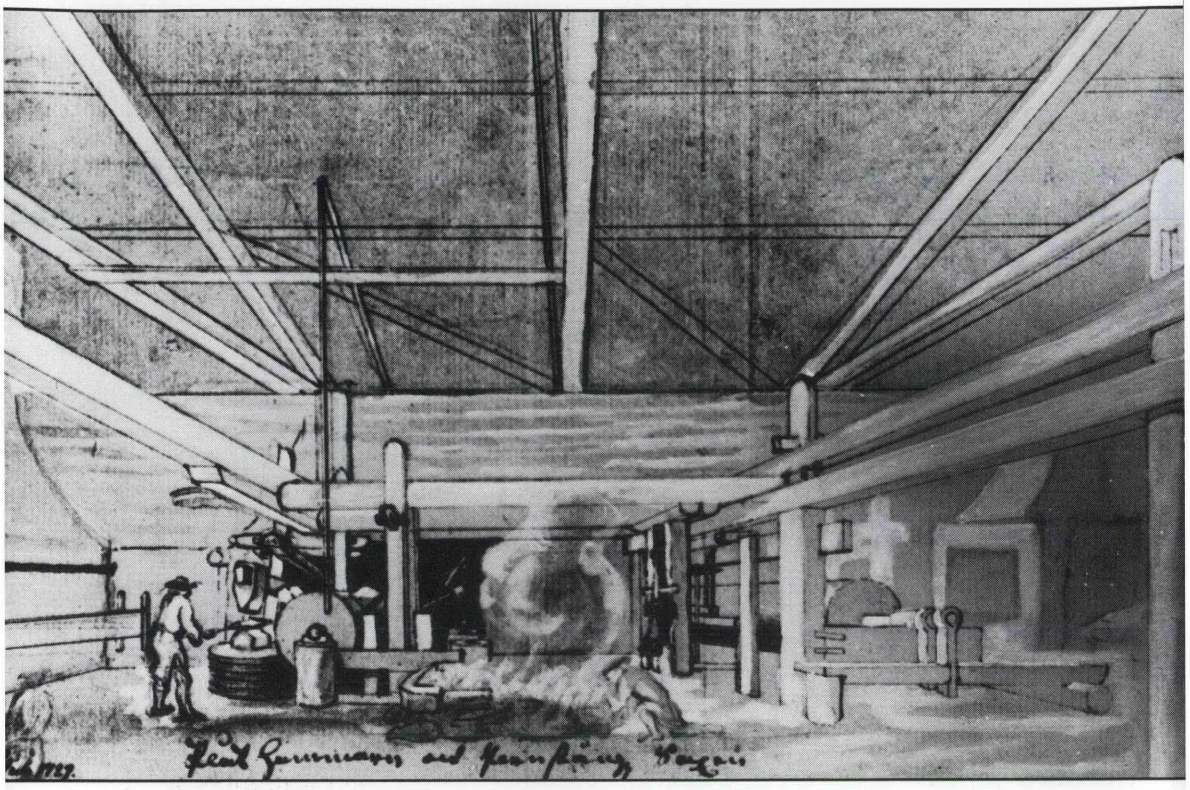
En annan betydelsefull milstolpe under 1700-talet finner vi då Jernkontoret tillkom 1748. Det var en sammanslutning av bruksägare med uppgift att på olika sätt "understödja och främja den svenska järnhanteringen". Man kan säga att Jernkontoret var en institutionalisering av den verksamhet som Swedenborg och Rinman då redan hade dragit igång. Jernkontorets fullmäktige (dvs styrelse) initierade en rad forskningsprojekt på det metallurgiska området, och resultaten publicerades som regel i monografier, och från 1817 i Jernkontorets Annaler (JKA), vår första reguljära tekniska tidskrift. Jernkontorets verksamhet har belysts i en utförlig historisk framställning, och jag ska inskränka mig till att ge ett par exempel på forskningsinsatser. (Jfr Bertil Boethius och Åke Kromnow: Jernkontorets historia, 3 bd, 1951–55)

Under tidigt 1800-tal var en frågeställning på tapeten som hade stor produktionsekonomisk betydelse inom järnhanteringen, nämligen om stångjärnet skulle valsas eller smidas ("räckas"). I England var det då brukligt att varmvalsa stångjärn, och många – även i Sverige – ansåg att metoden gav bättre resultat än hammarsmide. Ägaren till Bofors Bruk sedan 1812, *Per Lagerhjelm* (1787–1856), tog upp frågan med Jernkontoret och blev bemyndigad att utföra praktiska prov för Jernkontorets räkning. Lagerhjelm tog 1825 med sig stål från Bofors till England där det varmvalsades till stänger. Proven gav klart vid handen att det hammarsmidda stångjärnet var ojämnare än det valsade. (De svenska bruken ställde relativt snabbt om sin produktion till valsning av stångjärn, för att inte akterseglas av konkurrensen.)

Men nu hade den ursprungliga frågan ställts inför ett nytt, och generellt mer betydelsefullt problem, nämligen att finna provningsmetoder som i klart definierade siffror kunde jämföra de olika produkterna. Sådana metoder fanns ännu inte.

Jernkontoret beviljade 1826 ett anslag till Lagerhjelm och hans medarbetare för fortsatta försök "att bestämma smidt stångjerns täthet, jemnhet, spänstighet, smidbarhet och styrka". Denna sats definierar enkelt och koncist det nya begreppet *materialprovning* på vetenskaplig bas, som därmed introducerades i Sverige.

Per Lagerhjelm var inte en "brukspatron" av Selma Lagerlöfs snitt, han hade en gedigen utbildning i matematik, fysik och kemi, och var dessutom väl förtrogen med materialteknikens klassiker: Galilei, Réamur, Musschenbroek, Hooke m fl. Lagerhjelm gjorde nu en mycket grundlig teoretisk utredning av den fysikaliska bakgrunden till de materialegenskaper hos järnet som Jernkontoret hade preciserat i sina



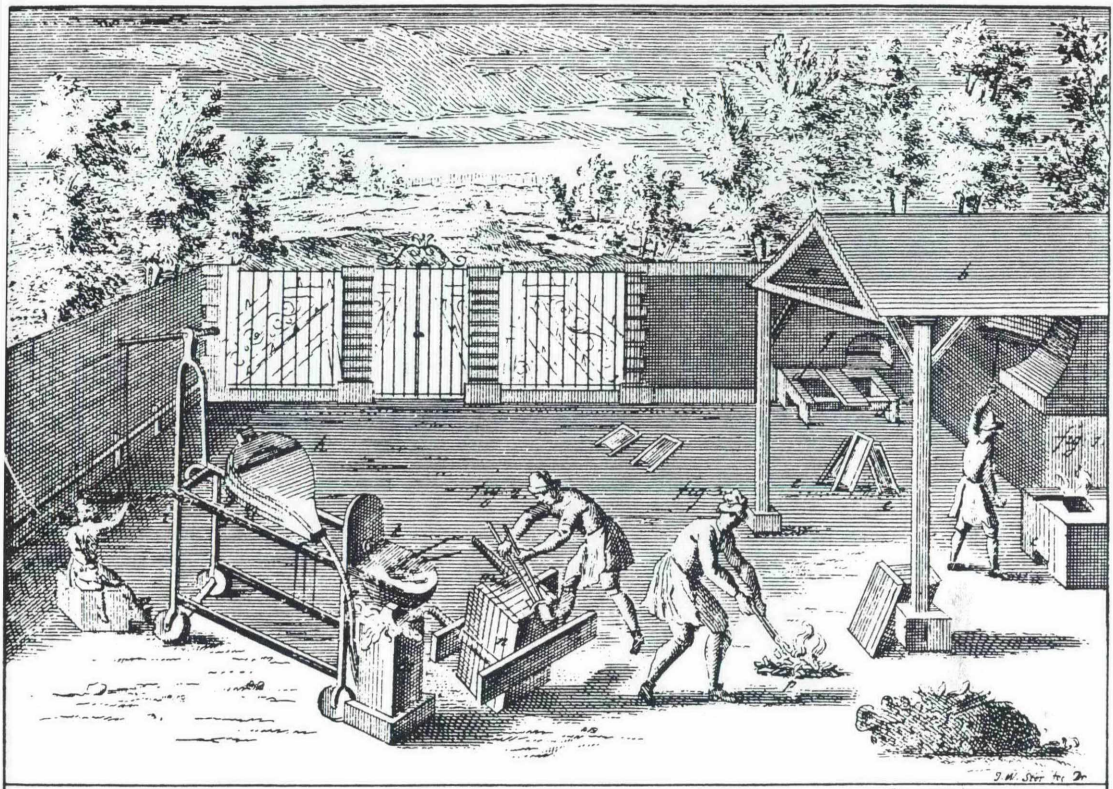
Stora smedjan vid Manufakturverket i Stjernsund.

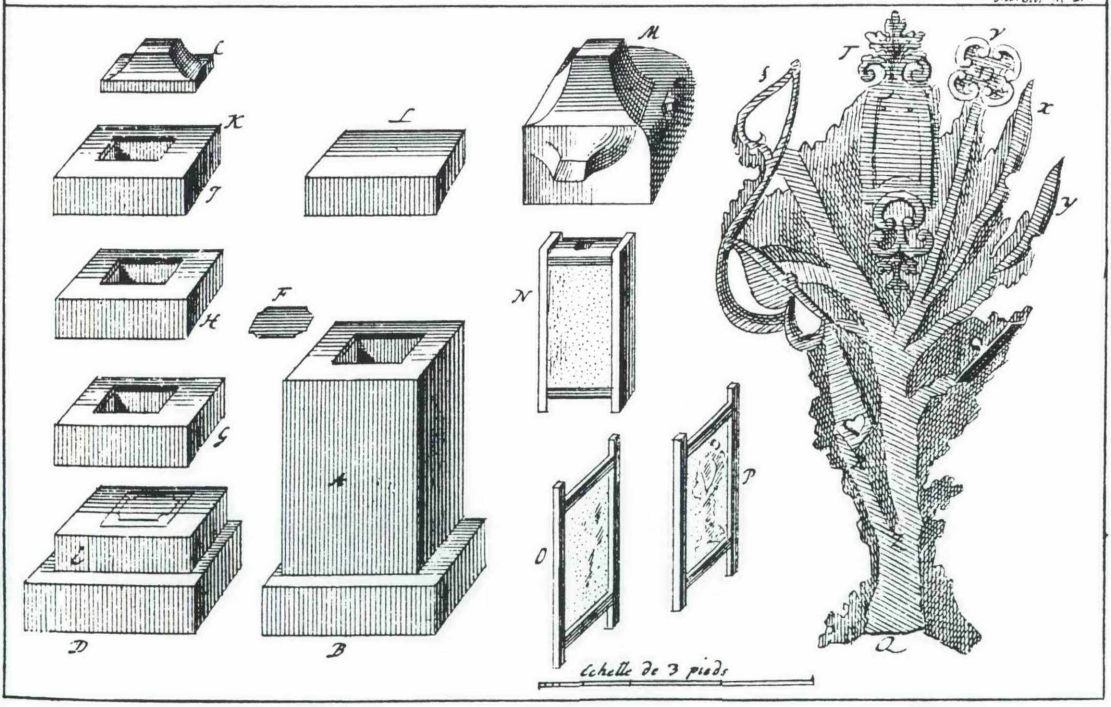
direktiv. Utredningen av de elasticitetsteoretiska förutsättningarna är präglad av en mycket avancerad matematik, som gör att läsningen av Lagerhjelms forskningsrapport blir ganska svårforcerad för en nutida tekniker. Rapporten publicerades i JKA 1828 och är på drygt 600 sidor. Den praktiska sidan av materialprovningen löste Lagerhjelm lika elegant. Han konstruerade bl a en hydraulisk dragprovmaskin och en böj- och vridprovmaskin. Båda blev stilbildande i den följande utvecklingen. Per Lagerhjelms banbrytande forskningsinsatser har på senare tid blivit internationellt uppmärksammade, vilket – om inte annat – ger belägg för JKA:s spridning i industriländerna. (Se t ex: S Timosjenko, *History of Strength of Materials,* 1953.)

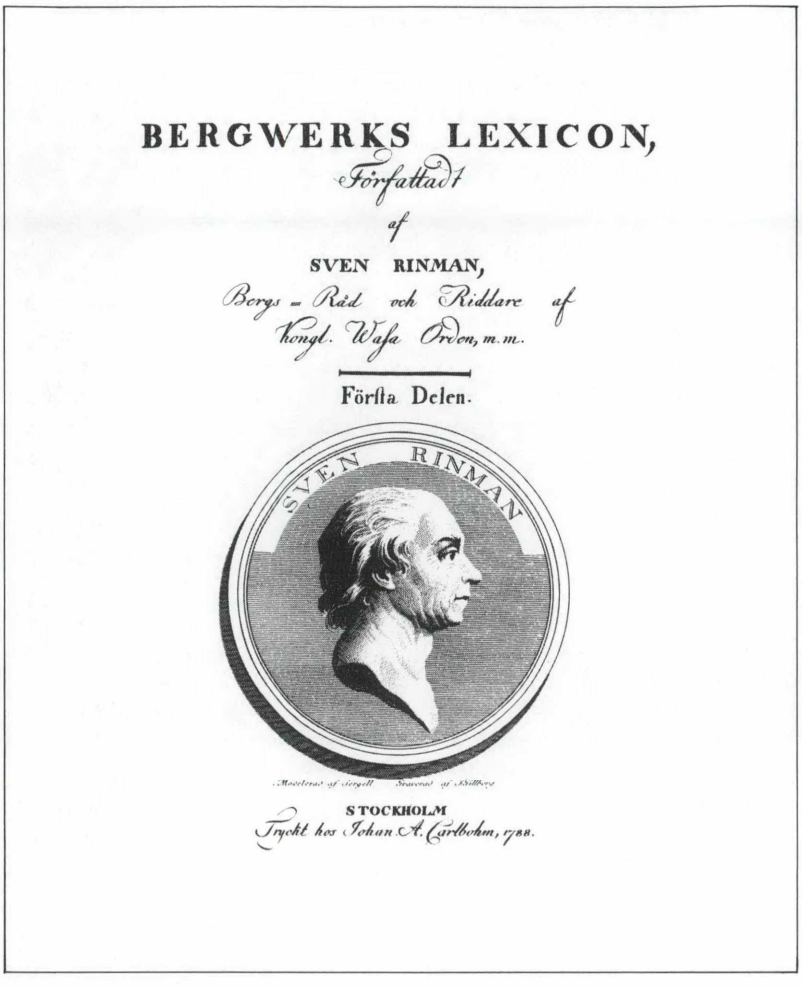
Lagerhjelms arbeten fördes vidare av professor *Knut Styffe* (1824–98), rektor vid KTH. Härigenom blev Sverige ett föregångsland på materialprovningens område. Då den första internationella materialprovningskongressen hölls i Stockholm 1897 hälsades Knut Styffe som "materialprovningens Nestor, vars försök är klassiska". Yttrandet fälldes av den kände hållfasthetsteoretikern professor Ludwig von Tetmajer vid ETH i Zürich, som var President vid kongressen.

Illustration ur Swedenborgs "De ferro". Visar en gjutugn för speciella ändamål, omgiven med en s k *serre-feu* för att spara kol.

TAB: XXIII. de ferro






BERGWERKS LEXICON,
Författadt
af
SVEN RINMAN,
Bergs - Råd och Riddare af
Kongl. Wasa Orden, m.m.
Förſta Delen.
SVEN RINMAN
STOCKHOLM
Tryckt hos Johan A. Carlbohm, 1788.

Titelsidan till Rinmans "Bergwerks Lexicon".

Kring sekelskiftet 1900 framkom flera idéer om att smälta stål direkt ur malm i elektriska masugnar. Det var flera som var entusiastiska för tanken, t ex italienaren E Stassano, fransmännen Paul Héroult och Albert Keller, samt några svenskar med Gustaf de Laval i spetsen. Vid Domnarvet byggdes en elektrisk masugn 1908 som gav lovande resultat, men som bedömdes kunna förbättras avsevärt. För att få saken helt utredd beslöt Jernkontoret att som ett forskningsprojekt låta bygga en elmasugn i full skala som uppfördes vid Trollhättan 1910. Med denna anläggning företogs under två års tid omfattande och noggranna försök och en detaljerad rapport publicerades i JKA. Det visade sig att de förväntningar som man hade ställt på Trollhätte-

ugnen i huvudsak hade uppfyllts. Hela projektet hade kostat 320 000 kr och banade väg för elektriska smältmetoder vid järnbruken. Det bör tilläggas att det var genom elektriska metallurgiska processer som de första specialstålen togs fram, de som senare kom att spela en synnerligen stor roll i den svenska stålexporten.

Senare industri-kemisk forskning

Det var i de stora industriländerna, England, Frankrike och Tyskland, som den kemiska industrin med stordrift började, med de tunga kemiska basprodukterna, exempelvis soda, svavel- och salpetersyra. Men i Sverige gick utvecklingen långsamt på dessa områden, medan man speciellt inom mekanisk verkstadsindustri var relativt tidigt ute.

Den första egentliga kemiska industrin i Sverige var Gripsholms Fabriker, som kan räkna sin upprinnelse från 1807. Det var två bruksägare, A F Rosenberg vid Klosters Bruk och Magnus Bjuggren på Strömbacka som fick kungligt privilegium att sätta igång tillverkning av ättika, målarfärger och syror. De anställde en fransk processtekniker, Maurice Tassert, som skulle svara för driften. Till en början gick affärerna strålande, de hade praktiskt taget monopol på ättikstillverkning i landet. Men några år in på 1810-talet fick man konkurrens, och så satte den allmänna konjunkturnedgången in i spåren efter kriget med Ryssland. Konkursen blev oundviklig och inträffade 1816. Då ingrep tre kapitalstarka affärsmän som lierade sig med ett "vetenskapligt råd" bestående av Johan Gottlieb Gahn, experimentalkemist och mineralog, samt kemisterna H P Eggertz och Jacob Berzelius.

Det första Berzelius gjorde i sin nya funktion var att inrätta ett laboratorium vid Gripsholms Fabriker. Noggranna kemiska analyser var ju Berzelii specialitet, och efter ett ihärdigt laboratoriearbete hade han fått styrsel på tillverkningen och högsta kvalitet på produkterna. I förbifarten – mer eller mindre – lyckades Berzelius isolera grundämnet selen i det bottenslam som han fann i blykamrarna som ingick i svavelsyreprocessen. Med denna upptäckt, och andra analysförsök som Berzelius gjorde är det försvarligt att beteckna Gripsholmslaboratoriet som ett forskningslaboratorium, även om dess främsta uppgift var råvaru- och produktkontroll. Vi kan också notera att Gripsholms Fabriker var den första industri i Sverige som höll sig med ett laboratorium och högt kvalificerade kemister som medarbetare. Det skulle dröja innan detta fick efterföljare.

Gripsholms Fabrikers vidare öden är i vårt sammanhang relativt ointressanta. Dock kan nämnas att efter Berzelii uppryckning av produktionen – och med bättre konjunkturer – ökade avsättningen avsevärt och produkterna fick mycket gott namn om sig. Målarfärgerna (blyvitt, Gripsholms-gult, -grönt, -blått) blev något av en standard i hela landet, ättikan gick strålande (med biprodukten senap), tvål och såpa fick också god avsättning – efter hård marknadsföring. Hundra år före Lubbe Nordström var landet verkligen ett veritabelt Lort-Sverige.

Institutionslaboratorierna

Låt oss återgå till Berzelius, som var en av de främsta vetenskapsmän som Sverige frambragt genom tiderna. Berzelius (1779–1848) blev professor i medicin och farmaci vid Karolinska Institutet 1807.

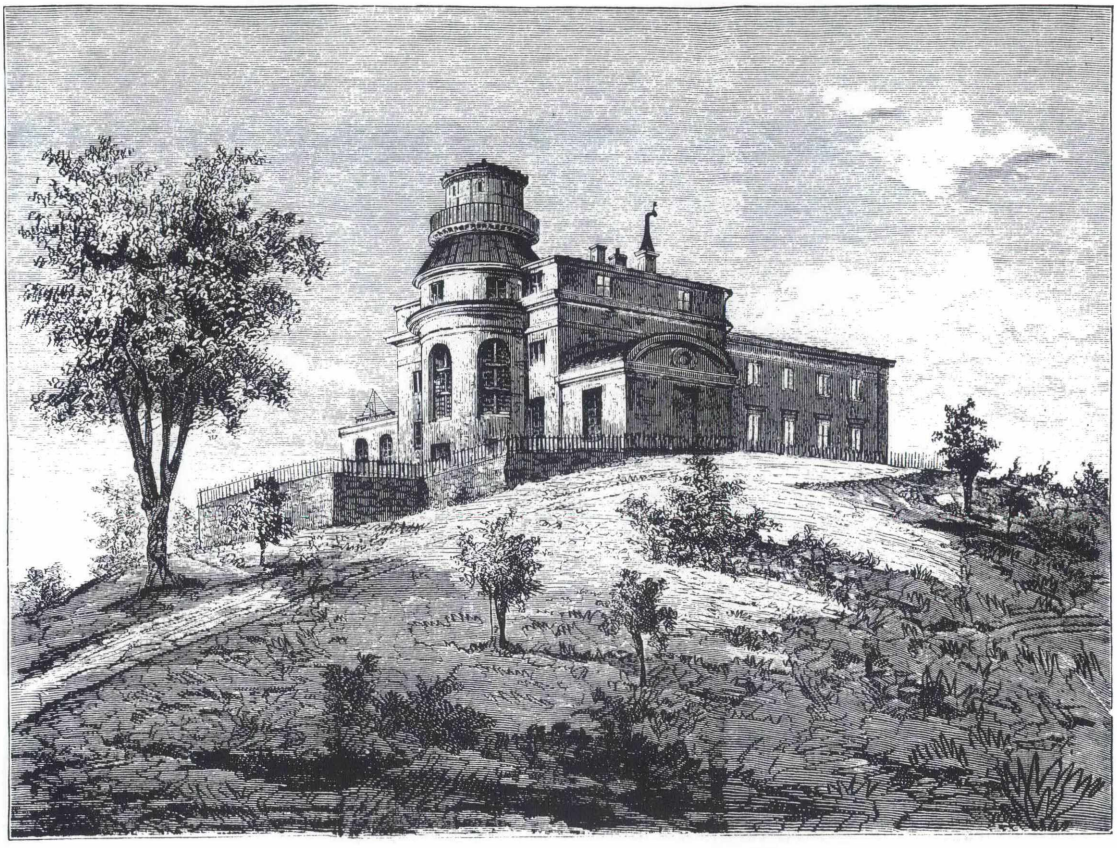
Från 1819 var Berzelius ständig sekreterare i KVA. Han hade då bakom sig en mycket aktiv forskningsperiod och hade publicerat åtskilliga avhandlingar och läroböcker som väckt stor uppmärksamhet i den vetenskapliga världen över hela Europa, bl a teorin om de kemiska proportionerna och en atomviktstabell över de då kända ca 50 grundämnena, liksom den kemiska nomenklaturen.

Berzelius förtjänar att tas upp i denna översikt över den tekniskt inriktade forskningen av två skäl. Dels därför att Berzelius genom sitt engagemang i Gripsholms Fabriker blev inriktad på den industriella nyttan av grundforskningen. Dels därför att Berzelii laboratorium vid KVA mycket snart blev ett undervisningslaboratorium, det första i Sverige och ett av de mera betydande i Europa. Eleverna var huvudsakligen inriktade på olika karriärer inom bergshanteringen och industrin. Hos Berzelius utbildades under 1820- och 1830-talen många elever. Svenskarna var främst metallurger, några blev sedermera berömda, exempelvis J A Arfvedsson (upptäckte litium), N G Sefström (upptäckte vanadin) och K G Mosander. Bland utlänningarna märks Mitscherlich, Gustaf och Heinrich Rose och Friedrich Wöhler.

Att Berzelii akademilaboratorium blev ett undervisningslaboratorium var inte avsiktligt eller planerat; det var helt enkelt en följd av Berzelii ryktbarhet som kemist och forskare. Men om vi ser några årtionden framåt i tiden var undervisningslaboratoriet en mycket målmedvetet genomförd institution vid universiteten i de tyska staterna och Frankrike. Här satsade man mycket kraftigt på kemi och kemiteknik. Däremot inte i England, som då var "the workshop of the world" med en avancerad verkstadsindustri som dominerade näringslivet. Det var framför allt de tongivande vetenskapsmännen på kontinenten, Hermann Helmholtz och Justus von Liebig, som ivrigast förespråkade forsknings- och undervisningslaboratorier vid universiteten som skulle vara "drivbänkar" för industrikemister. Adolf von Baeyer, kemiprofessor vid universitetet i München, inrättade 50 elevplatser vid sitt undervisningslaboratorium, Kolbe i Leipzig hade 40 platser, och ungefär lika många hade Berzelius-lärjungen Friedrich Wöhler sedan han hade blivit professor i Göttingen. Samma antal hade Friedrich Kekulé i Bonn och von Liebig i Giessen.

När den tyska kemiska industrin började skjuta fart på allvar under åren kring 1900 så utlöste detta stor förvåning i brittiska industrikretsar. Den enkla förklaringen var emellertid att Tyskland då förfogade över drygt tre gånger så många universitetsutbildade kemister som England!

I Frankrike var det framför allt den vittberömde professorn Th P Pelouze som i Paris drev ett betydande undervisningslaboratorium. Pelouze (1807–67) hade 1850 begärt avsked från sin professur vid Collège de France för att helt ägna sig åt sina elever. Han var sedan



Stockholms Observatorium, tillhörigt KVA och färdigt 1753, uppfört på medel från almanacksprivilegiet. KVA ständige sekreterare Pehr Wargentin var Observatoriets förste chef.

tidigt god vän med Berzelius, de hade tidvis en livlig korrespondens (nu utgiven av KVA) och 1841 hade Pelouze med fru besökt paret Berzelius i Stockholm. Det ligger nära till hands att föreställa sig att Berzelii akademilaboratorium stått modell för Pelouze, men något konkret belägg för detta existerar veterligen inte.

Flera sedermera berömda industrikemister hade fått sin utbildning hos Pelouze. Av intresse i detta sammanhang är främst professorerna Nikolai Zinin och Yuli Trapp, verksamma i Petersburg från mitten av 1840-talet, samt italienaren Ascanio Sobrero som 1847 publicerade sin upptäckt av det märkliga ämnet pyroglycerin.

Nobel

Professorerna Zinin och Trapp blev privatlärare åt Immanuel Nobels tre söner, Robert, Ludvig och Alfred från slutet av 1840-talet. Immanuel Nobel hade i början av 1830-talet etablerat sig i Petersburg med en mekanisk verkstadsindustri och hade på något decennium rönt mycket stora framgångar. Av de mycket begåvade sönerna var det främst Alfred som var inriktad på kemistudier. Introducerad av sin lärare Zinin kom Alfred till Pelouze i början av 1850-talet och stannade vid detta undervisningslaboratorium i åtminstone ett år.

Alfred Nobels fortsatta karriär känner vi alla till i sina huvuddrag. Hur han 1862/63 uppfann en metod att frigöra nitroglycerinets (pyroglycerin, sprängolja) enorma sprängkraft, sedan dynamiten 1866, och hur han sedan byggde upp sitt dynamitimperium och skapade sig en stor förmögenhet är väl känt.

I en biografi över Alfred Nobel (Natur & Kultur 1983) har jag hävdat att det var han som introducerade det kemiska industrilaboratoriet redan då han började framställa sprängolja i större skala 1863. På kvällstidningssvenska skulle det heta att Nobel *uppfann* industrilaboratoriet. Jag har blivit stärkt i den uppfattningen under arbetet med denna uppsats och de utblickar som jag nu kunnat göra.

Att Alfred Nobel inrättade laboratorier vid sina fabriker var helt följdriktigt. Som pojke var det bästa han visste att få följa med sin lärare Zinin till hans laboratorium. Då Alfred var några och 20 år flyttade han och brodern Robert hemifrån till en dubblett i utkanten av Petersburg. Alfred gjorde om köket till lab, Robert protesterade och flyttade snart ihop med en flicka som han gifte sig med. Vad Alfred experimenterade med var nitroglycerin – han hade satts på spåren av Zinin, studiekamrat med Sobrero – ett mycket kraftigt sprängämne med högst motsägelsefulla egenskaper. Sobrero hade uttryckligen varnat alla kemister för att över huvud taget ta befattning med detta ämne! Ett problem var att få det att detonera. Om man hällde ut en droppe nitroglycerin på ett städ och slog till med en hammare så exploderade vätskan endast i kontaktytan mellan hammaren och städet. Omvänt så sker en spontan explosion om temperaturen i ett kärl med nitroglycerin överstiger den kritiska temperaturen av 180°C, även om detta bara sker punktvis i någon del av vätskan.

Under ett par års tid sysslade Alfred med att genom olika experiment bekanta sig med ämnets nyckfulla uppträdande, innan han 1863 reste över till Stockholm där han tillsammans med fadern och yngste brodern Emil på försök började framställa nitroglycerin i laboratorieskala. Detta skedde i en ganska rymlig korsvirkesbyggnad på tomten till malmgården Heleneborg på Söder. Samtidigt var Alfred ute och demonstrerade sin nu patenterade sprängolja. Efterfrågan ökade då kraftigt och tillverkningen måste ökas till åtminstone halvstor skala. Tillverkningen av nitroglycerin – nitreringen – är en batch-(sats) process, i princip mycket enkel, men i praktiken synnerligen komplicerad.

När satsens volym ökades var Alfred medveten om att riskerna

också eskalerades. Under sommaren 1864 var Alfred och hans bror Emil ivrigt sysselsatta med att experimentera fram en så säker produktionsmetod som möjligt för stora volymer. Målet var att framställa 300 kg nitroglycerin åt gången. Då hände det oundvikliga. En lördagsförmiddag i början av september exploderade hela satsen och formligen pulvriserade hela laboratoriet. Emil Nobel dödades omedelbart tillsammans med ytterligare fyra personer. Det var ett hårt slag för Alfred. Poliskammaren i Stockholm förbjöd all tillverkning av ämnet inom stadens gränser.

Men Alfred arbetade rastlöst vidare. I slutet av oktober 1864 bildade han Nitroglycerin AB och fann strax därefter en tomt för att uppföra en fabrik. Det var lantegendomen Vinterviken, strax utanför stadsgränsen. Där fanns ett stort växthus, åttkantigt med kupol, som Alfred Nobel inredde till laboratorium, och där han arbetade under vintern 1864/65 med att utveckla en ny tändare för sin sprängolja. I tändare för gevärspatroner hade man länge använt kvicksilverfulminat, men Nobel ville få fram något bättre. Trots ihärdiga ansträngningar lyckades han inte. I stället utvecklade han en metod för serietillverkning av fulminat-tändare. Medan fabriken byggdes framställdes nitroglycerin på en pråm, förankrad i en vik av Mälaren. Den nya fabriken – den första i en lång rad – inrymde också ett väl tilltaget laboratorium.

När processen där var intrimmad på våren 1865 lämnade Nobel Sverige och slog sig ned i Hamburg, för att där anlägga en sprängoljefabrik. I ett skjul i Hamburgs hamn hyrde han in sig med ett laboratorium för att i liten skala tillverka nitroglycerin för demonstrationsändamål. Först på hösten fick Nobel tag på en lämplig industritomt, i Krümmel vid Elbe. Det hände flera olyckor med hanteringen av nitroglycerin vid denna tid, och Nobel arbetade frenetiskt med att finna en form för att göra det nya sprängämnet säkrare. Nobel hyrde då en pråm förankrad i Elbe där han kunde utföra detta utvecklingsarbete, samtidigt som fabriken byggdes.

Under tiden uppförde Nobels medarbetare, Carl Wennerström, en nitroglycerinfabrik vid Lysaker utanför Oslo. Driftschef där blev apotekaren Iwan Lamm, en experimentglad yngling som tidigare hade samarbetat med Robert Nobel. Fabriken i Lysaker byggdes på rekordtid och stod färdig i juli 1865. Här fanns givetvis också ett laboratorium, som Robert Nobel ofta besökte. Under vintern 1865/66 inträffade runt om i världen flera svåra explosionsolyckor orsakade av sprängolja. Detta blev en utomordentligt svår press på Alfred Nobel. På prämen i Elbe fortsatte han sina analyser och kom bl a underfund med att nitroglycerin inte var en stabil kemisk förening. Orsaken var att vid nitreringen kom ett överskott av syror att följa med i produkten. Han drev då sitt FoU-arbete på två linjer. Dels sökte han "tvätta bort" överskottssyrorna, dels försökte han förbättra tillverkningsprocessen. I detta senare arbete anställde han sin barndomsvän Alarik Liedbeck, som nu var civilingenjör och specialist på kemisk apparatteknik.

Så småningom ansåg Nobel att han hade klarlagt orsakerna till

olyckshändelserna och gav sig iväg till England för att starta tillverkning där, men han fick inte någon respons utan fortsatte till Amerika. Där kom han ur askan i elden. En hel serie katastrofer med nitroglycerin hade inrapporterats. Ett fartyg i Aspinwalls hamn vid Panamakanalen exploderade; 84 personer döda. En lagerbyggnad i Sidney flög i luften och demolerade ett helt kvarter; över 80 personer omkom. Wells Fargo råkade ut för samma sak, med 15 dödsoffer. Kulmen nåddes då ett hotell på nedre Manhattan i New York exploderade med 19 personer dödade och skadade. Detta hände just som Nobel hade anlänt till New York. Staden befann sig nära nog i panik.

Efter många äventyrligheter i Amerika återvände Nobel i augusti 1866 till Hamburg och Krümmel. En explosion i fabriken där hade lagt delar av fabriken i spillror, så Nobel var tvungen att fortsätta sitt FoU-arbete på prämen i Elbe. Men nu visste Nobel vad han ville åt. En så ren produkt som möjligt – Liedbeck hade experimenterat fram en helt ny process – och så, det var det viktigaste, nitroglycerin skulle "inneslutas" i något för att förhindra kemiskt sönderfall. Efter intensivt arbete på sitt prämlaboratorium fann Nobel lösningen. Han "inneslöt" nitroglycerin i det högabsorbenta materialet kiselgur, som fanns i nästan obegränsade mängder i kullarna kring fabriken i Krümmel, och på många andra ställen på Lüneburger Heide.

Dynamit

Så föddes dynamiten, en degartad massa, under hösten 1866. Det nya, och praktiskt taget helt säkra sprängmedlet, patenterades av Nobel 1866 och 1867. Efter åtskilliga prov – både i laboratoriet och på fältet – fick Nobel bekräftat att dynamiten var helt ofarlig vid normal hantering. Och han ansåg då att fältet var fritt för att exploatera sin uppfinning i stor skala. Nobel började att bygga upp sitt imperium av dynamitfabriker, men stötte då på svårigheter på flera håll. I England hindrades Nobel av en monumental byråkrati utvecklad av en nitisk sprängämnesinspektör, i Frankrike var all framställning av krut och sprängämnen förbehållet ett statligt monopol, i kraft sedan medeltiden.

Det tog tre år innan de brittiska myndigheterna gav klartecken att bilda British Dynamite Co, som tillkom 1870. Under tiden hade Nobel emellertid inköpt en fabrikstomt vid Ardeer i Skottland och där byggt ett stort laboratorium. (Byggnaden revs 1981 och gav plats för en parkeringsplats.) Nobel bosatte sig på platsen, som blev hans högkvarter under flera års tid. I laboratoriet arbetade Nobel och Liedbeck samt ytterligare några medarbetare. Under de första åren av 1870-talet torde drygt ett tiotal personer ha varit sysselsatta där. Samtidigt bildades företag och byggdes dynamitfabriker i Schweiz, Italien, Österrike, Ungern, Spanien, Portugal, Belgien och Frankrike. Samtliga dessa fabriker var utrustade med laboratorier. Ett av de största fanns vid fabriken i Avigliana i Italien. Här lät Nobel i slutet av 1870-talet bygga en mönsteranläggning, vilket sysselsatte Liedbeck

i nära två år. Stora och ljusa fabrikslokaler med vattenledningar och centralvärme. Nitreringen skedde i små bunkrar omgivna av höga skyddsvallar, samt försedda med åskledare. Detta sätt att bygga blev förebilden för sprängämnesfabriker över hela världen för 50–60 år framåt. Den första installationen av elektriskt ljus i en industrianläggning i Italien utfördes vid Nobels Avigliana-fabrik 1882/83.

Nobels tyska företag bildade under 1870- och 1880-talen dotterbolag i Sydafrika, Syd- och Mellanamerika och Australien. Enklare laboratorier för råvaru- och produktkontroll torde ha ingått i samtliga. Då de nobelska dynamitfabrikerna slogs samman administrativt i två truster – en tysk-engelsk och en "latinsk" – var 64 företag inblandade i trustförhandlingarna som tog sex år.

Jag har avsiktligt skildrat denna utveckling relativt detaljerat för att etablera att Alfred Nobel var först med att driva FoU-laboratorier i stor skala inom kemisk industri.

Då Nobel 1873 förvärvade en fastighet i Paris utrustade han två laboratorier, ett i en f d stallbyggnad med vagnslider vid sin bostad, och ett utanför staden vid Sèvran, främst för ballistiska försök. Han ägnade sig nu åt att utveckla en lång rad idéer både nya sprängmedel och exempelvis syntetiska material. Han anställde ett flertal assistenter som arbetade vid åtskilliga av fabrikernas laboratorier. Under 1870-talet var ca 60–80 assistenter och teknisk personal sysselsatta med FoU vid Nobellaboratorierna. Även med dagens mått måste denna FoU betecknas som betydande.

Nobels satsning på laboratorier och forskning var inte någon vision – inte primärt åtminstone – utan det var i första hand en krass nödvändighet för att industriellt kunna hantera de mycket farliga kemiska ämnen han sysslade med. Han kom dessutom på ett tidigt stadium underfund med att vissa nitroföreningar var utgångsmaterial för en hel familj av syntetiska material – syntetiskt läder, gummi och silke, samt färger och fernissor. Hans forskning på dessa områden ledde till betydelsefulla resultat i början av 1890-talet, vilka kom i huvudsak att exploateras först efter Nobels död 1896. Främst av Nobels brittiska företag, då Nobel Industries, som byggde ut enorma forskningsresurser.

Du Pont firar hundraårsjubileum

Det amerikanska kemiföretaget Du Pont bildades 1802 av två bröder du Pont de Nemours, franska ädlingar som flytt från revolutionens Frankrike i början av 1790-talet. Bröderna var båda kemister och elever till Antoine Lavoisier. Denna industri började som krutstamp och salpetersjuderi i de gamla svenskbygderna i Delaware, Brandywiné Valley. Du Pont hade under senare delen av 1800-talet vuxit snabbt och var vid sekelskiftet den dominerande tillverkaren av krut i Förenta Staterna, och hade nu även tagit upp andra produkter i sitt sortiment. Företaget firade sitt hundraårsjubileum 1902 med att inviga sitt första forskningslaboratorium. Detta väckte stor uppmärk-

samhet i fackpressen och företaget prisades för sin stora framsynthet och pionjäranda.

De tidigaste av Nobels industrilaboratorier hade då varit i drift i drygt 35 år. Och den forskningsorganisation som Alfred Nobel byggde upp under 1870-talet – som jag nyss antydde – hade 1902 fungerat i drygt 20 år, med 60–80 handplockade forskare. Och hade kommit fram med en hel rad intressanta resultat som endast kunnat exploateras vid Nobels frånfälle 1896.

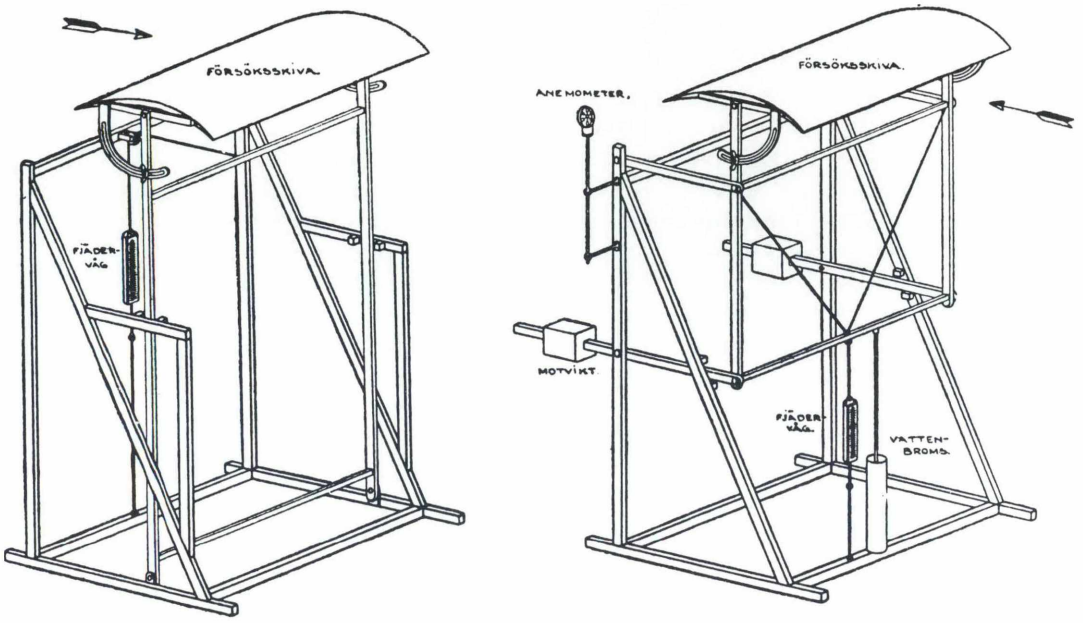
Forskning vid KTH

Under de sista decennierna av 1800-talet började den tekniska forskningen uppmärksammas på allvar i Sverige. En milstolpe, för att inte säga ett avstamp, i denna utveckling inföll 1877 då Teknologiska Institutet i Stockholm reorganiserades till Kongl Tekniska Högskolan, vilket bl a innebar ett ökat antal lärare. Anledningen var att Teknologiska Institutet 1877 fyllde 50 år. Två år senare hade Chalmers i Göteborg också existerat i femtio år och fick då även möjlighet att avsevärt bygga ut undervisningen i nya lokaler som upptog ett helt kvarter, mellan Storgatan och Vasagatan i Göteborg, som tagits i bruk några år tidigare. I stadgarna för dessa läroanstalter sägs dock ingenting om att teknisk forskning skulle bedrivas. Det gör det heller inte i den nya stadga för KTH som tillkom 1912. Torsten Althin anmärker i sin 50-årshistorik (1912–62): "orden . . . teknisk vetenskaplig forskning ingick ännu inte i den allmänna vokabulären", och påpekar samtidigt "att detta naturligtvis inte hindrade att många professorer redan bedrev forskning".

KTH:s historia har på ett mycket förtjänstfullt sätt skrivits av Pontus Henriques (2 bd, 1917, 1927), som jag här hänvisar till.

Jag ska här nu dra upp ett exempel på forskning vid KTH som blev mycket uppmärksammad i samtiden. Professorn i maskinlära 1869–99, *Johan E Cederblom* (1834–1913) var fascinerad av vad man på den tiden kallade "flygproblemet" och utförde från början av 1870-talet en hel del experiment med diverse flygfarkoster av olika konstruktioner enligt systemet tyngre än luften. Till en början var väl Cederblom endast en i raden av de många hängivna entusiaster som vid denna tid experimenterade med flygproblemet. Många av dessa var ju orealistiska fantaster. Men rätt snart kom Cederbloms experiment in på en seriöst vetenskaplig bog. Han byggde en vindtunnel och undersökte systematiskt olika vingprofilers lyftförmåga, luftmotstånd etc. Efter hans död samlades hans forskningsresultat i en volym som utgavs 1920. Med den snabba utveckling som flygtekniken undergick under första världskriget hade hans då publicerade rön emellertid huvudsakligen endast historiskt intresse.

En som intresserade sig mycket för Cederbloms forskningar – särskilt på 1880-talet – var S A Andrée, densamme som 1897 företog sin omtalade luftfärd i ballong i ett försök att nå Nordpolen. Tvärtemot den bild av honom som vi får i P O Sundmans bok *Ingenjör*



Apparater för bestämning av luftmotstånd.

Ur "Professor Johan Erik Cederbloms efterlämnade papper. Afhandlingar och experiment rörande flygproblemets lösning. En minnesskrift." Uppsala 1920.

Andrées luftfärd så var Andrée en seriös forskare, som kanske djupare än någon annan i samtiden hade penetrerat luftfartens problematik. Genom sina resor hade Andrée förskaffat sig vidsträckta internationella kontakter med forskare i Amerika, Tyskland och Frankrike. I tal och skrift pläderade Andrée för att bygga upp en stark forskning i Sverige, vilket han ansåg vara av vital betydelse för landet och näringslivet.

För att fortsätta axplocket bland tekniska forskningsinsatser vid KTH så finner vi där professor *Peter Klason* som 1890–1913 innehade lärostolen i kemi och kemisk teknologi. Under denna tid var Klason en av de mest produktiva forskarna över huvud i vårt land. Han var framför allt cellulosakemist och genomförde en lång rad industriellt inriktade forskningsprojekt. Klason arbetade därvid som regel tillsammans med sina elever. Som motto hade han att cellulosakemisterna skulle göra sina misstag i provrörsskala – och inte genom att manipulera med industriella processer i full skala. Klason var också en ivrig förespråkare för att cellulosaindustrierna skulle inrätta och utveckla egna laboratorier. Under 1900-talets första årtionde tillkom också forskningslaboratorier vid de mer betydande skogsindustrierna i Sverige.

Experimentfabriker

Att vidareutveckla och förbättra en stor och komplicerad industriprocess, t ex pappersmassatillverkning, klarar man inte genom att i laboratoriet lösa olika detaljproblem. En bättre approach är att bygga en experimentfabrik, som kan drivas i skala 1:5 eller 1:10 i jämförelse med industriprocessen. Ett banbrytande steg i den riktningen togs 1907 då Uddeholmsbolaget beslöt att anlägga en sådan experimentprocess vid fabriken i Årås i Värmland (vid Gullspångsälven). Flera sådana anläggningar skulle följa under de närmaste decennierna.

Detta är ett av de första exemplen på vad som har kallats *"forskningens industriella revolution"*. Uttrycket är enligt min mening inte så lyckat, men innebörden är att "den ensamma vargen" i sitt lilla laboratorium successivt ersattes med många kvalificerade forskare sysselsatta i ett stort laboratorium, utrustat med instrument och apparater, alltmer komplicerade och dyrbara. Idag används t ex inom kärnfysiken instrument (partikelacceleratorer) som kräver investeringar i samma storleksordning som stora anläggningsprojekt (broar, flygplatser). Analogin med hantverkets övergång i industri är slående, även om många detaljer haltar. Fenomenet är belyst i litteraturen, t ex av Vannevar Bush, *Science, the Endless Frontier*. Washington 1950, reprint 1960 och Derek de Solla Price, *Little Science – Big Science*, 1966.

Elektrokemiska processer

Inom den allmänna kemiska processindustrin kan man säga att behovet av forskning och produktkontroll aktualiserades först i och med tillkomsten av elektrokemiska metoder av skilda slag. En av förgrundsfigurerna på detta område är kemisten och industrimannen *Oscar Carlsson* (1844–1916), som 1871 grundade Stockholms Superfosfatfabrik för framställning av gödselmedel för jordbruket. Själva processen är relativt enkel, importerad råfosfat (i naturen förekommande) behandlas med svavelsyra och man får då superfosfat. Utvecklingen inom den syntetiska handelsgödseln gick snabbt vid denna tid, och Carlsson började intressera sig för de nya elektrokemiska metoder som nu tillkom. Efter flera års laboratoriearbete kom han fram till en process för framställning av klorat och perklorat på elektrolytisk väg. Den metoden tillämpade han i industriell skala vid en fabrik i Månsbo – vid Avesta-fallen i Dalälven med riklig tillgång till elkraft – och Carlsson bildade Alby Nya Kloratfabriks AB 1894. Carlsson fortsatte sitt forskningsarbete och utvecklade processer för tillverkning av olika kvävegödselmedel. Han krönte sitt livsverk med anläggning av Ljungaverken (vid Hångstaforsarna i Ljungan, Västernorrland) som togs i drift 1913, som dotterföretag till Stockholms Superfosfat. Vid Ljungaverken tillverkades kalkkväve, ammoniak, ammoniumsulfat, -nitrat och salpetersyra.

Det kan här noteras att denna fabrik tillkom i ett läge då den norska kvävegödselindustrin expanderade mycket kraftigt, grundad på Birkeland-Eydes ljusbågsprocess – "kväve ur luften" – från 1903. Oscar Carlsson gick ur tiden 1916 och 1919 instiftade Svenska Kemistsamfundet Oscar Carlsson-medaljen för framstående insatser för nydaning av den kemiska industrin.

En annan förgrundsfigur inom elektrokemin är *Rudolf Lilljekvist* (1855–1930). I början av 1890-talet förvärvade han tillverkningsrätten för Sverige i Hamilton Castners patent på elektrokemisk framställning av klor-alkaliföreningar. Metoden hade tidigare inte prövats i industriell skala. Efter flera års laboratoriearbete – som utfördes vid KTH – hade Lilljekvist bemästrat de praktiska problemen och var redo att bilda Elektrokemiska AB i Bengtsfors, vid ett fall i Upperudsälven i Dalsland. Lilljekvist hade tidigare varit verksam bl a som brobyggare i England och Centraleuropa, och var personlig vän med Alfred Nobel som nu tecknade sig för en större aktiepost i bolaget under bildande. Efter stora svårigheter och ytterligare forskningsarbete blev processen intrimmad 1899, och gav därefter god avkastning. Det kan tilläggas att ett företag med samma namn och ändamål ungefär samtidigt bildades i England (Electro-Chemical Co), men trots att patentinnehavaren anställdes som konsult gick företaget över styr efter två år.

Elektroteknisk industriforskning

1800-talets nya kraftmedium, elektriciteten, togs först i bruk i Sverige i och med Kongl Elektriska Telegrafinrättningen 1853, som bara något år därefter bytte namn till Kongl Telegrafverket och som i dag heter Televerket, rätt och slätt.

Men 1880-talet har kallats "det elektriska årtiondet" och det var då som telefonen bröt igenom och då tillkom också de första privata och kommunala elverken. Det var också i början av detta decennium som bröderna Jonas och Göran Wenström kom att intressera sig för konstruktion av elektriska generatorer och motorer. De hade utländska förebilder, främst amerikanska Weston och engelska Brush. Redan 1882 patentsökte Jonas Wenström (1855–93) en generatorkonstruktion. En industri- och affärsman i Stockholm, Ludvig Fredholm, blev intresserad och med det ännu inte beviljade patentet som bas bildades 1883 Elektriska Aktiebolaget i Stockholm. Och det blev fart på affärerna, tillverkningen av elektromaskiner började i Arboga, men flyttades senare över till Västerås. Det var framför allt Jonas Wenström som under 1880-talet konstruerade en serie av generatorer och motorer, som fick gott rykte på marknaden. De kom snart att kallas "Wenströms välkända". Under 1880-talet var likströmmen det förhärskande systemet, effekten kunde lagras i stora ackumulatorbatterier för att utjämna både genererings- och belastningsvariationer. Men ledningsförlusterna var stora och likströmmen går inte att transformera. Medan affärerna gick bra fick Wenström tid att tränga in i

växelströmmens problematik, teoretiskt-matematiskt och konstruktionsmässigt. Wenström blev helt övertygad om att elteknikens framtid låg i växelströmssystemet. Men detta var då ett praktiskt taget helt obearbetat fält, och matematiska hjälpmedel för konstruktionsberäkningar etc fanns ännu inte. Men Wenström var en sällsynt forskarbegåvning och kom 1889 fram till en lösning som ingen i hans omgivning egentligen trodde på – bara han själv. Ingen hade ens hört talas om någonting liknande tidigare. Wenström patenterade sin idé, och jag citerar ur patentbeskrivningen: "denna uppfinning avser ett trippelsystem, där tre skilda växelströmmar, av samma växeltal och styrka, men med faser som äro en tredjedels våglängd skilda från varandra . . .".

Wenströms "trippelsystem" kom snart att kallas trefassystem, och det ursprungligen teoretiska begreppet "fas" i svängningsläran kom att beteckna de mycket konkreta begreppen "ledning", "ledare", och t ex de tre lindningshärvorna i en elmaskin. Samtidigt med Wenström arbetade andra forskare i andra länder med utvecklingen av trefassystemet. Sannolikt kände Wenström till att sådant arbete pågick, men definitivt inte några detaljer. I vårt sammanhang finns inte någon anledning att gå in närmare på trefassystemets ursprung och prioritetsfrågor. Den saken har förtjänstfullt utretts av Åke T Vrethem i *Jonas Wenström and the Three-Phase System*, KTH 1980.

Innan patentet beviljades (nyåret – sommaren 1890) byggde Wenström en trefasgenerator för utprovning. Detta exemplar blev i och för sig ganska misslyckat, men gav värdefulla erfarenheter för konstruktionen av de första kommersiella generatorerna. Samtidigt utvecklade Wenström en "trippelkonverter" dvs trefastransformator (terminologin hade ännu inte stabiliserats) som han lyckades bättre med.

Medan detta arbete pågick ombildades det Wenström-Fredholmska Elektriska AB i Stockholm till Allmänna Svenska Elektriska Aktiebolaget, ASEA. Det nya företaget var då redo att leverera den första kraftstationen för trefas växelström som anlades vid Hellsjön, för leverans av kraft till gruvanläggningarna vid Grängesberg. Det var tre generatorer för 260 volt trefas växelström, som transformerades upp till linjespänningen 9,5 kV för den 13 km långa kraftledningen. Totala generatoreffekten var 344 KVA. Anläggningen togs i drift 1893. Kort därefter gick Jonas Wenström ur tiden, endast 38 år gammal.

Brytpunkter inom elteknikken

Det wenströmska trefassystemet har i litteraturen betecknats som både revolutionerande och epokskapande – helt riktigt – men oberoende av hur man tolkar detta så skulle jag vilja kalla det en *brytpunkt* i utvecklingen med räckvidd långt utöver själva elkraftöverföringen. Wenströms genombrott – när våra tekniker väl fick upp ögonen för vad det innebar – blev naturligtvis inspirerande för andra

elektromaskinkonstruktörer (det fanns fler företag än ASEA i branschen) som nu började experimentera, de wenströmska patenten till trots. Ett patent går ju ut efter 17 år!

I ett vidare perspektiv kan man säga att trefassystemet satte punkt för ångteknikens vidare utveckling, både i vårt land och internationellt. Ångan blev överspelad; den hade gjort sitt. Trots att en stor del av elenergin långt in på 1900-talet genererades med ångmaskiner och -turbiner. Men utvecklingsarbetet inom ångtekniken avstannade. Inom industrin åstadkom den nya kraftöverföringen ett nytänkande med vittomfattande konsekvenser. Många industrier i landet hade vattenkraften (vattenhjul, -turbiner) att tacka för både sitt upphov och sin existens. Från mitten av 1890-talet började man i snabb takt installera elkraftstationer i fallen, många distribuerade överskottet till hushållen. I statlig regi – Vattenfall – började man 1909 att bygga ut vattenkraften i Syd- och Mellansverige. Och intresset inriktade sig snart mot "Sveriges elektriska geografi" som Waldemar Borgkvist (generaldirektör i Vattenfall 1938–48) kallade det faktum att de stora vattenkraftsresurserna finns i norrlandsälvarna medan befolkningen huvudsakligen är koncentrerad till landets södra hälft.

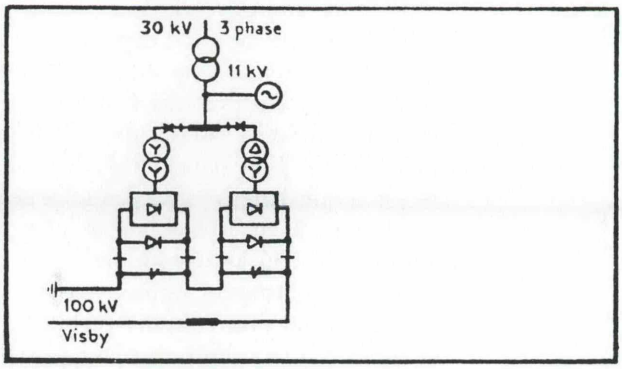
Det problemet handlar om kraftöverföring – men hur skulle det lösas?

Under Vattenfalls första årtionde byggdes elkraften snabbt ut i Mellansverige. Linjespänningen hade man försiktigt ökat till 70 kV och man planerade att bygga ut "stamledningar" för hela 130 kV. Konsumtionen av el ökade mer än man hade förutsett vid starten (främst inom industrin) och Vattenfall riktade blickarna mot den outnyttjade elkraften i norrlandsälvarna. Åren före 1920 försäkrade sig Vattenfall om kraften i åtskilliga vattenfall i Ångermanälven, Indalsälven och Ume Älv. Detta trots att man då inte hade någon teknisk lösning på problemet med överföring av kraften till konsumtionscentra söderöver. Man var dock medveten om att spänningen måste ökas drastiskt för att överföringen skulle bli ekonomiskt möjlig. Förlusterna är proportionella mot strömmens kvadrat, strömmen minskar linjärt med ökad spänning.

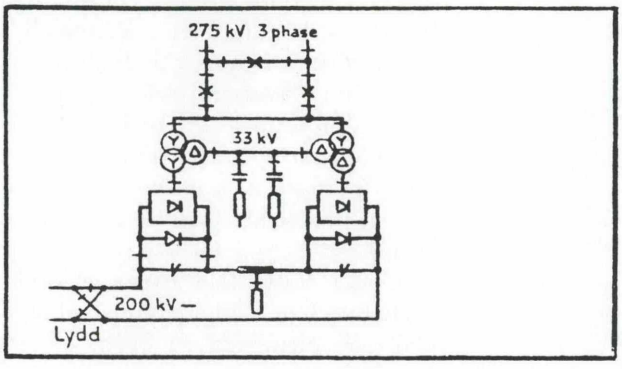
Några unga tekniker på ASEA och Vattenfall började omkr 1925 att allvarligt studera problematiken kring höga spänningar – de siktade på 400–500 kV, kanske ännu högre!

Med den nu smått legendariske Ragnar Liljeblad (1885–1967), då tillverkningschef vid ASEA, i spetsen gav de sig ut på en studieresa, först till England. Men här hade man inte någon större förståelse för höga spänningar, den "elektriska geografin" var annorlunda än i Sverige. Man klarade sig där med relativt måttliga linjespänningar i begränsade nät kring lokala kraftverk. Men USA då? Den svenska gruppen beslöt konsultera Charles Steinmetz, en tysk matematiker och fysiker som hade emigrerat och som var verksam vid General Electric. Han hade producerat åtskilliga avhandlingar om bl a fysikaliska fenomen vid höga spänningar och betraktades rent allmänt som ett orakel i eltekniska frågor. Men Steinmetz framhöll energiskt att man inte kunde öka spänningen nämnvärt över 200 kV därför att då

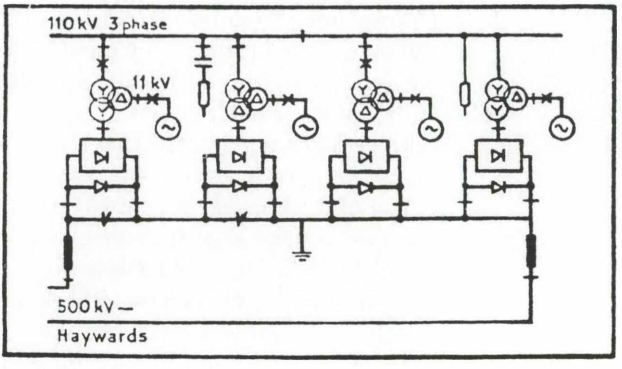






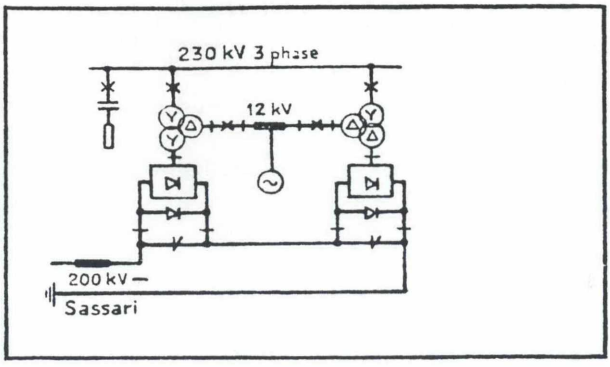




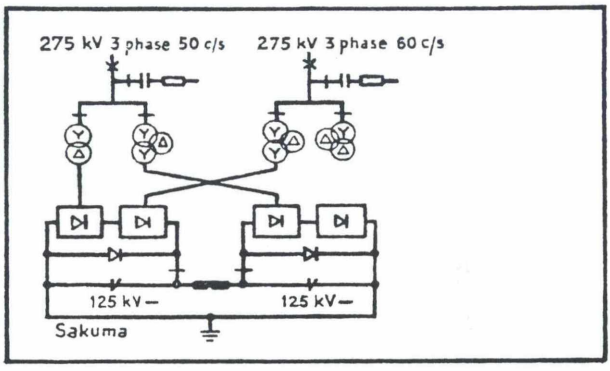


De första installationerna av elkraftöverföring med högspänd likström (HVDC).

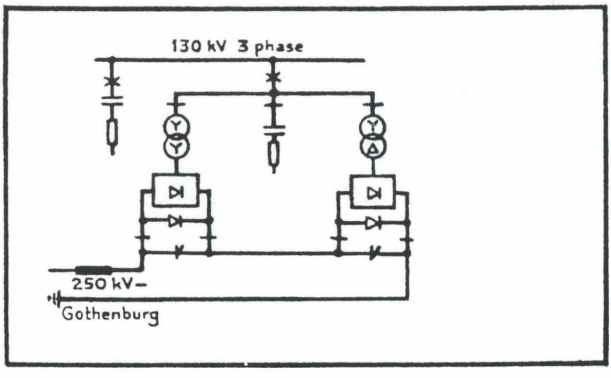

1965
ELBA
Ajaccio
CORSICA
Rome
Sassari
SARDINIA
ITALY


230 kV 3 phase
12 kV
200 kV
Sassari

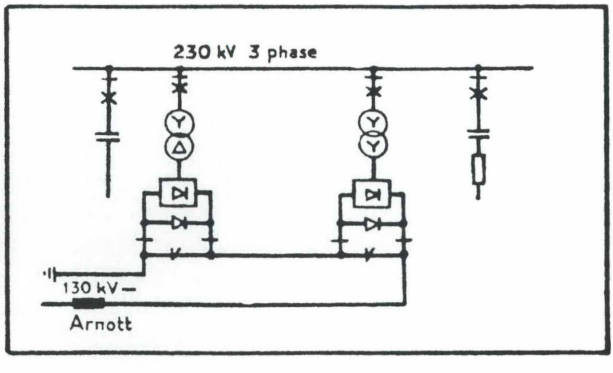

1965
Sakuma
Tokyo
Osaka
JAPAN


275 kV 3 phase 50 c/s
275 kV 3 phase 60 c/s
125 kV
125 kV
Sakuma


1965
SWEDEN
Gothenburg
Billdal
Sæby
LÆSO
Aalborg
KATTEGAT
DENMARK


130 kV 3 phase
250 kV
Gothenburg


1967
BRITISH COLUMBIA
Fraser River
Columbia River
Vancouver
Arnott
CANADA
U.S.A.
Victoria
Seattle
WASHINGTON
PACIFIC OCAN
Columbia River


230 kV 3 phase
130 kV
Arnott

inträffar en hel rad förödande effekter, bl a koronabildning. Detta innebär att luftens elektriska motstånd bryts ned, vilket leder till urladdning och gnistbildning.

Men detta klara besked avkylde inte gruppens entusiasm. Tvärtom. De reste hem och började projektera ett högspänningslaboratorium, och satte upp en önskelista på lämplig utrustning. För grundläggande studier av koronafenomenet, dimensionering av isolatorer, kraftledningsstolpar m m planerade man en Marx-generator för 2,4 MV (miljoner volt). En sådan består av ett antal kondensatorer, som laddas upp i parallellkoppling och "skjuter" i serie, då spänningen mångdubblas.

Den mest spektakulära utrustningen i det planerade laboratoriet var dock kortslutningsgeneratorn. Ett av de mest svårbemästrade problemen i ett högspänningsnät är vad som händer vid en kortslutning i någon punkt, vilket kan inträffa vid åskslag, maskinhaveri, felkoppling i ett ställverk eller liknande. Vid kortslutning, eller stötvågor (efter åskslag) kan stora mekaniska krafter uppstå i transformatorer, generatorer etc. Kraftkällan i det planerade högspänningslaboratoriet skulle vara en kortslutningsgenerator som ursprungligen projekterades för 500 kV driftspänning för kraftledningar, transformatorer etc i slutledet. Man hade då inte någon erfarenhet av vilka krafter som släpps lösa i en generator av detta slag. Turbinen som skulle driva den konstruerades av Rickard Söderberg, som senare (slutet av 1950-talet) blev rektor för Massachusetts Institute of Technology.

För att gardera sig mot det värsta som skulle kunna hända vid en kortslutning dimensionerade Söderberg överdelen av generatorns stator relativt klen. Om stora mekaniska krafter skulle uppstå skulle rotorn slungas ut ur statorn och krossa en vägg, som avsiktligt skulle byggas i enstens tegel. För att sedan rulla utför en slänt och hamna i en vattensamling nedanför. Gruppen hade med andra ord på ett tidigt stadium rekognoscerat och funnit en lämplig tomt för det planerade laboratoriet.

Den utrustning som gruppen hade tänkt sig för det planerade laboratoriet fanns då inte på någon plats i världen. Till en början var ledningen för ASEA tvekande inför gruppens idéer som ansågs alltför "vilda". Rickard Söderberg har berättat för författaren att gruppen i hög grad släppte lös fantasin vid planeringen och gick in för en rad dittills oprövade och okonventionella lösningar. Sedan Vattenfall börjat projektera en liknande "provningsanstalt" vid Älvkarleby beslöt dock ASEA 1929/30 att högspänningslaboratoriet skulle byggas. Det stod färdigt 1933. Vattenfalls motsvarande anläggning togs i drift några år senare. Utrustningen var där inte så avancerad, man ansåg att det inte var nationalekonomiskt motiverat att "dubblera" Ludvikalaboratoriet.

Dessa målmedvetna satsningar innebar en *brytpunkt* i elteknisk FoU i Sverige, med stora återverkningar på några årtiondes sikt både på industri och samhälle. Till att börja med blev den elektriska energin från norrlandsälvarna tillgänglig i befolkningscentra söderöver till rimliga taxor, vars betydelse för landet knappast kan överskattas.

I Ludvika och Älvkarleby utvecklades under 1930- och 40-talen den högspänningsmateriel som krävs för elöverföring på långa avstånd. Man stannade för linjespänningen 400 kV. Från den nyanlagda vattenkraftstationen i Harsprånget togs 1952 i drift Sveriges och världens första 400 kV ledning.

Redan omkring 1970 hade man emellertid utrustning klar för linjespänningen 800 kV, men olika miljöintressen har hindrat utbyggnaden. En sådan ledning bullrar, vilket särskilt vid fuktig väderlek kan bli besvärande för närboende.

Vid Ludvika-laboratoriet har man även utvecklat en annan form av elkraftöverföring, nämligen med högspänd likström, eller HVDC som det heter internationellt, High Voltage Direct Current. Det var tekn dr Uno Lamm som omkr 1940 började experimentera med HVDC vid Ludvika-laboratoriet. Med en enpolig kabel överförs högspänd likström med vatten eller mark som återledare. Vid avsändarstationen transformeras spänningen upp och likriktas. Vid mottagarstationen växelriktas strömmen och transformeras ned till distributionsnätets spänning. En försöksanläggning med denna teknik utprovades i slutet av 1940-talet mellan Trollhättan och Mellerud.

Gotland fick sin elkraft från fastlandet genom en HVDC-anläggning som togs i bruk 1954. Ett flertal liknande installationer har sedan dess gjorts över hela världen. De djärva visioner som ursprungligen utformades av en liten grupp tekniker i mitten av 1920-talet har lett till banbrytande forskningsresultat som medfört världsomspännande konsekvenser.

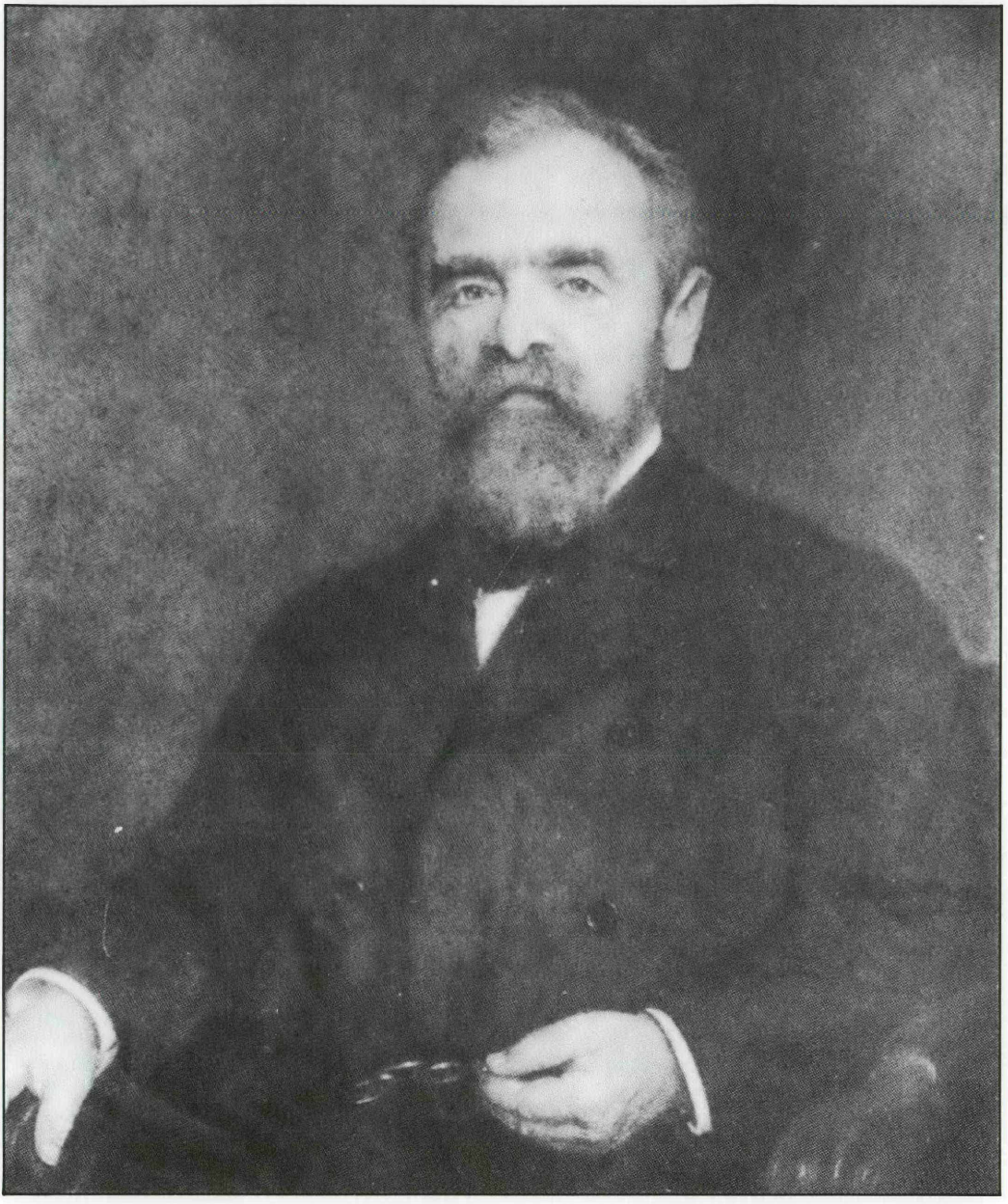


Bild 1. Carl Linde (1842–1934)

M I K A E L H Å R D

Forskning, skolning, bildning:

Carl Linde som teknikens institutionsbyggare, 1875–1906

Nuförtiden förknippas teknisk forskning huvudsakligen med *uppfinnande* och *produktutveckling*. Motiven bakom den tekniska forskningen är i allmänhet rent ekonomiska. Icke minst därför förtjänar det att påpekas att den positiva synen på forskningen har sina rötter lika mycket i idealistiska som materialistiska värderingar. Om vi vill skaffa oss en historiskt korrekt bild av forskningen måste vi förknippa den även med begrepp som *bildning* och *skolning*. Att göra en dylik koppling är avsikten med den här korta uppsatsen. Mer specifikt kan man säga att jag ämnar illustrera utbildningssystemets roll för uppkomsten av maskinteknisk forskning.[1] För att kunna göra det måste jag föra läsaren ett sekel bakåt i tiden, till det sena 1800-talets Tyskland. Vår följeslagare blir maskiningenjören, högskoleläraren och företagsledaren Carl Linde – en person som var aktiv i grundandet av flera forskningsinstitutioner vid denna tid; se bild 1.

I början av det förra århundradet bedrevs endast ringa forskning vid företag, universitet och tekniska skolor. Forskning var framför allt förbehållet vetenskapliga akademier och välsituerade privatpersoner. Eftersom forskning inte var meriterande ens vid universiteten var det inte heller någon verksamhet som prioriterades särskilt högt av olika lärare. Först fram emot mitten av seklet började forskning anses vara en lika viktig uppgift som undervisning för en universitetslärare.[2] Man brukar säga att ett *forskningsimperativ* slog igenom i universitetsvärlden.[3] Dess ursprung var inte primärt utilistiskt utan snarare idealistiskt och nyhumanistiskt. Filosofer som F W J von Schelling och W von Humboldt hade i seklets början betonat forskningens andliga och moraliska funktioner. Enligt dem skulle universiteten inte

endast bibringa eleverna en viss kunskapsmassa utan även forma deras personligheter. Det centrala begreppet i denna uppfostringsfilosofi var *bildning*. Att bilda en individ innebar bland annat att man väckte hans eller hennes intresse för vetenskapen, något som kunde ske genom att personen tillägnade sig forskningens verktyg. Detta krävde naturligtvis att universitetslärarna själva var forskare och att de beredes möjlighet att bedriva forskning vid sina institutioner. Min uppgift är att visa hur det kunde gå till när teknikersamfundet tog över forskningsimperativet och vad därtill hörde från universitetet.[4]

Skolkulturens inträde

Fram till 1850-talet behärskades all maskinteknisk utbildning av företrädare för den så kallade *verkstadskulturen*.[5] De menade att föreläsningar och lärardemonstrationer skulle kompletteras med ritövningar och – framför allt – verkstadspraktik. Denna innebar att eleverna tränade sig i att sköta olika maskiner såsom svarv och borr. Det som premierades var en hantverksmässig kunskap, i stor utsträckning intuitivt tillägnad. I takt med att tekniken blev alltmer komplicerad kom de här idealen att attackeras av folk tillhörande en *skolkultur*. Dessa introducerade laboratorieövningar där tyngdpunkten låg på vetenskapsliknande experiment och analys av maskiners funktionssätt. I skolkulturen spelade formaliserbar kunskap, överförbar i skriftlig form, en betydande roll.[6] Till en av dess huvudaktörer måste vi räkna Carl Linde.

Redan från och med 1861, när Linde som 19-åring började på Eidgenössische Polytechnische Schule i Zürich, fick han de första inblickarna i skolkulturens program. Detta polyteknikum var en av de mest avancerade tekniska skolorna i Europa vid denna tid, och man sökte där föra tekniken så nära naturvetenskapen som möjligt. Bland Lindes lärare märks Rudolph Clausius, entropibegreppets myntare, och Franz Reuleaux, en pionjär för maskinteknikens "förvetenskapligande". För oss är det notabelt att Reuleaux underströk vetenskapens andliga och uppfostrande inverkan på ingenjören.[7] Vi kan tolka detta som att han såg vetenskap som ett medel att göra teknikerna mer bildade.

Trots Zürichskolans vetenskapliga inriktning torde inte dess forskning varit nämnvärt institutionaliserad. Under sina tre år där kom Linde inte i kontakt med någon egentlig forskningsverksamhet. Undervisning och forskning var ännu åtskilda. En skola som försökte föra ihop dessa tu var Münchens tekniska högskola, vilken grundades 1868 med det uttryckliga målet "att undervisa i de exakta vetenskaperna och deras tillämpningar på den högre tekniken".[8] Skolans förste rektor betonade naturvetenskapens betydelse för "den allmänna bildningen" och uppmuntrade därför skapandet av bland annat tekniskt-vetenskapliga laboratorier.[9] Redan under skolans första år öppnades ett mekaniskt-tekniskt laboratorium med materialprovning som sitt huvudsakliga arbetsområde. På Lindes initiativ kompletterades det

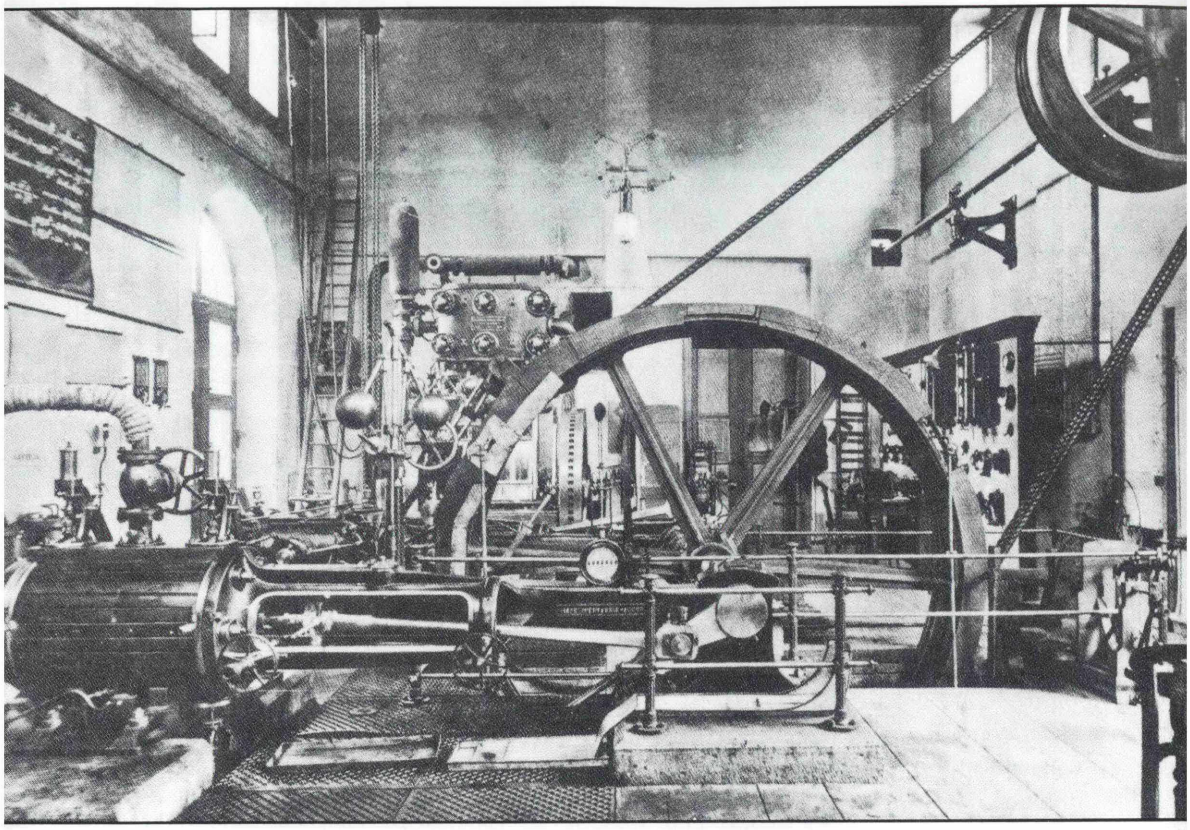


Bild 2. Laboratoriet för teoretisk maskinlära vid Münchens tekniska högskola

sju år senare med ett laboratorium för teoretisk maskinlära – det första i sitt slag i Tyskland; se bild 2. Här skulle eleverna inte bedriva manuellt verkstadsarbete utan i stället bli "förtrogna med de metoder som används då man undersöker olika maskiners arbetssätt".[10] Det viktigaste objektet i laboratoriet var en ångmaskin, vars funktion bland annat analyserades med hjälp av indikatordiagram. Linde menade att "studenterna måste ges tillfälle att själva utföra försök, samt diskutera resultaten och jämföra dem med teorin".[11] Han betraktade med andra ord övningarna som ett nödvändigt komple-

ment till föreläsningarna, alltså som ett led i *skolningen* av eleverna, men han såg också till att dessa fick delta i diverse forskningsuppgifter. Man utförde systematiska undersökningar av förhållandet mellan tryck och temperatur (vid konstant volym) hos överhettad vattenånga samt vissa energitekniska experiment. Det skolkulturella klimatet vid Münchens tekniska högskola bidrog således direkt till att viktig teknisk forskning kunde utföras.

Kylteknisk utveckling

Samtidigt som han fullgjorde sina läraruppgifter arbetade Linde med att utveckla sin sedermera så berömda kylmaskin. I början av 1870-talet hade han ställt kyltekniken på en god termodynamisk grund samt erhållit sitt första ismaskinpatent.[12] Intresset från framför allt bryggerinäringen visade sig snart vara betydande, och 1879 grundades *Gesellschaft für Linde's Eismaschinen* i syfte att omsätta Lindes patent i marknadsmässiga produkter. Detta innebar att Linde bestämde sig för att på heltid ägna sig åt företagsledning och produktutveckling. Han attraherade flera av sina före detta högskoleelever till företagets hjärta i Wiesbaden, vilket efterhand blev en för sin tid ovanligt kunskapsintensiv ingenjörsbyrå. De forskningsliknande uppgifter man där utförde rörde sig naturligtvis inom den ekonomiska sfären; man sysslade med större innovationer, smärre förändringar och nödvändig kundanpassning.

Under 1880-talet intog företaget en ledande ställning inom det kyltekniska området i Tyskland. Det allvarligaste hotet kom från schweizaren Raoul Pictet, då denne började lansera ett köldmedel som uppgavs ha den fantastiska egenskapen att kunna gå emot termodynamikens andra huvudsats. Som vetenskapligt skolad företagsledare kunde inte Linde låta bli att reagera emot detta. Om Pictet hade rätt vore både Lindes vetenskap och företag hotade. Därför föreslog han 1884 att den bayerska polytekniska föreningen i München skulle jämföra olika kylmaskiner genom att "utföra vetenskapligt exakta undersökningar".[13] På grund av bristfälliga experimentella arrangemang blev dock inte resultaten av dessa tillfredsställande. Därför förklarade Linde 1888 att hans firma var villig att finansiera uppförandet av en kylteknisk försöksstation där enhetliga undersökningsbetingelser kunde garanteras. Ett år senare stod en för ändamålet nyuppförd byggnad färdig i München, och snart kunde den polytekniska föreningen återuppta de jämförande testen; se bild 3. Slutsatsen blev att Lindes maskin var cirka 25 % mer effektiv än Pictets.[14]

Det är nog tveksamt om man kan beteckna dessa test som egentlig forskning, även om de utfördes med vetenskaplig precision och under kontrollerade former. Efter 1893 förändrades dock stationens uppgifter till att bli klart forskningsinriktade. Konkurrensen med Pictet var nu avslutad och Linde själv hade lämnat företagsvärlden. Numera var han ekonomiskt oberoende och kunde därför tillåta sig att följa forskningsimperativets bud. Under hans ledning genomförde man vid

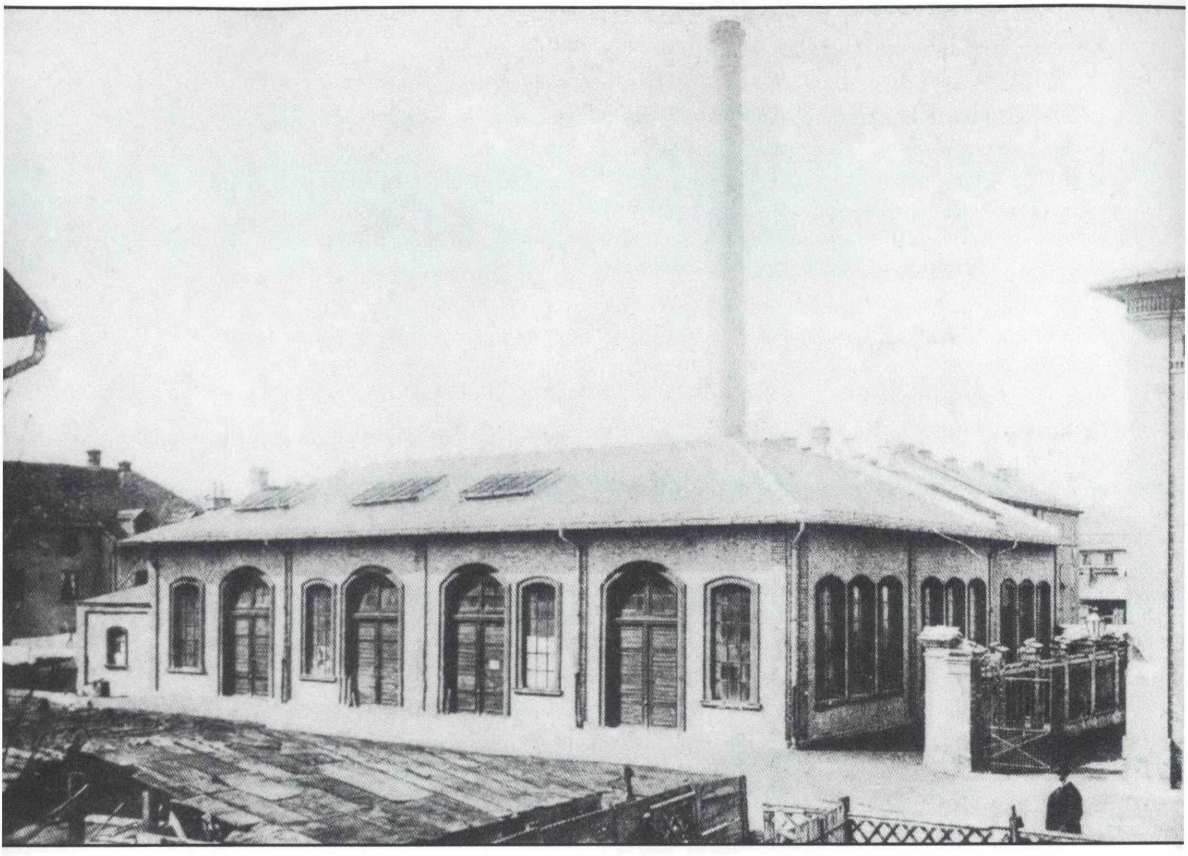


Bild 3. Den kyltekniska försöksstationen i München

stationen ett flertal projekt i gränslandet mellan teknologi och naturvetenskap.[15] Man bestämde koldioxids smältvärme och analyserade dess beteende kring den så kallade kritiska punkten. Man gjorde experiment med dikväveoxid (lustgas), som köldmedel i kylmaskiner. Mest känt är dock Lindes framtagande av en metod för att nå mycket låga temperaturer. 1895 kunde han vid en spektakulär demonstration framställa flytande luft i en kontinuerlig process. Denna byggde på den relativt okända Joule–Thomson-effekten som innebär att inre arbete åtgår då en gas hastigt expanderar, varvid temperaturen sjunker. Stationens huvuduppgift under de följande sex åren blev att på olika sätt utveckla denna begynnande lågtemperaturteknik – ett arbete som efter sekelskiftet kom att överflyttas till en nystartad gren av Linde-bolaget.

Högskoleforskning

Parallellt med detta tekniska forsknings- och utvecklingsarbete gav Linde under 1890-talet en del kurser vid Münchens tekniska högskola. Han var också engagerad i olika reformförsök för att göra de tekniska högskolorna till universitetens jämlikar. I debatten stod han nära matematikern Felix Klein, vars strävanden i denna riktning blivit mycket omskrivna.[16] Kleins långsiktiga mål var att föra ihop all högre utbildning under ett organisatoriskt tak, och när han i mitten av 1890-talet arbetade för grundandet av en teknisk avdelning vid den fysiska institutionen vid Göttingens universitet erhöll han både verbalt och ekonomiskt stöd av Linde. Vid den tyska ingenjörsföreningens årsmöte 1895 hamnade Linde och Klein på den skolkulturella sidan i en diskussion om grundandet av tekniska laboratorier – alltså tjugo år efter det att Linde öppnat sitt i München. Mötet var enigt i att uttala sitt stöd för inrättandet av fler laboratorier vid de tekniska högskolorna, men man var inte överens om vad de skulle ha för syften. Företrädarna för verkstadskulturen ville att eleverna där skulle lära sig handha olika maskiner. För dem verkar det främst ha varit ett statushöjande trick att döpa om gamla verkstäder till laboratorier. Deras motståndare däremot menade att laboratorierna skulle åskådliggöra det stoff som presenterats under föreläsningarna och dessutom ge möjlighet till fördjupade studier och även forskning.

Vid detta årsmöte befann sig skolkulturens anhängare i någon minoritet, men endast fyra år senare kunde Klein och Linde med belåtenhet konstatera att de tyska tekniska högskolorna givits rätten att utdela doktorsgraden. Detta innebar att staten nu erkände dels att dessa skolor befann sig på samma nivå som universiteten och dels att även teknisk forskning var en bildande verksamhet. Styrkt av dessa politiska signaler föreslog Linde strax efter sekelskiftet att ett laboratorium för teknisk fysik skulle inrättas vid högskolan i München. Han erbjöd skolan att för ändamålet begagna sig av den kyltekniska försöksstationens lokaler. Förslaget vann snabbt anklang både hos högskolans rektor och hos den bayerska industrin, som gav visst ekonomiskt stöd. Redan 1902 kunde så detta teknisk-fysik-laboratorium öppnas som det första i sitt slag i Tyskland. I begynnelsen hade Linde onekligen ett betydande inflytande över organisation och forskningsinriktning. Till laboratoriets föreståndare utsågs fysikern Oscar Knoblauch, eftersom Linde menade att "en fysiker bäst känner till de experimentella observationsmetoderna".[17] Linde ansåg nämligen att teknisk och vetenskaplig forskning måste använda sig av samma metodologi, medan de däremot bör skiljas åt vad gäller mål och syften. För att inte det specifikt tekniska skulle försvinna borde därför resten av de anställda vara ingenjörer. Till dem hörde bland andra en av Lindes söner, Richard.

Vid sidan av föreståndare och assistenter var flera doktorander verksamma vid laboratoriet. Vi får inte glömma bort att det officiella syftet var att få fram skickliga forskare, att bilda intresserade tekniker genom att inviga dem i forskningens metoder. De områden man lade

tyngdpunkten på låg inom vad man då kallade den tekniska termodynamiken.[18] Lindes inflytande kan spåras i undersökningar av olika köldmedel, Joule–Thomson-effekten, överhettad vattenånga och diverse isoleringsmaterial, samt i ett område som temperaturmätningsteknik.

Lindes insatser

Vi har nu mycket hastigt följt Lindes insatser för att upprätta, som han själv uttryckte det, "en levande växelverkan mellan vetenskaplig forskning och praktisk teknik".[19] Vi har sett hur han var aktiv i grundandet av ett flertal institutioner med forskningsliknande verksamhet på programmet. Ofta var deras inriktningar uteslutande ekonomiska. Både i sitt företag och i den kyltekniska försöksstationen ledde Linde arbeten som var kopplade till innoverande, produktutveckling och undersökning. I fallen med laboratorierna för teoretisk maskinlära och för teknisk fysik var dock andra ideal mycket betydelsefulla. Här spelade begrepp som bildning och skolning centrala roller. Laboratoriernas huvudsyfte var ytterst av pedagogisk natur, men det skadade förstås inte att man samtidigt ägnade sig åt viktiga tekniska problem.

Jag tror att Lindes framgångsrika och berömda forsknings- och utvecklingsarbete inom kyltekniken hade kraftiga rötter i de skolkulturella idealen. Om Linde inte varit en vetenskapligt utbildad och av forskningsimperativet tidigt påverkad högskolelärare, hade han säkert bedrivit sin ekonomiskt relaterade verksamhet på ett ganska annorlunda sätt. Mer allmänt vill jag hävda att den kanske viktigaste anledningen till att maskintekniken fick en mer vetenskaplig forskningsprägel mot slutet av förra seklet står att finna inom det tekniska högskoleväsendet.

Exakt vilka argument som låg bakom ingenjörernas anammande av forskningsimperativet kan naturligtvis diskuteras. Klart är att det idealistiska klimatet i Tyskland var mycket starkt under 1800-talet och att flera tekniker, bland dem Linde, knappast var oberörda av det. Dessutom kände sig åtskilliga ingenjörer vid denna tid relativt åsidosatta av det övriga samhället, och genom att göra utbildningssystemet mer bildande kunde de höja sin status i allmänhetens ögon.[20] I detta perspektiv kunde givetvis forskning vara ett medel för att bättra på ingenjörernas rykte, men det fanns förstås andra sätt, som till exempel att i ord och bild propagera för teknikens stora betydelse för västerlandets kulturella och ekonomiska uppbyggnad.

Det förefaller lämpligt att avsluta en artikel i Sveriges Tekniska Museums årsbok med att kort referera till ett sådant prestigehöjande projekt som vår vän Linde var inblandad i. Vad jag har i tankarna är grundandet av *Deutsches Museum* – det mycket stora teknik- och vetenskapshistoriska museet i München som bland annat varit förebild för vårt tekniska museum i Stockholm. Idén bakom museet fördes fram officiellt 1903 av Oskar von Miller, och den erhöll ome-

delbart stöd av prominenta tyska personligheter med Bayerns prins Ludwig i spetsen. En tremannastyrelse, med Linde som en av medlemmarna, utsågs. Den utarbetade en syftesbeskrivning, där det angavs att museet "skall åskådliggöra den vetenskapliga forskningens inflytande på tekniken" – en formulering som vi förstår att Linde inte hade något emot.[21] Efter hårt slit kunde så de första utställningslokalerna öppnas redan 1906. Vid invigningen betonade von Miller att museet skulle visa i vilken utsträckning vår moderna kultur är beroende av den vetenskapliga och tekniska utvecklingen.[22]

För Linde och hans likasinnade var det väsentligt att tekniken blev allmänt accepterad som en kulturell och bildande verksamhet. En bit in på det nya århundradet hade de också lyckats väl i sina strävanden. Till ingredienserna i denna kamp måste vi, förutom grundandet av tekniska museer, räkna de olika ansatser som hade gjorts för att initiera och institutionalisera avancerad teknisk forskning.

Noter

1. Införandet av mer eller mindre vetenskapliga forskningsmetoder i tekniken kan ses som ett utslag av teknikens *förvetenskapligande*. Det tyska utbildningssystemets roll för detta allmänna förvetenskapligande har behandlats av Kurt Mauel: "Die Aufnahme naturwissenschaftlicher Erkenntnisse und Methoden durch die Ingenieure im 19. Jahrhundert", *Technikgeschichte in Einzeldarstellungen*, vol 11 (1969) och Karl-Heinz Manegold: "Die Entwicklung der technischen Hochschule Hannover zur wissenschaftlichen Hochschule", *ibid*, vol 16 (1970a).

   Notera att vi i den här artikeln fr a kommer att koncentrera oss på maskintekniken – ett område med helt andra traditioner än kemi- och elteknik, där forskning genomgående spelat en betydande roll.
2. Hur forskningen vann insteg i Sverige har beskrivits av Gunnar Eriksson: *Kartläggarna: Naturvetenskapens tillväxt och tillämpningar i det industriella genombrottets Sverige* 1870–1914 (Umeå 1978).
3. Ang forskningsimperativet och dess uppkomst, se R. Steven Turner: "Prussian Universities and the Concept of Research", *Intern. Archiv f. Sozialgesch. d. deutschen Literatur*, vol 5 (1980).
4. Jfr Edwin T Laytons klassiska artikel "Mirror-Image Twins: The Communities of Science and Technology in 19th Century America", *Techn. & Culture*, vol 12 (1971), där han beskriver hur den amerikanska forskning och utbildning som bedrevs vid olika tekniska institutioner kom att efterlikna universitetens.
5. Begreppen *verkstads-* och *skolkultur* har jag hämtat från Monte A Calvert: *The Mechanical Engineer in America, 1830–1910: Professional Cultures in Conflict* (Baltimore 1967).
6. Ang skillnaden mellan tyst och formaliserbar kunskap, se Bo Göranzon (red): *Datautvecklingens filosofi: tyst kunskap och ny teknik* (Stockholm 1983).
7. Jfr Karl-Heinz Manegold: *Universität, Technische Hochschule und Industrie: Ein Beitrag zur Emanzipation der Technik im 19. Jahrhundert unter besonderer Berücksichtigung der Bestrebungen Felix Kleins* (Berlin 1970b), där det just talas om (s 58) Reuleaux' betoning av vetenskapens *geistige* och *erzierische* verkan.
8. Carl Max Bauernfeind: *Reden und Vorträge zur Einweihungsfeier der neuen Technischen Hochschule in München* (München 1869), s 22.
9. Titeln på rektor Bauernfeinds öppningstal var (i översättning) "De exakta naturvetenskapernas inflytande på den allmänna bildningen och speciellt på de tekniska fackstudierna", se Bauernfeind (1869).

10. Carl Linde: *Aus meinem Leben und von meiner Arbeit* (München 1979 (1:a uppl 1916), s 32.
11. Citerat ur Karl-Heinz Manegold: "Das Verhältnis von Naturwissenschaft und Technik im 19. Jahrhundert im Spiegel der Wissenschaftsorganisation", *Technik in Einzeldarstellungen*, vol 11 (1969), s 176.
12. Ang Lindes arbete inom kyltekniken, se Linde (1979) och Mikael Hård: "Carl von Lindes kylmaskiner i gränslandet mellan vetenskap och ekonomi", *Polhem*, vol 2 (1984).
13. Brev från Linde till föreningen 1884–03–22. Orig i Deutsches Museums Sondersammlung.
14. Slutrapporten är Moritz Schröter: *Untersuchungen an Kältemaschinen verschiedener Systeme. Zweiter Bericht an den Ausschuß des Polytechnischen Vereins zu München* (München & Leipzig 1890).
15. Stationens arbete under perioden 1893–1901 har sammanfattats av Carl Linde: "Die wissenschaftlichen Ergebnisse der Münchener Kälte-Versuchstation", *Zeitschr. d. Vereins deutsch. Ingenieure, Festnummer* (München 1903).
16. Kleins verksamhet har utretts grundligast av Manegold (1970b), som jag bygger mycket av detta stycke på.
17. Citerat ur Oscar Knoblauch: "Die Geschichte des Laboratoriums für technische Physik der Technischen Hochschule München 1902–1934", *opublicerat* (1941/42), s 2 f. En kopia av skriften finns i Münchens tekniska universitets bibliotek.
18. För laboratoriets tidiga verksamhet, se även Max Jakob: "Zum 25jährigen Bestehen des Laboratoriums für technische Physik der Technischen Hochschule München", *Zeitschr. f. techn. Physik* (1927).
19. Citerat ur Manegold (1970b), s 165.
20. Ang de tyska resp de svenska ingenjörernas kamp för högre status, se Cornelis W R Gispen: "Technical Education and Social Status: The Emergence of the Mechanical Engineering Occupation in Germany: 1820–1890", *opublicerad doktorsavhandling*, University of California, Berkeley (1981) resp Mikael Hård: "Ingenjören i slutet av 1800-talet", *opublicerad rapport*, Vetenskapsteoretiska institutionen vid Göteborgs universitet (1981). Om bildningens roll i detta sammanhang, se Nils Runeby: *Teknikerna, vetenskapen och kulturen: Ingenjörsundervisning och ingenjörsorganisationer i* 1870-talets Sverige (Uppsala 1976) och Boel Berner: *Teknikens värld: Teknisk förändring och ingenjörsarbete i svensk industri* (Lund 1981).
21. Citatet kommer från *Chronik des Deutschen Museums von Meisterwerken der Naturwissenschaft und Technik* (München 1927), s 16.
22. Maria Osietzki har i "Die Gründungsgeschichte des Deutschen Museums von Meisterwerken der Naturwissenschaft und Technik in München 1903–1906", *Technikgesch.*, vol 52 (1985), betonat hur museets grundare såg projektet som ett led i kampen för att göra teknik och vetenskap till en del av den bildade kulturen.



Axel F Enström, den tekniska forskningens ambassadör i Sverige. Etsning av Isaac Grünewald år 1916.

B O S S E S U N D I N

Kontor, institut och akademi

Organiseringen av den tekniska forskningen i Sverige vid tiden för det första världskriget

År 1918 skrev Axel F Enström, som då var chef för Industribyrån vid Kommerskollegium, det ämbetsverk som övervakade Sveriges handel och industri:

"Därest alla nu föreliggande planer på vetenskapligt-tekniska forskningsinstitut komma att genomföras – och man kan blott livligt hoppas därpå – skulle vi få följande: ingenjörsvetenskapsakademin, bränsle- och kraftinstitutet, metallografiska forskningsinstitutet samt pappersmassekontoret. Därmed hade vi lyckats få en stomme till det för vår framtida industriposition grundläggande arbete, som behövs för att hävda vår ställning gent emot utlandet."

Enströms förhoppning infriades och han fick själv en nyckelställning bland dessa institutioner sedan han utnämnts till verkställande direktör vid Ingenjörsvetenskapsakademin (IVA).

Tillkomsten av IVA (med kraft- och bränsleinstitutet som en del), Pappersmassekontoret och Metallografiska institutet visar att under och strax efter första världskriget hade den tekniska forskningen börjat bli erkänd inom svensk industri och statsförvaltning. På samma sätt som rådsforskningens framväxt vid tiden för andra världskriget markerar ett avgörande skede i historien om den tekniska forskningens institutionalisering i vårt land, visar nämnda institutioner att något viktigt skedde vid tiden kring första världskriget.

Vid närmare påseende visar det sig att de tre institutionerna var en del av en bredare strömning som på olika sätt uppmärksammade den teknisk-vetenskapliga utbildningen och forskningen. År 1917 invigdes t ex under högtidliga former och mycken retorik Tekniska högskolans nya byggnader. Det talades om att "hålla vetenskapens fana högt", om "ett nytt hem för tekniskt-vetenskaplig forskning" och för

"de tekniska vetenskapernas män", om "de tekniska vetenskapernas betydelse för fosterlandets framtid" osv. Samma år invigdes också Skogshögskolans och Skogsförsöksanstaltens nya byggnader. Året dessförinnan hade dessutom riksdagen beslutat om den upprustning av Materialprovningsanstalten som senare skulle resultera i Statens provningsanstalt. Materialprovningsanstalten var f ö en av vårt lands första verkliga institutioner för teknisk forskning. Enligt stadgarna från 1897 skulle den bl a "genom serier av undersökningar beträffande materialiers egenskaper samt utgivande av tryckta arbeten häröver utöva en vetenskapligt-teknisk verksamhet".

Även inom enskilda industriföretag inrättades vid samma tid laboratorier med uppgifter utöver den reguljära driftkontrollen. År 1917 – återigen – tillkom t ex Uddeholms vetenskapliga laboratorium vid Skoghallsverken, Reymersholmsbolagets träkemiska forskningsinstitut och den avancerade tekniska avdelningen vid Thulins Aeroplanfabrik.

Uddeholmslaboratoriet kan också vara värt att komma ihåg ur en annan aspekt. Det var nämligen unikt så till vida att det leddes av en kvinna, fil dr Astrid Cleve von Euler. Och inte nog med det – hon hade också två kvinnliga assistenter: fil mag Greta Hallberg och fil lic Ella Söderlund. Uddeholmslaboratoriet var med andra ord för en tid en av de få, kanske t o m den enda arbetsplatsen som dominerades av kvinnliga forskare!

Ella Söderlund hade även arbetat vid det kemiska laboratoriet vid Thulins Aeroplanfabrik. Där fanns också andra kvalificerade forskare. Enoch Thulin själv – flygdoktorn – hade redan år 1912 disputerat vid Lunds universitets fysiska institution på en avhandling "Om luftmotståndet mot tunna plattor med föränderlig hastighet" – en sorts teoretisk grund för den blivande flygplanskonstruktören. När han sedan inrättade en teknisk avdelning vid flygplansfabriken rekryterade han flera andra lundafysiker. Där fanns t ex fil dr Ivar Malmer – med tiden Sveriges förste professor i flygteknik och föreståndare för Flygtekniska försöksanstalten – fil dr G Albin Nilsson – en av Sveriges första radioexperter – samt fil dr Nils Åkesson, expert bl a på röntgenspektrografi.

Presenterat på det här viset – ytterligare exempel kunde ges – kan det förefalla som om den tekniska forskningen i Sverige vällde fram på bred front vid tiden kring det första världskriget. Och visst ligger det en hel del i en sådan bild. Världskriget och de behov och stämningar som var förknippade med det var en mäktig impuls till en institutionalisering av den tekniska forskningen. Axel F Enström – länge den tekniska forskningens samlande gestalt i Sverige – upphörde aldrig att understryka den betydelse världskriget hade. Så här sa han t ex år 1931:

"Först under världskriget blev det påtagligt för var och en vad vetenskap och forskning kunde uträtta för lösandet av aktuella dagsproblem såväl ifråga om förstörelsemedlens snabba utveckling som kommunikationsmedlens intensifiering och anskaffandet av ersättningsmedel av olika slag jämväl för de civila behoven . . . Sedan den tiden



Flygets pionjärer mötte många problem som krävde forskning. 1912 doktorerade Enoch Thulin på en avhandling med flygteknisk tillämpning. Här står han (fjärde fr vänster) ett år senare omgiven av sina medarbetare framför Aeroplanvarvet Avis i Landskrona.

ha laboratoriet, fysiken och kemien flyttat in i fabriken och blivit oundgängliga arbetsverktyg i det dagliga livet."

Världskriget hade också den speciella betydelsen att det inledningsvis skapade goda konjunkturer för den svenska industrin. Det är ingen slump att så många initiativ togs åren 1916–17 då det ekonomiska läget var mycket gynnsamt.

Men det var också en institutionaliseringsprocess med många hinder – något som Pappersmassekontorets och Metallografiska institutets fortsatta öden illustrerar.

Pappersmassekontoret

Pappersmassekontoret, som tillkom efter initiativ från chefen för Billeruds AB, Christian Storjohann, konstituerades som ekonomisk förening i slutet av 1917. Det ägdes av massaföretag som betalade en insats proportionell mot deras produktionskapacitet. Uppgifterna var, enligt stadgarna:

1. Prövning av maskiner för cellulosa och trämassefabriker.
2. Självständig verksamhet för förbättrande av äldre metoder och utarbetande av nya.
3. Tillgodogörande av biprodukter.
4. Utnyttjande av mindervärdigt virke.
5. Konsulterande verksamhet, omfattande jämväl ångekonomi.

Även om verksamheten tänktes bli ganska bred, är det ingen tvekan om vilken uppgift som var viktigast: nummer tre. Den tidiga massaindustrin var ganska primitiv. Man kokade sin massa utan att egentligen riktigt veta vad som hände och slösade friskt med råvaror och energi. Teoretiskt sett kunde i bästa fall 40 % av vedråvaran utnyttjas. Resten släpptes ut som avfall i luft och vatten. De primitiva tillverkningsmetoderna hotade knappast lönsamheten – i varje fall inte på kort sikt – men de förorenande fabrikerna, som tycktes förpesta hela landsändar, fick svårt att värja sig mot allmänhetens missnöje. I riksdagen krävdes upprepade gånger någon form av statlig reglering. Det fanns alltså ett starkt tryck utifrån som tvingade massafabrikanterna att söka efter rationellare tillverkningsmetoder. Samtidigt insåg förstås cellulosateknikerna att det skulle vara ytterst lönsamt om man fann metoder att utnyttja avfallet. Därtill kom försörjningssvårigheterna under kriget som stimulerade till ökade forskningsansatser eftersom massaindustrin ägde en fantasieggande potential till "ersatz" för sådant som inte kunde importeras.

Det saknades inte heller lovande uppslag och nya produkter som silkesmassa och sulfitsprit presenterades. De djärvaste visionärerna drömde om en på trä baserad kemisk storindustri som var lika framgångsrik som den på kol och vetenskaplig forskning grundade tyska kemiska industrin. Bland tänkbara produkter för en svensk träkemisk industri nämndes textilfibrer, motorsprit, färger och mediciner.

Föreståndare för Pappersmassekontoret blev Hugo Wallin, en ingenjör som blivit känd som en av dem som utvecklade metoder för produktion av sulfitsprit. Till sin hjälp hade han två akademiskt skolade forskare som tidigare hade varit verksamma inom företag som försökte exploatera metoder att ta till vara på avfallet. Dessutom samarbetade man med Uddeholmslaboratoriet i Skoghall.

Pappersmassekontoret blev ganska kortlivat. Verksamheten avbröts i slutet av år 1921 sedan den av efterkrigsdepressionen drabbade massaindustrin inte längre ansåg sig ha råd att betala de blygsamma kostnaderna för kontorets underhåll. Men den verkliga orsaken till nedläggningen var knappast industrins brist på pengar. Nej, det var nog att branschen var ovan vid forskningsarbetets villkor. Det



Bergvik och Ala sulfitspritfabrik. Sulfitspriten var i början av seklet den mest lovande biprodukten vid cellulosaproduktion.

vilade en anda av "business" över Pappersmassekontoret. Delägarna förväntade sig omedelbara ekonomiska och praktiska resultat – till och med utdelning på insatt kapital – och när de uteblev tappade man intresset. Walter Améen har berättat att initiativtagaren till pappersmassekontoret – Christian Storjohann – hade stor förskräckelse för att vara "försökskanin" åt andra. Han satsade på laboratoriet för att slippa bli det, men blev besviken på att det inte kom fram så mycket matnyttigt för honom. "Vidare hade Storjohann börjat få stora framgångar med 'silkesmassan' vars tillverkning, drifts- och kontrollmeto-

der han ville omge med sådan hemlighetsfullhet, att allt samarbete med konkurrerande företag på denna sektor var uteslutet. Ännu på 1930-talet kunde man i Billeruds silkesmassefabriker förvillas av att man använde falska termometrar och avsiktligt oriktiga kubikmått, detta för att fabrikshemligheterna inte skulle kunna röjas och spridas genom om falskheten ovetande förmän, arbetare och spioner. Först under andra världskriget med statsreglerad export blev ett närmare samarbete i kvalitetsfrågor nödvändigt, och då de hemliga kontroll- och analysmetoderna efter beslut på allra högsta ort skulle avslöjas, visade det sig, att alla konkurrenterna arbetade på ungefär samma sätt och, trots allt, visste praktiskt taget lika mycket."

Detta hemlighetsmakeri, som karakteriserade hela branschen, kan minst av allt ha gynnat vetenskapliga ansatser. Så här berättas i Svenska pappers- och cellulosaingenjörsföreningens historik:
"Där satt man vid sin fabrik och arbetade på problemen fullkomligt isolerad. Gjordes några goda rön, var man mycket ängslig att de skulle komma ut någon konkurrent till nytta. En god sport var att föra en kollega bakom ljuset genom diverse ej alltför sanningsenliga historier. Fabrikanternas portar voro slutna för vem det vara månde, och det var mycket svårt att få kasta en blick inom murarna. Hemligheterna, om sådana funnos, bevakades omsorgsfullt."

Det hör till historien att samtidigt som Pappersmassekontoret lades ned fick Astrid Cleve sparken från Uddeholmslaboratoriet – inte p g a bristande vetenskaplig produktivitet utan snarare p g a motsatsen. Hon hade publicerat en rad uppsatser om sådant som ligninets struktur och granbarrens kemiska beståndsdelar. Men den typen av grundläggande forskning möttes av mycket liten förståelse från industrins sida. Den gav inga omedelbara praktiska, vinstgivande resultat för bolaget. Ställd inför Pappersmassekontorets nedläggning och sin egen uppsägning klagade Astrid Cleve. Ska nu denna arbetsinsats, "som ju är ingenting mindre än att verkligt känna vårt lands numera förnämsta industriella råmaterial, veden", offras på lågkonjunkturens altare. I framtiden måste skogsindustrin bygga på kunskap om veden. "Vi behöva alltså träforskningen – och då slopar vår stolta massaindustri Pappersmassekontoret och låter det arbete i enskild tjänst jag företräder svälta ihjäl. Finns det ingen inflytelserik kulturfrämjare, som ser det ur lite större synpunkter verkligt oekonomiska häruti? Finns det ingen institution, som kan bereda plats för oss träkemister?"

Det skulle dröja till år 1931 innan det Astrid Cleve efterlyste kom till. Då invigdes den nya institutionen för cellulosateknik och träkemi vid KTH och Erik Hägglund utnämndes till innehavare av en forskningsprofessur där.

Metallografiska institutet

Det metallografiska institutet var förknippat med framväxten av en ny vetenskapsgren. Den byggde dels på användningen av vissa hjälpmedel, främst s k metallmikroskop men senare även röntgenspektro-

grafer, för undersökningar av metaller, och dels på tillämpningen av de senaste teorierna inom fysikalisk kemi på frågor rörande metallurgiska processer.

Metallografin introducerades kring sekelskiftet i Sverige av några unga ingenjörer vid Materialprovningsanstalten och Carl Benedicks, docent i kemi vid Uppsala universitet och sedermera professor i fysik vid Stockholms högskola. Problemet – och det kan beskrivas som ett generellt problem för teknisk forskning i början av 1900-talet – var att finna en naturlig hemvist för den metallografiska forskningen. Tekniska högskolan var i första hand en utbildningsanstalt. Det var först år 1932 som det uttryckligen fastslogs i stadgarna att det är högskolans uppgift att bedriva forskning. Den verklighet som doldes bakom retoriken när de nya lokalerna invigdes år 1917 var att högskolan saknade en formell organisation för forskning. Det fanns ingen forskarkarriär. Först år 1927 fick man rätt att utse teknologie doktorer och den första egentliga forskningsprofessuren – Hägglunds – inrättades år 1931.

Vid universiteten, å andra sidan, fanns en skepsis mot att göra tekniska processer och material till föremål för vetenskapliga undersökningar. Det fick Carl Benedicks erfara när han sökte en professur i kemi och hade svårt att få räkna sin doktorsavhandling – en med metallografiska undersökningsmetoder utförd studie av stål – som merit. En av de sakkunniga hävdade t ex att den bristande homogeniteten och varierande strukturen hos järn och stål, vilkas egenskaper beror på föregående teknisk behandling, "så litet som gärna är möjligt" gör dem lämpade som undersökningsobjekt för besvarande av frågor tillhörande den allmänna kemin. När han sedan sökte en professur i fysik vid Stockholms högskola bedömdes han återigen som olämplig eftersom han sysslat med en så begränsad del av fysiken. Men högskolan försökte ändå att skapa en speciell professur i fysik och metallografi åt Benedicks och vände sig till industrin och bad om bidrag. Men då fick man avslag med motiveringen att "en sådan verksamhet som här är i fråga, bör bedrivas vid Tekniska högskolan".

Det här exemplet visar hur teknisk-vetenskaplig forskning kunde hamna mellan två stolar. Å ena sidan fanns den akademiska, vetenskapliga världen där teknik inte var alldeles rumsrent. Å andra sidan fanns den tekniska världen där vetenskaplig forskning ännu inte var någon självklarhet.

Till slut fick i alla fall Benedicks professuren i fysik i Stockholm. Men han hade fortfarande små möjligheter att ägna sig åt metallforskning. Därför blev ett fristående forskningsinstitut det naturliga resultatet av strävandena att etablera den tekniskt inriktade vetenskapsgrenen. År 1917 påbörjades en insamling som resulterade i att ett femtontal större järnverk och mekaniska industrier lovade att bidra med sammanlagt en miljon kronor. Dessutom godkände riksdagen år 1920 att Metallografiska institutet fick utnyttja delar av Tekniska högskolans gamla lokaler. Därigenom fick institutet en halvofficiell prägel.

Huvuduppgiften var, enligt de av regeringen stadfästa stadgarna,

vetenskaplig forskning. Men institutet skulle också vara industrin behjälplig med utredningar av mera praktiskt intresse. Det dröjde inte länge innan det dubbla syftet ledde till motsättningar. Benedicks ville forska på grundläggande frågor som rörde atomernas gruppering o dyl. Men donatorerna från industrin, som bl a hade rätt att utse institutets revisorer, ville se mer praktiskt inriktad uppdragsforskning och ren konsultverksamhet. Efter diverse omorganisationer och mycket bråk, slutade det med att Benedicks tvingades avgå som föreståndare. I sina avskedsord till institutets styrelse varnade Benedicks för den nya väg som institutet hade slagit in på. "Att eventuellt inskränka verksamheten till sådant, som anses kunna vara av omedelbart ekonomiskt gagn, står i strid med den vidsynta avsikten med institutets upprättande och komme säkerligen att i längden straffa sig." Men institutet överlevde. Under andra världskriget omorganiserades det till ett av de många halvstatliga branschforskningsinstitut som då inrättades. Numera verkar det under namnet Svenska Metallforskningsinstitutet.

Såväl Pappersmassekontorets som Metallografiska institutets ganska trassliga öden visar att den tekniska forskningen hade trögt före i portgången. De var ju trots allt institutioner som borde backas upp av de viktigaste industribranscherna i Sverige: trä- och massaindustrin, järn- och stålindustrin samt verkstadsindustrin. Men det var sällsynt att industrins företrädare visade någon större entusiasm för vetenskapligt forskningsarbete. Snabba resultat, avkastning på insatt kapital, annars fick det vara. Det är lättare att finna uttryck för industrimännens misstro mot forskare och vetenskapligt inriktade tekniker än motsatsen. Idag är vetenskap och forskning honnörsord. Men i början av seklet hade de en annan klang inom vida industrikretsar. Det är karakteristiskt att Axel F Enström – den tekniska forskningens ambassadör – ofta såg sig tvingad att börja sina anföranden med några ord mot föreställningen att forskning är ett begrepp med ett drag av högtidlighet, akademisk förnämitet, lärdomsdamm och opraktisk sterilitet.

Det finns också flera berättelser som visar hur svårt man hade att förstå värdet av forskningsarbete. Sten Westerberg, ingenjör, industriman och chef för Jästbolaget, har gett ett drastiskt exempel. "Från min egen industri påminner jag mig, huru jag vid tiden några år efter sekelskiftet som ung ingenjör var sysselsatt med de första laboratorieförsöken vid en fabrik, där förut ingen som helst utrustning i detta hänseende existerade. Chefen för företaget, en hedersman, en autodidakt och kraftnatur med en despotism, som sannerligen inte var vidare upplyst, kom in, där jag höll på med mina flaskor och petriskålar för att klargöra ett mögelfenomen. Med en blick av outsägligt förakt gjorde han som Döbelns bekante läkare vid Jutas. Han gick fram till bordet och 'strök det rent uti ett enda drag', och där stod jag med mina sönderslagna grejor. Och detta inom en industri som säkerligen mer än det stora flertalet måste arbeta på vetenskaplig grund."

Einar Améen som år 1926 anställdes som assistent vid metallogra-

fiska laboratoriet i Hagfors har berättat en annan episod. Han stötte en dag ihop med en av brukets högre tjänstemän. "Han stannade och frågade: 'Vad gör Du här?' Inte utan en viss stolthet svarade jag: 'Jag forskar på laboratoriet'. Hans nästa fråga blev då: "Ja, men har Ni inte forskat färdigt än?' Frågan /berättar Améen/ var inte ställd på skämt, utan han ansåg verkligen, att då laboratoriet i Hagfors vid den tiden hade funnits i 10 år, så borde det vara färdigforskat!"

Den misstro mot forskare och vetenskapligt inriktade tekniker som fanns i början av 1900-talet är också en del av bakgrunden till IVA.

IVA

Det formella upphovet till IVA var en motion från högerpolitiker i riksdagen år 1916. Där efterlystes en nationell kraft- och bränslepolitik och man föreslog att regeringen skulle utreda möjligheterna att inrätta en institution som vetenskapligt och praktiskt bearbetade och samordnade arbetet med kraft- och bränslefrågor.

Enström fick i uppdrag att utreda frågan och han kom fram till att det behövdes en central forskningsanstalt inte bara för kraft- och bränslefrågor utan för hela den tekniska forskningen. Så mognade planerna på en ingenjörsvetenskapsakademi fram under hösten 1917. Efter omfattande förberedelser, sedan bl a Industriförbundet gett sitt godkännande och sedan 1,7 miljoner kronor insamlats från industrin, föreslog regeringen i mars 1919 att IVA skulle inrättas.

Valet av akademiformen väckte viss uppmärksamhet. Enström och andra befarade också "att namnet akademi måhända skall bemötas av någon misstro från det praktiska livets män, vilka gärna är benägna att med begreppen akademier och professorsverksamhet förknippa ett sterilt teoretiserande". Men i efterhand framstår akademiformen som något av ett genidrag. Den var en i Sverige väl inarbetad form för vetenskaplig verksamhet och ökade väsentligt möjligheterna att ge det tekniska forskningsarbetet officiellt erkännande.

Det fanns också djupare syften för vilka akademiformen var speciellt lyckad. Det hade sedan lång tid funnits skarpa motsättningar dels inom själva ingenjörskåren och dels mellan å ena sidan industrin och å andra sidan delar av ingenjörskåren och lärarkåren vid Tekniska högskolan. Man var splittrad i två läger: ett "tekniskt-vetenskapligt", som ville se ingenjören som en oberoende, opartisk och vetenskapligt bildad fack- och ämbetsman, och ett "industriellt", som ville se ingenjören som en företagsledare med ekonomiska och praktiska kunskaper. Motsättningen framträdde därför ofta som en spänning mellan å ena sidan vetenskap och teori och å andra sidan praktik och ekonomi. Det är uppenbart att IVA kom till för att överbrygga klyftan mellan industrin och företrädare för det tekniskt-vetenskapliga livet.

Denna djupare målsättning framgår dock inte av IVAs stadgar. Där sägs att ändamålet skulle vara "att befordra teknisk-vetenskaplig

forskning samt att därigenom främja den svenska industrin och tillvaratagandet av landets naturtillgångar". Det skulle nås på flera sätt.

För det första och viktigaste: IVA skulle ha en samordnande uppgift och se till att alla de initiativ till forsknings- och utvecklingsarbete som världskriget föranlett inte upphörde och skingrades när krigstidens svårigheter var över. IVA skulle, som det hette, "bliva det statsorgan, som skulle taga vård om det tekniskt-vetenskapliga forskningsarbetet i landet och bliva det samlande momentet i de nu spridda strävandena".

IVA skulle för det andra organisera forskningsinstitut eller kommittéer för speciella ändamål. Så skedde också med det kraft- och bränsleinstitut som hade varit den formella orsaken till att IVA bildades. Andra områden som tidigt togs upp var byggnadsteknisk forskning och arbetsvetenskaplig forskning.

För det tredje skulle IVA mobilisera ekonomiskt stöd för teknisk forskning och bli, som Enström uttryckte det, "en central sparbössa i vilken kan samlas alla de intressen vilka skulle vilja göra sig uttryck i pekuniärt avseende".

För det fjärde skulle IVA genom belöningar och pengar stödja och uppmuntra s k "spontant uppträdande forskare på det tekniskt-vetenskapliga arbetsområdet".

För det femte, slutligen, skulle IVA publicera förtjänstfulla avhandlingar och utredningar eller på annat sätt utöva publikationsverksamhet.

Hur mycket av de ursprungliga ambitionerna förverkligades? Det är ingen tvekan om att akademin framgångsrikt slog en bro mellan vetenskap och industri och höjde ingenjörsvetenskapens status. Men det gällde i första hand på ett allmänt plan. När det blev fråga om pengar, om att bli en "central sparbössa", var det svårare. IVA lyckades aldrig mobilisera några större summor. Det rörde sig hela tiden om blygsamma belopp. Som exempel kan nämnas att under de första tio åren utdelade IVA totalt 230 000 kronor, fördelade på ett hundratal forskningsarbeten.

Akademin upprättade dock egna laboratorier. Det första steget i den riktningen togs år 1923 när det s k Elektrovärmeinstitutet inrättades. Senare tillkom vid IVA bl a Kolningslaboratoriet, Cementlaboratoriet och Ångvärmeinstitutet. I vårt sammanhang känns det naturligt att framhålla att även en annan institution – Tekniska Museet – har sina rötter i IVA. Redan år 1921 tillsattes en kommitté för den frågan och tre år senare anställdes Torsten Althin för att organisera det blivande museet. Under drygt ett decennium inrymdes sedan den teknikhistoriska verksamheten i akademins fastighet vid Grev Turegatan.

IVA blev inte det "statsorgan", som samlade det tekniska forskningsarbetet. Och det är väl, som Enström skrev efter tio år vid akademin, "icke säkert, att den i saken mest intresserade parten – industrin – med oblandad tillfredställelse skulle se dessa angelägenheter i händerna" på ett statligt verk. Det förhindrade inte att IVA hade blivit "den organisation Kungl Maj:t gärna anlitar, när yttranden

i tekniska ämnen erfordras i ärenden, som äro under regeringens prövning". Som regeringen gör, fortsatte Enström, så göra också de centrala ämbetsverken.

På två viktiga områden fick akademin en central och överordnande ställning under mellankrigstiden. Det gällde dels den energitekniska forsknings- och utredningsverksamheten och dels s k psykoteknik, arbetsstudier o dyl med anknytning till rationaliseringsrörelsen. I övrigt förverkligades knappast ambitionen att ge IVA ett övergripande ansvar för den teknisk-vetenskapliga forskningen. När sedan den teknisk-vetenskapliga forskningen gavs en ny organisation efter de stora utredningarna i början av 1940-talet, förlorade IVA definitivt sin ställning som centralorgan. Man övervägde visserligen att till IVA delegera uppgiften att på statens vägnar fungera som ett centralt forskningsråd. Men det ansvaret kom i stället att läggas på det nyinrättade, fristående statliga tekniska forskningsrådet.

Referenser

Walter Améen har citerats ur *Svensk Papperstidning* 1983:3 och Sten Westerberg ur *Teknisk tidskrift* 1938. I övrigt hänvisas läsaren till det egentliga underlaget för uppsatsen: B Sundin. *Ingenjörsvetenskapens tidevarv: Ingenjörsvetenskapsakademin, Pappersmassekontoret, Metallografiska institutet och den teknologiska forskningen i början av* 1900-talet (Umeå 1981). Där finns utförlig käll- och litteraturförteckning.



Sten Westerberg:
Teknologförbundets ordförande
och outtröttlig propagandist
för den tekniska forskningens
"ordnande efter moderna och rationella principer".

THORSTEN NYBOM

Bernalism och forskningsorganisation

Vetenskapsideologi och forskningspolitik i 1930-talets Sverige

1930-talet har med rätta beskrivits som en period av allmän samhällelig turbulens. Diskussionen om vetenskap och forskning kom därmed med nödvändighet, att inta en relativt undanskymd plats både i den offenliga debatten och i den praktiska politiken, som i huvudsak koncentrerades kring ekonomiska och politiska problem av ibland existensiell natur.[1]

Icke desto mindre kom den allmänna utvecklingen och den forskningspolitiska debatten under detta ödesmättade decennium att få en helt avgörande betydelse för forskningspolitikens inriktning och vetenskapens ställning i framtiden. Vetenskapsideologiskt och forskningspolitiskt innebar 1930-talet nämligen en veritabel omvälvning, i det att vetenskapen började betraktas som en produktivkraft fullt jämförbar med både arbete och kapital. Det var fråga om en växande övertygelse att vetenskapen direkt kunde befordra inte bara välfärdsmål och nationell maktutveckling, utan även bidra till genomgripande samhällsorganisatoriska förändringar.[2]

Ursprungligen hade detta varit en utpräglad vänsterståndpunkt. Snart nog – och allra senast under kriget – accepterades dock denna tes mer eller mindre ograverat i nästan alla politiska och vetenskapliga läger. Och den hade vid 1950-talets ingång upphöjts till en av välfärdssamhällets manifesta överideologier.[3] Som genomförd forskningspolitisk doktrin fick den sitt mest pregnanta uttryck hos Cambridgefysikern John Desmond Bernal.[4] Bernal hävdade bl a att det ömsesidiga beroendet mellan samhällelig organisation å ena sidan och vetenskapens inriktning, uppgifter och organisation å den andra, hade fått en sådan karaktär att varje försök att tillskriva vetenskap och

forskning en självständig ställning *över* den samhälleliga verkligheten i övrigt, inte bara framstod som illusoriskt utan även såsom rent ut sagt farligt och "utvecklingsvidrigt".[5]

Produktivkraftstesen förutsatte således en fortsatt och förstärkt integration mellan samhälle och vetenskap och för Bernal framstod denna utveckling som förhållandevis oproblematisk. Det uppfattades som ett praktiskt-politiskt eller psykologiskt problem, som i grunden handlade om bristande insikter. Mycket förenklat gällde det att man genom att förstå och bejaka "the social relations of science", även skulle kunna undanröja och omintetgöra den "frustration of science", som sades utgöra den moderna vetenskapens och det moderna samhällets förbannelse.[6] Det var nödvändigt att man en gång för alla förstod att "The occupation of curious gentlemen" i realiteten övergått till att vara "an industry supported by large industrial monopolies and by the state".[7] Därmed skulle man äntligen kunna introducera rationalitet och planmässighet i den vetenskapliga produktionen.

Kärnpunkten och det epokgörande i 1930-talsdiskussionen kring forskningens organisation och samhälleliga roll var att vetenskapen tilldelades en extern och systemförändrande dimension. Den dittillsvarande förändringsprocessen hade nästan uteslutande berört vetenskapens och forskningens *horisontella* uppdelning och expansion, dvs en fortgående specialisering och differentiering i ämnesområden, discipliner och subdiscipliner. Denna process hade i huvudsak varit internvetenskapligt motiverad. Det hade varit vetenskapens egna behov, som varit det avgörande även vid organisatoriska förändringar.[8]

Det som under 1930-talet trängde sig fram var ingenting mindre än en ny vetenskapsdefinition. Denna utvidgade vetenskapsdefinition innefattade en ny *vertikal* organisationsprincip, som utgick från olika *tillämpningsnivåer*.[9] Det är från och med denna tidpunkt, som man på allvar började göra distinktioner mellan grundforskning, tillämpad forskning, målinriktad forskning etc. Ännu viktigare för framtiden var dock kanske att man genom denna teori kring vetenskapens och forskningens samhälleliga dimension, även ansåg sig kunna ange principiella lösningar på de problem som rörde forskningens finansiering, styrning och organisation.[10]

Svenska ansatser

Denna ideologiska omvälvning skedde, som redan antytts, ingalunda i något lufttomt rum, allra minst i Sverige. Den bör i stället ses som en del av den allmänna debatt kring samhällsplanering och planhushållning, som på allvar bröt igenom under 1930-talet.[11] Tron på planeringens välsignelser var inte heller koncentrerad till socialdemokratin och den politiska vänstern. Den kom även – om än med lite andra förtecken – att genomsyra stora delar av den privata industrin. Detta kom inte minst till uttryck i den rationaliseringsrörelse, som i allt större utsträckning karakteriserade den industriella produktionens administration och organisation.[12]

På en mer generell nivå kunde man hävda att det gemensamma intresset att befordra teknologisk och organisatorisk effektivisering, kom att bli ett av de områden där den svenska samarbetsdoktrinen mellan den socialdemokratiskt behärskade staten och den privata industrin först och kanske mest smärtfritt slog igenom. Det var, om man så vill, inledningen till den stora fusionen mellan "aktiebolaget" och "folkhemmet" Sverige, bakom vilken det sålunda redan från början fanns handfasta politiska realiteter och intressen. Inom arbetarrörelsen hade man så småningom kommit att acceptera tesen om att det endast var genom maximal effektivitet inom produktionen, som visionerna bakom välfärdssamhället lät sig realisera.[13] Inte minst finansminister Ernst Wigforss talade om behovet av ett "näringsliv, som går för full maskin".[14]

Näringslivet i sin tur hade insett att det framtidsvis inte skulle bli möjligt att konkurrera framgångsrikt enbart med hjälp av stora kvantiteter och överlägsna råvarutillgångar. De helt avgörande faktorerna skulle snarare bli organisatorisk effektivitet och teknisk innovationskapacitet. Dvs en uttalad förmåga och en hög beredskap till snabba och genomgripande strukturförändringar. Detta förutsatte i sin tur dels en "fullmakt" från de anställda och deras organisationer, dels en avsevärd tekniskt-vetenskaplig potential och kompetens. Uppbyggnaden av denna kompetens krävde dock investeringar av en sådan storlek och på en sådan sikt, att industrin knappast kunde, eller ville åtaga sig denna uppgift. Behovet av "Big Science" hade således bidragit till att gradvis krossa drömmen om det enskilda, exklusiva monopolet.[15]

Denna ömsesidiga process av vetenskapens "församhälleligande" och samhällets "förvetenskapligande" låter sig sålunda lätt belägga. Den kan även relativt lättvindigt "förklaras" på ett makroplan, antingen i termer av kapitalägardominans, "klassamarbete" och "falsk värdegemenskap" eller kan den ses som en direkt konsekvens av "socialdemokratisk statsinterventionism".[16] Sådana påståenden förblir dock tämligen ointressanta med avseende på den specifika utvecklingen inom vetenskap och forskning. Det är nämligen *en* sak att slå fast, att den keynesianska välfärdsstaten i långt högre grad än någon annan samhällsorganisation besjälades av ett vetenskapligt "ethos".[17] Men det är en helt *annan* att belysa *om* och i så fall *hur* detta vetenskapliga ethos omsattes i praktisk handling.

För även om den fortlöpande integrationen mellan vetenskap och samhälle var en generellt verksam tendens, illustrerar just forskningens och den högre utbildningens mångskiftande utveckling i de enskilda länderna, att dess konkreta utformning var långt ifrån predeterminerad.[18] Avgörande för relationerna till den traditionella vetenskaps- och forskningsorganisationen blev inte minst *varifrån* initiativet och policyformuleringarna kom. Detta inverkade inte bara på det övergripande kunskapsintresset, det skulle även och framför allt komma att få ett avgörande inflytande på den faktiska organisationen, den institutionella hemvisten liksom på hela besluts- och planeringssystemet. Men även om det sålunda fanns under mellankrigstiden ett

par generella dimensioner, som kunde sägas ha en forskningsstyrande potential, nämligen rationalisering och planmässighet och vilka även omfattades av arbetarrörelsen och statsmakterna, fanns den drivande kraften och de konkreta ambitionerna inom den privata industrin och teknikernas egna organisationer.[19]

Med hänvisning till framför allt utvecklingen i Tyskland under världskriget och till den pågående utvecklingen i Förenta Staterna, startades under 1930-talet en närmast systematisk lobby- och propagandaverksamhet till förmån för en intensifierad och totalt nyorganiserad teknisk forskning.[20] Denna aktivitet, som år 1942 skulle komma att krönas med inrättandet av det första egentliga forskningsrådet och skapandet av det första *moderna* sektorsorganet, kanaliserades i första hand via Teknologföreningen, Ingenjörsvetenskapsakademin (IVA) och Industriförbundet (IF).

Sålunda kom Teknisk Tidskrift och IVAs och IFs skriftserier under denna tid att med jämna mellanrum återkomma till frågan om statens och näringslivets gemensamma ansvar för den tekniska forskningens ordnande. I sin plädering hänvisade man självklart till behovet av förstärkta ekonomiska resurser, men som det helt överskuggande behovet, framstod en väsentligt förbättrad samordning och styrning av forskningsresurserna och en genomgripande organisatorisk förnyelse.[21] I slutet av 1930-talet tillkom så ytterligare ett mycket effektivt argument, nämligen det säkerhetspolitiska eller som man hellre sade det "nationella", vilket efter krigsutbrottet närmast fick karaktären av tvångstanke.[22]

År 1938 – över huvud taget ett märkesår i den svenska samhällsorganisatoriska utvecklingen[23] – övergick industrin och dess företrädare från ord till handling i sina forskningspolitiska strävanden. Vid IFs årsmöte den 26 april tillsattes en kommitté, för att utreda lämpliga former för en framtida koordinering och finansiering av den tekniska forskningen.[24] Det första synliga resultatet var att man i oktober samma år till Kungl Maj:t överlämnade ett konkret förslag på hur forskningen vid de tekniska högskolorna skulle kunna förbättras såväl organisatoriskt som ekonomiskt och innehållsmässigt. Den 17 oktober hade IVA dessutom överlämnat en skrivelse till samme adressat, i vilken man föreslog att statsmakterna skulle föranstalta om en grundlig reorganisation av den tekniska forskningen, där inte minst organisations- och styrfrågorna skulle behandlas förutsättningslöst.[25]

Dessa båda aktioner blev ingalunda verkningslösa. Dels aktiverades riksdagen och ett antal flerpartimotioner, som krävde en översyn av den tekniska forskningen, avlämnades. Dels kom ett par av de båda "industrikommittéernas" förslag att direkt flyta in i 1939 års statsverksproposition.[26] Än viktigare blev dock IF-kommitténs slutbetänkande, som ingavs till Kungl Maj:t den 27 februari och där man föreslog att: ". . . Kungl Maj:t täcktes utse förslagsvis fem delegerade för att överlägga med delegerade från Sveriges Industriförbund, Ingenjörsvetenskapsakademin m fl om åtgärder för att främja den tekniskt-vetenskapliga forskningens koordinering och finansiering . . .".[27]



Gösta Malm: Den epokgörande "malmska kommitténs" effektive ordförande, som inte bara var en betrodd och duktig byråkrat utan dessutom även tekniker.

Den s k malmska kommittén eller "Utredningen rörande den tekniskt-vetenskapliga forskningens ordnande" tillsattes formellt den 31 aug 1940. Utredningen, som hade ett massivt inslag från näringslivet,[28] arbetade mycket snabbt och avgav inom mindre än två år tre betänkanden, varav det första (SOU 1942:6) behandlade "den tekniskt-vetenskapliga forskningen på byggnadsområdet" (SOU 1942:7) och slutligen det tredje föreslog "åtgärder för skogsproduktionsforskningens ordnande" (SOU 1942:12).

Denna utredning har i eftervärldens ögon haft en tendens att anta närmast mytiska dimensioner, oavsett hur man i övrigt värderat dess

faktiska och långsiktiga konsekvenser.[29] Skälen till denna förundran framstår som ganska lättförståeliga. För det första nådde den malmska kommittén – till skillnad från de flesta andra "policyorienterade" expertkommittéer under mellankrigstiden – mycket snabba och konkreta resultat. För det andra fick den genom de yttre omständigheterna redan från början dignitet av nationell ödesfråga. För det tredje – och i detta sammanhang mest intressant – innebar inrättandet av TFR och av Statens kommitté för Byggnadsforskning tillsammans och var för sig en betydelsefull organisatorisk innovation. Rådet och kommittén kom att få en i ordets egentliga mening "paradigmatisk" betydelse, att fungera som förebild och "böjningsmönster" för den rad av sakkunnigkommittéer, som under och efter kriget tillsattes för att organisera, effektivisera och styra den svenska forskningsverksamheten.[30]

TFR var ett centralt, korporativt sammansatt – men vetenskapligt dominerat – organ, som syftade till att öka planeringskapaciteten och rationaliteten i såväl den vetenskapliga kunskapsuppbyggnaden som av resursuppbyggnaden och resursstyrningen. Dessutom skulle rådet fungera som statsmakternas samtalspartner och remissinstans i forskningspolitiska frågor.[31]

Kommittén för byggnadsforskning var visserligen ett barn av samma utredning men icke desto mindre fanns det signifikanta skillnader i uppbyggnad och inriktning mellan de båda organen. Byggforskningskommittén skulle sålunda inte bara vara "i betydligt högre grad aktivt dirigerande än det i betänkandet föreslagna TFR, vars initiativ mera skola avse åtgärder i stort".[32] Den skulle även initiera *och bedriva forskning i egen regi.* Detta var något definitivt nytt, att ett administrativt statligt organ gavs övergripande ansvar att formulera och bedriva forskning inom en hel, socialt och ekonomiskt strategisk samhällssektor. Den moderna sektorsforskningen hade därmed sett dagens ljus.[33] Sitt mest magnifika uttryck skulle den få i den redan följande år etablerade Försvarets forskningsanstalt (FOA).

Som redan framgått, vill även jag tillmäta TFR och Byggforskningskommittén en avgörande betydelse för den fortsatta forskningspolitiken i Sverige och denna långsiktiga betydelse gör det inte mindre angeläget att påpeka, att dessa organ inte enbart var en konsekvens av djupgående strukturella förändringar. De var, som antytts, i hög grad en följd av akuta och kortsiktiga behov. Det gällde att snabbt kompensera bortfallet av teknologiimport och av strategiskt livsviktiga produkter.[34]

Det kan tyckas som om universiteten var mer eller mindre satta på undantag under denna period. Detta är i allt väsentligt en korrekt iakttagelse. I den mån man intresserade sig för universiteten, var det i första hand som producent av och reservoar för kvalificerad personal i den planerade forskningsorganisationen.[35] Det fanns en tendens att betrakta de traditionella akademiska institutionerna som mer eller mindre otjänliga om man ville åstadkomma snabba resultat och genomgripande förändringar i forskningens organisatoriska uppbyggnad.[36]



Harald Nordensson:
Direktör och riksdagsman,
industrins "starke man"
och mest eloquente företrädare
i forskningspolitiska frågor.

Strukturella förändringar

Mellankrigstiden och världskriget hade sålunda inneburit en vetenskapsideologisk legitimering och en vetenskapspraktisk demonstration av "produktivkraftstesens" relevans. Genom en kraftfull demonstration av de moderna naturvetenskapernas manipulativa, produktiva *och* destruktiva potential, hade vetenskapens och forskningens gamla och oföränderliga krav på ökade resurser slutgiltigt förankrats i något vida mer handfast och politiskt bjudande än de allmänkulturella argument man traditionellt varit hänvisad till.

Självklart ledde detta i sin tur till en lika snabb som massiv "maktförskjutning" mellan olika kunskapsområden och mellan de enskilda disciplinerna. Den generella förskjutningen mot de experimentella vetenskaperna har också oavbrutet belagts och poängterats under de senaste 40 åren. Denna universellt verksamma tendens har dock inte bara registrerats som ett betydelsefullt empiriskt faktum. Den har även fått tjäna som universal*förklaring* till nära nog samtliga större förändringar inom vetenskapsteori, vetenskapsideologi, forskningspolitik, utbildningspolitik osv.[37] Tesen om "teknokratins" primat har sålunda inneburit att analyserna av forskningspolitiska och forskningsorganisatoriska förändringar ofta reducerats till en predeterminerad process av "positivism", "instrumentalism", "rationalism" etc.[38]

Jag vill på intet sätt bestrida de experimentella vetenskapernas betydelse för den internvetenskapliga utvecklingen. Ej heller vill jag förneka deras roll för att vetenskap och forskning utvecklas till ett självständigt politikområde och en avgränsad samhällssektor.[39] Det finns dock starka skäl att påpeka, att även om den nya forskningsorganisation, som växte fram efter det andra världskriget i hög grad var anpassad till de experimentella vetenskaperna, kom den *aldrig att påtvingas* andra forskningsfält och ämnesområden.[40] Den *eftersträvades* lidelsefullt och tycks av andra vetenskapers företrädare ha uppfattats som den egentliga bekräftelsen på att man uppnått status av "modern vetenskap". "Vetenskaplighet" och kunskapsmässig expansion blev i hög grad en fråga om organisation; en renodling av funktioner, arbetsuppgifter och ansvarsområden. Den traditionella "top-bottom"-organisationen (statsmakter – ämnesföreträdare) började gradvis ersättas av ett byråkratiskt system, som redan från början innefattade en spridning av kompetenser och funktioner, vilka traditionellt – oreflekterat och naturligt – ansetts höra hemma inom forskningen själv: planering, målformulering, problemgenerering, initiering, samordning, utvärdering m m.[41]

Det är utifrån dessa strukturella fakta man bör diskutera forskningsrådens tillkomst och framtida betydelse. Att tro sig kunna bestämma principiella och långsiktiga maktförskjutningar inom olika sektorer och beslutssystem, eller att uttala sig om relationerna mellan beslutssystem å ena sidan och den faktiska verksamheten å den andra, genom att fastställa de enskilda aktörernas institutionella eller politiska hemvist, är i bästa fall en illusion.[42]

Som jag framhållit ovan finns det all anledning att tillskriva TFR en avsevärd betydelse för den framtida forskningspolitiken, inte minst med hänsyn till organisation och förvaltningsrättslig ställning. Sålunda etablerades principen om ett från de centrala statsmakterna och den egentliga forskningsproduktionen fristående organ. Råden var i första hand en administrativ innovation. Det officiella skälet till denna begränsning var att anslagsgivarnas oväld och integritet inte skulle kunna ifrågasättas, vilket kunde ske om råden bedrev egen forskning eller hade ett direkt programansvar.[43]

En viktig konsekvens för framtiden var att rådens massiva

genombrott samtidigt innebar att man definierade bort andra tänkbara organisatoriska lösningar,[44] där den funktionella renodlingen och resursallokeringen inte innefattade nya organisatoriska nivåer och byråkratiska organ. I första hand tänker jag här på den typ av externa och interna forskningsinstitut eller "Graduate Schools", som efter kriget växte fram inte minst i USA. Det universitetsinterna institutet hade tillkommit just för att förhindra att kraven på en ökad forskningsstyrning och en förbättrad effektivitet och rationalitet i fråga om besluts- och arbetsformer samt beträffande resursanvändningen, samtidigt måste innebära inrättande av nya, externa, beslutsnivåer och administrativa organ. I det universitetsinterna institutet hoppades man att de uttalade och berättigade kraven på "nytta", "samhällsrelevans" och effektivare arbetsformer, skulle kunna förenas med vetenskapens traditionella krav på autonomi och med universitetens kulturtraderande funktion.

För den tekniska forskningen hade det funnits *praktiska* skäl att avvisa institutslösningen. För det första var det inte självklart att lejonparten av den egentliga forskningsproduktionen skulle komma att utföras inom, eller ens i anslutning till, de traditionella universiteten. För det andra innebar den tekniska forskningens nära anknytning till industriell produktion och produktutveckling, att integrationen i den akademiska forskningen med dess krav på offentlighet och "allemansrätt", kunde bli problematisk med avseende på patenträttigheter o a. För det tredje fanns det redan en intermediär apparat, som kanaliserade pengar och information mellan den tekniska industriproduktionen och den tekniska kunskapsproduktionen, nämligen de korporativt styrda branschinstituten.[45] För det fjärde skilde sig den tekniska forskningens basorganisation, de tekniska högskolorna, både till genesis och uppbyggnad ifrån de traditionella universiteten.[46] Den tekniska forskningen utvecklade sålunda ingen imperialistisk vetenskapsideologi, som tvingade andra vetenskapsområden att följa efter. I stället blev det så att kommande utredningar varken uppfattade eller erkände att den tekniska och medicinska forskningens förutsättningar och behov kunde tänkas samvariera med en specifik organisatorisk lösning. Man valde att betrakta TFR som den generellt "giltiga" lösningen på den moderna vetenskapens problem.[47]

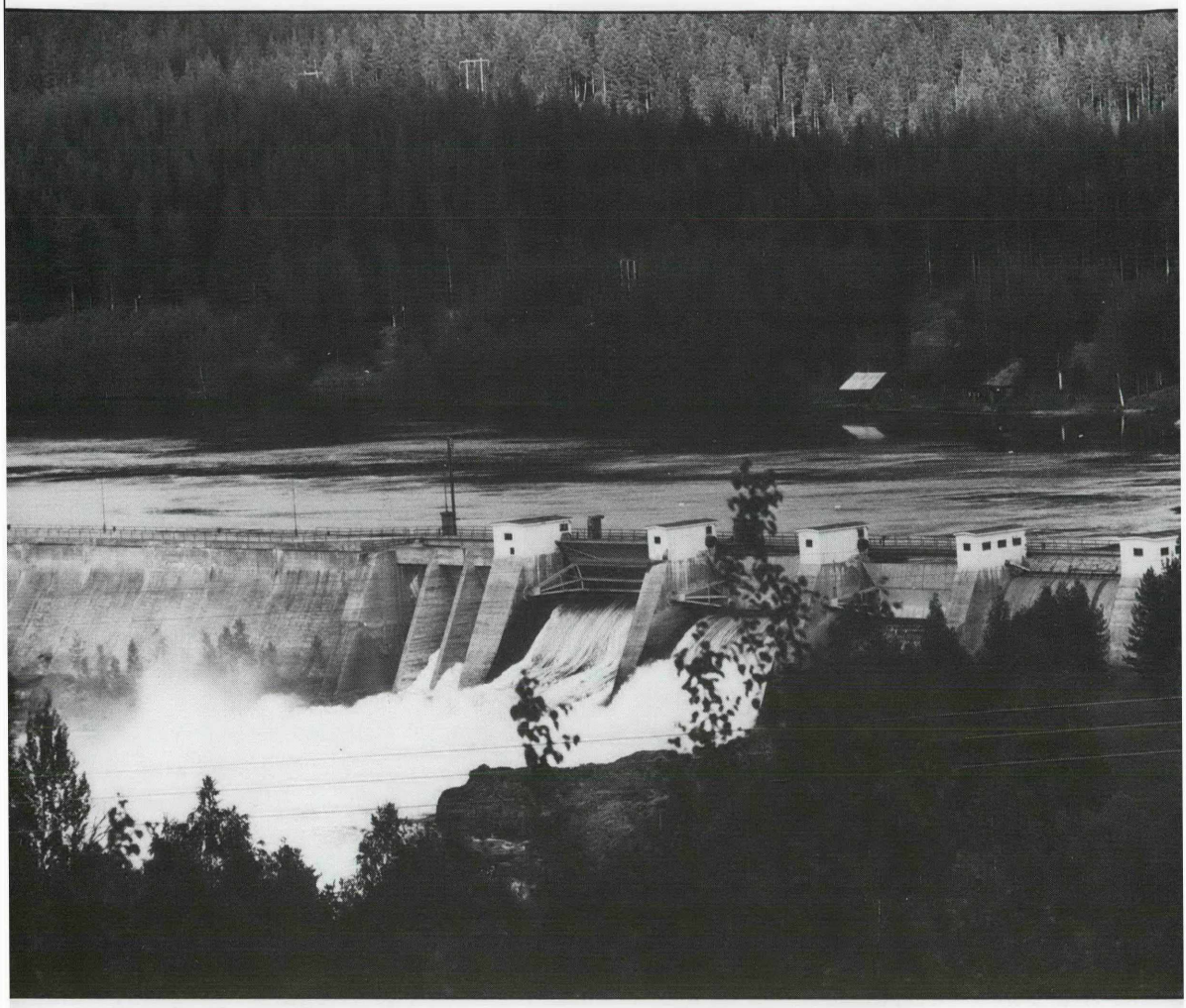
Därmed anser jag att den tekniska forskningen, utan egen förskyllan, kom att bidra till att man byggde in ett systematiskt tankefel i det fortsatta forskningsorganisatoriska arbetet. Det etablerades en allmän föreställning att samtliga vetenskapsfält kunde anses ha samma utgångsvärden, när det gällde deras faktiska och praktiska kapacitet att genomgå och tillgodogöra sig organisatoriska förändringar. Att en organisatorisk förändring av den typ och omfattning, som forskningsråden representerade, för att fungera förstärkande, obönhörligen krävde en viss kompetensnivå, forskningsvolym, en fungerande basorganisation, disciplinär självförståelse, vetenskapsteoretiskt fundament, diskuterades av snart sagt ingen.[48] Inom vissa forskningsområden och vetenskapsfält riskerade detta att medföra en urholkad integritet och autonomi, som i sin förlängning även kunde innefatta

eller åtminstone öppna vägen för en redefinition av begreppet vetenskap, av dess samhälleliga roll, institutionella hemvist och faktiska innebörd. Rådsorganisationen kom kort sagt att introduceras inom vetenskapsfält, som icke hade "mognad", organisatorisk styrka och vetenskaplig kompetens att ta emot den. Vad jag här i första hand avser är den svenska samhällsforskningen.[49]

Noter

1. Peter Stevrin, *Den samhällsstyrda forskningen. Den sektoriella forskningspolitikens framväxt*, Sthlm 1978 s 82f.
2. Allm se Sverker Gustavsson, *Debatten om forskningen och samhället*. En studie i några teoretiska inlägg under 1900-talet, Uppsala 1971, särs ss 81–132.
3. Jmf Ragnar Edenmans berömda formulering i direktiven till U-55, i SOU 1959:45, s 39.
4. S Gustavsson, aa 87ff.
5. ". . . technical and scientific progress continues ever more rapidly in the service of both war and peace. It is characterized by the penetration of science into all forms of production, and by an everincreasing degree of organization and intercommunication. It is now evident that enough is known, both of natural science and of techniques making use of it, to solve all the major problems of world economy. We should now be able to provide a tolerable standard of life for the peoples of the whole world, and by further research it could be improved indefinitely . . ." J D Bernal, *Science in History*, s 902f.
6. Bernal, *The Social Functions of Science*, London 1939, s XVff (Uttrycket är hämtat från D Hall et al, The Frustration of Science, London 1933.
7. Bernal, *The Social Function of Science*, s XIII.
8. Allm Bernal, *Vetenskapens historia, 1–2*, Sthlm 1981.
9. Bernal, *The Social Function of Science*, ss 280f och 322.
10. Gustavsson, aa, 113ff.
11. Allm se Leif Levin, *Planhushållningsdebatten*, Uppsala / 1967/1970, särs ss 89–175. Äv Stevrin, aa s 81ff.
12. Allm se Hans De Geer, *Rationaliseringsrörelsen i Sverige*, Sthlm 1978, ss 117–180.
13. Det finns i detta sammanhang anledning att aktualisera Rolf Torstendahls diskussion kring begreppet "delaktighetskapitalism", i dens., Technology in the Development of Society: Four Phases of Industrial Capitalism in Western Europe, i History and Technology 1984:1. För en avvikande och konfliktfylld utveckling se bl a Maurice Lévy-Leboyer, The Contributions of French Scientists and Engineers to the Development of Modern Mangerial Structures in the early part of the 20th Century France, i Sörbom-Heseltine (eds), *Science, Society and Technology in the Time of Alfred Nobel*, Oxford 1982, ss 283–297.
14. Ernst Wigforss, *I Nationalekonomiska Föreningens förhandlingar*, 1933 s 87.
15. Att i likhet med Aant Elzinga et al, *Forskningspolitik i Sverige, USA och Sovjetunionen*, Lund 1969 se näringslivets aktivitet som ett försök att "ta kontrollen" över den tekniska forskningen (s 133f) tycks mig inkorrekt, eftersom industrin i realiteten gjorde *motsatsen*: man "sålde" sin tidigare "kontroll" mot statliga löften om resurser.
16. Bl a Elzinga (1969) och Katrin Fridjonsdottir, *Vetenskap och politik. En kunskapssociologisk studie*, Lund 1983.
17. Visserligen finns denna apostrofering av vetenskapen i marxism-leninismen. Dock har den där väsentligen andra implikationer, se härom Elzinga, aa, 14–55. Äv Zjores A Medvedev, *Vetenskap i Sovjet*, Sthlm 1979.
18. För en översikt se bl a Konrad Jarausch, Higher Education and Social Change: Some Comparative Perspectives, i dens. (ed), The Transformation of Higher Learning, 1860–1930, Stuttgart 1983 och Burton R Clark, The Higher Education System. Academic Organization in Cross-National Perspective, London 1983.

19. Bl a Fridjonsdottir, aa, s 87ff.
20. Bl a Stevrin aa, s 82. (Så lyckades man efter ihållande lobbyverksamhet förmå statsmakterna att inrätta en professur i ämnet Industriell ekonomi och organisation, år 1939. Härom se H De Geer, aa, ss 159–179).
21. Se t ex Teknologföreningens ordf: "Regering och industri kunna tillskapa en organisation med uteslutande uppgift att koordinera all inom landet bedriven enskild eller offentlig naturvetenskaplig och teknisk forskning i avsikt att främja näringslivet och att lösa bestämt formulerade tekniska problem", Sten Westerberg i Teknisk Tidskrift, 1938 s 236.
22. T ex Dir Albin Johansson, Den tekniska forskningen i Sverige, föredrag i Sveriges Radio 22.10 1942.
23. Se bl a Levin, aa s 144ff, Klas Åmark, *Facklig makt och fackligt medlemsskap*, Lund 1986 särs s 148ff. Äv Sven-Anders Söderpalm, *Arbetsgivarna och Saltsjöbadspolitiken*, Lund 1980 Samt E Wigforss, *Minnen III*, Sthlm 1954.
24. Stevrin, aa s 83.
25. Ibid.
26. RD:s prot. FK 123, AK 103 1940.
27. Cit efter SOU 1942:6, s 97.
28. (Utr bestod av: fd Gen dir Gösta Malm (ordf), kommerserådet P A Carlborg, Dir H Nordensson, prof The Svedberg, prof (IVA) Edy Velander och Dir Sten Westerberg. Dessutom knöts till utr en rad sakkunnighetskommittéer från olika branscher och discipliner, för att ge nulägesbeskrivningar och framställa önskemål (se kommittéarkiv RA).
29. Bl a Elzinga aa, s 133ff.
30. Se Th Nybom, *Den nya forskningspolitiken – Forskningsråden växer fram 1942–1950*, Uppsala 1985. Äv Stevrin, aa och Rune Premfors, *Svensk forskningspolitik*, Lund 1986.
31. Stevrin aa, s 85ff.
32. Cit efter SOU 1942:7, s 57.
33. Bl a Stevrin aa, s 87.
34. Se bl a Olle Månsson, *Industriell beredskap. Om ekonomisk försvarsplanering inför det andra världskriget*, Sthlm 1976.
35. Se bl a skrivelse från Besparingsutredningen av den 13 okt 1941 till malmska utr. Äv prop Nr 282 1942, s 13f.
36. För ett intressant tidsdokument se Martin S Alwood (red), *Universiteten i ny värld*, Sthlm 1944. Äv SFS-ordf Georg Borgström i IVAs tidskrift 1938. Härom se Th Nybom *Universiteten och forskningen i Sverige*, Uppsala 1984.
37. Bl a Elzinga aa, äv Jan Annerstedt, *Makten över forskningen*, Lund 1972 och Lennart Svensson, *Från bildning till utbildning, I och III*, Gbg 1980. För dagsdebatten, se inläggen vid de s k humanistveckorna våren 1985.
38. Bl a Svensson, aa.
39. Nybom, aa, äv Stevrin aa, s 86f.
40. Ibid.
41. Ibid.
42. Detta har blivit ett återkommande argument för allehanda forskningsstyrande organ fr o m SFRs tillkomst, se Nybom, s 33ff.
43. I realiteten var denna "principiella" ståndpunkt snarast en nödvändig eftergift gentemot den akademiska opinionen för att rådstanken över huvud taget skulle accepteras, Härom Nybom, aa.
44. Bl a Nybom, aa och Premfors, aa.
45. Även om mellankrigstiden här och annorstädes betecknats som "trevande", fortsatte man dock att bygga upp nya bransch- och sektorsorgan: Statens provningsanstalt, Metallografiska Inst, Statens växtskyddsanst, Statens Väginst, Statens Inst för folkhälsan, m fl tillkom under denna period.
46. Bo Sundin, *Ingenjörsvetenskapens tidevarv*, Umeå 1981.
47. Jmf dock NFR. Härom Nybom, aa, ss 7ff och 15ff.
48. Om "undantaget Gunnar Myrdal" se Nybom, aa, ss 27–33.
49. Ibid.



Vattenkraften – ”det vita kolet” – var ett framgångsrikt försök att minska beroendet av det svarta kolet. Bilden föreställer Stadsforsens kraftverk i Jämtland. (Foto: Vattenfall)

STEFAN LINDSTRÖM

Energi, Politik och FoU efter andra världskriget

Det var under hösten 1973 och den följande vintern som "oljekrisen" inträffade. Den hade utlösts av oktoberkriget i Mellersta Östern och innebar att priset på olja mångdubblades och att de oljeproducerande arabiska staterna vidtog sanktioner mot länder som ansågs stödja Israel i konflikten. Att oljan användes som ett politiskt vapen väckte bestörtning i västvärlden som inte var van vid att bli utsatt för ekonomisk krigföring från länder som inte hörde till de industrialiserade staternas krets. Men det skulle snart visa sig att de politiska aspekterna var av underordnad betydelse, för vad krisen gällde var främst kontrollen över oljemarknaden. Resultatet av kraftmätningen blev att de oljeproducerande staterna stärkte sin ställning på oljebolagens, men framför allt på köparländernas bekostnad.[1]

För de allra flesta kom förändringen av oljemarknaden som en stor och obehaglig överraskning. Den svenska regeringen – liksom västvärldens övriga regeringar – hade svårt att bedöma det nya läge som uppstått och de första reaktionerna var trevande. Men det stod i alla fall klart att det var nödvändigt att trygga den kortsiktiga oljetillförseln och att osäkerheten som uppstått i samhället krävde en uppvisning i politisk dådkraft.

Oljekrisen skapade emellertid inte bara oro för en osäker oljemarknad med leveransstörningar och höjda priser. Med krisen följde dessutom föreställningen att oljekällorna höll på att sina och därmed utvecklades den till en övergripande energikris.

Energifrågorna blev den svenska 1970-talspolitikens stora konflikthärd. De bidrog verksamt till den borgerliga valsegern 1976 men även till att den första borgerliga regeringen på över fyrtio år blev kortlivad. Kärnkraftsprogrammet, eller rättare sagt kärnkraftens

avveckling, blev dessutom en av de få frågor som underkastats en folkomröstning.

Dramatiken och styrkan i denna omvärdering av energiområdets betydelse framstår tydligt om man jämför med hur det såg ut åren före krisen. Det hade förekommit varningar för hotfulla trender på oljemarknaden. Men de allra flesta, såväl politiker, näringslivets företrädare som den stora allmänheten såg på det hela taget tiden an med tillförsikt. Fanns det någon oro dämpades den av vetskapen att de första kärnkraftverken höll på att tas i drift. Sverige, med ett av världens mest ambitiösa utbyggnadsprogram, hade redan vidtagit åtgärder för att minska sitt beroende av importerade bränslen.

Energikrisen ledde under de följande åren till att staten vidtog en stor mängd åtgärder. Kommittéer tillsattes i en sådan takt att det senare blev nödvändigt att tillsätta ytterligare en kommitté för att kartlägga och föreslå en förändring av den splittrade och svåröverskådliga organisation som hade uppstått på energiområdet. Spjutspetsen i de statliga försöken att på lite längre sikt motverka och lösa energifrågan var det s k *energiforskningsprogrammet*, det största civila statliga forskningsprogrammet i Sverige genom tiderna.

Tidigare åtgärder

Den kraftiga reaktionen ger intryck av att energikrisen var en unik händelse. Men i själva verket var fruktan för just sådana kriser sedan länge något av en hörnsten i den svenska energipolitiken. Det var bara det att under 1960-talet hade insikten om landets sårbarhet haft svårt att göra sig gällande på grund av den billiga oljan och kärnkraftsprogrammet.

Annars har energiområdet, åtminstone sedan slutet av 1800-talet, inte bara varit ett ständigt återkommande problemområde, det har dessutom varit ett område som hela tiden i grunden lidit av samma problem, nämligen frågan om avvägningen mellan inhemsk och importerad energi. Och det som har styrt denna avvägning har varit prioriteringen mellan å ena sidan handelspolitiska och säkerhetspolitiska motiv, och å andra sidan en marknadsmässig utveckling. Ibland har handels- och säkerhetspolitiken legat i linje med marknaden men ofta har de befunnit sig på kollisionskurs. Det har alltså inte varit frågan om en konflikt som varit ständigt öppen utan mönstret har snarare varit att perioder av lugn har avbrutits av kriser. Och det är under dessa kriser som energifrågan har uppmärksammats och blivit föremål för åtgärder och debatt, och det är också då forskning och utveckling (FoU) har fått en mycket framträdande plats bland de åtgärder som vidtagits.

Det här mönstret har varit tydligt sedan andra världskriget och perioden domineras av två stora statliga satsningar på energiområdet: atomenergiforskningen och det redan nämnda energiforskningsprogrammet.

Den svenska statliga atomenergiforskningen sönderfaller i två rela-

tivt väl avgränsade perioder med olika ambitionsnivåer; den första inföll åren 1945–1954 och den andra 1955–1970.

Under den första perioden inriktades arbetet på att skapa en organisation och att lösa grundläggande tekniskt-vetenskapliga problem. Det var också då den första svenska reaktorn (R1) byggdes.[2] Riktlinjerna för forskningen hade utformats av atomkommittén, tillsatt på hösten 1945, och som fram till 1959 då den upplöstes, var regeringens rådgivande organ i atomenergifrågor. I praktiken var kommittén en direkt föregångare till atomforskningsrådet (AFR). 1947 bildades AB Atomenergi för att leda det målinriktade arbetet, dvs att bygga reaktorer och att framställa bränsle ur svenska råvaror. (Bolaget kom också att spela en betydelsefull roll i ett hemligt militärt program.) Efter svenska förhållanden var det fråga om en stor satsning men internationellt sett var den mer blygsam.

Den andra perioden inleddes med Genèvekonferensen 1955 då de ledande atommakterna offentliggjorde stora mängder forskningsresultat som tidigare varit strängt sekretessbelagda. Följden blev att det utbröt något som närmast kan liknas vid en atomfeber. Svenska forskare har velat tona ned den tekniskt-vetenskapliga betydelsen av den frisläppta informationen; man ansåg att man vid den tiden redan hade byggt upp en kompetens i landet. Men otvetydigt är att konferensen innebar att atomenergiforskningen hamnade i det politiska rampljuset.

År 1956 fattade riksdagen – som tack vare de förhoppningar atomenergin väckt ansåg sig "stå vid tröskeln till en ny tidsålder" – beslut om att inleda den satsning som blivit känd som "den svenska linjen". Målet var att minska beroendet av importerat bränsle och medlet var tungvattenreaktorer som kunde drivas med inhemskt naturligt uran. Satsningen nådde sin höjdpunkt under 1960-talet men kom att avslutas under aningen snöpliga former 1970. Riksdagen beslöt då på grund av tekniska problem att avbryta arbetet på reaktorn i Marviken som var ett avgörande utvecklingssteg i den svenska linjen. I praktiken hade dock planerna från 1956 urholkats långt tidigare. Andra namn vid sidan om Marviken som förknippas med den svenska linjen är Ågestareaktorn, uranutvinningsverket i Ranstad och forskningsstationen i Studsvik.

Parallellt med, och delvis i anslutning till den svenska linjen, hade ASEA börjat utveckla lättvattenreaktorer, dvs reaktorer som krävde anrikat och därmed importerat uran. I samband med den svenska linjens sammanbrott slogs delar av statens och ASEAs resurser samman i AB ASEA-ATOM. Visserligen var ASEAs lättvattenprogram i väsentliga avseenden kopplat till den svenska linjen. Men ASEAs verksamhet drevs delvis i hård opposition mot statsmakternas önskemål och kommer inte att diskuteras vidare i detta sammanhang.

Jämförelser med sjuttiotalet

Energiforskningsprogrammet som inleddes 1975 var brett upplagt och omfattade forskning och utveckling (FoU) inom ett mycket stort antal områden. Den stora nyheten var inte bara att man försökte utveckla energibesparande tekniker – tidigare hade uppmärksamheten nästan helt varit riktad mot produktion och distribution – utan att intresset nu också gällde de "alternativa" energiteknikerna som vind-, våg- och solkraft samt biomassa. En annan viktig skillnad var att synen på vad som kunde betraktas som energiforskning vidgades, och ett tecken på detta var att ekonomer och samhällsvetare engagerades i programmet. "Systemtänkande" blev lösenordet och under en period var det ett tänkande med mycket vida gränser.

Vad fanns det då för likheter mellan dessa satsningar och hur förhöll de sig till det redan nämnda utvecklingsmönstret på energiområdet?

För det första har satsningarna varit reaktioner på plötsliga och radikala internationella förändringar som givit upphov till vad som kan kallas för kriser. Atomenergiforskningen som inleddes 1945 var en direkt reaktion på upptäckten av atomenergin såsom den förmedlades av atombomben. Den andra satsningen, som innebar att anslagen under ett år ökade tiofalt, följde på Genèvekonferensen som bidrog till att det spreds en föreställning om att atomenergin skulle bli kommersiellt gångbar inom en nära framtid. Energiforskningsprogrammet var i sin tur ett svar på 1970-talets kanske mest omvälvande ekonomiska och energipolitiska händelse.

Det finns också viktiga skillnader mellan dessa tre kriser. Oljekrisen var ett direkt och omedelbart hot mot vitala samhällsintressen, vilket knappast atombomben eller Genèvekonferensen var. Oljekrisen krävde också motåtgärder på kort sikt och drabbade direkt gemene man på ett kännbart sätt. Men vad kriserna hade gemensamt var att de förändrade de långsiktiga planeringsförutsättningarna på energiområdet.

Atomenergin var aldrig någon allvarlig konkurrent till vattenkraften men för perioden efter det att utbyggnaden av älvarna var genomförd blev den framför allt genom Genèvekonferensen huvudalternativet. De politiska framgångarna för atomenergin innebar att den diskussion som hade förts om andra inhemska bränslen (även atomenergin räknades som ett sådant) kollapsade. För under första hälften på 1950-talet hade det nämligen pågått en relativt intensiv energidebatt i fackkretsar och i det statliga utredningsväsendet. Det var dessutom en debatt som hade stora likheter med den syn på energifrågan som gjorde sig gällande efter oljekrisen. Många av de idéer som kom att förknippas med alternativrörelsen hade 20 år tidigare diskuterats av tekniker och ingenjörer och man hade också utarbetat prognoser för det framtida oljeberoendet som visade sig vara tillförlitliga.

Vad som sker i samband med Genèvekonferensen 1955 är att synen på energiområdet genomgår en radikal förändring. Komplicerade frågor av politisk och administrativ art faller i bakgrunden och ersätts av

ett tekniskt synsätt. I korthet innebar utvecklingen att riksdag och regering kom att företräda en syn som innebar att energiproblemet kunde lösas genom en hög produktion av billig energi. Satsningen på atomenergin var ett uttryck för övertygelsen att det fanns tekniska lösningar på politiska problem.

1970-talets energikris innebar kanske inte att några nya revolutionerande lösningar lanserades som plötsligt överskuggade de andra alternativen. Visserligen ökade intresset kraftigt för de förnyelsebara energikällorna. Men en starkare tendens var ändå att de olika alternativen för energiproduktion ersattes av ett krav på "handlingsfrihet"; i ett krav som i stället för att öka antalet lösningar kom att blockera beslutsprocessen.

Att staten reagerade på kriserna med omfattande FoU-satsningar och inte bara avvaktade en marknadsmässig lösning beror på den särställning som energiområdet har intagit. En säker energiförsörjning har varit både ett övergripande ekonomiskt och ett försvarspolitiskt intresse, och när det uppstått en osäkerhet om villkoren för den långsiktiga energiförsörjningen så har det uppfattats som ett hot mot nationella intressen. Toleransen mot statliga ingrepp har därför varit jämförelsevis hög.

Kriserna har dock inte bara stört den långsiktiga planeringen, de har också underminerat den rådande energipolitiska föreställningsramen. Inarbetade formuleringar som bildat stommen i de energipolitiska dokumenten har förlorat sin trovärdighet och i jakten på ett nytt synsätt har kraven på forskning växt i styrka.

Denna osäkerhet inför den uppkomna situationen var mycket tydlig efter nyheten om atombomben. Politikerna blev på kort tid både tvungna att själva förstå och att åstadkomma en politiskt trovärdig beskrivning av en teknologi som var det samlade resultatet av en världsledande forskarelits mödor. Med förtröstan överläts den uppgiften till landets egna experter och man kan se hur formuleringar och föreställningar som först uppträder i expertutlåtanden återkommer i propositioner och utskottsutlåtanden.

Det här beroendet av forskare och forskning är också tydligt under 1970-talet då man omedelbart efter krisen inte bara hade problem med att bedöma utvecklingen (vilket sannolikt heller inte var möjligt med tanke på omständigheterna) utan att över huvud taget beskriva det läge som hade uppstått. Den gamla energipolitiken, som var produktionsinriktad, höll inte längre måttet när även konsumtionen till följd av den upplevda oljebristen politiserades. Man var dessutom tvungen att hantera nya svåra problem som uppstod till följd av att gränsen mellan energipolitik, fredsfrågor och miljöpolitik blev flytande.

Kriserna på energiområdet har emellertid inte bara rubbat planeringen och de energipolitiska föreställningsramarna; de har också haft en djupare innebörd. Världen har knappast blivit densamma sedan atomenergins genombrott. Den introducerades som en militär teknologi och visade sin kapacitet genom att utplåna två städer, en bedrift som väckte känslor av mycket olika slag. Om bomben blev ett påtag-

ligt bevis för att jordens undergång inte bara var politiskt möjlig utan också tekniskt genomförbar, så hade den också tvingat Japan till kapitulation och avslutat andra världskriget. I USA gav bomben upphov till en betydande nationell stolthet och i hela västvärlden blev "atomer" populära. Baddräkten som döptes till "bikini" var ett exempel på tidens estetik.

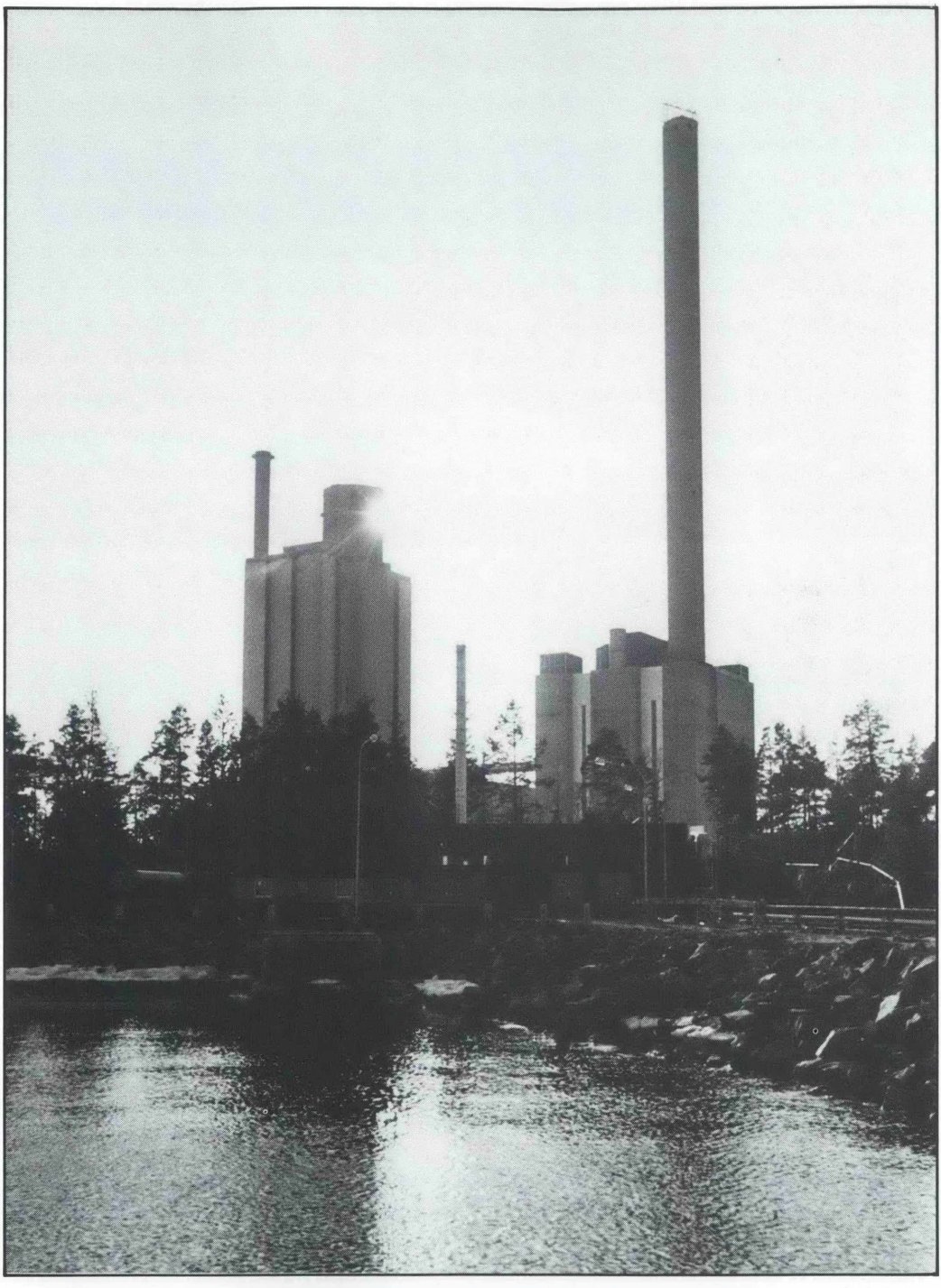
Över huvud taget blev atomenergin en symbol för vad den moderna forskningen kunde åstadkomma, och det fanns ett utopiskt skimmer kring den teknologi som tycktes bevisa att en framtid i överflöd var möjlig. Det statliga atomenergiprogrammet blev därför mer än en vanlig satsning på att utveckla ett nytt energisystem. Det kom att uttrycka många av de tankar som låg till grund för efterkrigstidens samhällsbyggande. Men mer om detta senare.

Även oljekrisen fick en betydelse som inte begränsades till det traditionella energiområdet. Oljekrisen bidrog till att knäcka den framstegsoptimism som kännetecknade rekordåren och blottade de industrialiserade ländernas sårbarhet. Varningar som hade framförts om tillväxtens gränser syntes bekräftade och skapade ett utrymme för en mer djupgående samhällskritik. Den pågående miljödebatten bar redan inom sig antydningar till en samhällssyn som var fientlig till industrisamhället, och oljekrisen blev den bekräftelse som krävdes för att vagt formulerade aningar skulle få en fastare form.

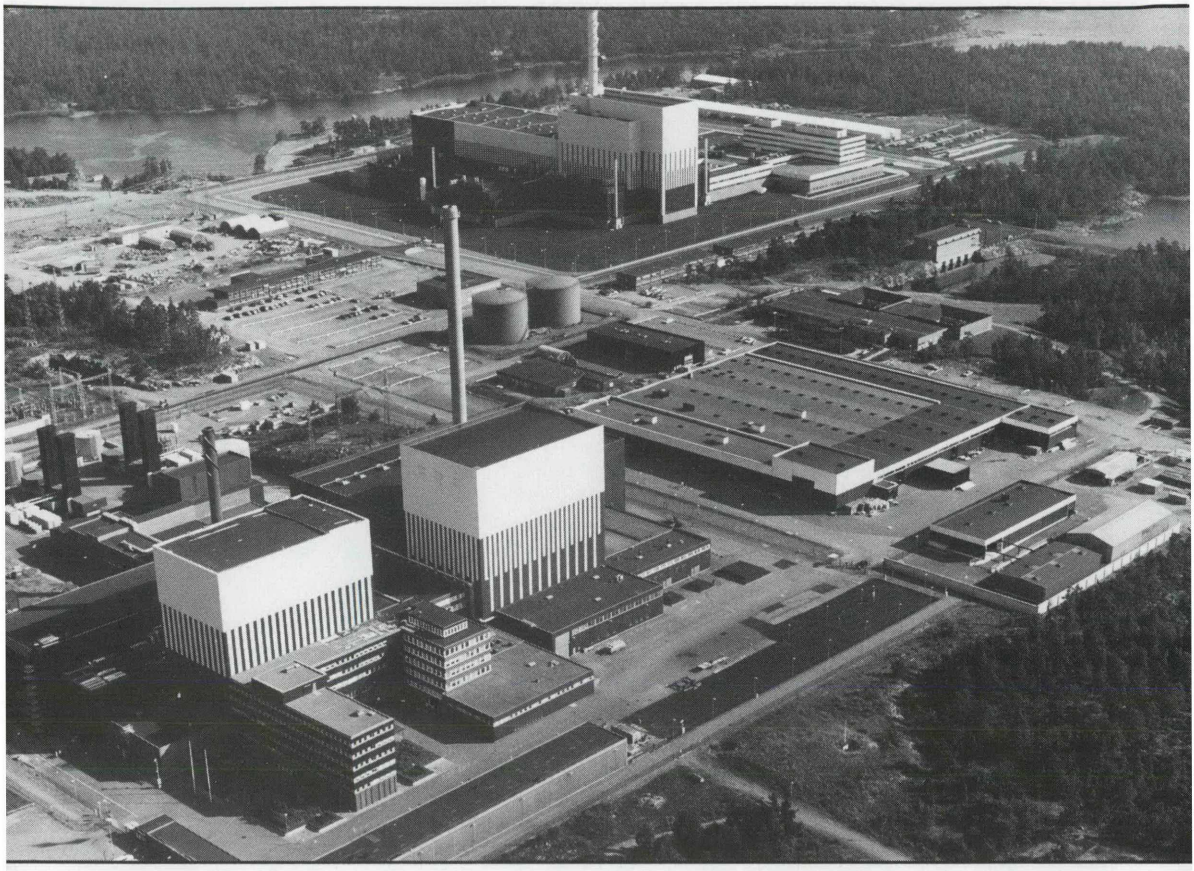
Kärnkraftsdebatten

Detta är en del av den allmänna föreställningsram som bestämde villkoren för energiforskningen, och de konfliktlinjer som fanns inom energipolitiken kom att sätta sin prägel på debatten om de olika energiteknologierna. Kärnkraften blev för motståndarna symbolen för det teknokratiska tänkandet, för den totalitära polisstaten, för exploatering av människa, djur och natur, och för ohämmad tillväxt. Däremot uppfattade man sina egna teknologier som småskaliga, miljövänliga, enklare, och i harmoni med en genuin demokratisk ordning. Förespråkarna för kärnkraft ansåg däremot att kärnkraften hade förnuftet och sakkunskapen på sin sida och de reagerade kraftigt när deras kunskap ifrågasattes. På båda sidor var det känslomässiga engagemanget stort. Men den fräna tonen i debatten gav på sätt och vis en överdriven bild av skillnaderna. För när det gällde vissa grundläggande föreställningar var man överens, fast man uttryckte sig på olika sätt och utifrån olika värderingar. Exempel på detta är att när kärnkraftsmotståndarna såg hämningslös tillväxt uppfattade förespråkarna kärnkraften som en garanti för en expansiv ekonomi, och mot den ekologiska grundsynen och rädslan för teknokrati ställdes kärnkraften som produkten av ett rationellt och vetenskapligt tänkande.

Denna politisering av de olika teknologierna gjorde sig inte bara gällande i den allmänna debatten utan trängde ända ned på forskarnivå. Jag har själv i förtroende blivit upplyst av en professor vid en teknisk högskola om hur en ekologiskt sinnad kollega försökt fram-



Marviken (R4/Eva) utanför Norrköping vid Bråviken, en lämning av 1950- och 60-talens planer på att motverka ett ökat oljeberoende. Kraftverket är numera oljeeldat. (Foto: Vattenfall)



I början av 1970-talet var det lättvattenreaktorerna som skulle rädda landet från oljeberoendet och spara de sista outbyggda älvarna. Bilden visar kärnkraftverket utanför Oskarshamn. (Foto: OKG)

ställa metangas genom att locka blixten att slå ned i gödselstackar – allt naturligtvis finansierat med statliga energiforskningsmedel. Den långa tekniska tradition som fanns på området och som hade vårdats av bl a IVA tycktes vara glömd.[3]

Den politiska samstämmigheten under vilken forskningsprogrammen genomförts är trots vissa slitningar enastående. Under en lång följd av år förekom exempelvis ingen diskussion i riksdagen om atompolitikens inriktning, t o m då man diskuterade den svenska linjens "misslyckande" var de försonande krafterna de starkaste. Även energiforskningsprogrammet var jämfört med den övriga energipolitiska debatten fredat. När det lanserades 1975 var den stora bredden inte bara ett försök att systematiskt undersöka olika alterna-

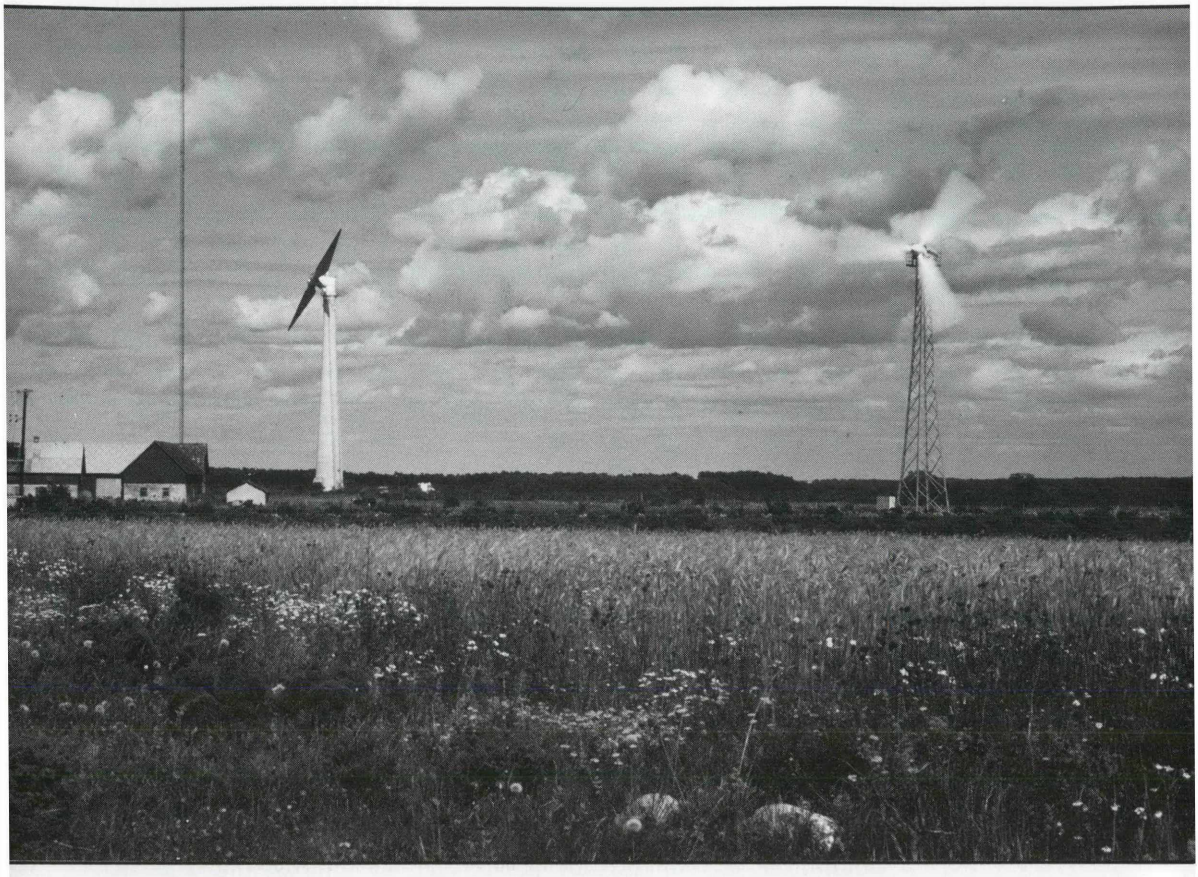
tiv; tanken var också att varje gruppering skulle kunna identifiera sig med något projekt. Visserligen fanns det rent partitaktiska överväganden bakom programmets bredd – satsningen på forskning kring de alternativa energikällorna var ett försök från regeringens sida att tona ned socialdemokraternas kärnkraftsprofil som nu inte längre bara var en tillgång när opinionen delats. (Senare profilerade sig borgerliga energiministrar genom att adoptera vind- respektive solforskning.) Men att forskning har intagit en sådan framträdande plats i den långsiktiga statliga politiken, vittnar om ett markant drag i svensk politik, nämligen bekännelsen till vad som brukar kallas för teknokratiska och rationalistiska värderingar. I korthet avses här en stark tilltro till möjligheten att styra och planera samhället på ett "ingenjörsmässigt" sätt och att värderingar betraktas som osakliga; idealet är i stället den kyliga analysen. De här dragen har visat sig inom energiforskningen på flera olika sätt.

Sammanfattning

För det första har forskningen och forskarna gjort sig gällande under kriserna när det har varit fara på färde. Vetenskap och teknik har uppfattats som en källa till nya idéer när energipolitiken omprövats och då nya synsätt formats, och den mer normala politiska processen har fått träda i bakgrunden. Atomkommittén var praktiskt taget en ren professorssammanslutning och bestod av kända namn som Hannes Alfvén, Manne Siegbahn, The Svedberg, Arne Tiselius m fl. Den var en direkt förlängning av naturvetenskapliga forskningskommittén som markerade inledningen på upprustningen av den naturvetenskapliga forskningen efter kriget. Även när energiforskningsprogrammet skulle utformas gjorde sig forskarna gällande om än konkurrensen denna gång var hårdare från andra intressenter på energiområdet. Inte desto mindre kan man konstatera att forskarna har haft ett betydande inflytande under dessa kriser.

För det andra har teknokratiska och rationalistiska idéer präglat utformningen och styrningen av dessa satsningar. Efter Genèvekonferensen gjorde regeringen ett försök att ta ett fast grepp om utvecklingen på atomenergiområdet. Man hänvisade till att Sverige hade begränsade resurser och att arbetet krävde överblick, samordning och att marknadskrafterna undertrycktes. Regeringen såg staten som den naturlige ledaren som skulle lotsa näringslivet till framgång. Som redan nämnts, genomgick även själva synen på politikområdet i samband med atomenergins genombrott en förenkling.

Energiforskningsprogrammet bar ännu tydligare spår av ett teknokratiskt och rationalistiskt tänkande. Det hade en hierarkisk mål- och administrativ struktur och tanken var att verksamheten skulle kunna underordnas ett eller flera övergripande mål, mål som sedan i olika steg kunde brytas ned för att till sist bli till uppgifter för de enskilda forskarna. På det sättet skulle man få en obruten kedja mellan rikets intressen och arbetet i forskarverkstäderna. Hela satsningen skulle



Vindkraftverket i Näsudden på södra Gotland och de symboliska försöken att slippa såväl kol, olja som kärnkraft.
Foto: Hans Blomberg

vägledas av systemstudier vars uppgift det var att kartlägga alla möjliga samband och väga och värdera olika handlingsalternativ på ett rationellt sätt. Förhoppningen var sedan att resultaten i bearbetad form och framställda på ett sätt som var begripligt för beslutsfattarna, skulle kunna utgöra beslutsunderlaget för den framtida energipolitiken.

Sammanfattningsvis kan man konstatera att både atomenergiforskningen och energiforskningsprogrammet utformades under exceptionella politiska förhållanden. Den föreställning som man ibland gör sig av den svenska offentliga beslutsprocessen som långsam och malande stämmer inte i de här fallen. Forskningsprogrammen utarbetades i stället under mycket stor tidspress. Att forskarna ökade sitt infly-

tande under dessa perioder sammanhängde inte bara med att läget gjorde det möjligt för dem att framgångsrikt driva sina krav, det fanns också en efterfrågan på vad de hade att erbjuda.

Vad hände sedan? Satsningarna förutsatte ett stort handlingsutrymme och en uthållighet från statens sida. Men i takt med att läget återgick till det normala så minskade trycket på staten och därmed också både handlingsfriheten och viljan att driva frågan vidare.

Statens planer under 1950- och 1960-talen på att långsiktigt lösa problemen på energiområdet genom att utveckla en inhemsk tungvattenteknologi kunde inte kombineras med näringsfriheten på atomenergiområdet. Det är förhållandevis lätt för staten att ta ledningen när forskningen befinner sig på ett grundläggande stadium eller när nationella värden står på spel, men att göra det under ständigt sjunkande oljepriser och när landets ledande starkströmsföretag gör aktivt motstånd, är en betydligt mer krävande uppgift. När ASEAs satsning på lättvattenteknologin fick stöd av utvecklingen på den amerikanska marknaden framstod den statliga verksamheten som alltmer bräcklig. Tanken på att göra landet oberoende på energiområdet med hjälp av tungvattenteknologin förlorade därmed sin politiska dragkraft.

Energiforskningsprogrammet förutsatte bestämda politiska mål och att statsmakterna kunde fatta beslut på basis av de vunna resultaten. Men i stället för serier av rationella beslut, vilket programmet egentligen krävde, blockerades energipolitiken av politisk oenighet. Det var inte bara riksdag och regering som uppträdde på ett "irrationellt" sätt utan även mellan tjänstemännen inom kanslihuset utbröt strider som bidrog till att försvaga den politiska samordningen och ledningen av forskningen. Det stora sammanhållna programmet var konstruerat att ledas på rationella grunder och klarade inte mötet med 1970-talets verklighet. Under olika motiveringar, som att forskningen nu nått en fas där den gradvis ska anpassas till den rådande beslutssituationen – dvs tiden för FoU är förbi och det är dags att övergå till handling – har programmet successivt förlorat sin karaktär av stor sammanhållen, målmedveten satsning. Hur det kommer att sluta och vilka de forskningsmässiga resultaten blir är dock för tidigt att säga något bestämt om än; verksamheten pågår fortfarande.

Noter

1. För en mer utförlig beskrivning av frågor som diskuteras i denna uppsats, se: Wittrock, B & Lindström, S (1984). *De stora programmens tid.* Akademilitteratur: Stockholm.
2. Larsson, K E (1981) Kärnreaktorn R1, ett stycke högteknologisk pionjärhistoria, *Dædalus.*
3. Sundin, B (1981). *Ingenjörsvetenskapens tidevarv.* Stockholm: Almqvist & Wiksell International.



Det sena 60-talets forskningspolitik
– högtflygande planer på statlig styrning?

H A N S G L I M E L L

Hur kan teknisk forskning påverkas av statlig forskningspolitik?

Sjuttiotalets strävanden att öka sektors- och samhällsintressenas inflytande över den tekniska utvecklingen

Naturligtvis tilltror jag mig inte förmågan att på något mer uttömmande sätt kunna behandla frågan om statens påverkan på teknisk utveckling, därtill är frågan alltför komplex och allmänt ställd. Jag valde trots det denna breda rubrik på min artikel för att tillskansa mig friheten att kunna hoppa mellan olika beskrivningsnivåer och perspektiv.

Den period som jag tänkte ha som utgångspunkt och fokus är det sena 1960-talet och tidigt 1970-tal. Det är enligt min mening en intressant period därför att man när det gäller statligt stöd till och statlig styrning av den tekniska utvecklingen får en sammankoppling med industripolitik (eller näringspolitik som man då fortfarande mest talade om) som i flera avseenden var ny; jag anser att perioden mycket väl därför kan ses som en andra epok av statlig teknikforskningspolitik där den första då skulle ha sina rötter i 1930-talet vad beträffar politikens ideologiska fundament och första hälften av 1940-talet vad beträffar dess institutionella eller organisatoriska ramar. Jag menar att den andra epoken är intressant då den faktiskt i efterhand framstår som så misslyckad i jämförelse med den första trots många kopplingar dem emellan – både idémässigt, partipolitiskt och delvis även personmässigt.

Den "Wickmanska offensiven"

En bit in på 1960-talet började flera strömningar inom socialdemokratin verka för en vidgad statlig roll i näringsfrågor, för en aktiv näringspolitik. Man kan peka på flera bakomliggande drivkrafter. En

var att flera partiet närstående nationalekonomer allt oftare pekade på den s k teknikfaktorn som en allt väsentligare källa till utveckling och ekonomisk tillväxt. En annan kan ha varit att frågan helt enkelt "stod på tur" efter det att partiet och den fackliga grenen av rörelsen gemensamt utvecklat politiken inom flera angränsande områden såsom arbetsmarknadspolitik, regionalpolitik, utbildningspolitik etc. En tredje orsak var antagligen att de storteknikområden som staten tidigare engagerat sig i, främst flygteknik, atomenergin och den tidiga datorsatsningen alla uppvisade problem och därför aktualiserade frågan om den statliga rollen i tekniska utvecklingssammanhang.[1,2]

Resultatet blev i alla fall att ett internt utredningsarbete påbörjades. Det skedde i delvis rätt slutna former; en särskild enhet tillsattes inom Finansdepartementet och tog fram ett antal interna promemorior och idépapper. De riktlinjer som där utarbetades visade sig vara av sådan genomgripande natur att när de offentliggjordes på hösten 1967 innebar de i praktiken en desavouering av en sittande parlamentarisk utredning inom området, den s k industriforskningsutredningen som hade arbetat sedan några år tillbaka.

Arbetet i departementsgruppen skedde parallellt och i nära kontakt med arbetet i en annan regeringsanknuten grupp, nämligen forskningsberedningen. Denna hade inrättats 1962 med rätt storslagna ambitioner såsom att ge politikerna underlag för en fortlöpande, långsiktig planering av resursernas utbyggnad och avvägning. Siktet var inställt – och här var man bl a rätt influerad av pågående forskningsdiskussioner inom OECD – på att efter hand medverka till en mer integrerad nationell forsknings- och teknikpolitik. Inom ramen för forskningsberedningens arbete kartlade man också närmare ett antal mer eller mindre vita fläckar där samhällsbehov och forskningsmöjligheter med mer moderna styr- och organisationsformer ansågs kunna utveckla en fruktbar växelverkan.

En del av de områden som här uppmärksammades kunde också på litet sikt förknippas med en betydande teknisk och industriell utvecklingspotential.[3] När regeringen därför i denna veva inom finansdepartementet inrättade sin lilla utvecklingsgrupp för en aktiv näringslivspolitik med Krister Wickman som ansvarig, blev det naturligt att man hakade på denna del av Forskningsberedningens arbete. I flera promemorior försökte Wickmans grupp närmare analysera dessa områden, inte minst med avseende på statens roll och ansvar i sammanhanget. I den proposition som arbetet så småningom ledde fram till[4] pekade man på att staten har ett alldeles särskilt ansvar för följande sektorer:

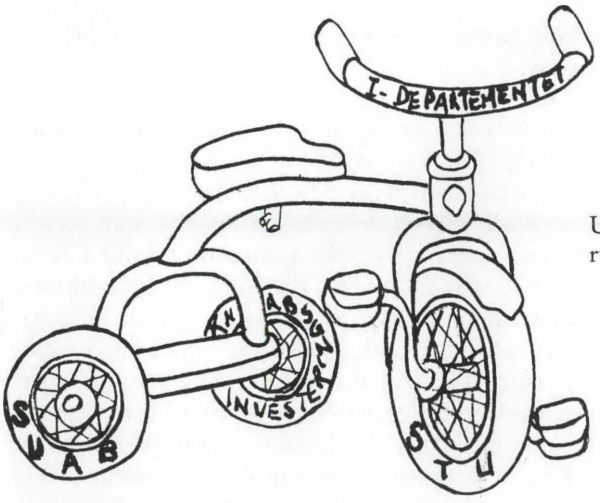
- medicinsk teknik jämte vård och habilitering av sjuka och handikappade
- utveckling av system och tekniska hjälpmedel inom undervisningen
- förebyggande och bekämpande av luft- och vattenföroreningar samt tillvaratagande av naturresurser
- produktion, distribution och utnyttjande av energi

- utveckling av såväl allmänna som interna transportsystem och kommunikationsmedel
- främjande av trafiksäkerhet
- teknik för produktion och distribution av vissa konsumtionsvaror såsom livsmedel, samt
- utveckling av administrativa system och hjälpmedel.

När det gäller möjligheterna att snabbt kunna utnyttja bl a dessa områden som ett slags hävstång för teknisk och industriell utveckling, bedömer man att den existerande FoU-organisationen var otillräcklig. Följaktligen föreslås förändringar och nya organ som också snabbt verkställs under åren 1967–68. Det blir en trehjuling som nu rullas fram ur kanslihuskorridorerna bestående av Sveriges Investeringsbank, Svenska Utvecklingsbolaget – SUAB – samt Styrelsen för teknisk utveckling. De två förra var genuina nyskapelser medan STU till delar utgjorde en sammanslagning av tidigare organ (nämligen Tekniska Forskningsrådet, Malmfonden och några mindre stiftelser och institut med uppgifter inom området). Utvecklingsbolaget ansågs kunna bidra till att för samhället och konsumenterna angelägna produkter, metoder och system snabbt kommer fram och får en tekniskt och kommersiellt tillfredsställande utformning och därvid bidra till ett smidigare samspel mellan lagstiftning, myndigheter och teknisk utveckling. Bolaget sågs som ett flexibelt komplement till STU. Som kronan på verket, eller som styrstången på ekipaget om man så vill, tillkom Industridepartementet 1969. Detta var alltså den A-lagsuppställning som blev utsedd att försöka förverkliga den aktiva näringspolitiken.

STUs S-roll

För att kunna bidra till en diskussion om statens möjligheter att styra den tekniska utvecklingen, kanske man till en början bör konstatera två saker om den forsknings- och teknologipolitik som man här introducerade; nämligen dels att den var svår, dels också kontroversiell. Konstaterandet kan låta trivialt men implicerar behovet av flera olika ansatser för att rätt förstå fortsättningen. Uppenbart är den roll som staten här tar på sig och fördelar på ett antal ansvariga organ en komplex roll: en långtgående samordning mellan sektoriella myndigheter och forskningsorgan och generella teknikstödjande organ förutsättes, en förmåga att inom statsförvaltningens organisation kunna tolka angelägna samhällsbehov i termer av tekniska specifikationer för system och produkter förutsätts också liksom en förmåga att engagera industriella intressen i utvecklingsarbeten med ibland högst osäkra kommersiella förutsättningar. Naturligtvis varierar också förutsättningarna för den tilltänkta politiken inom olika samhällssektorer: inom områden där staten har en stark institutionell ställning och styrmedel av olika slag, som t ex energi- eller transportområdet, ter de sig annorlunda än inom t ex sjukvårdsområdet där staten inte har något motsvarande huvudmannaskap. Härtill kommer



Ut ur kanslihuskorridorerna rullade en trehjuling . . .

också andra omständigheter av kanske mindre systematisk art där inslaget av tillfällighets- eller personbundna faktorer är mer framträdande.

Mer ingående studier av olika teknik- och forskningsområden som förmår att belysa sådana specifika och i viss mening kanske mer odramatiska förklaringar till ett visst skeende är därför viktiga som ett komplement till de strukturella och kontroversiella aspekter som oftast dominerar vid en forskningspolitisk fokusering. Jag ska strax beröra några sektorinriktade studier som jag själv varit inblandad i. Innan dess ska jag dock – med risk då att själv hamna i den fälla som jag just antytt – följa upp de här forskningspolitiska idéernas ideologiska och kontroversiella sida. För kontroversiella blev de förvisso, men på vilket sätt tror jag ofta har blivit litet ensidigt och felaktigt behandlat.

Ett sätt att försöka förstå detta är att söka sig fram längs STUs tidiga historia. Rätt tidigt, något år in på 1970-talet, började man beskriva STUs uppgifter i termer av tre roller: de s k i-, f- och s-rollerna. De två första rollerna, i för industriroll och f för forskningsstödjande roll, var till stora delar ett arv från tidigare organ och var inte principiellt nya även om ambitionerna måhända hade höjts. Den tredje rollen däremot, samhällssektorrollen, var i flera viktiga avseenden ny. Den saknade visserligen inte förebilder från vissa samhällsområden men som en generell FoU-politisk ambition var den ny och den innefattade de intentioner och knöt an till de nya FoU-organ som den aktiva näringspolitiken och forskningspolitiken under 1960-talet hade stått faddrar till. Men här bör man då lägga märke till att även om alltså en del nya FoU-organ tillkommit, såväl på central nivå som på sektornivån, så levde samtidigt den struktur av forskningsråd,

styrning av högskolorna via UHÄ osv som byggts upp under 1940- och 1950-talen i hög grad kvar. Även om det ofta har hävdats motsatsen så var det rent av så att denna organisation förstärktes samtidigt som en organisation med annorlunda ideologiska förtecken byggdes upp. Detta bäddade för konflikter när den nya politiken sedan skulle sättas i sjön och STUs s-roll är, vill jag påstå, en skådeplats för denna konflikt. Närmare bestämt kom kampen att koncentreras till inriktningen av och inflytandet över STUs planeringsavdelning.

Arbetet vid avdelningen fick under de första STU-åren (vilket var 1970–71) något av en flygande start. En orsak till det var att en del arbete av kartläggande och forskningsinitierande karaktär som hade bedrivits i tekniska forskningsrådet under 1960-talet nu tycktes väl lämpat som ett avstamp för STUs uppgifter, inte minst vad beträffade s-rollen. Flera mer genomträngande områdesstudier genomfördes. Man utsåg tämligen små men handlingskraftiga styr- eller ledningsgrupper som på olika sätt försökte binda samman nätverk av olika FoU-aktörer till gemensamma utvecklingsinsatser i storprojekt av något slag. Fritt idésökande, framåtblick och överskådlighet var några av parollerna. Man eftersträvade samtidigt att inte alltför snabbt konkretisera idéerna i alltför fasta former utan istället uppmuntra till tvärkopplingar mellan olika verksamhetsfält och till pluralistiska ansatser. Ganska snart framfördes dock en del kritik mot planeringsavdelningen från framför allt en del av de anslagshanterande enheterna som uppfattade arbetssättet som vidlyftigt och delvis provocerande. Arbetet ansågs till stora delar ske alltför isolerat från den övriga organisationen.

Kritiken accenturerades ytterligare i samband med ett byte av generaldirektör och kort därefter genomfördes en första omorganisation. Planeringsavdelningen fick väsentligt nedskurna ramar och befogenheter och flera pågående arbeten fick avbrytas. Den påbörjade linjen levde dock kvar inom organisationen. Den kunde också söka ökat externt stöd i en alltmer radikal samhällsdebatt som i fråga om teknikinriktning uppvisade flera anknytningspunkter med planeringsavdelningens förhållningssätt. Under flera år fram mot mitten av 1970-talet fanns därför två skilda linjer företrädda inom STU, en mer radikal linje där samhällssektorrollen tolkades som en uppmaning till entreprenörsliknande forskningsstödformer och som en öppning mot en förändrad tekniksyn samt en mer reformistisk linje där s-rollen tolkades i huvudsak i termer av administrativt samordningsansvar.

Samtidigt som detta starkt hämmade STUs förmåga att medverka till en ny teknisk forskningspolitik, svajade också de två andra hjulen i Wickmans trehjuling betänkligt. SUAB hamnade efter bara några år i en finansiell kris som ledde till en omorientering av verksamheten i riktning mot en roll som en intern utvecklingsenhet inom Statsföretag. Investeringsbanken, å sin sida, utvecklades så långt bort från en roll inom området att statsmakterna senare på 1970-talet fann sig föranlåtna att börja på nytt och inrätta Industrifonden för medfinansiering av större, riskfyllda utvecklingsprojekt.

Situationen vid STU uppmärksammades av statsmakterna som

därför redan 1975 tillsatte en parlamentarisk kommitté för att se över verksamheten.[5] Kommittén tycks dock inte ha kunnat gå till botten med problemen och dess arbete ledde inte till några nämnvärda förändringar. (Detsamma gäller för övrigt även för en förvaltningsrevision av STU som Riksrevisionsverket lät genomföra vid samma tid.) Kort därefter stod det i alla fall klart att den reformistiska linjen definitivt hade segrat. STU utvecklar då en arbetsform som visserligen till en början tycktes väl ägnad att befrämja s-rollen men som i praktiken mer kom att lägga tyngdpunkten vid ett administrativt ordförandeskap än ett idémässigt entreprenörsskap.

Efter hand uppfattar man också allmänt inom ledande STU-kretsar s-rollsbeteckningen mer som ett irriterande påhäng än som en utmaning till en ny teknikpolitisk roll; sina utvecklingsansträngningar riktar man nu alltmer mot den rent forskningsstödjande rollen. Enligt min uppfattning avhänder sig STU härigenom till en del möjligheten att framledes spela en självständig och unik industripolitisk roll. Det kom att visa sig när nya industripolitiska signaler trängde fram under de sista åren av 70-talet och ett intensivt utredande ånyo startade . . .

Konsekvenser av misslyckandet

Jag har nu försökt att beskriva ett skede och en utveckling av svensk forskningspolitik som jag menar var principiellt viktig och som belyser statens förmåga respektive oförmåga att styra teknisk utveckling. Somligt har jag för framställningens skull måhända karikerat en del och naturligtvis finns åtskilligt av betydelse som inte omnämnts. Valet att särskilt skärskåda STUs förehavanden bör heller inte uppfattas så att STU ensamt bör bära något eventuellt hundhuvud för att de forskningspolitiska ambitionerna inte fullföljdes; en rad olika organ, inklusive Industridepartementet, var ju inblandade i det beskrivna politikområdet. I ett annat sammanhang hade det varit lika rimligt att närmare uppehålla sig kring sektorplanering och de olika sektororganens agerande. Dessutom – för att lägga på ännu en brasklapp – satte säkert allmänpolitiska och kulturella förändringar upp riktlinjer för utvecklingen som inte ens det bästa av FoU-politiska organ skulle kunna ha påverkat.

Men ändå måste man förstås fråga sig på vilket sätt som den beskrivna utvecklingen påverkade det fortsatta skeendet: vilka konsekvenser fick detta genomförandemisslyckande för den fortsatta forskningspolitiken? För att börja nysta i denna på sitt sätt omöjliga fråga så tror jag att det kan vara klokt att dra i trådarna både ifrån sektornivån och från den generell nivån.

Inom hälso- och sjukvårdsområdet är Socialstyrelsen den centrala statliga sektormyndigheten. (Detta och följande avsnitt om sektorforskningen inom två områden baseras på ett utredningsarbete som undertecknad och Eero Marttinen genomfört vid Riksrevisionsverket, se [6].) Styrelsen har inga egentliga egna forskningsmedel och har också i de flesta sammanhang visat upp en låg "FoU-profil". Ett skäl härtill torde vara att det medicinska forskningsrådet, MFR, länge

intagit en stark ställning vad gäller grundforskningen och att man när det gäller den tillämpade medicintekniska utvecklingen i hög grad förlitat sig på att axeln mellan företag och forskningen vid de större sjukhusklinikerna ska fungera som en god drivkraft. Så har väl också många gånger varit fallet men samtidigt har det också inom områden som hamnat utanför detta kraftfält funnits behov av aktiva FoU-organ som kan initiera forskning och annat utvecklingsarbete.

Eftersom Socialstyrelsen bortsett från några halvhjärtade försök på 1960-talet inte iklätt sig en sådan roll, uppmärksammade i stället STU en del sådana områden som en del av sin samhällssektorroll. Ett sådant delområde var handikappteknik där STUs insatser under tidigt 1970-tal tycks ha haft god effekt. Visserligen fick en stor satsning avbrytas till följd av förhållandena vid planeringsavdelningen men STU medverkade ändå till att frågorna genomlystes och några år senare skapades genom tillkomsten av Handikappinstitutet en särskild organisation som i samverkan med landstingens utvecklingsenheter kunnat arbeta vidare med frågorna.

Utvecklingen kring s-rollen medförde emellertid att det blev svårare att agera som en tidig idégivare och etablera "utvecklingsverkstäder" inom omogna områden. Inom åtminstone ett betydelsefullt område menar jag att detta, i kombination med sektororganens passivitet och sätt att använda sina sektorforskningsmedel, lett till en svårförsvarlig passivitet. Det gäller primärvårdsutbyggnaden som sektorpolitiskt har varit den stora frågan under hela 1970-talet och början av 1980-talet. Här har uppstått ett vitt (outforskat) fält som gäller behovet av en annorlunda, primärvårdsanpassad teknik som i många avseenden kanske måste bli annorlunda än en teknik som utvecklats för specialiserade storsjukhusmiljöer. Det visar sig att inget av de centrala organen, vare sig på sektorsidan eller på FoU-sidan intresserat sig för denna fråga trots att den på "gräsrotsnivå" och även utomlands framstått som angelägen och också industriellt intressant.

Den brist på samverkan som finns mellan tekniska utvecklingsorgan och sektoransvariga organ inom området tycks också ha medverkat till att de rätt betydande sektorforskningsresurser som under 1970-talet tillförts området nästan enbart använts för att forska om idéinnehåll och allmänna utvecklingsfrågor utan några mer konkreta kopplingar till exempelvis befintlig resp potentiell teknologi; med en travestering av datorspråk skulle jag vilja säga att det handlar om en slags "wishware", forskning om önsketillstånd, utan närmare anknytning till vare sig nya former av software eller hardware.

En liknande tendens kan man påvisa inom miljövårdsområdet. Här är dock förutsättningarna på flera sätt annorlunda. Den centrala sektormyndigheten, Naturvårdsverket, förfogar alltsedan 15 år över en egen forskningsbudget som tillhör de större utanför forskningsråden och de särskilda FoU-organen. Det intressanta är att studera användningen av dessa medel. I ett tidigt skede av verksamheten vid Naturvårdsverkets forskningsavdelning var man inte främmande för att en del av medlen måste avse åtgärdsinriktad, ofta teknisk, forskning och utveckling. STU arbetade då också med flera projekt och idéer kring

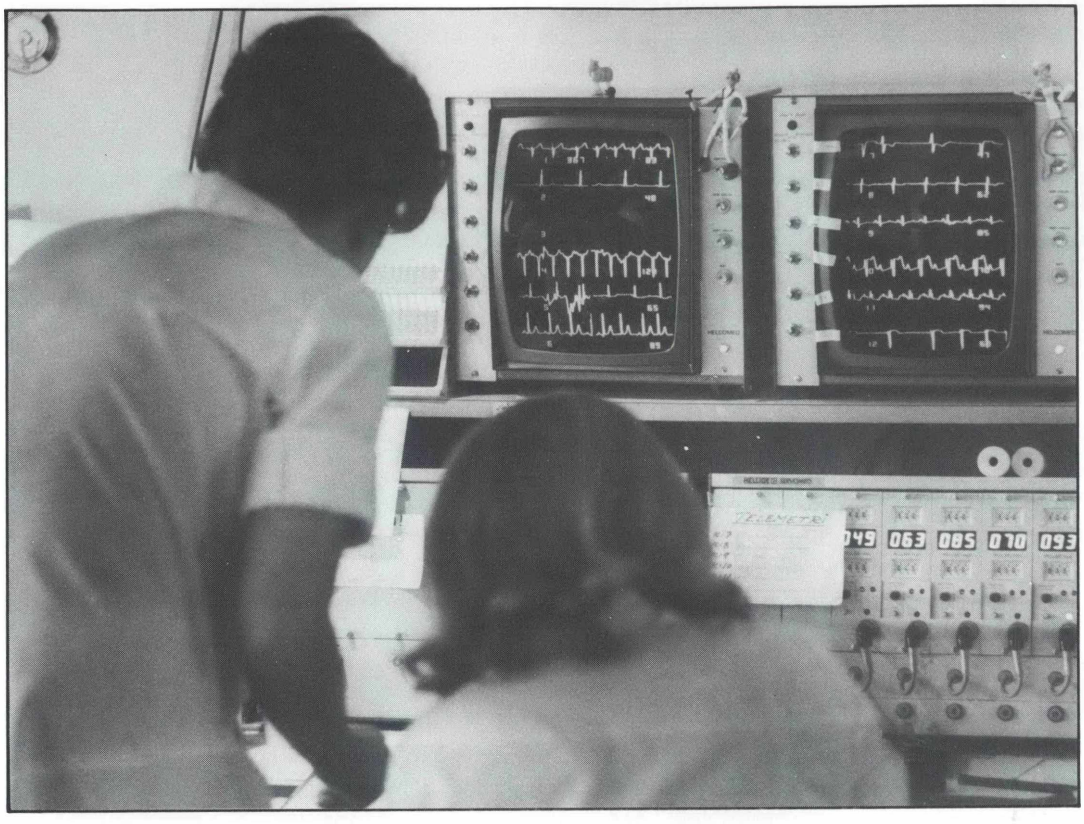
miljövårdsteknik och en hel del samverkan förekom. Efter några år koncentrerar man emellertid inom SNV sin anslagstilldelning mot det renodlat naturvetenskapliga fältet och idag går medlen nästan uteslutande till naturvårdsvetenskaplig forskning av kartläggande karaktär. Det anslås alltså knappt en spottstyver till samhällsvetenskaplig eller teknisk forskning och detta inom ett så tillämpat område som miljövård!

Det olyckliga i sammanhanget är också att precis när Naturvårdsverket definitivt styr in på denna väg blir det också svårare att arbeta med s-rollsorienterade projekt inom STU och miljövårdsområdet blir ett av de områden som drabbas hårdast av nedskärningar. Det uppstår åter ett vitt fält där ingen tar några initiativ. Det har lett till ett antal uppvaktningar ifrån Naturvårdsverkets och vissa andra intressenters sida hos STU och hos jordbruksdepartementet med påtalande av förhållandet, men det har ännu inte lett till att Naturvårdsverket exempelvis sett över sin egen forskningsstrategi.

Även här menar jag att misslyckandet att genomföra intentionerna från det sena 1960-talets offensiv fått konsekvenser för forskningens inriktning inom sektorn och för möjligheterna att främja en teknisk och industriell utveckling inom miljövårdsområdet. I ett tidigt skede bidrog för övrigt just de svaga länkarna mellan sektorpolitik och teknisk/industriell utveckling till att en gyllene möjlighet förspilldes; det var i början av 1970-talet då staten genom tvingande bestämmelser (lagstiftning och särskilda anvisningar) på kort tid åstadkom en enorm utbyggnad av kommunala reningsverk. Det var bara det att det skedde på ett sådant sätt att den potential som fanns att systematiskt samtidigt främja framväxten av en slagkraftig svensk miljövårdsteknisk industri, ej alls togs till vara. I stället blev det i huvudsak Västtyskland och Japan som tog hem marknaden.

Jag menar att det genom den här typen av studier är möjligt att bättre förstå hur statens generella forsknings- och teknikpolitik konkret slår igenom och hur förändringar i denna politik – av t ex det slag som jag tidigare redogjort för – återverkar på möjligheterna att bibehålla väl fungerande FoU-nätverk och etablera slagkraftiga sådana inom nya utvecklingsfält. Det har också under senare år kommit fram intressanta forskningspolitiska studier av flera andra områden som är relevanta i detta sammanhang (se exempelvis[7]). Det gäller t ex energi-, transport- och byggnadsforskningens områden. Också i våra grannländer bedrivs en hel del utredningar och forskning på temat.

För att nu återvända till den generella forskningspolitiska nivån så skulle jag vilja påstå att det faktum att sektorforskningspolitiken efterhand tappade bort sin tekniskt-industriella dimension, vilket ju är vad jag här har hävdat, har medverkat till den starka reaktion – med delvis revanschistiska inslag – som vi senare kunnat bevittna. När den nya tilltänkta strukturen aldrig kom till stånd eller snabbt vittrade sönder, blev det fritt fram för kritiker från olika läger och då inte minst från den tidigare FoU-strukturens led. Den aktuella forskningspolitiken kom, genom sin anknytning till sektorpolitik, att



Sjukvårdsteknik – vem styr mot nya behovs- och tillämpningsområden?

framställas som närmast forskningsfientlig och – vilket egentligen är rätt paradoxalt – i vissa avseenden också som teknikfientlig. Det har satt sin prägel på forskningspolitiken som den hittills gestaltat sig på 1980-talet.

Effekterna av den avbrutna satsningen blir enligt min mening också väl synliga i övergången till 1980-talet då det blev aktuellt att åter ompröva teknik- och industripolitiken. De nya initiativen kom då att ledas in i banor som i många avseenden var etablerade. Organ som IVA, FoA, Industrins utredningsinstitut m fl kom att spela en framträdande roll i beredningsarbetet. Det är också svårt att se att STU i detta sammanhang och skede hade någon ambition att uppträda som ett självständigt industripolitiskt organ med en egen profil. Jag menar att detta avspeglar att den särprägel som de svenska satsningarna till delar ändå hade under 1960- och 1970-talen nu helt tunnats ut. Vi får i stället en stark följsamhet till en internationell trend att med hjälp av "technology forecasting" (eller "foresight" som är den mest gångbara termen för närvarande), snabbt rikta in satsningarna på

de hetaste teknologiska framtidsfälten; man kan nu också plötsligt se inslag i teknik- och forskningspolitiken, uppläggningen av det nationella mikroelektronikprogrammet är ett bra exempel, som hade varit omöjliga om vi bara backar tillbaka några år in på 1970-talet.

Statens förmåga att styra

Även om det finns mer att säga om detta så måste jag nu återvända till den övergripande frågan, den om statens möjligheter att påverka den tekniska utvecklingen, som ett sätt att försöka sammanfatta vad jag har sagt. En statsvetare i Lund, Bo Rothstein, har nyligen presenterat en avhandling med titeln *Den socialdemokratiska staten*[8]. I den gör han en grundlig genomgång och jämförande analys av två politikområden, arbetsmarknads- och skolpolitiken, utifrån följande fråga: vilka är möjligheterna och begränsningarna för en demokratiskt vald regering att, genom styrning av de offentliga förvaltningsapparaternas verksamhet, genomföra samhällsförändringar?

Valet av områden är medvetet då arbetsmarknadspolitiken brukar betecknas som ett område där socialdemokratin framgångsrikt lyckats genomföra sina intentioner medan skolpolitiken i viktiga avseenden brukar betraktas som rätt misslyckad. Rothstein pekar i sin analys bl a på en principiell skillnad i sättet att gå till väga på. Inom arbetsmarknadsområdet gjorde man rent hus med den tidigare strukturen, nämligen den som byggts upp kring Statens arbetslöshetskommission, och byggde upp en helt ny organisation och nya implementeringsmedel medan man inom skolområdet försökte få gamla institutioner att ta sig an nya uppgifter och intentioner. Han tar också upp det faktum att det inom arbetsmarknadsområdet fanns en kader av personer, främst ifrån LOs led, som hade en ideologisk förankring i ett alternativt koncept för arbetsmarknadspolitik och som därför – när väl en ny politik skulle börja genomföras – var lämpade och högt motiverade för uppgiften.

Om vi tar denna analys som utgångspunkt och försöker tillämpa vissa aspekter av den på vårt område, styrning av den tekniska forskningen, så framstår det som ett mellanting mellan Rothsteins två ganska renodlade områden. När det gäller försöket att introducera en ny forsknings- och industripolitik i slutet av 1960-talet så försökte man visserligen som jag beskrivit skapa en ny organisationsstruktur, men samtidigt undvek man att "gå till botten" med den gamla. Den levde kvar, rätt välmående egentligen, och bidade sin tid. Det fanns heller inte inom detta område någon motsvarighet till den kader av funktionärer eller fotfolk rustade för att genomföra en ny politik som fanns inom arbetsmarknadspolitikens område; den nya politiken hade inte denna djupa klangbotten utan var i mångt och mycket en kanslihusprodukt.

Det fanns säkert vissa undantag härvidlag och det fanns områden där enskilda pionjärer kunde entusiasmera tillräckligt många för att åstadkomma en livskraftig implementeringsstruktur. Inom sådana områden vill jag också hävda att den nya politiken blev framgångsrik.

Men det förhärskande mönstret är alltså ett annat. Därför blev också den nya organisationsstrukturen hängande i luften. I fallet Investeringsbanken tog den aldrig över huvud taget mark inom detta område medan SUAB, utvecklingsbolaget, gjorde ett snabbt försök till landning men hamnade dessvärre rakt i en fallgrop och kraschlandade. STU tog, som beskrivits, också inledningsvis på sig vissa mer eller mindre heroiska ambitioner för att nå landkänning och kom rätt ibland men snett kanske ännu oftare.

När STU då insåg hur dåligt förberedd marken verkligen var i sektorland, uppstod en kamp om den fortsatta strategin, en kamp som till stor del fick formen av en kamp om planeringsavdelningens roll. Resultatet av den blev att STU så småningom i princip började avsäga sig ansvaret för sin farkost och i praktiken försvagade den såpass mycket (genom framför allt nedskurna interna anslag) att den blev alltmer manöveroduglig.

Därmed var statens möjligheter att styra i den nya riktning som linjerats upp definitivt uttömda. De ganska betydande resurser som anslogs för FoU inom olika samhällssektorer kunde då heller inte styras åt någon teknisk/industriell riktning utan fann vägar till helt andra användningsområden. På så sätt fick den intensifierade sektorforskningen i en del fall en inriktning som jag betvivlar att man någonsin avsåg på 1960-talet, vilket bäddat för en bitvis onyanserad reaktion mot den. Vad som kanske var än värre – om man fortsätter att försöka betrakta det hela från styrningssynpunkt – var att den gamla strukturen, med forskningsråden och högskoleföreträdare vad gällde forskningspolitiken och med industrin närstående kretsar i fråga om industripolitiken, nu fick rejält med svängrum. Det har i sin tur lett till att den forsknings- och teknikpolitik som vi i dag fått, har slagit över rätt långt i en riktning motsatt den som man tidigare försökte styra mot. Vad jag säger – och det får bli min ganska raljanta slutkläm – är att man inte bara i stort sett misslyckades med att styra i en viss utstakad riktning utan dessutom gjorde detta på ett sådant sätt att man faktiskt bäddade för en kontrakurs i stället; surt, sa räven om rönnbären.

Noter

1. Annerstedt, Jan: *Makten över forskningen.* Bo Cavefors Bokförlag, Lund, 1972.
2. Annerstedt m fl: *Datorer och politik.* Zenitserien 10, Lund, 1972.
3. Håkansson, H & Rexed, B: *Främjande av teknisk forskning och utvecklingsarbete.* Departementsstencil, Stockholm, 1963.
4. Prop. 1968:68.
5. SoU 1977:64 *STUs stöd till teknisk forskning och innovation.*
6. Revisionsrapporter om *Sektor- och samhällsintresset i teknisk forskning och utveckling.* Området hälso- och sjukvårdsteknik, RRV dnr 1982:34 resp. området miljövårdsteknik, dnr 1984:984.
7. Wittrock B & Lindström S: *De stora programmens tid.* Akademilitteratur, Stockholm, 1984.
8. Rothstein, Bo: *Den socialdemokratiska staten.* Arkiv avhandlingsserie 21. Studentlitteratur, Lund, 1986.



ANDERS GRANBERG

Högteknologisk utveckling och nationella FoU-system

Allmänna förhållningssätt och institutionella mönster i svensk och internationell belysning

Framväxten av nya teknologier med bred tillämpningspotential och med grund i vetenskaplig-teknisk forskning är en av de starkaste drivkrafterna i vår tids industriella utveckling och samhällsförändring. I medvetande om detta försöker man också i alla högindustrialiserade länder att med forsknings- och teknikpolitiska medel befrämja en effektiv nationell kompetensuppbyggnad inom sådana teknikområden. En inventering av de satsningar som görs i olika länder visar på såväl betydande likheter som skillnader.

- En hög grad av samstämmighet kan således noteras vad gäller valet av generella satsningsområden. Halvledarteknik, mikroelektronik och datorteknik, genteknik och enzymteknik, laserteknik och fiberoptik, robotteknik och CAD/CAM är exempel på ständigt återkommande stödobjekt.

- Olikheterna kommer främst till uttryck i de högteknologiska aktiviteternas bredd eller selektivitet samt institutionella utformning, vilket naturligtvis i mycket är en återspegling av skillnader i de nationella FoU-systemens allmänna resursstyrka och struktur liksom i de industriella betingelserna för ett engagemang på olika områden.

Kapaciteten hos de optiska fibrerna till vänster på bilden är lika stor som hos det gamla knippet med parkablar till höger. (Foto: Televerket)

Denna artikel utgår från frågan hur man i tre länder – Sverige, Västtyskland och Japan – institutionellt har hanterat utvecklingen av vissa strategiskt viktiga, forskningsgrundade teknologier. Avsikten är närmare bestämt att dels söka belysa de nationella satsningarnas relativa omfattning och allmänna dynamik, dels klargöra olika aktörers

eller aktörsgruppers relativa tyngd inom resp FoU-system.

Även om de tre länderna kan sägas ha en likartad industristruktur – och därmed kan anses vara i stort sett jämförbara med avseende på de ekonomiska motiven för en kompetensuppbyggnad på en rad teknikområden – så är givetvis Sveriges storleksmässiga avvikelse från de två andra avsevärd, oavsett vilka mått som används (folkmängd, BNP, samlad FoU-volym, antal forskare och tekniker). Förhållandet inbjuder till reflexioner över det lilla landets möjligheter och begränsningar i den högteknologiska konkurrensen.

Teknikområden

I vår studie ingår följande teknikområden: (1) genteknik, (2) laserteknik, (3) fiberoptik, (4) VLSI (Very Large-Scale Integration, eller högskaligt integrerade kretsar), och (5) robotteknik (begränsat till industrirobotar). Som komplement till robottekniken har dessutom tre för denna teknologi relevanta vetenskaplig-tekniska discipliner inkluderats: (i) reglerteknik, (ii) artificiell intelligens, samt (iii) mönsterigenkänning och bildbehandling.

De fem teknologierna kan samtliga betecknas som *generiska* med tanke på mångfalden faktiska och potentiella tillämpningar. De är också *forskningsbaserade*: de har sin grund i, och utvecklas i nära samspel med, vetenskaplig-teknisk forskning. Lasertekniken, fiberoptiken och gentekniken är, med vår terminologi, renodlade exempel på *basteknologier*: de bygger på, och definieras i termer av, vissa fundamentala fysikaliska respektive biologiska processer (här, i nämnd ordning: stimulerad emission, total internreflektion och vågledarpropagering, samt genetisk rekombination). Kärnan i dessa teknologier utgörs av väl underbyggda kunskaper om de basala processerna och om möjligheterna till kontroll och praktiskt utnyttjande. VLSI och robotteknik är exempel på *systemteknologier*, dvs kunskapsfält centrerade kring vissa tekniska system (funktionella anordningar, "devices"), i detta fall högintegrerade kretsar resp industrirobotar. Utmärkande för systemteknologin är kravet på integration av en rad delteknologier (inklusive basteknologier med tillräcklig mognad) och specialiteter, som hänför sig till systemets komponenter, dess anatomi och funktionssätt, och till metoderna för konstruktion och tillverkning.

Vi har ansett det vara av intresse att även låta ett par utpräglade systemteknologier ingå i vår undersökning. Valet av teknikområden har också styrts av tanken att de ska vara industriellt viktiga för samtliga länder, att varje land på varje område ska kunna uppvisa en icke obetydlig FoU-verksamhet och att områdena ska variera i fråga om vetenskaplig bakgrund och utvecklingsfas.

Teknikstrategier

Utvecklingen av ett sådant teknikområde – från en första, tändande teknisk idé till en mogen och alltmer stabil uppsättning tillämpningar och system – kan ses som en evolutionär process där olika

lösningsförslag och systemvarianter (idéskisser, laboratoriemodeller, prototyper etc) läggs fram, prövas, förkastas eller modifieras och vidareutvecklas. Processen innebär en fortskridande kunskapsbildning, som så småningom, om den är framgångsrik, får ett praktiskt-ekonomiskt genomslag i form av en växande mängd funktionsdugliga och marknadsmogna produkter/processer och därmed förknippade tjänster. Låt oss anta att både den kunskapsmässiga och den ekonomiska tillväxten, i likhet med många andra tillväxtfenomen, i grova drag beskriver någon sorts S-kurva. I figur 1 illustreras på detta mycket schematiska sätt den allmänna, internationella utvecklingen av en generisk, forskningsbaserad teknologi. Diagrammet får tjäna som utgångspunkt för ett kort resonemang kring möjliga nationella strategier eller förhållningssätt på ett givet område; ordet "strategi" används här som beteckning för det generella handlingsmönster som faktiskt kan urskiljas, oavsett om det har sin grund i någon långsiktig nationell policy eller ej. En viktig aspekt, som bör uppmärksammas men som för enkelhetens skull inte har lagts in i figuren, gäller bredden i den FoU-verksamhet som ett land uppvisar på området, t ex med avseende på teknologins vetenskapliga underbyggnad eller dess olika tillämpningar och systemvarianter.

Tre typer av teknikstrategier visas i renodlad form: En ambitiös och konsekvent genomförd "frontstrategi" (A), som innebär att man i varje utvecklingsfas ligger i täten och strävar efter att ytterligare höja kunnandet. Som motpol till denna, en rent "kommersiell" strategi (B), där man t ex genom licensköp eller produktimitation söker tillägna sig – och kanske anpassa och i någon mån vidareutveckla – en teknologi som redan fått ett påtagligt ekonomiskt-industriellt genomslag. Den tredje strategin, "avvakta-och-kom-i-kapp" (C), utgör en mellanform: man bevakar utvecklingen fram till en punkt där man anser sig kunna göra en någorlunda säker bedömning av teknologins praktiska hållbarhet och ekonomiska potential och gör sedan en FoU-satsning i syfte att nå en kompetens, som i väsentliga avseenden är i paritet med ledarnas/konkurrenternas. Man kan naturligtvis tänka sig många olika varianter av dessa tre grundtyper, som skiljer sig i fråga om verksamhetsbredd eller selektivitet. Vidare kan diagrammet användas för att åskådliggöra även andra aktivitetsmönster, t ex "engelska kurvor" som i inledningsfasen följer fronten och sedan faller ifrån.

En fullfjädrad, brett upplagd frontstrategi är i de flesta fall en reell möjlighet endast för en supermakt eller en stor och FoU-stark industrination. Den kommersiella strategin, som i detta sammanhang är av mindre intresse, följs av flera s k NIC-länder och har tidigare, främst under 1960-talet, med framgång praktiserats av Japan. Den fördröjda handlingsstrategin enligt C, slutligen, är det alternativ som oftast ter sig mest naturligt för ett mindre, högindustrialiserat land som Sverige; det ska påpekas att detta förhållningssätt inte utesluter pionjärinsatser på vissa begränsade frontavsnitt.

Den bild som här skisseras kompliceras av det faktum att distinktionen mellan bas- och systemteknologier i praktiken är långtifrån

skarp och entydig. Detta beroende på att varje tillämpning av en teknologi förutsätter en konkret anordning av något slag, dvs ett tekniskt system (av stor eller liten omfattning, av hög eller låg komplexitet). En framväxande basteknologi utvecklas således alltid "in i" en eller flera systemkontexter där den integreras med andra delteknologier. Då teknologin mognar tenderar m a o integrationskraven att få ökad tyngd; integrationsproblemen kan naturligtvis vara mer eller mindre svårhanterliga. Två typer av teknikstrategier kan här urskiljas: en som har det basteknologiska ledarskapet som riktmärke och en som siktar in sig på systemteknologierna, eller förmågan att integrera olika delteknologier i effektiva, marknadsanpassade system.

Vad kan man allmänt säga om de institutionella förutsättningarna för den typ av teknikutveckling som här diskuteras? Klart är att de skiljer sig från de villkor som gäller exempelvis för sådana teknologier som växer fram i en praktisk-empirisk process. Först bör noteras att grundforskningen ("ren" och "riktad") och därmed universiteten kan spela en mycket betydelsefull roll, särskilt i de tidiga utvecklingsskedena; detta gäller i synnerhet basteknologierna. Stora industriella och nationella laboratorier intar ofta en framträdande ställning under de mellankommande faserna. Under senare skeden, då tonvikten ligger på praktisk tillämpning och spridning, spelar industrin som regel en dominerande roll. För basteknologierna är frågan om systemintegration väsentlig: En teknologi som utvecklas relativt självständigt och mera successivt integreras i större system kan med framgång drivas av akademiska aktörer och mindre företag (se t ex gentekniken); komplexa system och höga integrationskrav är emellertid något som bäst kan hanteras av storföretagens laboratorier och FoU-avdelningar (se t ex halvledartekniken).

En bibliometrisk översikt

Vi ska nu göra ett brett och hastigt bibliometriskt svep över de fem teknikområdena (samt robotteknikens tre "komplementområden") och de verksamheter som där under de senaste 10–12 åren har utvecklats av Sverige, Västtyskland och Japan. Vad som eftersträvas är, som tidigare antytts, en preliminär översiktsbild av de nationella satsningarnas dynamik och institutionella utformning.

Den metod som har använts är i korthet följande: Genom s k online-sökningar i ett antal stora internationella naturvetenskapliga och tekniska databaser med god täckning av de aktuella områdena har fastställts mängden tidskriftsartiklar författade av personer knutna till organisationer i de tre länderna; artikelproduktionens tidsmässiga fördelning över den studerade perioden, som regel 1973–84; samt de berörda organisationernas identitet. Organisationerna, eller de "institutionella aktörerna", har uppdelats efter tre sektorer: (1) den akademiska sektorn, (2) företagssektorn, och (3) institutssektorn (fristående institut, nationella laboratorier m m). Vidare har för fyra av de fem teknikområdena (ej VLSI) patentdata av motsvarande typ, avseende

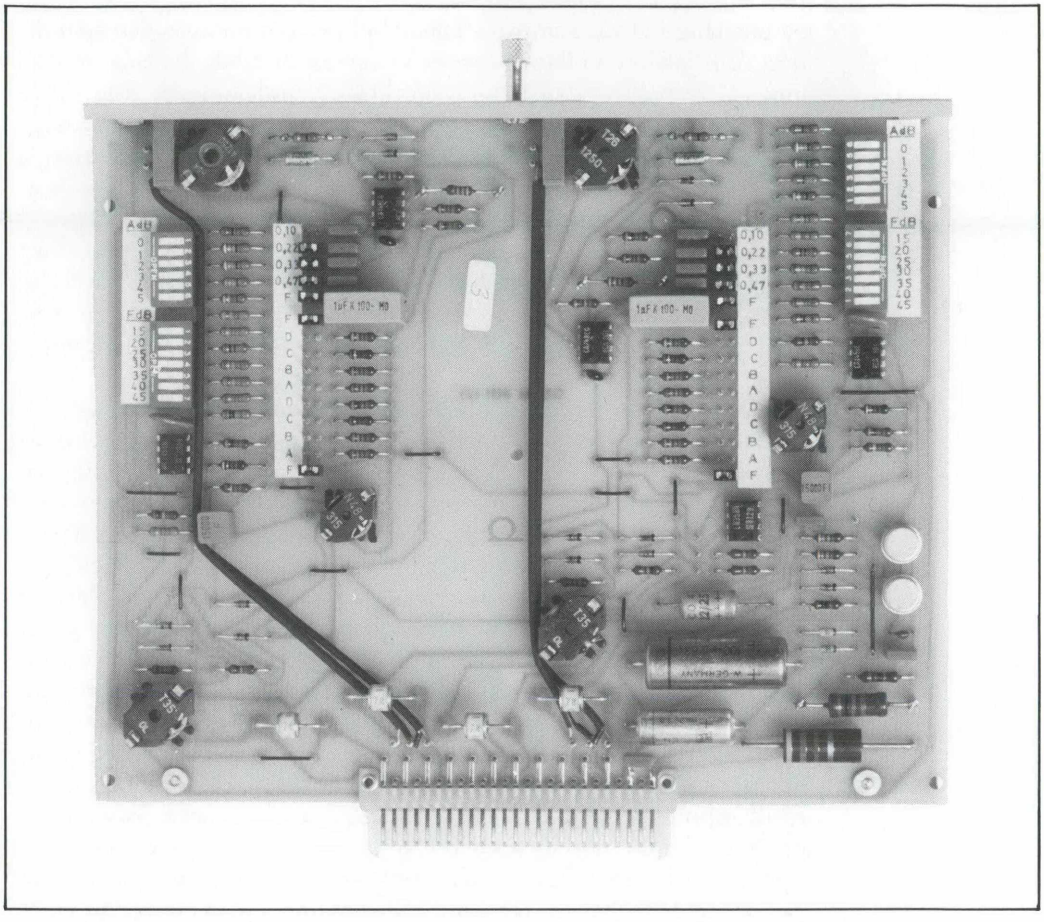
patentering i USA, sammanställts. Slutligen bör nämnas den distinktion som införts mellan två typer av verksamhetsfält, kallade "forsknings-" respektive "utvecklingsinriktade". Indelningen, som i stor utsträckning skär över områdesgränserna, grundar sig på en bedömning av områdenas karaktär och aktuella utvecklingsstadium samt på den indikator som används (således har patentindikerade verksamhetsområden genomgående betraktats som U-inriktade).

Det bibliometriska materialet har redovisats och analyserats i olika rapporter, rikt försedda med tabeller och diagram. Vad som här följer kan närmast karakteriseras som en verbal sammanfattning av en sammanfattning, begränsad till allmänna drag och vissa anmärkningsvärda enskildheter.

Låt oss först kasta en blick på de nationella andelarna av den samlade trelandsproduktionen av artiklar och patent på de olika områdena och för perioden som helhet. Dessa andelar bör rimligtvis sättas i relation till något mått på de nationella FoU-systemens relativa storlek eller resursstyrka, exempelvis deras andelar av de tre ländernas samlade bruttoutgifter för FoU. Våra siffror, som räknats fram på detta sätt, tyder på att de japanska satsningarna på flertalet områden är relativt sett (inte bara i absoluta termer) kraftigare än de svenska och de västtyska. De områden, eller delområden, som för Sveriges del framstår som förhållandevis "starka" är den patentindikerade robottekniken och den forskningsinriktade gentekniken; jämförelsevis "svaga" svenska områden är VLSI, den U-betonade gentekniken, samt laserteknikens s k kärnområde (lasrar och laserprocesser, ej tillämpningar). Allmänt kan konstateras att de svenska aktiviteterna på de studerade områdena tenderar att vara mera U-inriktade än de japanska och västtyska. Ser man slutligen på de tre ländernas produktion inom de två större verksamhetsfälten finner man att de nationella andelarna varierar starkare på de U- än på de F-inriktade områdena, ett resultat som kanske inte väcker någon större förvåning.

Hur fördelar sig dessa litteratur- och patentmängder längs den aktuella tidsaxeln? Mest iögonfallande är här de brant stigande japanska produktionskurvorna på en rad områden, i synnerhet laserteknik, fiberoptik, VLSI och robotteknik. Visserligen uppvisar även Sverige och Västtyskland på de flesta områden ökningar över perioden; i jämförelse med Japan ter de sig emellertid tämligen blygsamma och innebär krympande nationella andelar. För de tre robotrelaterade – och forskningsinriktade – områdena gäller dock att de tre ländernas andelar i stort sett förblir stabila över tid. Två svenska särdrag kan noteras: dels det relativt sena "inträdet" på VLSI-området, dels det fördröjda uppsvinget inom fiberoptiken.

Vi ska nu vända uppmärksamheten mot den institutionella ramen och då som ett första steg ta upp frågan om produktionens fördelning över de tre tidigare angivna källsektorerna. Påpekas bör att surveyresultaten i detta fall endast avser litteraturproduktionen, eftersom patenten i alltför hög grad är koncentrerade till *en* sektor (företagssektorn) för att vara användbara i en brett inriktad sondering. Begränsningen till litteraturdata kan å andra sidan, med tanke på



Kretskort tillhörande AXE-växel. (Foto: Televerket)

publiceringsnormens betydelse i universitetslivet, antas ge en överdriven bild av den akademiska sektorns vikt i de nationella satsningarna.

En jämförelse länderna emellan ger stöd åt i första hand följande generaliseringar: Sverige utmärker sig genom ett förhållandevis starkt beroende av den akademiska sektorn; detta är ett genomgående drag, som framträder även på sådana utvecklingsbetonade områden som VLSI och tillämpad laserteknik. Japan kan betraktas som Sveriges motpol i så måtto att landets produktion – både den U-inriktade och den F-inriktade – i större utsträckning än övrigas emanerar ur företagssektorn; anmärkningsvärt är också att den japanska företagssektorn tenderar att öka sin andel under den studerade perioden. Västtyskland kan här sägas inta en mellanställning, med en institutssektor som på flera områden spelar en framträdande roll; som ett tyskt

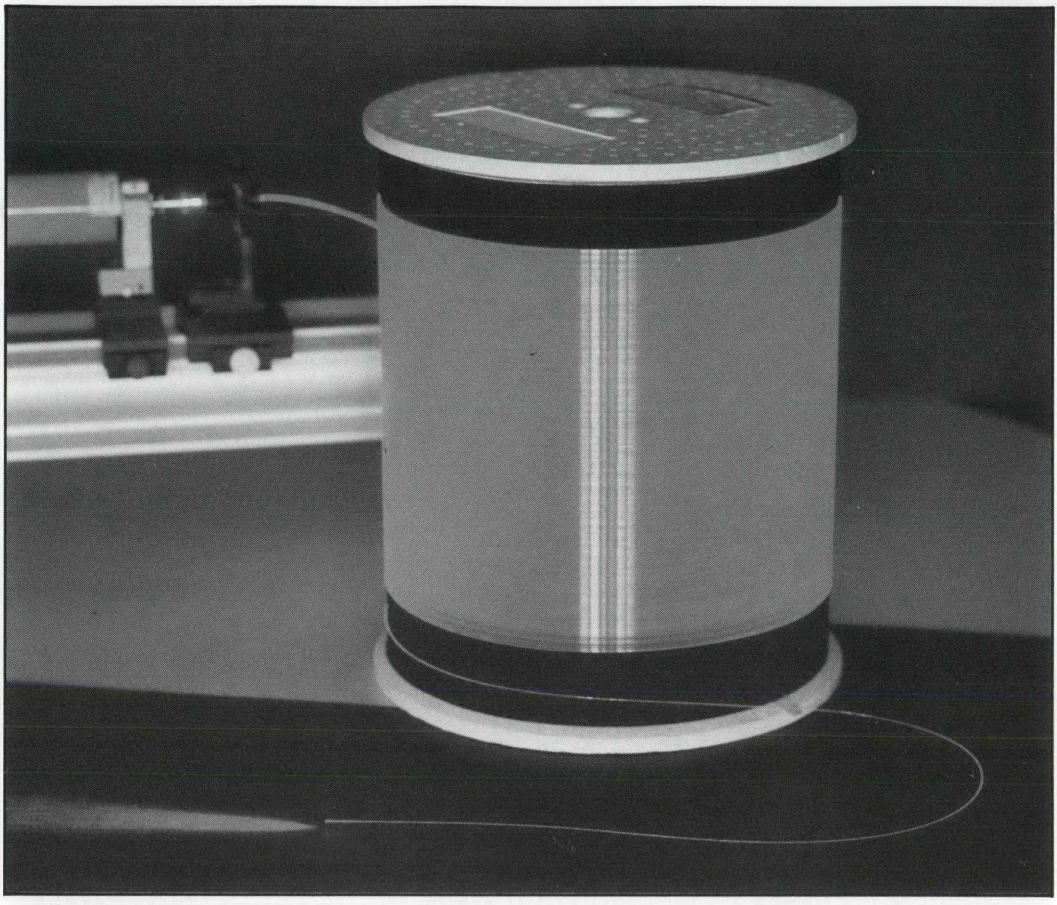
särdrag kan även nämnas institutens relativt stora tyngd inom det F-inriktade fältet.

Kvar står frågan om produktionens (inkl patent) fördelning *inom* de tre sektorerna, över olika källor: Vilka mönster kan urskiljas? För Sveriges del kan konstateras – utan större förvåning – att resultaten i mycket återspeglar det lilla landets villkor. Således finner man att produktionen inte bara bärs upp av ett begränsat antal aktörer inom varje sektor, utan att den också, som regel, är starkt koncentrerad till en eller ett par av dessa. Inom den akademiska sektorn är dock koncentrationen något mindre markant på de F-inriktade områdena; inom institutssektorn är den framskjutna ställning som Institutet för mikrovågsteknik enligt våra data intar på flera fysikaliskt grundade områden värd att uppmärksammas. I Japan och Västtyskland är naturligtvis mängden potentiella aktörer generellt sett betydligt större. Gemensamt för de två länderna är t ex att den akademiska produktionen i båda fallen är tämligen väl utspridd över en lång rad institutioner. De mest påtagliga skillnaderna framträder inom instituts- och företagssektorerna och gäller då inte så mycket aktörsgruppernas storlek som deras sammansättning och struktur. Inom institutssektorn noteras att de japanska aktörslistorna för de olika områdena oftast domineras av en eller ett par stora, högproducerande statliga laboratorier (mest framträdande är MITI:s Electrotechnical Laboratories), medan de tyska listorna upptar "ledare" av varierande typ beroende på område (ibland ett Max-Planck institut, ibland ett federalt institut, ett s k storforskningsinstitut, ett Fraunhoferinstitut, etc). Inom företagssektorn finner man att de japanska listorna som regel har en bred topp bestående av 5–6 storföretag (även det japanska televerket, NTT, ingår i flera fall bland dominanterna), medan de tyska listorna snarast har formen av en spetsig pyramid (ett och samma företag intar på en rad områden en klar ledarställning: Siemens).

Fallet fiberoptik

I det följande ges en kortfattad, på litteraturstudier och intervjuer grundad redogörelse för fiberoptikens utveckling, allmänt och i Sverige. Syftet med denna fallbeskrivning är främst att illustrera och konkretisera de idéer och resultat som presenterats i föregående avsnitt, och att samtidigt sätta den bibliometriska metoden på prov.

Fiberoptiken, som är ett exempel på en basteknologi i vår mening, bygger på det praktiska utnyttjandet av ljusledningsförmågan hos vissa fibrer; den grundläggande fysikaliska processen går i den klassiska (geometriska) optiken under benämningen "total internreflektion". Teknologins "generiska" karaktär är också påtaglig: fiberoptiken uppvisar ett brett spektrum av tillämpningar och tekniska system, från enkla belysningsanordningar till avancerade kommunikationslänkar. Detta spektrum kan dock reduceras till tre grundfunktioner: ljusöverföring, bildöverföring (medelst fiberknippen) och signalöverföring (på basis av ljusmodulering).



Med glasfibern kan man leda ljus till och med runt hörn.
(Foto: Televerket)

Även om fiberoptikens vetenskapliga och tekniska rötter kan spåras långt tillbaka i historien (t ex Snellius lag, 1621) är det först vid 1900-talets mitt som en målmedveten, obruten och accelererande teknikutveckling tar sin början. Man kan här tala om två på varandra tätt följande "vågor". Den första vågen, som blev märkbar under det tidiga 1950-talet och kulminerade under 1960-talet, drevs fram av ett intresse för bild- och ljusöverföring, i första hand i medicinska sammanhang. Det mest kända resultatet av denna utveckling är det flexibla endoskopet, men många andra tillämpningar undersöktes och flera av dem förverkligades, främst inom instrumentoptiken. Även om det fortfarande görs förbättringar och nya applikationer tillkommer, så får ändå detta delområde i dag anses vara relativt moget och stabilt. Dessutom har det alltmer kommit att överskuggas av en andra,



En missvisande bild – egentligen har det redan börjat våras för fiberoptiken. (Foto: Televerket)

betydligt kraftigare fiberoptikvåg, med optisk signalöverföring som grund och med det tidiga 1960-talets laserutveckling som en väsentlig förutsättning och utlösande faktor.

Att använda den optiska fibern och den då nyfödda (1962) halvledarlasern, eller kanske lysdioden, som överföringsmedium resp ljuskälla i en kommunikationslänk kan tyckas vara en naturlig tanke. De fibrer som vid den tiden fanns att tillgå, som ett resultat av den första vågen, var emellertid behäftade med extremt höga ljusförluster. Det var vid mitten av 1960-talet som man började inse att det – i princip – skulle vara möjligt att reducera dessa förluster till en nivå där fibrerna blev praktiskt och ekonomiskt attraktiva som transmissionsmedium i telesammanhang. Den växande insikten, i kombination med teknikens erkänt stora potentiella fördelar, ledde till tidiga FoU-

satsningar i USA, England och i viss mån Japan; snart engagerade sig även Västtyskland och Frankrike. Följande faser och tyngdpunktsförskjutningar kan urskiljas i den internationella utvecklingen av delområdet Fiberoptisk kommunikation (FOK):

- Perioden 1965–70 domineras helt av strävandena efter lågdämpande fibrer.
- 1970: Det allmänna riktmärket för dessa strävanden uppnås och överträffas (det s k Corning-genombrottet); en fortsatt snabb reducering av ljusförlusterna följer.
- 1970–75: I takt med framstegen på fiberfronten breddas satsningarna ut över FOK-länken och dess olika komponenter; särskild uppmärksamhet ägnas lasrarna (temperaturkänslighet, livslängd, ljuskvalitet).
- 1975–80: Arbetets inriktning förskjuts mot fältprovsvärdering av första generationens länkar, systemoptimering samt produktionstekniska och produktionsekonomiska frågor; samtidigt ökar FoU-satsningarna på andra generationens länkar.
- 1980 forts: FOK-utvecklingen går in spridningsfasen, med ett snabbt växande antal system i praktiskt bruk; FoU-verksamheten är fortsatt intensiv, med sikte mot längre våglängder, nya fibermaterial m m.

Denna snabbskiss av fiberoptikens 35-åriga historia får avslutas med några ord om utvecklingens institutionella inramning. Allmänt kan sägas att akademiska och icke-kommersiella aktörer förefaller ha spelat en mera framträdande roll som pionjärer och "frontsoldater" i den första vågen än i den andra. Utvecklingen på FOK-området har alltifrån starten väsentligen drivits av stora och FoU-starka, kommersiella eller halvkommersiella organisationer inom branscherna telekommunikationer, glas och elektronik; som exempel på sådana teknikdrivare kan nämnas Bell Laboratories (AT&T), Standard Telephone and Cables (ITT), British Post Office (i dag B Telecom), Nippon Telegraph & Telephone och Corning Glass Works.

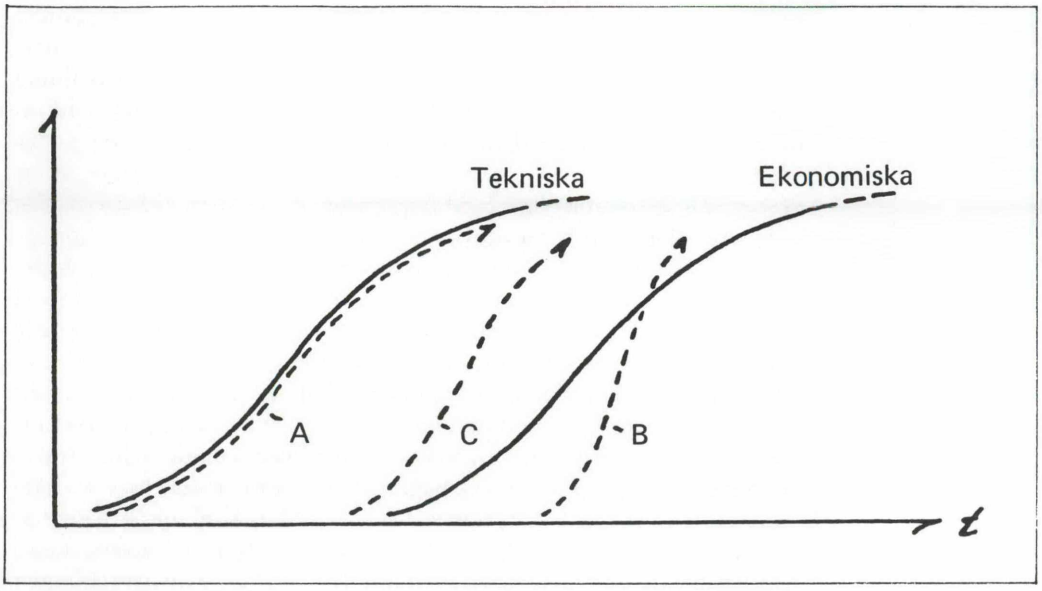
Hur har då Sverige och det svenska FoU-systemet förhållit sig visavi denna utveckling? Vilka FoU-satsningar görs, när, och av vem? Vilka skeenden på det internationella planet utlöser svenska reaktioner och vilka gör det inte? Hur stämmer det svenska handlingsmönstret överens med det tidigare presenterade strategischemat? Några mer ingående svar på dessa frågor kan givetvis inte ges här; vi får nöja oss med sammanfattningar och valda illustrationer.

Den första vågen tycks inte ha satt några omedelbara spår i Sverige, åtminstone inte under tiden före FOK-vågens början. Någon utveckling av fibrer/fiberknippen för ljus- eller bildöverföring initierades inte och någon tillverkning av sådana fibrer har inte varit aktuell. Inte heller har svenska företag eller andra tänkbara intressenter engagerat sig i den tidiga "systemutvecklingen" (endoskop o dyl) på området. Däremot har man naturligtvis på olika håll varit medveten om den framväxande tekniken och även – t ex vid Institutet för optisk forsk-

ning – sökt bekanta sig med den genom att införskaffa och studera kommersiellt tillgänglig utrustning. Det svenska FoU-systemet har, kort sagt, intagit en passiv – i någon mån bevakande – hållning under fiberoptikens tidiga, första-vågen fas. Det finns emellertid ett intressant undantag, tidsmässigt placerat i skarven till den andra vågen. Det gäller ASEA:s utveckling (start 1965, prototyp 1967) av ett system för tyristorstyrning vid överföring av högspänd likström, där styrimpulserna sänds på optiska fibrer.

De potentiella FoU-aktörernas förhållningssätt under den andra vågens inledande fas, ca 1965–70, kan även det betecknas som i stort sett passivt. Det är först efter det internationellt uppmärksammade Corninggenombrottet som situationen börjar förändras. Bilden av FOK som en användbar och kommersiellt lovande teknik får allt klarare konturer. De svenska reaktionerna är dock tämligen återhållsamma och tar sig främst uttryck i ett ökat medvetande och intresse; så småningom initieras också några smärre studier och försök, närmast vid FOA och Institutionen för elektrisk mätteknik, Chalmers. Vid Ericsson (eller LME), som får ses som den tyngsta intressenten i sammanhanget, avvaktar man fortfarande, men håller nu utvecklingen under skärpt bevakning.

När vi närmar oss 1970-talets mitt – då man i USA börjar planera de första fältproven – sker emellertid på flera håll i Sverige en markant aktivering. Ericsson inleder nu en kompetensuppbyggnad på området, som 1975 antar formen av ett samarbetsprojekt med följande deltagare: företaget, Institutet för mikrovågsteknik, Institutet för optisk forskning, Institutionen för fasta tillståndets fysik, Lund, samt, som medfinansiär, STU. Inom Ericssongruppen involveras även Sieverts Kabelverk och, med fördröjning, Rifa. Syftet är att snabbt utveckla ett konstruktions- och tillverkningskunnande med avseende på såväl nyckelkomponenter (inkl fibrer) som system. Projektet avslutas formellt 1978/79; i dess förlängning finns emellertid en rad delprojekt, som sedan har kommit att ingå i STUs ramprogram för elektronik och elektrooptisk komponentteknologi. För Ericsson har samarbetsprojektet och det fortsatta interna utvecklingsarbetet inneburit att man i dag förmår delta i konkurrensen på den snabbt växande marknaden för FOK-utrustning. Satsningen är det mest påtagliga, men inte det enda, exemplet på den allmänna aktivering som äger rum i Sverige vid mitten av 1970-talet. Således inrättar Televerket 1975 ett FOK-laboratorium för mätning och provning, och planerar (från 1977) och utför sedan (från 1979), tillsammans med Ericsson, det första svenska fältprovet. Här bör nämnas att Televerket fyller en väsentlig funktion som kritisk användare, kunskapsspridare och policy-instans, men att dess roll som FoU-aktör i egentlig mening är starkt begränsad. Vid FOA initieras – omkring 1975/76 – ett antal studier av FOK-teknikens faktiska och möjliga militära tillämpningar. ASEA beslutar sig, vid ungefär samma tidpunkt, att göra en FoU-satsning på fiberoptikens industriella applikationer, då främst givare, mätvärdesöverföring och processtyrning; utanför moderbolaget kan noteras att ASEA Kabel går in på produktområdet "optokab-



Olika forsknings- och utvecklingsstrategier inom ett område. A=frontstrategi, B=kommersiell strategi, C=mellanstrategi där man först är avvaktande och senare ökar aktivitetsgraden.

lar" (dock med inköpta fibrer) och att Hafo engagerar sig i utvecklingen av lysdioder för fiberoptiskt bruk.

Samtidigt som de kommersiellt och militärt inriktade aktiviteterna växer i omfattning (även Bofors, Saab-Scania och FMV kommer in i bilden), genom det sena 1970-talet och in i 1980-talet, märks också en ökning av den högskolebaserade verksamheten, i första hand vid KTH och Chalmers. Det rör sig här till stor del om projekt som ligger inom STUs ramprogram.

Hur ska man kort karakterisera den svenska utvecklingen inom fiberoptiken? Kan man med tanke på satsningarnas art och tidsmässiga placering säga att Sverige har följt någon av de tidigare skisserade strategierna? Svaret förefaller vara givet: Sverige har inte följt frontstrategin och inte heller den kommersiella strategin utan har agerat enligt mellanformen, den avvaktande strategin: de svenska FoU-aktörerna har avvaktat och bevakat utvecklingen under de tidiga faserna; när bilden av teknologins praktiska hållbarhet och ekonomiska potential börjat klarna har man satsat för att relativt snabbt nå upp till fronten eller åtminstone i tillräcklig grad närma sig den. Som en generalisering torde svaret vara fullt godtagbart. Men verkligheten är som alltid komplicerad och för att göra den större rättvisa krävs det distinktioner och reservationer.

För det första bör man skilja mellan de två vågorna. Den svenska verksamheten av första-vågen typ har varit – och är – av blygsam

omfattning och ligger helt på den tillämpade sidan. De anordningar som tagits fram har baserats på fiberknippen eller fibrer tillverkade utomlands. Man har i detta avseende följt en s a s "hårdvaruinriktad" kommersiell strategi, där ljusledarna har importerats men där det speciella ljusledarkunnandet väsentligen har fått stanna utomlands. Den ovan framförda generaliseringen kan därför endast under viktiga förbehåll tillämpas på utvecklingen inom ljus- och bildöverföring. Det svenska förhållningssättet visavi den andra, stora fiberoptikvågen är å andra sidan en mycket god illustration av den avvaktande teknikstrategin.

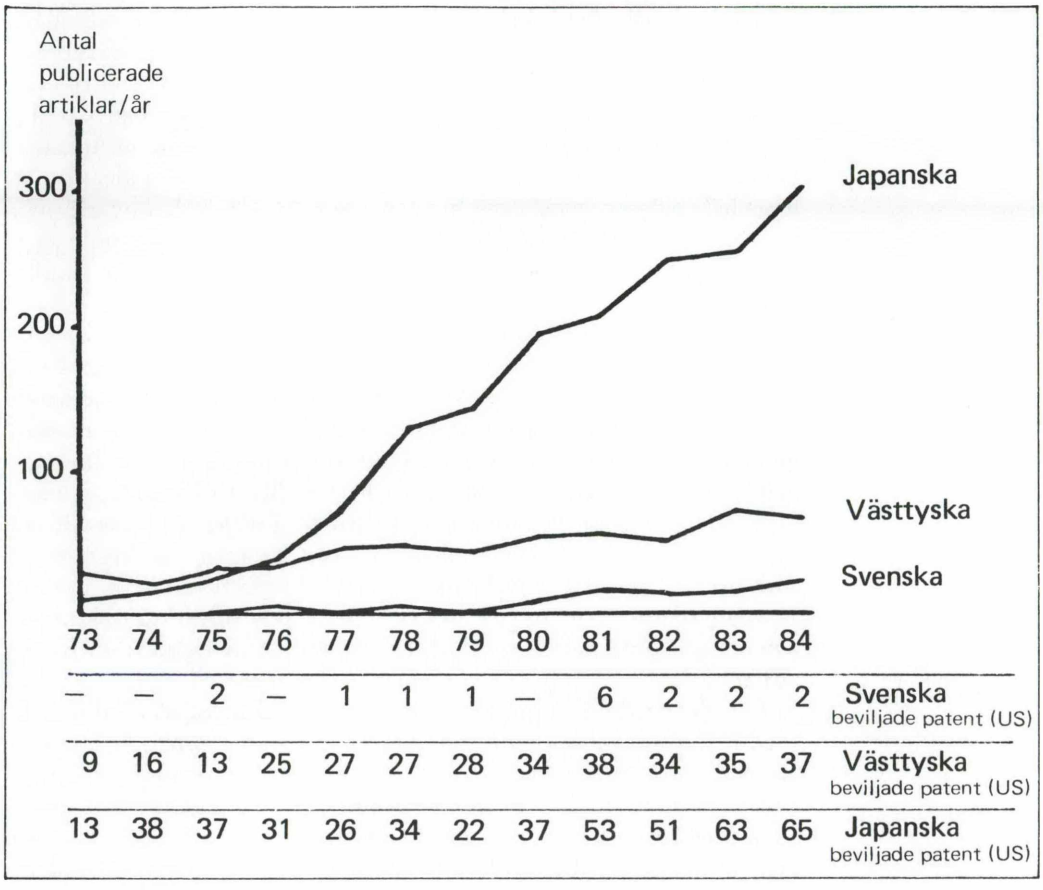
För det andra bör uppmärksammas att fiberoptiken är en basteknologi, som snabbt har drivit fram – och kommit att integreras i – tekniska system av mycket skiftande art. Den svenska verksamheten har till största delen varit systemorienterad, i den meningen att man mera direkt, genom optimal integration snarare än genom komponentinnovation, har sökt nå fram till nya eller förbättrade system. Den satsning som Ericsson och instituten gör på det fiberoptiska kärnområdet, eller fiberteknologin i strikt mening, har begränsade ambitioner. Det rör sig här om ett utvecklingsarbete i syfte just att "komma ikapp", att bygga upp en design- och tillverkningskompetens av god internationell standard snarare än att flytta fram frontlinjen.

För det tredje bör understrykas att den teknologiska fronten är bred och löper genom en varierad terräng. Länder som måhända inte har den FoU-styrka som erfordras för en frontstrategi i vår mening, kan ändå ha möjlighet att inom vissa nischer eller smala frontavsnitt nå framskjutna positioner. Detta illustreras också av den svenska utvecklingen på fiberoptikområdet, där man kan peka på sådana internationellt sett avancerade bidrag som ASEA:s fiberbaserade tyristorstyrning och fiberoptiska givare, Ericsson/Sieverts skarvapparatur eller, ifråga om teknisk forskning, gigabitprojektet vid Chalmers. Det är värt att notera att dessa bidrag också kan tjäna som illustrationer av den nyss nämnda systemorienteringen.

Så till sist frågan om de bibliometriska resultatens överensstämmelse med fallstudiebilden. Vad säger oss det svenska fiberoptikfallet om den bibliometriska metodens värde som rekognoseringsinstrument?

Den bild som de bibliometriska mängduppgifterna ger av de allmänna utvecklingslinjerna under perioden får anses som rimlig (se fig 2): Japan och Västtyskland, som har gått in på området i ett tidigare skede, uppvisar båda en ökande produktion; den japanska ökningen är dock betydligt kraftigare än den västtyska. Sverige kommer in i bilden först vid 1970-talets mitt, till en början med sporadiska bidrag, senare med en kontinuerlig produktion. Våra patentdata kan, med reservation för de låga talen, sägas bekräfta detta mönster.

Om vi sedan begränsar oss till Sverige, vilka är då enligt sökresultaten de institutionella aktörerna? Följande uppsättning erhålles: på högskolesidan (delvis med institutionsangivelse), Chalmers och KTH, samt med enstaka bidrag Lunds universitet och Uppsala; på



Antalet årligen publicerade tidskriftsartiklar inom det fiberoptiska området i Japan, Västtyskland och Sverige under perioden 1973–84.

institutssidan, Institutet för optisk forskning och Mikrovågsinstitutet; och på företagssidan, LME, Sieverts, Rifa och ASEA. Man kan kort konstatera att den bibliometriska metoden i detta fall har fångat in den centrala aktörsgruppen.

Metodens svagheter visar sig framför allt i två hänseenden. (1) Brister i täckningen av FoU-systemet: Nyckelaktörerna har identifierats, men övriga deltagare saknas, exempelvis försvarssektorns företrädare (FOA, Bofors, Saab-Scania). Att vänta sig en fullständig kartläggning vore dock knappast realistiskt, av skäl som delvis torde vara uppenbara (2) Skevheter i bilden av de olika aktörernas relativa engagemang: Detta illustreras bäst av de två instituten, där IOF mängdmässigt helt överskuggar IM – ett förhållande som mot bakgrund av fallstudien framstår som klart missvisande. Sådana skevhetsproblem accentueras i det svenska fallet av den jämförelsevis låga produktionsvolymen.

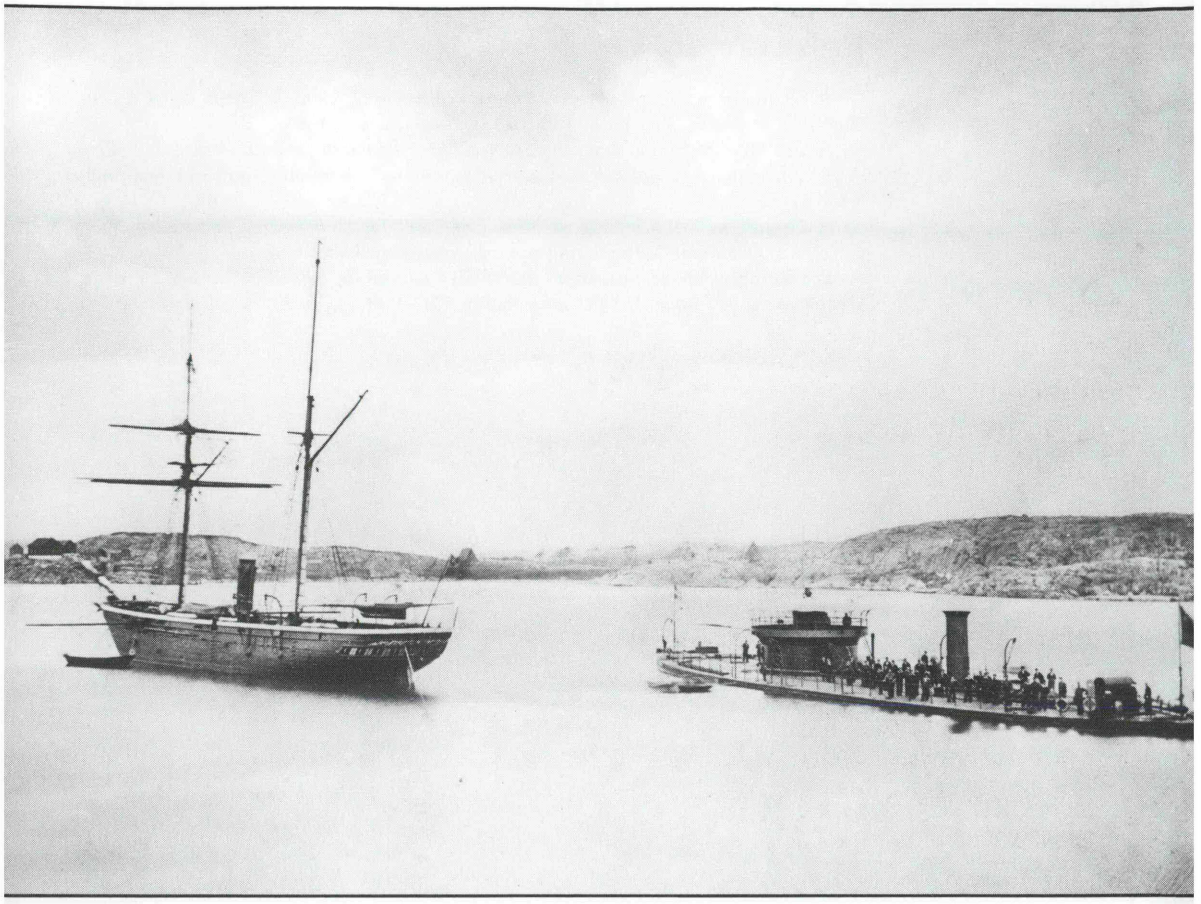
Referenser

A Granberg & R Stankiewicz: "*The Development of 'Generic Technologies' – The Cognitive Aspects*". Forskningspolitiska institutet, Lund, 1981.

A Granberg & R Stankiewicz: "*Science-Based Technologies and the R & D System – A Conceptual Framework and a project proposal*". Forskningspolitiska institutet, Lund, 1984.

A Granberg: "*A Bibliometric Survey of Fiber-Optics Research in Sweden, West Germany, and Japan*". Forskningspolitiska institutet, Lund, 1985.

Forskningspolitiska institutet (AG&RS): "*Långsiktig teknisk forskning i Sverige, Västtyskland och Japan*". STU-information 531–1986.



Gammalt och nytt. Ångkorvetten Orädd (t v) från 1853 var ett riggat träfartyg medan monitoren John Ericsson från 1865 betydde ett radikalt brott med alla traditioner. (Källa: Statens sjöhistoriska Museums samlingar)

J A N G L E T E

"Demand Pull" och "Technology Push"

Doktriner och ny teknik i svenskt sjöförsvar 1850–1880

Teoretiska diskussioner om hur innovationer tillkommer har tenderat att följa två linjer. Den ena betonar efterfrågans roll ("demand pull" eller efterfrågesug) medan den andra lägger huvudvikten vid teknologins självständiga roll som nyskapande kraft ("technology push" eller teknologitryck)[1]. De flesta som praktiskt sysslar med ekonomisk eller teknisk historia misstänker förmodligen att verkligheten finns någonstans mellan dessa poler – båda krafterna är uppenbarligen i verksamhet. Det kan därför vara fruktbart att göra empiriska studier för att spåra båda krafternas inflytande och hur de växelverkat för att driva fram innovationer. På det militära området som här ska användas som studieobjekt rör det sig ofta inte enbart om tekniska innovationer utan i hög grad även om idé- och organisationsförändringar.[2]

Med *teknologitryck* kommer i fortsättningen att avses sådan produktutveckling för marknaden som sker utan att någon klart uttalad efterfrågan finns på denna marknad. Spekulativ utveckling som görs enligt ett klart uttalat intresse från någon kund hör inte hit, liksom inte heller grundforskning utan avsikt att få fram säljbara produkter. Resultatet av sådan grundforskning kan naturligtvis bli utgångspunkt för produktutveckling och teknologitryck. Med *efterfrågesug* avses efterfrågan på produkter som är så klart definierad att tillverkarna åtminstone i stora drag vet vad de ska utveckla. Ett missnöje med existerande produkter utan någon uttalad mening om vad som bör komma i stället är inget efterfrågesug men kan av tillverkarna uppfattas som en indikation på att utvecklingsinsatser kan vara värda att göras. Innovationsverksamheten kan sägas styras av efterfrågesug

eller teknologitryck när den ena faktorn vid empirisk prövning visar sig ha utformat en produkt. Att belägga detta är en svårighet som måste övervinnas med teknikhistorisk forskning. Enbart ekonomiskt inriktade undersökningar räcker inte till utan kan tvärtom missa viktiga tekniska samband mellan utbud, efterfrågan och innovationer.

Efterfrågan på militära produkter kan något förenklat sägas styras av den förhärskande militära *doktrinen*. Med doktriner avses här en uppsättning logiskt sammanhängande tankar kring ett problem. I vårt fall är det sambandet mellan militärpolitisk målsättning, strategi och taktik samt hur detta ska omsättas i materiel, organisation och utbildning. En väl etablerad och klart uttalad doktrin ger vägledning åt tillverkarna om vad marknaden/krigsmakten kommer att efterfråga. Ett tillstånd av strid mellan olika doktriner skapar ovisshet. Sådan ovisshet kan vara förlamande för utvecklingsinsatserna men också kreativ – nya idéer kan få bättre möjligheter att vinna gehör.[3]

Den sjömilitära revolutionen

Örlogsflottorna genomgick från 1850 och några årtionden framåt en materiell revolution där segel, trä och traditionella kanoner (gjutna, framladdade och manuellt laddade pjäser) ersattes av ånga, järn och komplicerade jättekanoner (räfflade, bakladdade, maskinellt manövrerade stålkanoner som avfyrade explosiva granater). Undervattensvapen: ramm, minor och torpeder tillkom och komplicerade taktik och strategi. Doktrinutvecklingen släpade efter den nya tekniken och först mot 1800-talets slut utformades fasta doktriner, ny organisation och nya reglementen som utgick från den nya teknikens möjligheter. Ångans genombrott kom på 1850-talet, järnets och det moderna artilleriets på 1860-talet. Ångfartyg hade emellertid funnits redan i början av 1800-talet, järnfartyg sedan omkring 1840 och den mycket snabba utvecklingen av artilleriet på 1860-talet visar att även här hade det inom stålindustri och mekaniska verkstäder funnits en utvecklingspotential som legat outnyttjad. Vi har således att göra med en fördröjd introduktion av ny teknik inom ett stort marknadsområde, örlogsflottorna.

Det finns två förklaringar i litteraturen till att tekniskpridningen gick långsamt. Den ena betonar de institutionella trögheterna: sjöofficerarna var konservativa segelfartygsnostalgiker. En annan, nyare, linje är att betona att den nya tekniken inte omedelbart var mogen för militära krav på tillförlitlighet, robust och praktiskt utförande osv. Motståndet mot ny teknik ses då som ett rationellt ställningstagande till vad marknaden hade att erbjuda. Inga av dessa förklaringar är enligt min uppfattning särskilt tillfredsställande. Institutionell tröghet är uppenbarligen ett viktigt fenomen men detta bör inte förväxlas med teknisk konservatism. De militära etablissemangen var en del av ett förindustriellt samhälle men inom ramen för detta kunde de mycket väl vara tekniskt progressiva och innovativa även om de var likgiltiga eller negativa inför den nya tekniken. Den traditionella tekniken utvecklades i ganska snabb takt under 1800-talets första hälft.

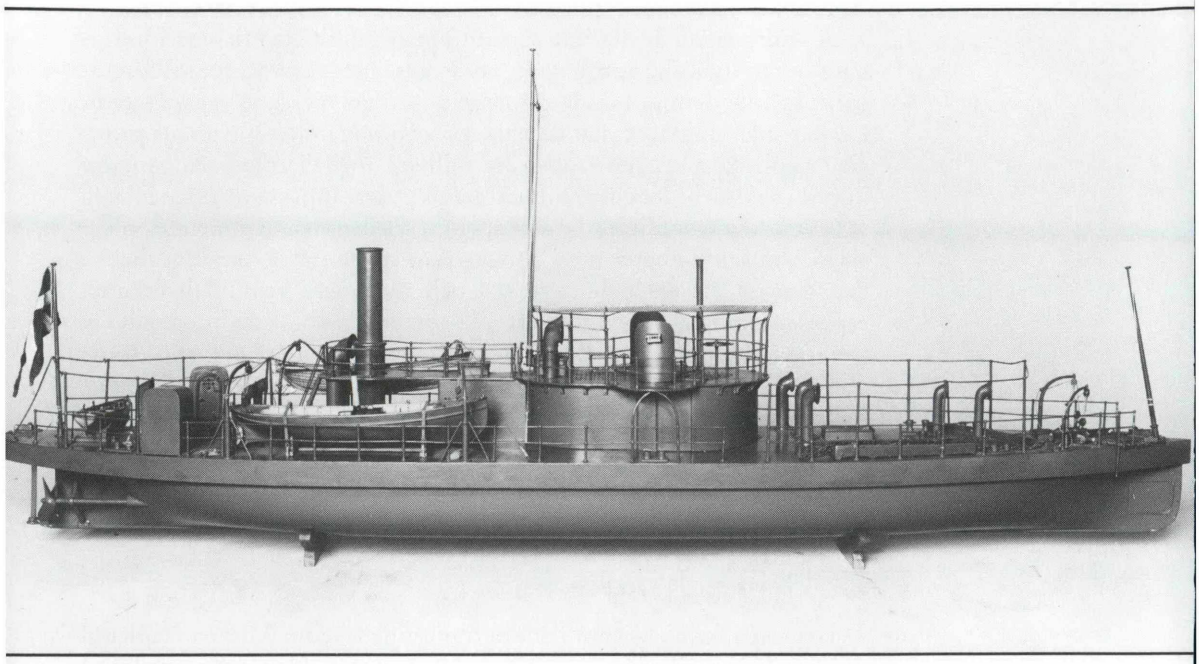
Å andra sidan är det inte särskilt meningsfullt att kritisera företrädare för ny teknik; uppfinnare, verkstads- och varvsägare, stålföretagare, för att de inte kunde presentera färdigutvecklade vapensystem. De var inga militärer och de hade normalt inga möjligheter att prova sina produkter under realistiska militära förhållanden. Än mindre kunde de formulera nya militära doktriner anpassade till den nya tekniken. Yrkesmilitärerna kritiserade ofta den nya tekniken för olika slags ofullkomligheter men bortsåg från att de själva kunde förbättra den genom att testa den, ge råd och formulera krav. Tillverkarna representerade länge ett tekniktryck som inte mötte någon särskilt väl artikulerad efterfrågan. Resultatet blev den fördröjda innovationsprocessen där tillverkarna hade svårt att tillgodose krav som de potentiella kunderna hade svårt att formulera. Militärerna och de nya tillverkarna tillhörde två olika nätverk, två olika historiska formationer och det tog åtskilliga årtionden innan de vuxit samman till ett nytt nätverk, ett militär-industriellt komplex.

Doktrin och materiel

I Sverige fanns liksom i andra traditionella sjömakter en etablerad doktrin för segelfartygsflottan och dess materiel. Här fanns emellertid ovanligt nog för 1800-talet även en konkurrerande doktrin i form av en roddfartygsflotta; skärgårdsflottan med sina kanonslupar och kanonjollar. Sverige var inte det enda land som hade roddkrigsfartyg men det var det enda där dessa åtnjöt hög prestige och sågs som ett allvarligt alternativ till segelkrigsfartygen. Skärgårdsflottan hade ursprungligen byggts upp under 1700-talets rustningar för krigföring i Finland där skärgården var ett strategiskt nyckelområde för både land- och sjökrigföringen. Kriget 1788–90, främst segern vid Svensksund 1790, hade givit vapnet en nimbus av effektiv och för svenska förhållanden lämplig organisation – skärgårdsflottan hade vunnit Sveriges enda stora militära seger sedan Karl XIIs dagar. Vapnet hade därmed en tryggad ställning långt in på 1800-talet, trots att den strategiska situationen efter 1809 och 1814 var radikalt förändrad.

Den stora frågan i svenskt försvar hade nu blivit hur man skulle möta hotet av en sjöburen invasion riktad mot centrala Sverige. Genom doktrinstriden kunde sjöofficerarna inte presentera ett trovärdigt sjömilitärt alternativ till arméns centralförsvarsdoktrin. Striden mellan stora och lilla flottan präglade mycket av svensk sjöförsvarsdebatt ända till 1870-talet, och den kan ha bidragit till att göra de svenska sjöofficerarna medvetna om behovet av en väl formulerad doktrin som gick att sälja till politikerna.

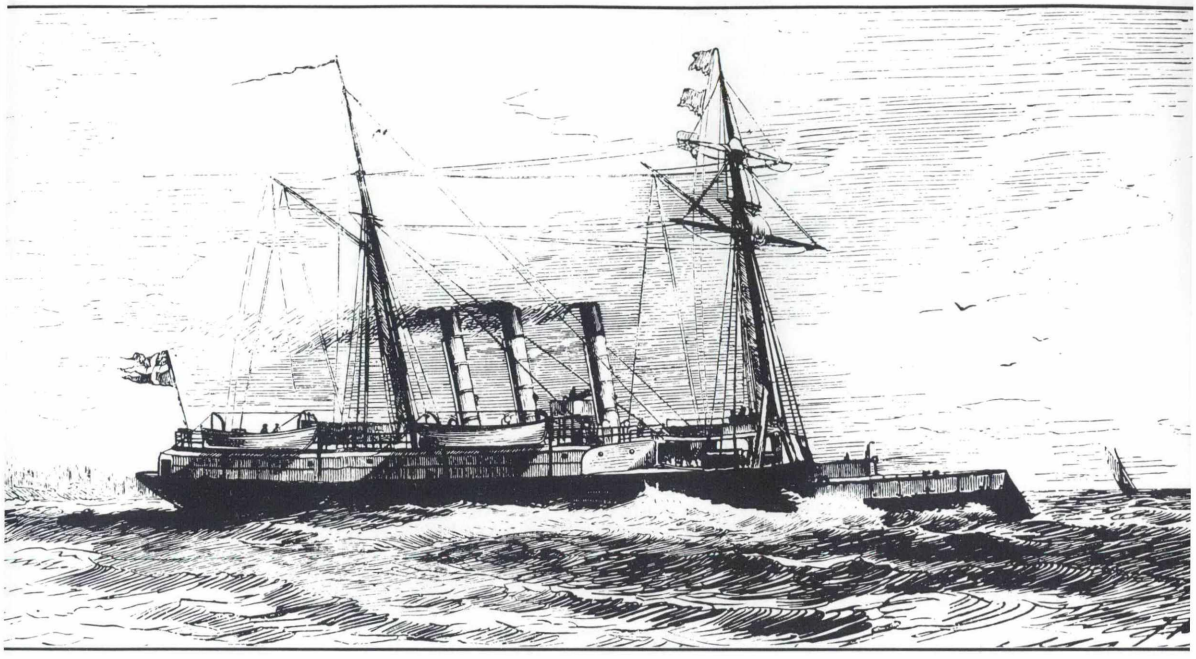
Fram till 1860 fanns ingen effektiv samverkan mellan svensk doktrinutveckling och teknikförnyarna. Ångteknikens genombrott höll på att undergräva roddfartygens roll i skärgårdskrigföringen – ångfartyg var snabbare än dessa och nästan lika lättmanövrerade. Ångtekniken medgav också en helt ny snabbhet och precision i sjökrigföringen jämfört med vad de vindberoende segelfartygen kunde prestera. Granaterna ökade artilleriets förstörelseförmåga medan järnet



Sölve från 1875 var en av de 10 små pansarbåtar som byggdes för skärgårdskrigföring. En tung kanon och starkt pansar kombinerades med ett minimum av sjövärdighet – en unikt svensk fartygstyp. (Källa: Statens sjöhistoriska Museums samlingar)

erbjöd nya möjligheter till skydd (pansar) och innovationer i fartygskonstruktion. Men de som förespråkade ny teknik diskuterade inte om denna kunde leda till nya doktriner – de var främst intresserade av tekniska frågor, och såg inte att den nya tekniken kunde bryta ned inte bara etablerad teknik utan även etablerad sjömilitär doktrin.

Det fanns även ansatser till doktrinförnyelse men förespråkarna för denna tog inte till sig modern teknik. Någon fruktbar dialog mellan militära doktrinförnyare och civila företrädare för ny teknik uppstod aldrig. Även om Sverige ännu var ett föga industrialiserat land så fanns det även här privata företag som förmådde innovera med ny teknik. Främst i ledet stod Motala Verkstad, landets största verkstadsföretag och under Otto Carlsunds ledning (1843–70) en framstående tillverkare av ångdrivna järnfartyg. Carlsund hade för egen del något av en hatkärlek till flottan; han ville gärna vara krigsfartygskonstruktör men en påtaglig animositet mellan honom och flottans myndigheter omöjliggjorde ett förtroendefullt samarbete. På kanonområdet bedrev Åkers styckebruk under Martin Wahrendorffs ledning från 1840-talet ett pionjärarbete med bakladdade kanoner men



Den snabba kanonbåten Disa (1874) var en av 9 enheter konstruerade av mariningenjör G W Svensson. Helt opansrade men tung bestyckade och med god sjövärdighet hade de möjlighet till taktisk offensiv i öppen sjö. (Källa: Statens sjöhistoriska Museums samlingar)

företaget lyckades inte uppnå något gott samarbete med vare sig svenska armén eller flottan. Märkligt nog kunde Wahrendorff i stället samarbeta bra med kungariket Sardinien och Åkers kanoner spelade en viss roll i Italiens enande. Men detta var inte tillräckligt och efter Wahrendorffs död 1861 lades kanontillverkningen vid Åker ned. De svenska militära institutionernas oförmåga att samarbeta med och stödja innoverande inhemska företagare belyses här ovanligt tydligt.

Genombrottet för ånga på 1850-talet innebar ingen total devalvering av äldre materiel eftersom segelfartygen kunde byggas om till propellerdrift. Genombrottet för pansarfartyg och allt tyngre artilleri på 1860-talet skapade emellertid en helt ny situation. För Sveriges del innebar detta att *både* materielfrågorna och de två traditionella doktrinerna kunde omprövas. Utvecklingen var dock inte rätlinjig. Tanken att det skulle finnas två flottor hade över ett århundrades hävd och försvann inte på en gång. Tvärtom organiserades flottan från 1866 till 1873 i två skilda kårer: Kungl Flottan i Karlskrona för de större enheterna och Kungl Skärgårdsartilleriet i Stockholm för de mindre. Skärgårdsartilleriet hade en väl definierad doktrin, direkt ärvd från

den gamla roddfartygsflottan. Skärgårdsförbanden skulle enligt denna dels blockera trånga passager mot fientliga anfall, dels utföra amfibieoperationer i skärgården. Problemet var att finna materiel av nytt slag anpassad till denna speciellt svenska doktrin – Skärgårdsartilleriet var till en början en doktrin utan materiel. Problemet löstes i slutet av 1860-talet genom konstruktion av små pansarkanonbåtar (10 stycken levererade 1868–75) samt anskaffning av minor.

"Stora" flottan hade andra problem. Kostnadsstegringarna gjorde att politikerna inte var villiga att låta Sverige delta i den internationella kapplöpningen mot allt större sjögående pansarfartyg som tog fart på 1860-talet. Till en början löstes problemet genom en satsning på ny teknik utan någon genomtänkt doktrin. Den nya tekniken var en ren import om än med svensk anknytning – John Ericssons monitortyp, som gjort succé i det amerikanska inbördeskriget 1861–65. Konstruktören ställde själv välvilligt upp med råd och teknisk hjälp till sitt gamla hemland och 4 monitorer levererades 1865–71. Motala Verkstad kunde utan svårighet tillverka fartygen medan det visade sig betydligt svårare att inom landet tillverka fullgoda kanoner för dem. Det var naturligtvis värdefullt att få tillgång till den enda pansarfartygstyp som vid denna tid hade blivit grundligt testad i strid. Men fartygstypen importerades uppenbarligen främst på grund av sin prestige och den entusiasm som John Ericssons insats i USA hade väckt i hans hemland. Någon ingående diskussion om vilken strategi eller taktik monitoren var lämpad till fördes aldrig före beslutet. Fartygstypen var väl skyddad och försedd med tidens tyngsta kanoner men den var också långsam och föga sjövärdig. Varför skulle den svenska flottans viktigaste fartygstyp ha just dessa egenskaper? Frågan besvarades aldrig tillfredsställande och monitorerna blev snabbt impopulära inom officerskåren. Monitoren var ett vapen utan svensk doktrin.

På 1870-talet utvecklades inom sjöofficerskåren en ny doktrin som man så småningom kunde ena sig om och efter hand även förankra hos regering och riksdag. Kärnan var att flottans huvuduppgift var att vid en fientlig invasion anfalla *fiendens transportflotta* och sänka största möjliga antal transportfartyg med deras last av soldater och krigsmateriel. Strid med fiendens krigsfartyg kunde då visserligen inte undvikas men tanken var att *den nya tekniken* hade gjort anfallsvapnen (ramm, torped) överlägsna försvaret. En hänsynslös taktisk offensiv borde därmed ha förutsättningar att bryta igenom linjen av eskorterande krigsfartyg och nå fram till transportfartygen. Dessutom skulle flottan tillsammans med kustbefästningar och minor kunna spärra av inloppen till de större städerna så att dessa inte utsattes för terrorbombardemang från pansarfartygens tunga artilleri. Detta var ett nytt hot som världen över togs på stort allvar och i Sverige sökte flottan utnyttja det förhållandet att de flesta kuststäder låg innanför en skärgård för att med små medel kunna stoppa en framträngande fiende.

Doktrinen var speciellt svensk. Inte i något jämförbart land var hotet om *sjöburen* invasion skyddad av en överlägsen fientlig flotta det viktigaste militära hotet. I andra länder kom invasionshotet främst

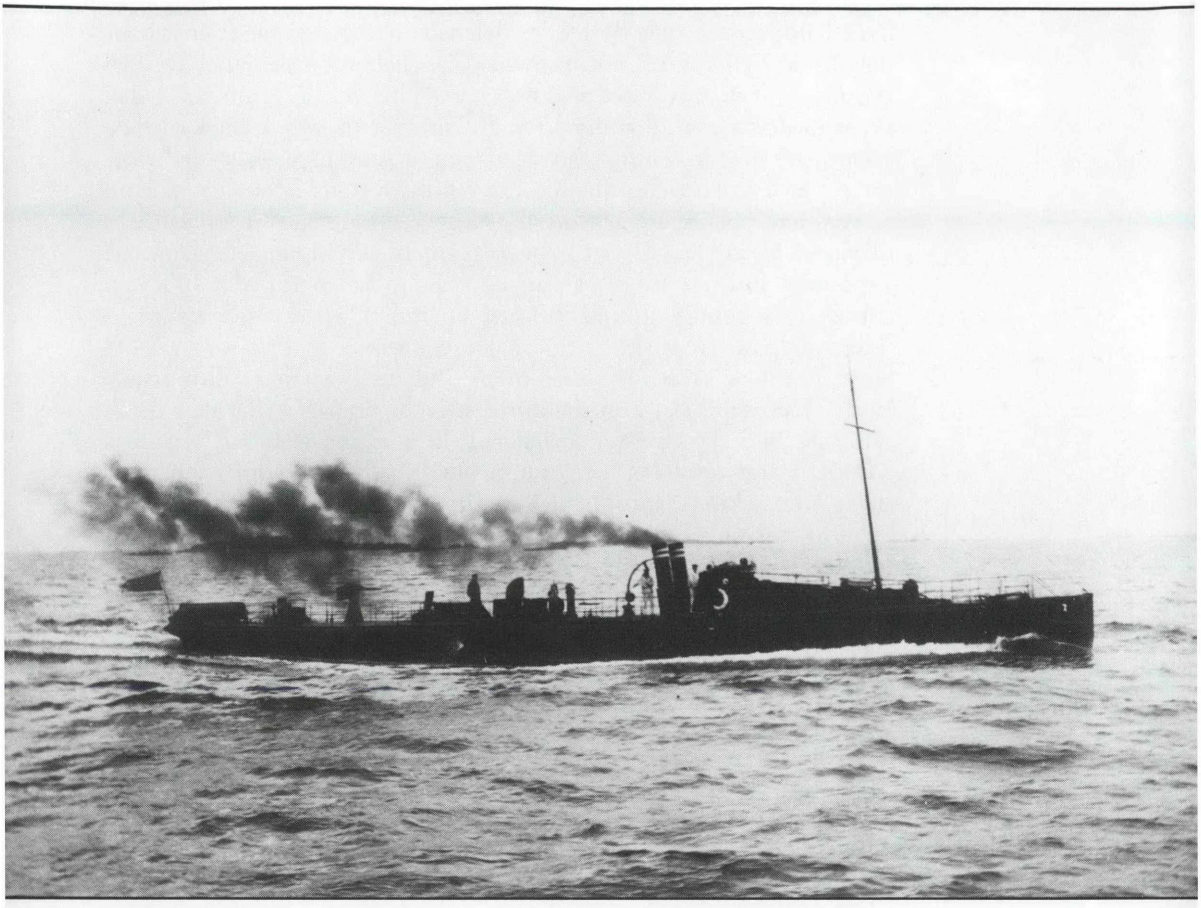
över landgränsen och flottornas defensiva uppgifter var främst handelsskydd och skydd mot blockad och kustbombardemang. De fartygstyper som användes för dessa ändamål passade inte in i den svenska doktrinen. Länder som Storbritannien och Italien rustade visserligen mot invasioner sjövägen men de satsade på slagskeppsflottor av en typ som låg utanför det möjligas gräns i Sverige. Någon fartygsmateriel skräddarsydd för det svenska behovet av taktiskt offensiva fartyg lämpliga för både skärgård och öppet hav fanns på 1870-talet inte att tillgå på den internationella marknaden. Flottan sökte ändå genom kontakter med en rad utländska privatvarv – tidens ledande brittiska och franska exportörer av krigsfartyg – få fram lämpliga konstruktioner men resultaten var föga tillfredsställande. De utländska konstruktörerna tycks ha haft svårt att i detalj sätta sig in i de svenska förhållandena och innovera med sin nya teknik. Först omkring 1880 uppnåddes en lösning som vann brett stöd. Den tekniske problemlösaren var mariningenjören Göte Wilhelm Svensson, flottans ledande konstruktör, med en bakgrund i den privata svenska varvsindustrin (Motala Verkstad m m). Svensson hade lärt sig den nya tekniken från grunden och han hade därefter under ett årtiondes tjänst inom flottan lärt sig de behov som sjöofficerarna nu allt tydligare kunde formulera.

Lösningen var en måttligt stor pansarfartygstyp, relativt snabb och för sin storlek mycket tungt beväpnad. Den kompletterades med torpedbåtar av den typ som fått sitt internationella genombrott på 1870-talet. Den genuint svenska sjöförsvarsdoktrinen hade fått sin genuint svenska materielkomponent. Efterfrågan hade till sist kombinerats med teknikens möjligheter till något som samtiden uppfattade som en optimal och tillfredsställande lösning. Kombinationen av kustpansarfartyg och torpedfartyg var därefter i princip flottans materieldoktrin fram till andra världskriget.

Teknologitryck eller efterfrågesug?

Inte i något land kan teknologitrycket på det sjömilitära området ses som ett isolerat nationellt fenomen. Flottorna i såväl industrialiserade som icke industrialiserade länder utsattes för ett utbud av ny teknik från tillverkare som egentligen var helt främmande för dessa potentiella kunder. Ångmaskintillverkare och nya järnfartygsvarv ville bygga deras fartyg, uppfinnare som John Ericsson ville sälja nya revolutionerande idéer, mekaniska verkstäder som Armstrong eller Whitworth och ett stålföretag som Krupp ville förse dem med kanoner och järntillverkare ville klä flottorna med pansarplåt. Dessa företagare representerade en ny dynamisk sektor av näringslivet som omvandlade många andra delar av 1800-talets materiella värld. Parallellt med att dessa nya företagare slog sig fram försvann äldre träfartygsvarv och kanongjuterier från marknaden för krigsmateriel.

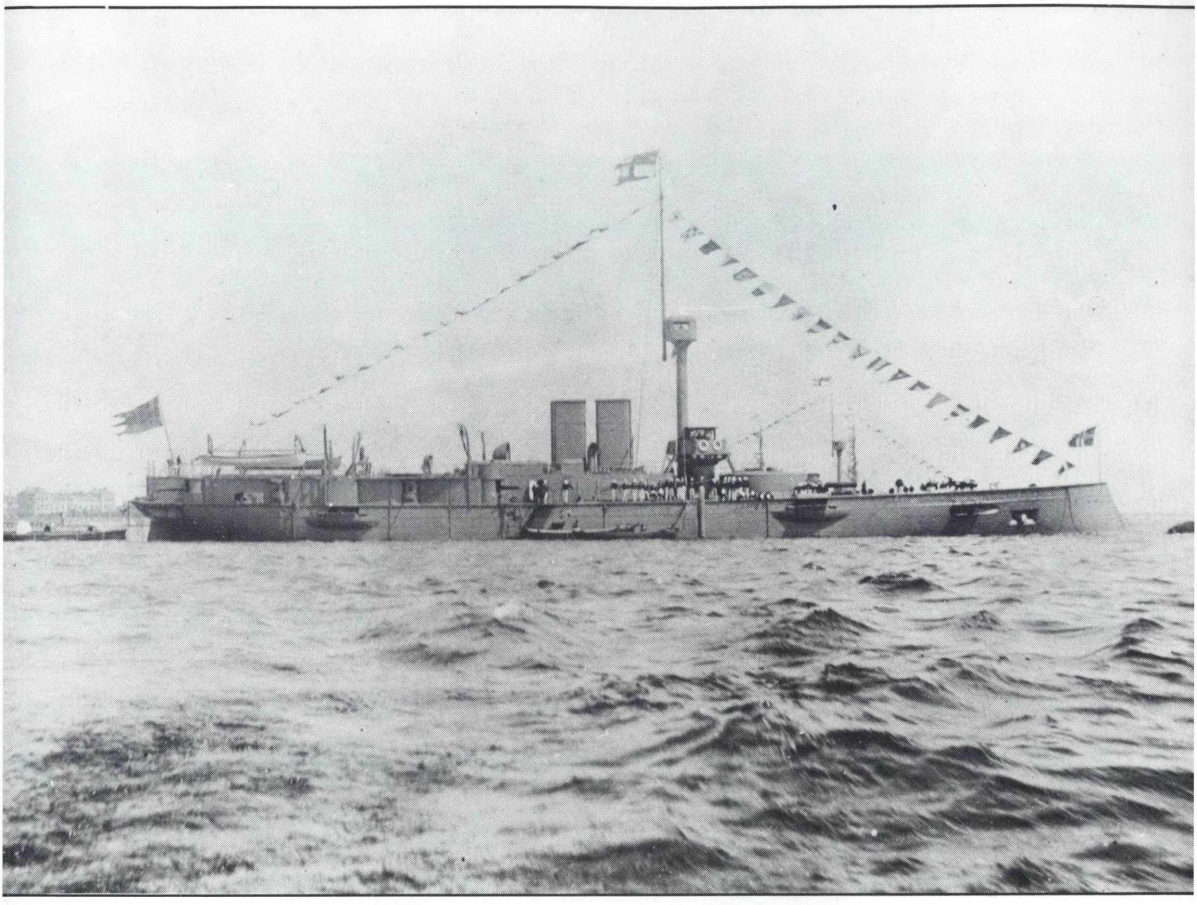
Det rör sig här utan tvekan om ett teknologitryck – de bestämmande myndigheterna inom flottorna (efterfrågarna) ville länge inte



1. kl torpedbåten Gere från 1887 representerade den nya sjöförsvarsdoktrinens lätta komponent – ett snabbt och taktiskt offensivt fartyg byggt för det nya torpedvapnet. (Källa: Statens sjöhistoriska Museums samlingar).

ha den nya tekniken och de gjorde inte mycket för att stimulera den. Det var i stället tillverkarna, vilka vuxit upp med stöd av den civila marknaden, som efterhand sökte vidga sin marknad genom att ta upp militära produkter – utvecklingsinsatserna gjordes med stöd av vinster från civila produkter. Kontrasten är slående gentemot 1900-talets elektronik och kärnenergiteknik som redan tidigt i hög grad stimulerats av stor militär efterfrågan.

Formeringen av en ny *efterfrågefaktor* för innovationer enligt den nya tekniken tog sin tid. Den kan delas upp i två faser. Under den första tvingades de etablerade organisationerna av ett yttre tryck; krigserfarenheter, politiska ingrepp, allmänna opinionen, att accep-



1. kl pansarbåten Göta (1889) var den andra enheten av den nya doktrinens tunga kompoennt, det sjögående pansarfartyget med 2 tunga kanoner.
12 1. kl pansarbåtar av successivt förbättrade typer sjösattes från 1885 till 1905. (Källa: Statens sjöhistoriska Museums samlingar)

tera de nya produkterna – fartyg och kanoner – som utbudssidan hade att erbjuda. I detta skede blev flottorna *materielstyrda*. Officerare och flottornas tekniker kom att för årtionden framåt absorberas av arbetet med att tillgodogöra sig den nya tekniken. Sjöförsvarsdebatten blev i mycket hög grad teknisk och koncentrerad till materielens prestanda: fart, artilleriets genombrytningsförmåga, olika pansarsystems skyddsförmåga, rammens betydelse osv. Teknikens och taktikens samband med övergripande strategiska och militärpolitiska mål sköts i bakgrunden.

Efterhand utvecklades emellertid även en ny *efterfrågan på innovationer* där flottorna alltmer medvetet utnyttjade det nya industri-

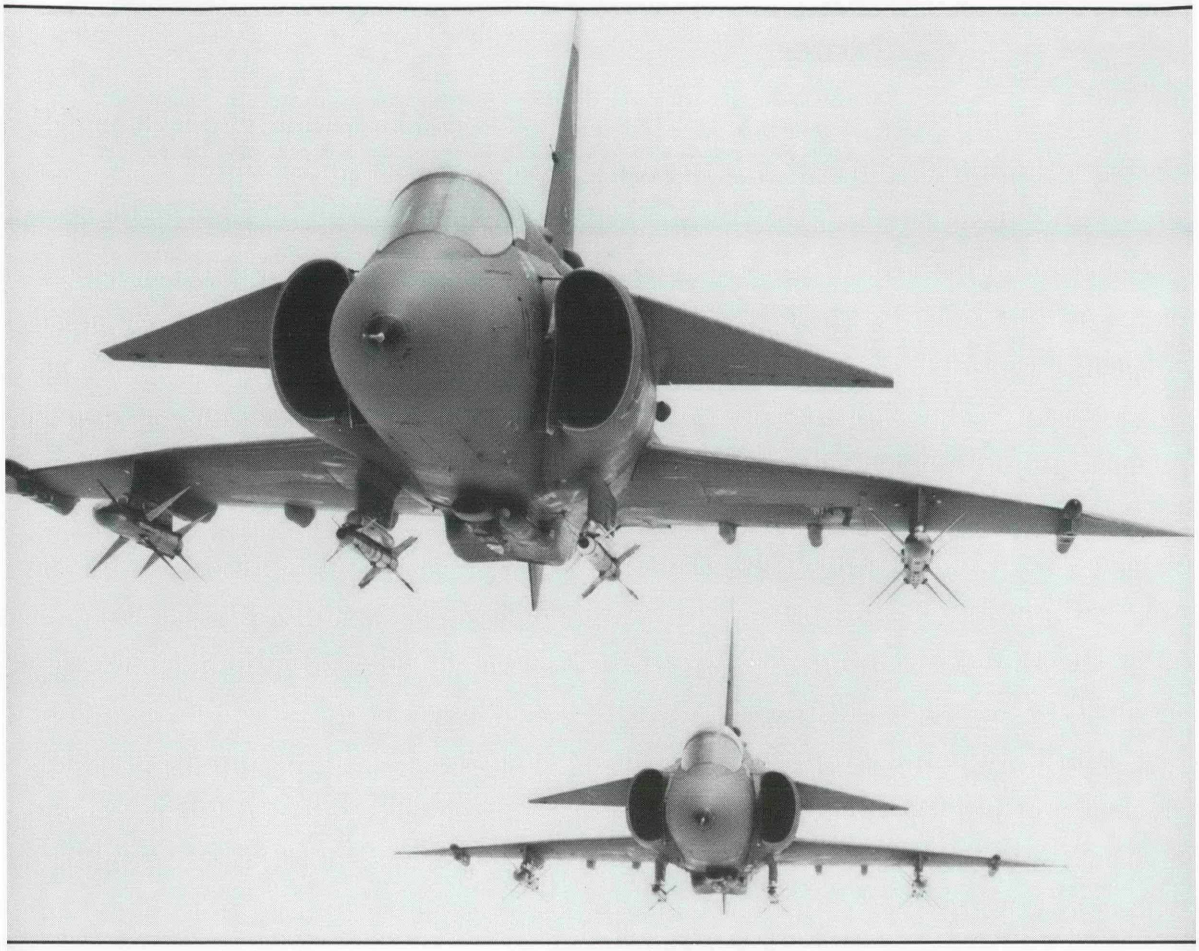
samhällets möjligheter för att få fram materiel anpassad till egna doktriner. Materielanskaffningen blev därmed återigen doktrinstyrd eller åtminstone styrd av växelverkan mellan en självständig teknologiutveckling och en medveten doktrinutveckling. I praktiken krävdes det ett generationsskifte inom flottornas institutioner för att komma därhän – en yngre generation officerare och tekniker som tidigt tillägnat sig den nya tekniken nådde så småningom höga beslutspositioner. I Sverige genomfördes radikala omorganisationer och föryngringar av flottans officers- och teknikerkårer under 1860-talet. Det är sannolikt att detta bidrog till den relativt snabba utvecklingen av doktrin och materiel under 1870-talet. Det var först när en effektiv efterfrågan på ny teknik förelåg som denna kunde utnyttjas fullt ut för innovationer.

Vi har således sett ett exempel på hur växelverkan mellan teknologitryck och efterfrågesug på innovationsområdet kan vara en komplicerad process med spänningsmoment och tröskeleffekter. I ett historiskt perspektiv blir den ekonomiska teorins begrepp utbud och efterfrågan ofta mer konkreta: institutioner, företag, personer. Till följd av maktförhållanden kan dessa aktörer på marknaden ha mycket olika styrka och deras traditioner och intresseinriktning kan verka starkt styrande på deras "utbud" av och "efterfrågan" på innovationer. Aktörernas styrka, traditioner och intressen avgör vilka innovationer som kommer fram och de blir därmed vägledande för teknikens utveckling. Flottorna hade av tradition varit nära knutna till en samhällsformation där handel och sjöfart representerade de tunga intressena i det ekonomiska livet och som organisationer ingick de i auktoritära och byråkratiska statsmaskinerier. Industrialiseringen innebar en kraftig maktförskjutning till företagare som företrädde ny teknik och den nya teknikens genombrott krävde bland annat ett nedbrytande av äldre byråkratiska organisationer som inte behärskade denna teknik.

En försiktig slutsats skulle kunna dragas av detta. Successiva och stegvisa innovationer inom ramen för en gemensam teknik drivs effektivast fram av ett nära samspel mellan kund och tillverkare – efterfrågesug och teknologitryck. Om endera faktorn får överhanden uppstår en obalans. Ifall teknologitrycket blir för starkt kan kunden bli handfallen och får inte den produkt han vid en närmare analys skulle vilja ha. En institutionellt stark efterfrågesida kan å andra sidan tendera att ge alltför snäva direktiv till leverantörerna och därmed ge otillräckligt spelrum för deras kreativitet. Men stora omvandlingar av tekniken genomförs sannolikt ofta bäst av en helt *ny kombination* av kund och leverantör. De tillverkare som levererade materielen till industrialderns flottor hade ingen erfarenhet av äldre typer av sjökrigsmateriel. Och bland de organisationer som bäst förmådde tillgodogöra sig den nya tekniken fanns två helt traditionslösa flottor: Tysklands och Japans. Vardagliga innovationer sker ofta inom ett etablerat kontaktnät – stora och omvälvande innovationer betyder ofta att etablerade nätverk mellan företag och organisationer bryts ned samtidigt som nya växer fram.

Noter

1. För en översikt och kritisk diskussion av teoribildningen på området, se Morton I. Kamien & Nancy L. Schwarz, *Market Structure and Innovation*, Cambridge (UK), 1982. Att diskussionen främst gällt frågan om "demand pull" eller "technology push" som drivande kraft framhålls på s 22f.
2. Faktaunderlaget till denna artikel är hämtat från Jan Glete, *Kustförsvar och teknisk omvandling. Teknik, doktriner och organisation inom svenskt kustförsvar 1850–1880*, Sth 1985. Frågan om de yttersta drivkrafterna bakom innovationerna behandlades dock inte där. Föreliggande artikel är därför en fristående fortsättning på, snarare än en sammanfattning av, den större studien.
3. För en studie om hur bristen på respektive framväxten av en fast doktrin hos en militär kund kan påverka leverantörerna, se Klaus-Richard Böhme, *Svenska vingar växer. Flygvapnet och flygindustrin 1918–1945*, Sth 1982.



Saab JA37 Viggen – ett flygande vapentekniskt system (Foto: Åke Andersson, Saab-Scania)

INGEMAR DÖRFER

System 37 Viggen – vapenteknisk forskning inom industrin

System 37 Viggen är Sveriges största FoU-projekt i historien. Det absorberade under 1960-talet 1/3 av all militär FoU-verksamhet i landet och 15 % av all statsfinansierad FoU-verksamhet. Delvis p g a detta stora projekt gick 9,4 % av alla försvarsutgifter under 1960-talet till FoU jämfört med 13,1 % i USA och 12,7 % i Storbritannien – båda stormakter med mycken omfattande försvarsforskning och utveckling. Den svenska andelen ska jämföras med Frankrikes 8,8 % som under samma tid utvecklade sitt strategiska kärnvapenprogram.[1] De totala FoU-kostnaderna för Viggensystemet är 15,5 miljarder kr i 1986 års penningvärde.[2]

Eftersom Viggen liksom andra stridsflygplansprojekt utvecklades med stöd av mycken utländsk teknologi ska jag jämföra den svenska flygplansutvecklingen med den i USA och UK – de två länder som Sverige haft det i särklass största teknikutbytet med på detta område. Det är viktigt att poängtera att System 37 liksom andra svenska flygprojekt framför allt var ett utvecklingsprojekt. Grundforskning och tillämpad forskning förekom förvisso, men de stora pengarna slukades av utvecklingsarbete, inte den relativt billiga forskningen.

Vid denna jämförelse ska jag konstrastera två metoder för FoU för vapensystem – byggklossmetoden och vapensystemmetoden – och visa hur de skilde sig i Sverige från de två anglosachsiska stormakterna. Jag ska sedan visa hur det svenska planeringssystemet och industristrukturen påverkade flygplansutvecklingen och slutligen jämföra metoderna vid framtagandet av Tunnan, Lansen, Draken och Viggen dvs systemen 29, 32, 35 och 37. Till sist ska jag summera skälen till att Viggen mer än sina föregångare kom att bli ett vapensystem snarare än ett flygplan, som gradvis anpassades till nya uppgifter.

Den internationella utvecklingen

Traditionellt använde man sig i Amerika av byggklossmetoden när man utvecklade stridsflygplan. I en bok publicerad av Princeton University Press 1962 förtalte RAND-ekonomen Burton Klein om sex stridsflygplan utvecklade före 1953.

Fyra av de sex fick andra motorer än väntat, tre fick andra elektroniksystem, fem med stora aerodynamiska förändringar i flygplanet, tre med andra stridsuppgifter. Bara ett av de sex flygplanen såg vid slutet av utvecklingsperioden tekniskt och operativt ut som det var planerat från början.[3]

Byggklossmetoden, eller sekvensmetoden som den också kallas, betonar osäkerhetsmomentet i allt utvecklingsarbete medan systemmetoden utgår från att alla problem kan lösas med tiden. Sekvensmetoden är flexibel och tar ett steg i taget. Systemmetoden är rigid och förutsätter att alla komponenter kan integreras redan före det att utvecklingen av dessa komponenter har påbörjats.[4]

Genom sin stora flygindustri med flera företag som utvecklade flygplan, flygmotorer och elektronik hade Storbritannien och framför allt Amerika ett stort antal byggklossar att välja på. År 1959 fanns det i USA sjuttio ledande företag av denna art, i UK tjugofem. I Sverige fanns det tre – Saab, Svensk Flygmotor och LM Ericsson.

Trots sekvensmetodens fördelar skiftade Amerika i början av 1950-talet till systemmetoden. Svaret står att finna i den utrikes- och säkerhetspolitiska situationen i omvärlden. Man trodde felaktigt att Sovjetunionen hade löst problemet med "lead time" – tiden mellan utvecklingsstart och förbandsuppsättning av färdiga stridsflygplan – bättre än i Amerika. De första flygplanen som utvecklades enligt systemprincipen var Convairs F 102 Delta Dagger och F-106 Delta Dart som skulle integreras i det nya luftförsvarssystemet SAGE. Men detta första försök var ett relativt misslyckande. För att spara tid lade man flygtesterna samtidigt med konstruktionen av produktionsinstrumenten och redskapen (tooling). När det blev nödvändigt att göra F 102 lättare fick man skrota hela uppsättningen av de första verktygen och bygga nya.[5]

Bättre lyckades man med sina strategiska raketer. En konsultfirma, Ramo-Wooldridge, gick in i Atlasprojektet år 1953 och sparade ett år åt uppdragsgivaren. 1956 påbörjades utvecklingen av Thor-roboten enligt samma metod.[6]

Under försvarsminister Robert McNamara och hans whiz kids, som införde systemanalys i den amerikanska försvarsplaneringen, utvecklades och förfinades systemmetoden för vapensystemutveckling. Beslut togs p g a pappersmeriter som i fallet av General Dynamics F 111 år 1962. Rekordet togs av beslutet om Lockheeds C 5 A transportflygplan år 1965 – trettiofem ton dokument stödde beslutet att jämföra med planets egen vikt på 148 ton.[7]

Det var först med Light Weight Fighter-programmet år 1970–75 som det amerikanska flygvapnet igen använde sig av "fly before you buy"-metoden.[8]

I Storbritannien ledde Koreakriget 1950 till att man liksom i USA försökte förkorta utvecklingstiden för stridsflygplan. För att lyckas med åtminstone en version hade man utvecklat tre versioner av V-bombaren – en begåvad variant av byggklossmetoden. Så sent som 1954 fanns det fortfarande fem flygplanstillverkare och fem flygmotorleverantörer i Storbritannien.[9] För RAFs viktigaste flygplan Buccaneer (som fortfarande är i tjänst) lagade man en utvecklingsbatch av 20 prototyper för testning och utvärdering. Med det stolta TSR 2-projektet, initierat 1960 och avbrutet av Denis Healey 1965, försökte sig också engelsmännen på systemmetoden. Men det fanns viktiga skillnader mellan den amerikanska vapensystemmetoden och britternas TSR 2-projekt. BAC, British Aircraft Corporation, var visserligen ansvarig för flygplanet plus 1 800 underleverantörer. Men Ministry of Aviation var ansvarig för motorutvecklingen tillsammans med tillverkaren Bristol Siddely Aviation och viktiga elektronikkontrakt som radarn, utvecklad av E.M.I.[10]

Efter TSR 2 hade bara Harrier och Hawk utvecklats av Storbritannien ensamt. Både Tornado och dess efterföljare EFA (European Fighter Aircraft) planeras bli samproducerade med tyska respektive italienska företag. British Aerospaces EAP (Experimental Aircraft Program) prototyp däremot är en avancerad ren brittisk produkt som kan bilda grundstommen i EFA-programmet.

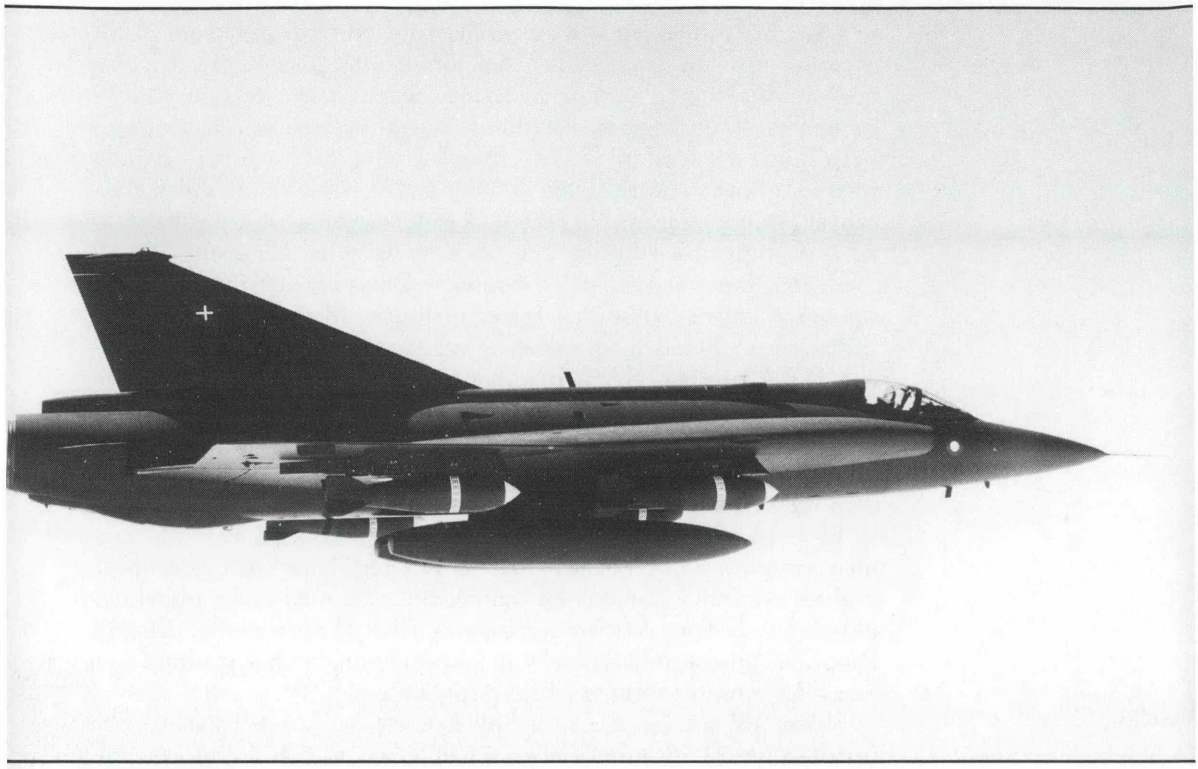
Skälet till att jag ägnat så mycken tid åt de amerikanska och brittiska utvecklingsmodellerna är helt enkelt att den svenska modellen vore omöjlig utan dessa två länders flygindustrier som samarbetspartner och ibland teknologiskt skyddsnät.

Den svenska utvecklingen

Som vi redan noterat fanns under efterkrigstiden egentligen bara tre företag i Sverige som kunde utveckla flygplan och flygplansmotorer – Saab, Svensk Flygmotor och STAL. I och med radarns och elektronikens ökande betydelse mot slutet av 1950-talet seglade också LM Ericsson upp som ett nyckelföretag i den svenska flygindustrin. Det är mycket riktigt denna trojka som svarar för huvuddelen i utvecklingen av både system 37 Viggen och nu system 39 Gripen.

Det svenska de facto monopolet på stridsflygplan för Flygvapnet fastställdes i början av det andra världskriget. I ett memorandum den 27 november 1940 slog den statliga Industrikommissionen fast att Saab och Nohab (senare Svensk Flygmotor och Volvo Flygmotor) skulle stödjas.[11] I åtföljande ramavtal och huvudavtal som kontinuerligt förnyades garanterades Saab och Flygmotor utvecklings- och produktionsvolym för flygmateriel under perioden 1940–1965. Genom omfattande insyn och detaljerade regler för prissättning och vinst eliminerade man kritiken mot monopolsituationen.

År 1947 lade 1945 års försvarskommitté fram de riktlinjer som fortsatte att styra flygplansanskaffningen 1. Inhemsk produktion i största möjliga utsträckning 2. inhemsk produktionskapacitet 3. modernitet 4. standardisering 5. effektivitet i tillverkningen.[12] Efter-



Saab 35XD – ett attackplan i dansk tjänst. (Foto: I Thuresson, Saab-Scania)

krigstiden och Berlinkrisen år 1948 innebar att Saab inte förmådde tillverka nog flygplan för att täcka flygvapnets behov på 1950-talet. J 26 Mustang importerades från de stora amerikanska efterkrigslagren och J 28 Vampire, J 30 Mosquito, J 33 Venom och J 34 Hawker Hunter (de två senare nattjaktplan) kom från Storbritannien. Under general Nordenskiölds ledning infördes sju års materielplaner år 1947 och flygvapnet räknade år 1949 1000 stridsflygplan – det fjärde största i världen.[13] Som ett resultat av Berlinkrisen fick nu Saab koncentrera sig helt på militärsidan och det civila Scandia passagerarplanprojektet avbröts efter att bara några få exemplar hade tillverkats.

Det faktum att Sverige bara har en flygplanstillverkare, en flygmotortillverkare och i praktiken en tillverkare av avancerad radarutrustning gör naturligtvis den svenska miljön unik. Eftersom flygindustrin allt sedan kriget tillverkat stridsflygplan så fort den kan finns det få möjligheter att i likhet med i USA och Storbritannien påskynda processen. Lösningen är just att i stället då importera ytterligare flygplan från dessa två länder vilket ju också skedde på 1940 och



Viggen är ett jaktplan som kan bära upp till sex stycken jaktrobotar och är utrustat med en 30-mm kanon. (Foto: Åke Andersson, Saab-Scania)

1950-talen. I den svenska modellen finns det således bara tre byggklossar för sekvensmetoden för flygplansutveckling – övriga klossar blir med naturnödvändighet utländska. Ett försök gjordes av NOHAB och STAL på 1940-talet att utveckla en svensk flygmotor från scratch men försöket bedömdes överstiga den svenska kapaciteten och projektledaren Curt Nicolin gick 1952 vidare till andra uppgifter inom svenskt näringsliv. Det var således brittiska deHavilland och inte Flygmotor som stod för motorn till J 29 Tunnan med Goblin och Ghost-modellerna.

Också Lansen och Draken är utrustade med brittiska motorer, samtliga av Rolls Royce fabrikat. Dessa motorer RB 100, RB 90 och RB 146 förseddes av Flygmotor med efterbrännkammare och fick de svenska beteckningarna RM 5A, 6A, 6B och 6C. Flygmotor ansvarade således inte för någon forskning i egentlig mening men för ett betydande utvecklingsarbete av utländska produkter. Övergången från brittisk till amerikansk flygteknologi i Sverige symboliseras bäst av Flygförvaltningens beslut i december 1961 att välja Pratt & Whitneys JT 8 före Rolls Royces Medway som Viggenmotor.[14] JAS 39

Gripen har följaktligen också en amerikansk motor, vidareutvecklad vid Flygmotor – General Electrics F 404, som också finns i US Navy's F 18 Hornet.

På radarsidan hade M/divisionen vid LM Ericsson i Mölndal traditionellt samarbetat med Frankrike. Lansen hade en Ericsson-radar men den första versionen av Draken (A) hade en enkel fransk radar köpt från hyllan från CSF. För Draken F som skulle ta Falcon-robotar och integreras i STRIL 60-systemet behövdes en betydligt mer sofistikerad radar, kärnan i B 3-systemet som leddes av Ericsson. Med B 3-systemet som en ovärderlig erfarenhet konkurrerade LME 1963 framgångsrik med Ferranti, CSF och Electronique Marcel-Dassault om Viggenradarn.[15] Både AJ 37 och JA 37 – attack- och jaktversionerna av Viggen, liksom JAS 39 Gripen har Ericsson-radar av successivt allt modernare snitt.

De svenska stridsflygplanen har alltså utvecklats av de tre byggblocken Saab-Scania, Volvo Flygmotor och Ericsson. När kapaciteten har trutit har ett utländskt byggblock tagits in, som ibland vad gäller radarn. Eftersom det inte finns någon annan flygindustri i landet har inte flera utvecklingsprojekt konkurrerat med varandra inom flygvapnet. Konkurrensen har snarare varit implicit med utländska projekt – amerikanska, brittiska och franska stridsflygplan under utveckling har jämförts med de svenska under utveckling inom landet. Så långt som till en formell utvärdering, där prestanda snarare än priser ställts mot varandra, har man dock gått först vid beslutet om att utveckla system 39 Gripen.

Men också om man inte kunnat använda den amerikanska metoden med en sekvensmetod för utveckling (utom just vad gäller motorvalen då ju alla motorer är utländska) så har man klokt och pragmatiskt valt att köpa utländska komponenter när forskning och utveckling inom landet visat sig för dyrt. I JA 37 Viggen, jaktversionen, är exempelvis följande nyckelsystem utländska just därför att inhemsk FoU inte lönat sig:[16]

Navigationssystem	Singer-Kearfott	USA
Radarhöjdmätare	Honeywell	USA
Luftdatasystem	Garrett Airesearch	USA

Dessutom är Saabs styrautomat utvecklat av Honeywell, Saabs dator utvecklad av Singer-Kearfott och SRAs siktlinjeindikator utvecklad med brittiska Smiths.

Allt som allt är ca 80 % av JA 37 Viggen svensktillverkad, 13,5 % amerikansk och 6,5 % europeisk.[17] För system 39 Gripen blir siffrorna 70 % svensk, 15 % amerikansk och 15 % europeisk.[18]

Men också om man bara har ett begränsat antal byggblock har man genom den brittiska metoden av prototyper – "pre-production batches" försäkrat sig om att planen verkligen kan flyga innan man gått in i produktion. Prototyperna används vid utprovning av flygplanssystemens tekniska egenskaper. I fråga om Tunnan, Lansen och Dra-

ken tillverkade man t o m en prototyp i skala $\sqrt{2}$ som flög 2–3 år innan det första fullskaliga provflygplanet lyfte: [19]

Flygplan 29		År
1945	utveckling påbörjas	
augusti 1946	prototyp 201 flyger	1
september 1948	första av tre prototyper flyger	3
maj 1951	förbandsuppsättning	6
	Planet operativt 32 månader efter första flygningen	

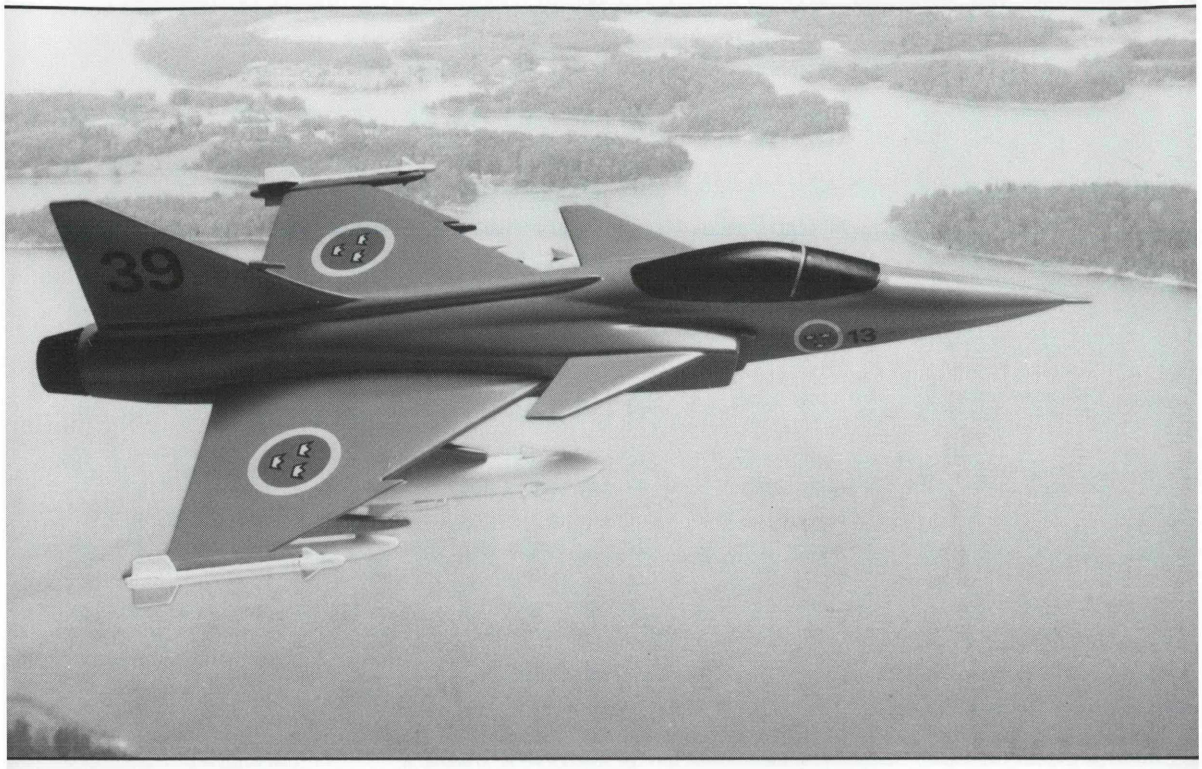
Flygplan 32		
1946	utveckling påbörjas	
mars 1950	prototyp 202 flyger	4
november 1952	första av fyra prototyper flyger	6
januari 1956	förbandsuppsättning	9,5
	Planet operativt 38 månader efter första flygningen	

Flygplan 35		
augusti 1949	utveckling påbörjas	
november 1952	prototyp 210 flyger	3
oktober 1955	första av tre prototyper flyger	6
mars 1960	förbandsuppsättning	10,5
	Planet operativt 53 månader efter första flygningen	

Flygplan 37		
maj 1962	utveckling påbörjas	
februari 1967	första av sju prototyper flyger	5
juni 1971	förbandsuppsättning	9
	Planet operativt 52 månader efter första flygningen	

Operativa stridsflygplan ca fyra år efter första flygning är internationellt en god prestation och överensstämmer med brittiska och franska erfarenheter under samma period.[20]

Med prototyper som flög innan produktionsversionerna beställdes kom inga obehagliga överraskningar fram till och med Draken. Undantaget blev just Viggen under en period när vingbalkarna bröts av och tre flygplan förlorades. Saab gick alltid direkt på "production tooling" och använde sig således av samma maskinuppsättning för produktionen som för prototypen. Med tiden försågs Jaktversionen av Viggen JA 37 med helt annan beväpning (kanon) och elektronik och en 8 % starkare motor än Attackviggen AJ 37. I allt är Jaktversionen ca 1 000 kg tyngre än Attackviggen.[21]



Modell av JAS39 Gripen. Premiärflygning kommer att äga rum under 1987. (Foto: N-G Widh, Saab-Scania)

Sammanfattning

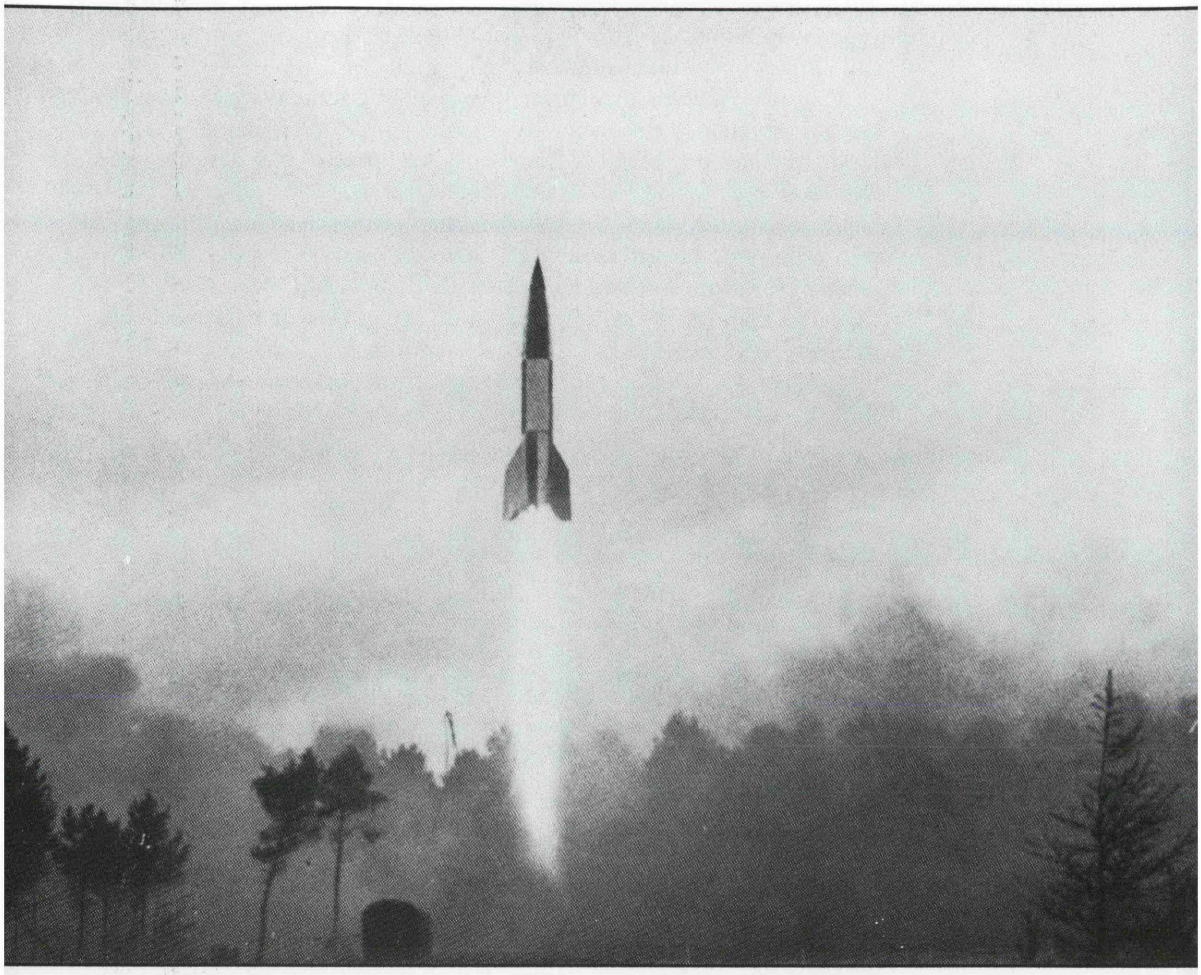
Sverige använde sig således av den brittiska spjutspetsmetoden – den tekniska utvecklingen i varje generation gjordes beroende av ett stort projekt. I UK var det TSR 2 som avbeställdes, i Sverige var det Viggen som behölls. När system 37 Viggen sköttes som ett vapensystem snarare än ett sekvenssystem var det teknologin och ekonomin snarare än säkerhetspolitisk brådska som var orsaken. Teknologiskt var projektet likt de tidigare, tre stora svenska byggklossar, en blandning av svenskutvecklad och utländsk direktinköpt elektronik, noggrann testning flera år innan första prototypen flög. Men det viktigaste skälet till att system 37 Viggen utvecklades som ett vapensystem och enhetsplan var budgetmässigt.[22] Under 1950-talet hade Sverige haft råd att utveckla två system – både Lansen och Draken. Stigande FoU-kostnader gjorde det nödvändigt att nu bara utveckla en flygplansplattform som sedan skulle utrustas för olika versioner av operativ insats. Eftersom plattformen hur som helst var den enda var

vapensystemmetoden den mest effektiva – något svenskt alternativ till Viggen fanns helt enkelt inte.

Tjugosex år efter projektets formella start finns det bara svenska stridsflygplan i det svenska flygvapnet på 400 flygplan – Viggen, Draken, Lansen och Sk 60. The Royal Air Force på 700 stridsflygplan har åtta typer – de helbrittiska gamla Buccaneer, Lightning, Canberra, de nyare Harrier och Hawk men också Phantom importerad från Amerika, Jaguar samutvecklad med fransmännen och Tornado samutvecklad med Tyskland och Italien.[23] UK har många och mäktiga allierade och deras flygindustri och flygvapen är därför internationella. Det ska bli intressant att jämföra det helsvenska (70 %) flygplanet 39 Gripen med det kommande brittisk-tysk-italiensk-spanska EFA-projektet.

Noter

1. Uppgifter i Ingemar Dörfer: *System 37 Viggen: Arms, Technology and the Domestication of Glory*. Oslo: Universitetsförlaget 1973 s 43–44.
2. Information från Försvarets materielverk.
3. Burton H. Klein: "The Decision Making Problem in Development" i *The Rate and Direction of Inventive Activity: Economic and Social Factors*. Princeton: Princeton University Press 1962.
4. James R. Schlesinger: "Organizational Structure and Planning" i Roland M. McKean, ed: *Issues in Defense Economics*. New York: Columbia University Press 1967.
   Diskussion mellan de två skolornas företrädare fördes främst i *The Rate and Direction of Inventive Activity* och i *Public policy* 1963, a Yearbook of the Graduate School of Public Administration of Harvard University.
5. Thomas Marshak: "The Role of Project Histories in the Study of R&D i Thomas Marshak, Thomas K. Glennan Jr & Robert Summers: *US Strategy for R&D* New York: Springer Verlag 1967 p 109–110.
6. Robert L. Perry: "The Atlas, Thor, Titan and Minuteman" i Eugene M. Emme, ed.: *A History of Rocket Technology*. Detroit: Wayne State University Press 1964.
7. Berkeley Rice: *The C 5 A Scandal* Boston: Houghton Mifflin 1971.
8. Ingemar Dörfer: "1 Air Force" i *Arms Deal: the Selling of The F-16* New York: Praeger 1983.
9. Evy Devons: "The Aircraft Industry" i Duncan Burns, ed.: *The Structure* of *British Industry*. Cambridge, Cambridge University Press 1958.
10. Geoffery Williams, Frank Gregory & John Simpson: *Crisis in Procurement, A Case Study of the TSR 2*. London: Royal United Service Institution 1969.
11. *Industrikommissionens PM* 27 november 1940.
12. *SOU* 1947:72 s 723–728.
13. Jan Erik Rågehed: *Swedish forces to aid Norway?* Oslo: FHFS notat 2. 1985 s 10.
14. *System 37 Viggen* s 107–109.
15. Ibid s 110.
16. Ingemar Dörfer: *System 37 Viggen in Perspective*. Opublicerat paper December 1981 s 10.
17. Ibid s 9.
18. Information från Försvarets materielverk.
19. *System 37 Viggen* s 69.
20. Ibid s 238.
21. *System 37 Viggen in Perspective* s 10.
22. Ingemar Ståhl: *Ekonomiska synpunkter på 37 programmet*. Flygmaterielberedningen januari 1966. Se *System 37 Viggen* s 75–77 för en politisk analys.
23. *The Military Balance* 1986–1987 London: The IISS 1986 s. 59.



V-2 missilen, som utvecklades av tyska Luftwaffes raketforskningsinstitut, framstår tillsammans med atombomben som symbolen för den nya slags roll som forskning och teknisk utveckling kom att spela under andra världskriget, en roll som i hög grad påverkat den militära och civila utvecklingen under efterkrigstiden.

WILHELM AGRELL

Vetenskapen i försvarets tjänst

Några huvudlinjer i den försvarsrelaterade forskningens framväxt

Försvarsforskningen, eller för att vara mer precis den försvarsrelaterade forskningen, har sedan det andra världskriget i två viktiga avseenden kommit att framstå som ett område av utomordentligt stor betydelse. Försvarsforskningen har kommit att spela en central roll i en militärteknisk förändringsprocess och i kapprustningsförlopp som alltmer kommit att präglas av de stora tekniska systemens komplexitet och prestanda. Samtidigt har uppkomsten av en omfattande militärt inriktad forskningsverksamhet fått en mycket stor betydelse för uppbyggnaden och inriktningen av industriländernas forsknings- och teknikpolitik. Det är av denna anledning knappast meningsfullt att söka analysera utvecklingen på dessa områden – vare sig internationellt eller i enskilda länder – utan att beakta den militära utvecklingen och dess konsekvenser. I denna uppsats ska jag i korta drag skissera de huvudlinjer som framväxten av den försvarsrelaterade forskningen har kommit att följa för att sedan avslutningsvis beröra hur denna framväxt gestaltat sig i Sverige.[1]

Före det andra världskrigets utbrott fanns inte i något land en etablerad militär forskning annat än inom avgränsade områden och rörande utveckling av specifik materiel. Oftast var denna forskning direkt knuten till enskilda tillverkare av krigsmateriel och därför inriktad på lösningen av konkreta tekniska problem. Någon samlad syn på hur den vetenskapliga forskningen på ett systematiskt sätt skulle kunna organiseras och utnyttjas för militära ändamål fanns inte. På ett mer allmänt plan hade emellertid debatten under 1930-talet om forskningens roll i samhället lagt grunden för uppkomsten av en egentlig militär forskningspolitik.[2]

Andra världskriget

Det andra världskriget präglades av snabba och rörliga militära förlopp där de tekniska systemens prestanda och det taktiska och operativa utnyttjandet av dem framstod som en avgörande faktor för krigsförloppet. Kriget kom därför att kännetecknas av en snabb kapplöpning mellan medel och motmedel inom mark-, sjö- och luftkrigföringen.

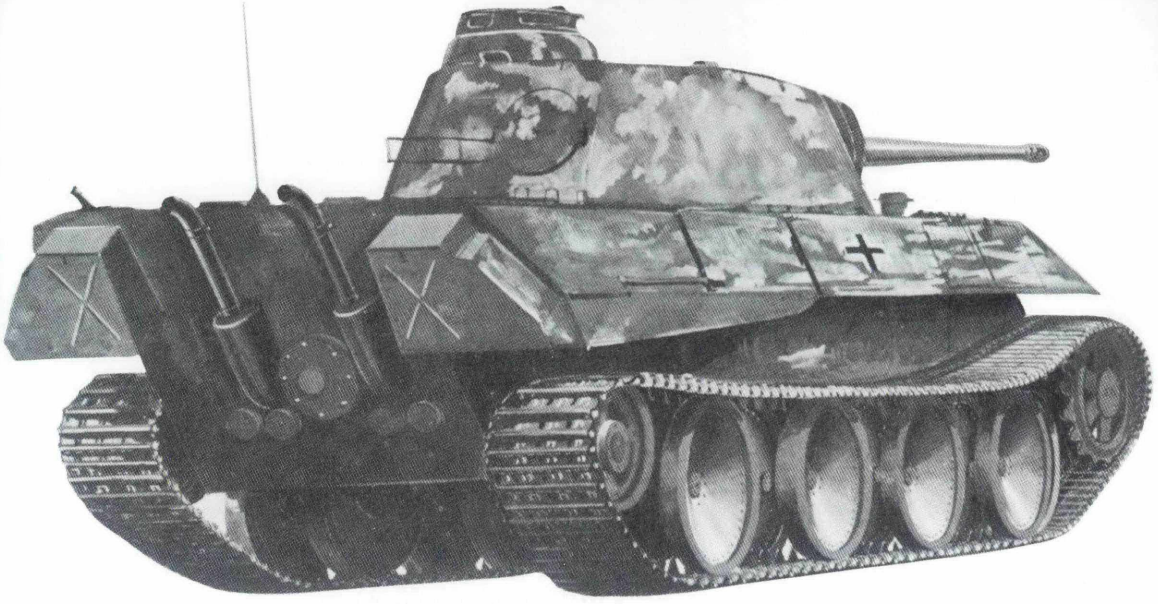
Betydelsen av pansarvapnet visade sig redan i det tyska angreppet mot Polen och utvecklingen av nya generationer av stridsvagnar och pansarvärnsvapen gick mycket raskt bland de krigförande. Den part som först kunde utveckla, massproducera och sätta in överlägsna stridsvagnsmodeller eller effektiva motmedel i form av pansarvärnsvapen fick ett betydande tekniskt övertag på slagfältet, något som bl a tyskarna fick erfara på östfronten vintern 1941/42.

Inom sjö- och luftkrigföringen var betydelsen av tekniska innovationer ännu mer påtaglig. RAF lyckades vinna Slaget om Storbritannien till stor del tack vare den luftförsvarstaktik som blev möjlig genom användning av luftspaningsradar. Det tyska luftförsvaret misslyckades däremot under krigets senare skeden att stoppa den allierade bomboffensiven mot tyska städer, till en del därför att det utsattes för framgångsrik allierad telekrigföring bl a i form av remsfällning, s k Window.[3]

I Slaget om Atlanten förfogade den tyska marinen i ubåtarna över ett stort taktiskt försteg. Men genom utvecklingen av en rad motmedel, först och främst radiopejlutrustning, flygburen radar och ekosökning med aktiv hydrofon, och ett taktiskt utnyttjande där de olika tekniska systemen kunde stödja varandra kunde de allierade vända utvecklingen, skydda konvojerna alltmer effektivt och tillfoga de tyska vargflockarna stigande förluster. Tyska försök att med olika tekniska innovationer återvinna initiativet i Slaget om Atlanten var antingen otillräckliga (som användningen av radarvarnare och radarabsorberande färg) eller kom alltför sent med hänsyn till krigets utveckling i stort (som användningen av snorkel och utvecklingen av "Walter"-turbiner för undervattensdrift).

Det som visade sig vara utslagsgivande var inte så mycket de tekniska innovationerna i sig utan de krigförandes förmåga, eller brist på förmåga, att snabbt utveckla och testa fältmässiga system som kunde massproduceras och tas i militärt bruk i stor omfattning. Tyska forskningsinstitut och laboratorier lyckades under krigets senare skede åstadkomma en mängd tekniska innovationer med stor utvecklingspotential och militär betydelse, men den tyska krigsproduktionen och militärapparaten saknade förmåga till övergripande styrning av vilka innovationer man borde samla sina resurser på. Följden blev att denna radikala tekniska utveckling egentligen inte kom att få någon inverkan på krigets förlopp. De allierade lyckades däremot på flera viktiga områden bemästra dessa problem.

Det andra världskriget kännetecknades alltså av att det för första gången uppstod vad som kan kallas för en fortlöpande och stark



Utvecklingen av medel och motmedel gick mycket snabbt under andra världskriget. Allt tyngre stridsvagnar med bättre beväpning och pansarskydd möttes med nya typer av pansarvärnsvapen, bl a med riktad sprängverkan. Dessa vapen utvecklades av flera av de krigförande (liksom av Sverige) oberoende av varandra. Bilden föreställer en tysk stridsvagn av typ V den s k Panther som delvis konstruerades som en kopia av den sovjetiska T-34.

efterfrågan på militärtekniska innovationer, en efterfrågan som tog sig uttryck i krav och alarmerande erfarenheter från slagfälten. För att kunna möta denna situation tvingades de krigförande att söka mobilisera inte bara krigsfolk, materiel och krigsproduktion utan också teknisk och vetenskaplig kompetens. Andra världskriget kom på detta sätt att medföra ett genombrott för en ny typ av relation mellan forskarvärlden och samhället, ett genombrott som kom att få avgörande betydelse både för den militärtekniska och den forskningspolitiska utvecklingen under efterkrigstiden.

Ingen enskild satsning symboliserar denna förändring tydligare än Manhattanprojektet. Att utvecklandet av atombomben inte påverkade krigets förlopp saknar i detta sammanhang betydelse; Manhattanprojektet kom, genom att det vetenskapligt och tekniskt blev en framgång, att skapa eller bekräfta en uppfattning att stora och komplexa innovationer behäftade med stor osäkerhet kunde pressas fram bara tillräckligt stora ekonomiska och personella resurser satsades och bara verksamheten organiserades på ett riktigt sätt.

Efterkrigstiden

Den förändrade relationen mellan forskarvärlden och samhället innebar därför först och främst ett *förvetenskapligande* av den militära verksamheten, där officerare och politiker varseblev betydelsen av en nationell (och i fråga om Manhattanprojektet internationell)

mobilisering av forskningen på bred front. Denna process fortsatte och fördjupades under efterkrigstiden där den militära tekniken och verksamheten blev alltmer komplicerad och därmed beroende av forskningsinsatser. Kapprustningen mellan väst och öst kom alltmer att förskjutas från enbart en traditionell "vapenkapplöpning" till, som i fråga om strategiskt rymdförsvar, en konkurrens om storskaliga forskningsprogram och innovationer med stor potentiell militär betydelse.

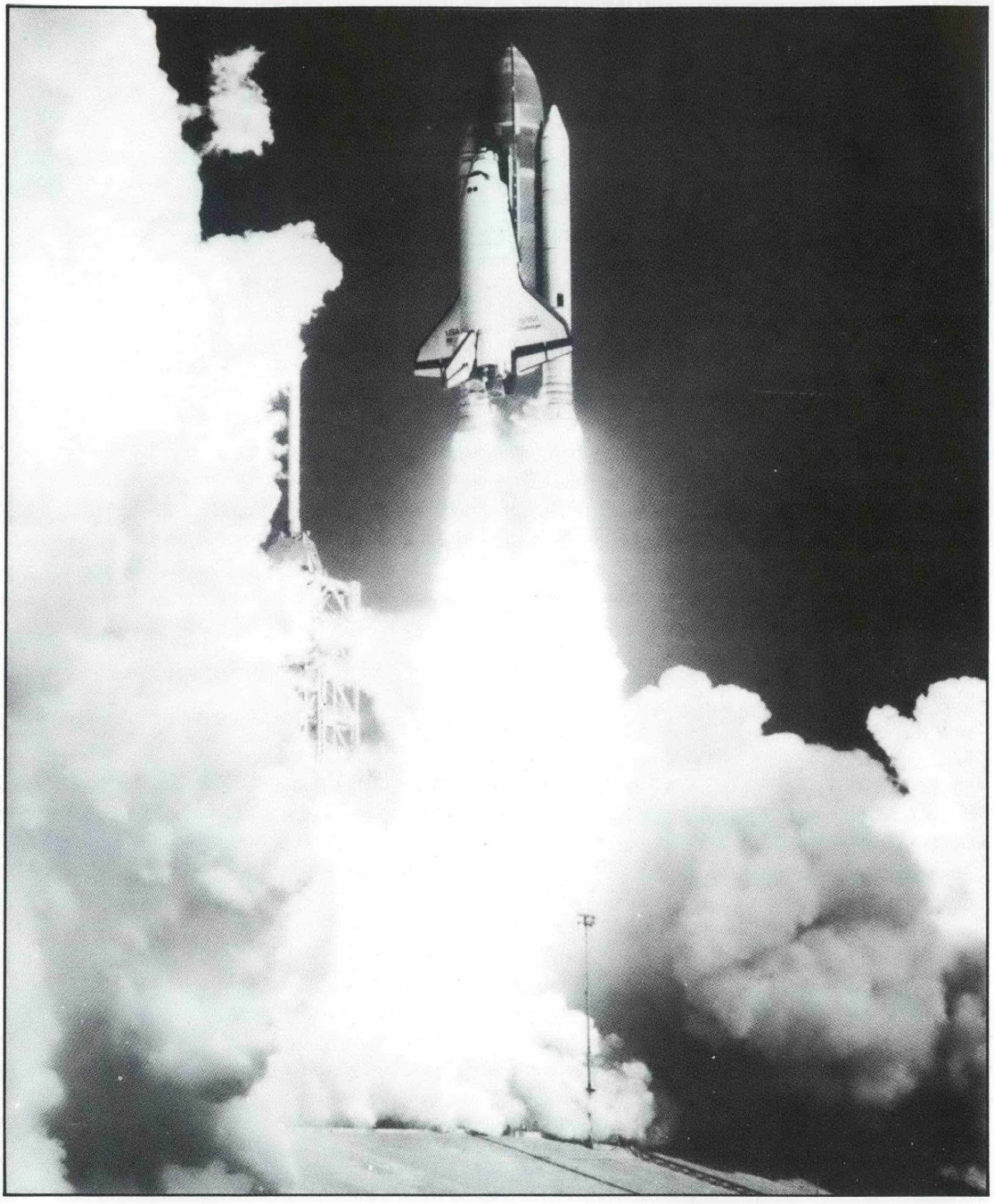
Men samtidigt medförde den förändrade relationen mellan forskarvärlden och samhället också något som kan betecknas som en *militarisering* eller *byråkratisering* av forskningen. Genom att sluta upp i den nationella mobiliseringen (vilket inte alla gjorde) kom forskarna att inordna sig i ett system som på ett grundläggande sätt skilde sig från en västerländsk tradition av vetenskaplig frihet och autonomi. Forskarna arbetade här för att lösa specifika förelagda uppgifter inom ramen för de uppställda målen, inte för att i första hand öka kunskaperna på olika forskningsfält. Konsekvenserna av arbetet hade forskarna mycket liten kontroll över, något som bl a ledde till betydande motsättningar under Manhattanprojektets slutskede men som med undantag för detta skapade förvånansvärt lite av moraliska problem för de inblandade.

Militariseringen eller byråkratiseringen kom under efterkrigstiden inte bara eller ens huvudsakligen att prägla forskningen för militära ändamål, den har också kommit att påverka den övergripande synen på forskningens roll i samhällsplaneringen och frågorna kring forskningens autonomi kontra samhällsnytta. De krigstida erfarenheterna av mobilisering och utnyttjande av forskning kom alltså att i varierande utsträckning överföras på det civila samhällets problem.

Tydligast kom detta synsätt till uttryck i rapporten *"Science – the Endless Frontier"* som 1945 lades fram av det krigstida amerikanska organet för samordningen av forskningen.[4] Rapporten gjorde den sedermera så betydelsefulla distinktionen mellan *grundforskning* och *tillämpad forskning* där den förstnämnda betraktades som en nationell kunskapsbas som därför måste byggas upp och stödjas långsiktigt genom federala satsningar. Från denna bas skulle sedan tillämpad forskning kunna bedrivas enligt samma principer som man under kriget använt för att lösa stora militära tekniska, medicinska och organisatoriska problem: kampen mot sjukdomar, mot fattigdom och misär och andra samhällsproblem skulle göras till föremål för storskaliga och målinriktade satsningar där forskningen skulle lämna det avgörande bidraget. Tankarna i *"Science – the Endless Frontier"* kom framför allt från slutet av 1950-talet och framåt att vidareutvecklas och genomsyra den amerikanska forskningspolitik som också blev mönster för många industriländer.

Svenska förhållanden

Utvecklingen av militär forskning och forskningspolitik i Sverige uppvisar både betydande likheter med detta internationella mönster



Den amerikanska rymdforskningen är ett av de tydligaste exemplen på ett forskningsfält där militära intressen, tillämpningar och finansiering spelat en avgörande roll för arbetets inriktning och de tekniska system som utvecklats.

och ett antal nationella särdrag som har sitt ursprung både i det svenska samhällets karaktär och i speciella historiska erfarenheter.

Före det andra världskriget kan man inte tala om någon systematisk militärforskning i Sverige med undantag för det produktnära ingenjörstekniska utvecklingsarbete som bedrevs vid industrier med produktion av krigsmateriel, ett utvecklingsarbete som bl a exemplifieras av Bofors 40 mm luftvärnsautomatkanon m/36. Inom försvaret var forskningen begränsad till försvarsväsendets kemiska anstalt som huvudsakligen arbetade med frågor om skydd mot gasstridsmedel.[5]

Kriget kom att på två olika sätt understryka behovet av en inhemsk militär forskningsverksamhet. Det viktigaste skälet var den snabba tekniska utvecklingen av de krigförande staternas stridskrafter, en utveckling som visserligen inte utgjorde ett direkt hot mot Sverige så länge landet lyckades hålla sig utanför kriget men som däremot snabbt kunde göra det svenska försvaret föråldrat och på så sätt rycka undan grunden för det pågående upprustningsprogrammet. Ett särskilt problem var att förändringarna i den militära tekniken i största möjliga utsträckning hemlighölls av de krigförande och att Sverige därför hade stora svårigheter att få tillräcklig kunskap också om sådana innovationer vars existens man kände till.

Men den avspärrningssituation som Sverige försattes i efter den 9 april 1940 innebar dessutom att upprustningen och försöken att följa med i den tekniska utvecklingen i allt väsentligt måste bygga på den inhemska industriella basen, framför allt inom verkstadsindustrin.[6] För att denna satsning skulle vara meningsfull måste man finna former för att gardera sig mot att den materiel som producerades skulle visa sig vara tekniskt underlägsen eller inadekvat jämfört med den som stormakternas stridskrafter skulle komma att förfoga över. Detta var den huvudsakliga bakgrunden till upprättandet 1944 av ett gemensamt forskningsinstitut för försvaret med uppgift att dels följa den internationella militärtekniska utvecklingen dels genom egen forskning och kontakter främja inhemsk utveckling på fält som föreföll lovande mot bakgrund av det svenska försvarets behov.

Försvarets forskningsanstalt kom att bli samlingspunkten för praktiskt taget all militär forskning som inte var direkt knuten till utvecklingen av specifika vapensystem. FOAs verksamhet växte snabbt under 1950-talet, framför allt som en följd av den stora satsning som gjordes för att förbereda ett svenskt kärnvapenprogram. Vid slutet av 1950-talet var mer än 200 forskare sysselsatta med avancerad fysisk och kemisk forskning med direkt relevans för framtida konstruktion av kärnladdningar. Kärnvapenprogrammet utgjorde det egentliga genombrottet för förvetenskapligandet av det svenska försvaret: Det tvingade en starkt konservativ försvarsorganisation att ställa en teknisk och vetenskaplig fråga i främsta rummet, att prioritera forskningssatsningar och att acceptera forskarna som intressegrupp och som militära innovatörer.

Denna förändring fick under 1960- och 70-talen långtgående effekter, trots att själva kärnvapenprogrammet aldrig fick politisk sanktion och att forskningen inom området så gott som fullständigt avveckla-



Utvecklandet av kemiska stridsmedel under första världskriget byggde på tillämpad kemisk forskning, bl a rörande bekämpningsmedel. Skyddet mot dessa stridsmedel krävde i sin tur forskning, ett behov som ledde till inrättandet av Försvarsväsendets kemiska anstalt 1937, som blev den första institutionen för försvarsforskning i Sverige. Bilden visar franska artillerister med primitiva skyddsmasker under första världskriget.

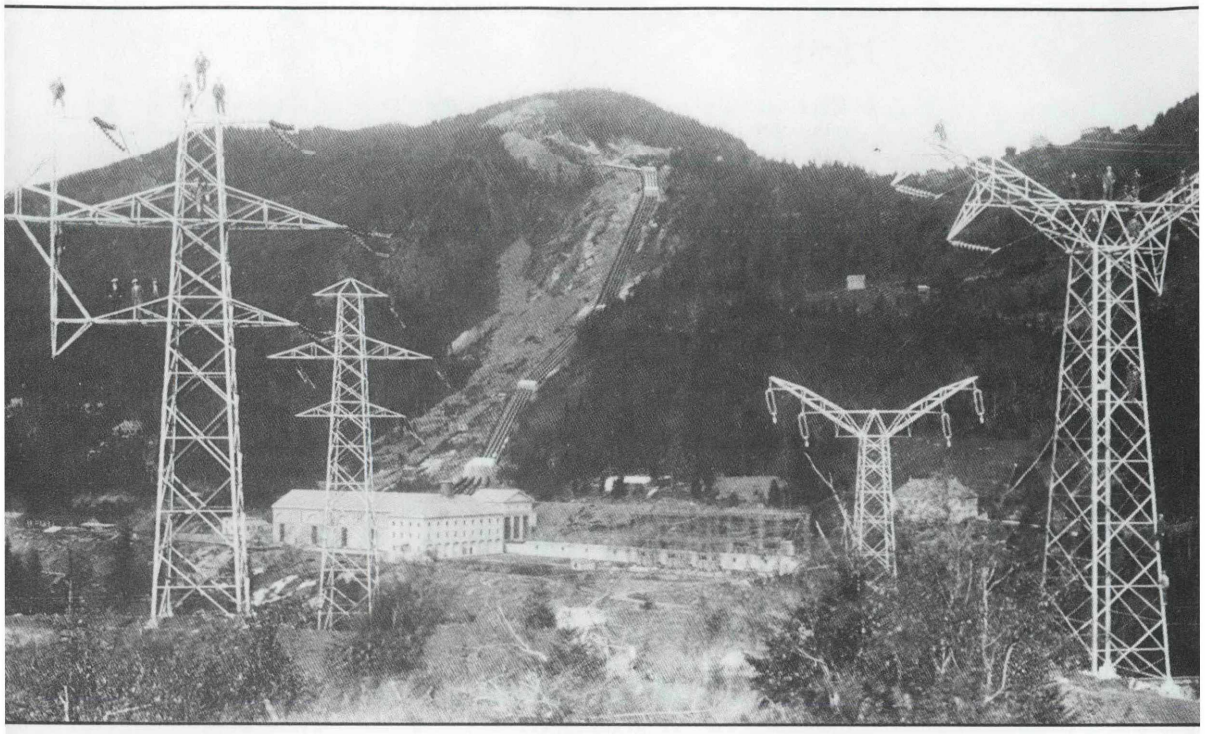
des. Den utredning om den försvarsmedicinska forskningen som tillsattes 1961 utvecklade ett nytt synsätt på försvarsforskningen där denna på ett systematiskt och planerat sätt skulle infogas i den långsiktiga utvecklingen av försvaret.[7] 1969 års försvarsforskningsutredning fullföljde dessa tankegångar för hela försvarsforskningen och skisserade en utveckling där försvarsforskningen skulle utgöra en integrerad del i det system för långsiktsplanering och programbudgetering som var under uppbyggnad för hela totalförsvaret. Försvarsforskningen skulle här tilldelas den dubbla funktionen att dels utgöra ett instrument för att genomföra de försvarspolitiska målen, dels utgöra ett fundament för en långsiktig och rationell försvarspolitik. I detta synsätt drevs förvetenskapligandet till sin yttersta spets där ingen försvarspolitik betraktades som möjlig utan en kontinuerlig forskningsverksamhet och där i princip varje del av forskarvärlden i något avseende framstod som relevant för utveckling inom försvarssektorn.

Den storslagna rationalistiska synen på försvarsplaneringen och försvarsforskningen kom visserligen att leda till ett antal genomgripande reformer under 1970-talet, men de faktiska effekterna motsvarade knappast de förväntningar man gett uttryck för i utredningarna. Liksom i USA, varifrån mycket av idéerna rörande långsiktsplanering och styrning av forskningen hade hämtats, visade det sig svårt att bemästra motståndet från gamla och väl etablerade strukturer och att förverkliga en effektiv byråkratisk kontroll över en till sin natur så obyråkratisk verksamhet som forskning. Till detta bidrog också mer triviala faktorer som de stora ekonomiska och strukturella problem försvaret ställdes inför med nolltillväxten av försvarsanslagen från och med 1966, liksom effekterna av att FOA av regionalpolitiska skäl splittrades och till stor del utlokaliserades till i första hand Umeå, Karlstad och Linköping.

Men trots detta fick utvecklingen av försvarsforskningen en stor betydelse för en byråkratisering av hela den svenska forskningspolitiken. De tankar som låg bakom utredningarna om försvarsforskningen lades också till grund för den sektoriella forskningspolitik som växte fram under 1970-talet och som, liksom "Science – the Endless Frontier" byggde på föreställningen att utvecklingen inom olika samhällssektorer skulle främjas genom målinriktad forskning av direkt samhällsrelevans. Försvarsforskning erbjöd här en prototyp till en sådan forskningspolitik och forskningsorganisation, något som underströks av att det var samma personer som stod bakom idéerna om försvarsforskningens nya roll och den sektoriella forskningspolitiken.[9]

Noter

1. Denna uppsats baseras på ett pågående forskningsprojekt *Vetenskapen i försvarets tjänst* som jag bedriver vid Forskningspolitiska Institutet i Lund med finansiering från Humanistisk-samhällsvetenskapliga forskningsrådet. En första rapport som behandlar tillkomsten av den svenska försvarsforskningen kommer att föreligga i slutet av höstterminen 1986 och kan beställas från institutet.
2. Se Sverker Gustavsson: *Debatten om forskningen och samhället – En studie i några teoretiska inlägg under* 1900-talet Uppsala 1971.
3. För en kortfattad redogörelse se FOAs OM-serie nr 7 om telekrigföring. En mycket uttömmande beskrivning ges i R V Jones: *Most Secret War British Scientific Intelligence* 1939–1945 London 1978.
4. *Science – the Endless Frontier* A report to the President on a Program for Postwar Scientific Research by Vannevar Bush, Director of the Office of Scientific Research and Development Washington D C 1945 (nytryck av National Science Foundation 1960).
5. Se Nils Söderberg: "Den militärtekniska forskningen 1939–1945" i *Sveriges militära beredskap* 1939–1945 Köping 1982.
6. Se Ulf Olsson: *The Creation of a Modern Arms Industry. Sweden* 1939–1945 Göteborg 1977.
7. *Försvarsmedicinsk forskning i totalförsvaret* Betänkande med förslag avgivet av försvarsmedicinska forskningsutredningen SOU 1962:34.
8. *Forskning för försvarssektorn* första delbetänkande avgivet av 1969 års försvarsforskningsutredning SOU 1970:54 samt *Forskning inom försvaret – förslag till ny organisation för FOA, FFA, MPI och viss försvarsmedicinsk forskning* Slutbetänkande avgivet av 1969 års försvarsforskningsutredning SOU 1972:8.
9. Se Peter Stevrin: *Den samhällsstyrda forskningen: En samhällsorganisatorisk studie av den sektoriella forskningspolitikens framväxt och tillämpning i Sverige* Stockholm 1978.



Norge har vært et energiproduserende land. Det norske samfunn fikk av den grunn et halvindustrielt preg ved at industrieksporten var preget av halvfabrikata basert på billig norsk elektrisitet. Dette forholdet varte till 1960-årene.

O L A V W I C K E N

Entreprenørene som ble borte

Militærteknisk forskning som utgangspunkt for elektronikkindustri i Norge i 1950-årene

Historien – og det som aldri skjedde

Historikere har vært opptatt av å studere hva som er skjedd, hvordan verden er blitt som den er. Hva som alternativt kunne ha skjedd, men som ikke skjedde, er et langt vanskeligere tema å nærme seg med historikerens teorier og metoder. Ikke desto mindre vil det som *ikke* har funnet sted ofte være vel så interessant tema som det som virkelig skjedde.

Norge er i 1980-årene et av verdens rikeste land når vi ser på nasjonalinntekten i forhold til innbyggertallet. Et viktig historisk problem er derfor hvordan Norge er blitt så rikt. Men for industrihistorikerne vil bilde fortone seg noe annerledes. Industrien har ikke i så stor grad som i andre moderne vestlige samfunn vært drivkraft bak den økonomiske veksten. Rikelig tilgang på naturresurser som er eksportert, som råvarer eller halvfabrikata (elektrisitet, malm, tømmer, fisk, olje) og servicenæringer (først og fremst skipsfart) har vært våre relativt sett mest betydningsfulle inntektskilder.

Industri i moderne forstand, som produksjon av mer eller mindre teknisk avanserte ferdigvarer, har ikke blitt vekstområde i Norge som i andre rike land. H.W. Andersen hevder at Norge kun har hatt en "industriell episode", en periode med rask industriell vekst på slutten av høykonjunkturen før oljekrisen i 1973. Men også i disse årene med betydelig industriell ekspansjon gjorde norsk industri det svakere enn de andre vesteuropeiske industrilandene, med unntak av Storbritannia. Med en spissformulering kan vi hevde at Norge aldri er blitt et industrialisert samfunn![1]

Veksten i industrien etter andre verdenkrig og fram til midten av 1970-årene var knyttet til ekspansjon av enkelte sektorer: transportutstyr (bil, skip, fly), varige ferdigvarer (mekanisk, elektroteknisk industri), maskinindustri, kjemisk industri (særlig petrokjemisk og farmasøytisk industri). Verkstedindustrien kom til å stå fram som ikke bare den største av alle industriene, men også den raskest voksende. Den kom også til å bli et uttrykk for moderniseringstakten i et lands økonomi. Karakteristisk nok: Norsk verkstedindustri var lenge beskjeden i størrelse i forhold til andre land.

Fra begynnelsen av 1950-årene framsto nye teknikker til å regulere, kontrollerer og styre industrielle prosesser. Som et samlebegrep for denne teknikken kan vi bruke *automatiserings-teknikk*, og bruk av slik teknikk ble sett som avgjørende for industriens konkurranseevne i fremtiden.[2] Denne troen førte til ønske om å få etablert industriell produksjon av utstyr som kunne brukes til automatisering, en industri som kunne tjene som et serviceorgan for annen industri og være med på å rasjonalisere denne. Norge fikk likevel ingen "automatiseringsindustri" før fra midten av 1960-tallet. Dette er utgangspunkt for spørsmålet – hvorfor ble det ikke opprettet slik industri i Norge tidligere?

Det er tradisjonell historisk metode å studere historiske processer og hendelsesforløp. En slik tilnærmingsmåte er vanskelig når vi vil forstå hvorfor noe *ikke* skjedde. Likevel finnes det en innfallsvinkel som gjør det mulig å holde på historiefagets metoder og likevel få fram hvorfor noe ikke skjedde. Det gjelder studiet av avbrutte prosesser. Vi har mange eksempler på initiativ som blir tatt, men som aldri fører fram til ny aktivitet. Slik også i økonomisk historie.

Vi skal her se nærmere på et initiativ som ble tatt i første del av 1950-årene for å etablere en norsk automatiseringsindustri og med det eksplisitte formål å skulle virke som et servicesenter for annen norsk industri og forskning for å fremme bruk av den nye teknikken. I denne artikkelen skal vi se på forsøket på å bringe forskningsprodusert kunnskap over til industriell virksomhet. I hovedsak vil vi konsentrere oss om selve overføringsfasen eller initieringsfasen, og studere hvorfor denne mislyktes slik at det ikke ble etablert ny produksjon.

Forskningsmiljøet

La oss ta et fort overblikk over norsk forskning om automatiseringsteknikk, enkelte steder kalt reguleringsteknikk og andre steder servoteknikk. I Norge som i mange andre land sprang denne type forskning ut av militære behov. Allerede kort tid etter andre verdenskrig ble det ved det nyopprettede Forsvarets forskningsinstitutts (FFI) fysikkavdeling tatt initiativ til å konstruere en uranmile, et arbeid som krevde et omfattende reguleringsteknisk arbeid på et tidspunkt da denne type forskning ennå ikke var kommet i gang i Norge.[4] Arbeidet med uranmilen ble igangsatt fra 1948, men da formelt sett utskilt som eget forskningsinstitutt. Arbeidet foregikk

imidlertid på samme geografiske område, det var et nært samarbeid med FFI og lederen for det nye forskningsinstituttet forble forskningssjef ved FFI.

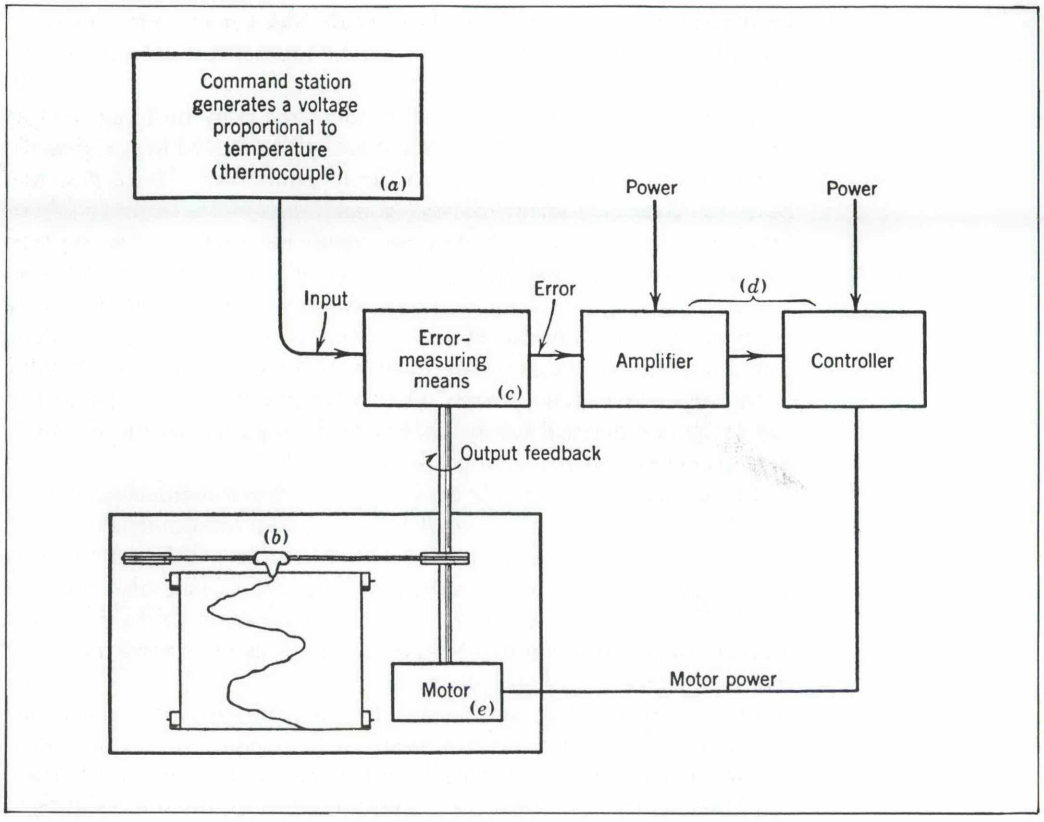
Omtrent samtidig med at fysikkavdelingen begynte byggingen av uranmilen, tok avdelingen for Asdic initiativ til å utvikle et våpensystem, "Terne", til krigføring mot undervannsbåter. Dette systemet besto av en deteksjonsmekanisme (sonar), utskytingsrampe og rakett. Dessuten trengtes et ildledningssystem: informasjon fra sonaren måtte overføres til utskytingssystemet og gi fra seg informasjon som bestemte når og i hvilken retning raketten skulle avfyres. Igjen var behovet for reguleringsteknisk utstyr og komponenter tydelig uttrykt. Det var avdeling for Fysikk som fikk i oppdrag å utvikle denne delen av våpensystemet. Det ble opprettet en servogruppe ved avdelingen og dermed var det skapt to miljøer på Kjeller utenfor Oslo som arbeidet med reguleringsteknikk.

På den sivile side skjedde det lite positivt innen reguleringsteknikk i 1950-årene. Først i annen halvdel av tiåret kom forskningsaktiviteten forsiktig i gang da Christian Michelsens Institutt (CMI) i Bergen og Sentralinstituttet for Industriell forskning (SI) i Oslo fikk sine nye laboratorier ferdig. Fram til da var automatiseringsteknikken en rent militær forskningsdisiplin i Norge – på tross av en klart uttrykt sivil interesse allerede i 1949–50.

Det var derfor ikke merkelig at det var representanter for Kjellermiljøene som først tok opp ideen med å starte en fabrikk for automatiseringsutstyr. Likevel, ideen ble ikke født på Kjeller. Det ble den ved Massachusetts Institute of Technology (MIT), Boston, USA. Ved en tilfeldighet kom to forskere fra FFI som hadde arbeidet med våpensystemets kontrollsystem og en av kjernereaktorens reguleringsingeniører til å oppholde seg ved samme laboratorium ved MIT sommeren 1953. Laboratoriets leder, Donald P. Campbell, var en drivende kraft bak MITs samarbeid med amerikansk industri på det reguleringstekniske område, bl a som rådgiver for duPonts laboratorier. I denne kretsen ble ideen om å fremme den norske industriens automatisering gjennom en egen norsk automatiseringsindustri født.

Hvilke kvaliteter innehadde dette første norske reguleringstekniske miljø? Det kan være vanskelig å finne mål for forskningskvalitet, og i denne sammenheng skal vi nøye oss med å bruke uttalelser fra den internasjonale ekspertise – det vil i praksis si Donald P. Campbell. Campbell's ide om at det burde startes en fabrikk for reguleringsteknisk utstyr i Norge var i seg selv et uttrykk for at han mente landet hadde kvalifisert teknisk personale i forskningsmiljøene som kunne være drivkrefter bak den nye industrien. Etter å ha besøkt Norge gjennom to lengre opphold hadde Campbell funnet at det var både ledere og teknisk kompetanse i Norge til drive fabrikken.[5]

Det var her også snakk om andre kvaliteter enn det forskningsmessige, men det er ingen grunn til å betvile at Campbell var godt fornøyd med de norske forskerne som oppholdt seg i hans laboratorium.[6] Det var neppe tvil om at det var erfaringene med norske ingeniører som gjorde at Campbell foreslo at europeisk produksjon



Norsk servoteknisk forskning var sterkt influert av utviklingen i USA og særlig MIT i Boston. Professor Donald P. Campbell var den viktigste kontaktpersonen. Han hadde i 1948 sammen med en annen professor utgitt en bok som ble grunnleggende for faget. Illustrasjonen er hentet fra innledningen til boken "Priciples of Servomechanisms".

av komponenter til automatisering burde skje i Norge. Ikke minst oppholdene i USA hadde gjort at FFI hadde landets fremste reguleringstekniske kompetanse på midten av 1950-tallet. Servogruppen var da i stand til å utføre "system engineering" på et høyt nivå, mens kjernereaktorgruppen på Kjeller ikke var kommet like langt i sin utvikling.[7]

Vi skal ikke her gå nærmere inn på forskningskompetansen. Det var ikke snakk om forskningsintensive produkter som skulle produseres. Stort sett gjaldt det allerede utviklede komponenter. Derfor var denne kompetansen ikke avgjørende for hvor vellykket industrialiseringen skulle bli. Men det kan være grunn til å understreke: manglende industrialisering skyldtes *ikke* sviktende forskningskompetanse.

Heller ikke skyldtes det kapitaltilgang. Staten stilte seg positiv til å føre inn kapital, og private selskaper var også interessert. Campbell var dessuten villig til å framskaffe kapital til prosjektet i USA.[8] Heller ikke var tilgang på produksjonsrettigheter for reguleringsutstyr vanskelig. FFI og CMI hadde utviklet noen produkter selv. Amerikanske lisensrettigheter kunne skaffes ved at MIT hadde stått for utviklingen av en rekke av de komponentene som ble brukt i amerikansk industri, og Campbell hadde selv utviklet produkter som kunne bli tatt opp på produksjonsprogrammet. Fagarbeidere ville det heller ikke by på store vansker å skaffe. Det var i fabrikkens første fase snakk om et begrenset antall medarbeidere, og disse fantes.[9]

Slik lå forholdene godt til rette for at militær forskning innenfor reguleringsteknikk skulle resultere i etablering av en ny type industri i Norge 1953–55: produktene var utviklet, fagkompetansen fantes, finansiering var ordnet. Hvorfor ble ikke resultatet nyetablering av industri?

Industriledere, entreprenører og politikere

Flere forhold gjorde det vanskelig å få etablert "kunnskapsindustri" i Norge i 1950-årene basert på forskningsresultater ved instituttene. Ny produksjon kunne starte opp enten ved at instituttene tok kontakt med et etablert firma og overlot produksjonsrettigheter av produkter til dem, eller ved at forskere forlot forskningsinstituttet for å starte sin egen bedrift. For å lykkes med overføring til etablert bedrift krevdes det at denne bedriften innehadde tilstrekkelig *produksjonskompetanse* og vilje til å ta opp ny produksjon. Dette vil være det første punkt vi skal se nærmere på. Å bryte ut av forskningsverdenen og gå inn i den mer profitable, men også mer risikofylte industriverdenen, krever spesielle egenskaper som kan kalles *entreprenørånd*. Dette blir punkt to.

Der produksjonskompetansen er svakt utviklet eller entreprenørånden er vanskelig å vekke til live, fins det metoder til å bryte de barrierer som dette skaper for å fremme ny produksjon av forskningsbasert industri. Mange land utviklet et *initialmarked* for denne type industri, dvs muligheter for et firma til å påta seg nye oppdrag uten at risikoen var stor og med muligheter for å gjennomgå en læringsprosess som gjorde firmaet i stand til på et senere tidspunkt å komme inn i et konkurranseutsatt kommersielt marked. Forsknings- og utviklingskontrakter var et vanlig middel for å oppnå dette.

Vi skal nå ta for oss disse tre faktorene.

Produksjonskompetanse

I Norge manglet samarbeidet mellom forskning og industri. Norske forskningsmiljøer hadde vansker med å få bedrifter til å ta på seg oppdrag med å levere komponenter til forskningsformål. For-

skerne ble tvunget til å lære seg også produksjonsteknikk slik at de i så stor grad som mulig kunne dekke til de hull som på denne måten oppsto. Norske forskere på besøk i utlandet misunte sine kollegers gode samarbeid med industribedrifter ved at de kunne overlate design og deler av konstruksjonen til brukere eller produsenter. Dette var særlig tydelig når det gjaldt elektronisk utstyr.

Ved samarbeid der en industribedrift var med på utviklingen av et produkt som assistent for forskningsinstituttet, ville det oppstå et tillitsforhold som kunne gjøre det mulig å overføre produktet til industriell framstilling i samarbeidsbedriften. Det var dette samarbeidsforholdet og denne tilliten mellom forsknings- og industrimiljøene som ikke var utviklet i Norge i 1950-årene og som kom tydelig til syne under arbeidet med automatiserings-industri.

Under arbeidet med å utvikle det før nevnte våpensystemet, viste det seg vanskelig å få kjøpt de komponentene som trengtes på det åpne kommersielle marked og dersom komponentene var å få kjøpt overhodet, var leveringstiden ofte flere år. For FFI var det for eksempel umulig å få tak i tofase servomotorer uten å måtte vente i to år. Dette tvang forskerne i servo-gruppen til å konstruere og framstille sine egne tofase-motorer. Forskerne ble på denne måten de eneste med kompetanse i produksjon av slike motorer. Industrikompetansen ble plassert i forskningsinstituttet.

Hva var så problemet med norsk industri som gjorde at den ikke kunne lage utstyr til automatiseringsformål? Vi kan dele svaret i to. For det første liten interesse for å ta opp ny produksjon, og for det andre manglende finmekanisk produksjonskompetanse. Forskerne ved FFI oplevde at spesialfabrikkene som kunne levere noe av det materiell som FFI trengte, hadde mer enn nok å gjøre med sine tradisjonelle produkter og derfor ikke var interesert i å ta opp ny produksjon.[10]

I tillegg til manglende vilje kom sviktende kompetanse. FFI-gruppen hadde for eksempel utviklet en liten kontrollmotor, og de overlot modell og tegninger til en liten motorfabrikk i Oslo for å få den til å produsere et mindre antall slike motorer. Resultatet ble skuffende. Det viste seg at fabrikken ikke var i stand til å framstille motorer etter de krav som forskerne stilte.

Det er grunn til å anta at dette ikke var noe særtilfelle for denne motorfabrikken. Mange har understreket svikten i norsk mekanisk industri i 1950-årene, og en undersøkelse fra 1956 hevdet at den norske verkstedindustrien ikke en gang hadde forstått hvor ille situasjonen var.

Entreprenørånd

Med sviktende produksjonsteknisk kompetanse i norsk industri var den fremste muligheten til overføring av forskningsresultatene til industri at forskerne selv brøt ut og startet sitt eget firma. Det var dette det ble lagt planer for i USA i 1953. Så vidt vi vet var det få

forskere som startet egne firmaer basert på egenutviklede produkter i Norge i 1950-årene og det kan være grunn til å spørre hvorfor "entreprenørånden" manglet i 1950-årene, men ble mye mer utbredt i løpet av tiåret som fulgte.

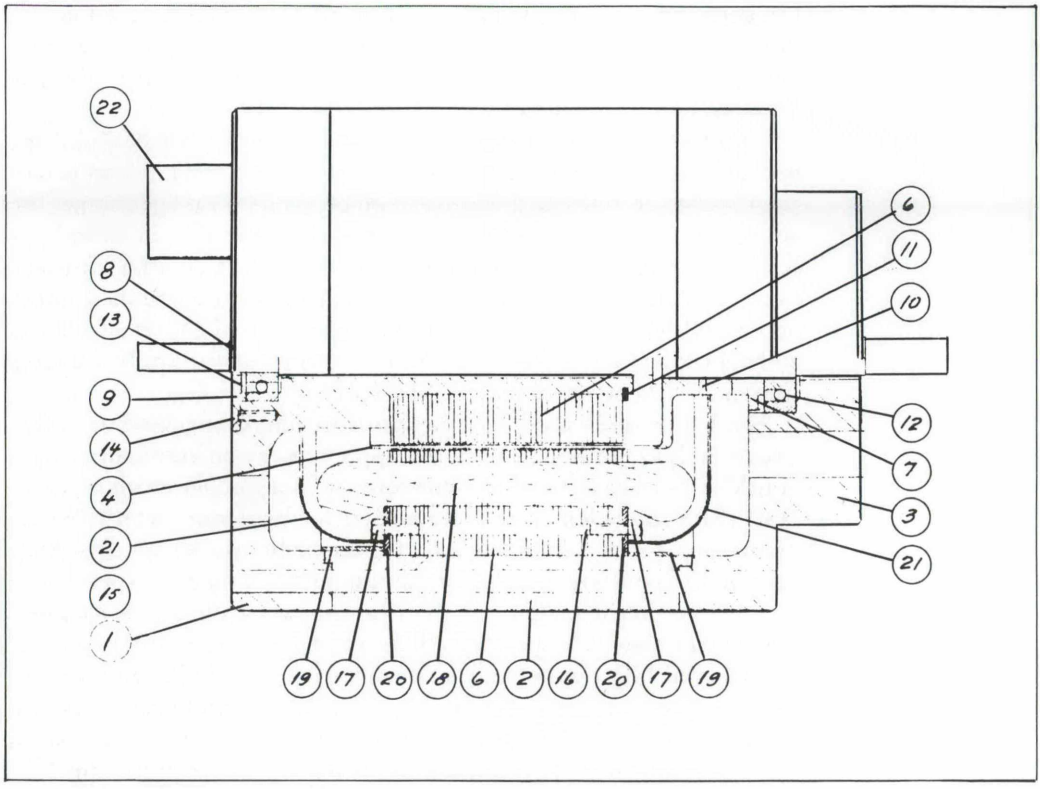
Entreprenørånd er et vagt begrep som kanskje gir assosiasjoner om personligheter som er spesielt utrustet fra naturens side. Schumpeters entreprenør er jo nettopp en aktør som bryter med vanlige normer for adferd og går på tvers av det aksepterte, han/hun blir en aktør som ikke kan studeres innenfor rasjonelle rammer. Her vil ikke entreprenørånd brukes i en slik betydning. Vi har ikke å gjøre med unike hendelsesforløp, men tvert i mot med tendenser til endret adferd for en hel gruppe mennesker – forskere – over et tidsforløp. Vi må reise spørsmålet: Hva var det som endret seg?

Det kan neppe være tvil om at når de tre norske ingeniørene i USA i 1953 gikk så entusiastisk inn for opprettelse av en automatiseringsfabrikk i Norge, var mulighetene for høy lønnsomhet en viktig drivkraft. Etterspørselen etter komponenter var langt større enn tilbudet. Mange typer utstyr kunne overhode ikke skaffes på det åpne marked, og som vi har nevnt var det lang bestillingstid på andre typer.

Initiativtakerne hadde selv gjort beregninger på hva produksjonskostnadene ville være på framstilling av tofase servomotorer som var utviklet ved FFI. Samlet ville kostnadene løpe opp i 150 kr pr motor, mens markedprisen på samme tidspunkt var 800 kroner for motorer importert fra USA eller Storbritannia.[12] Det ble antydet at tilsvarende forhold gjaldt også for andre komponenter til automatiseringsutstyr. Bakgrunnen for billige norske produkter var konkurransefordeler med lave lønninger for fagarbeidere og ingeniører i et internasjonalt perspektiv.

Profittmulighetene, sammen med en amerikansk holdning om det positive i å utnytte slike muligheter, var uten tvil bakgrunn for at de norske forskerne fulgte opp Campbells initiativ, og det er ingen grunn til å tvile på at entusiasmen ble forsterket ved den mottakelse som ideen om den nye fabrikken fikk i forskernes nærmiljø i Norge. I Norges Teknisk- Naturvitenskapelige Forskningsråd (NTNF) vakte planene sterk interesse og formannen i styret tok straks saken opp med statssekretæren i Industridepartementet.[13] CMI var villig til å stille sitt nye laboratorium til rådighet for fabrikken i dens første fase og bergensbedrifter var interessert i å skyte inn kapital. Denne oppbackingen må ha skapt en sterk følelse av at initiativet hadde stor betydning for Norge og gitt forskerne en større sikkerhet for at tiltaket hadde framtiden med seg.

Høsten 1953 var den perioden da entreprenørånden kom klarest til uttrykk i utvetydige tilsagn fra initiativtakerne om at de ville gå i gang med fabrikken. Snart meldte imidlertid motstanden mot initiativet seg. Den var personifisert i direktør Fredrik Møller ved Forsvarets forskningsinstitutt. Etter en tid ble viljen til å støtte prosjektet også svakere hos lederen for CMI, Helmer Dahl. Denne endringen ser ut til å ha svekket viljen hos initiativtakerne til å fortsette arbeidet med samme tyngde som før, men forberedelsene varte likevel ved fram til



Servotekniske komponenter krevde stor finmekanisk presisjonsarbeid som norske industribedrifter ikke var vant til å utføre. Dette skapte vansker for forskningsinstituttene når de hadde behov for nye komponenter. Resultatet ble at forskerne selv måtte lære å produsere servokomponenter.

saken nådde klimaks ved et møte mellom de involverte og uenige parter 9. mars 1955. Etter detta møtet stilnet aktiviteten langsomt av.

Hvorfor var lederen for FFI og til dels ledelsen ved CMI lite entusiastisk overfor ideen om etablering av en fabrikk som skulle lage komponenter til automatiseringsutstyr? Møller ved FFI argumenterte for at fabrikken ikke burde startes på grunn av manglende innenlandsk etterspørsel. Dette ble avvist av initiativtakerne, men Møller holdt på sin argumentasjon og utdypet den nærmere på møtet 9. mars 1955.[14] Ledelsen ved CMI derimot hadde ikke betenkeligheter med markedsforholdene. Den felles lunkne holdning til fabrikken kan derfor sees som et resultat av andre forhold: en kamp om de få kompetente forskerne mellom forskningsinstituttene (FFI og CMI) og industrien. Denne kampen tapte industrien.

Møller gjorde det tidlig klart at han ikke var villig til gi slipp på sine forskere før de hadde tjent sin pliktstid fullt ut, dvs to år etter utenlandsoppholdet. Siden den mest aktuelle av FFI-forskerne ikke kom tilbake før i 1954 betød dette at fabrikken ikke kunne komme i gang før i 1956. Da var ikke tilbudet om å starte opp i CMIs lokaler lenger tilstede og markedssituasjonen kunne ha endret seg. For forskerne sto det klart at det var viktig å komme i gang så raskt som mulig.

Når Møller vurderte det som avgjørende for FFI å beholde sine forskere hadde det sin bakgrunn dels i den generelle mangel på reguleringsingeniører i Norge. I tillegg kom at initiativtakerne alle tre var personer med en meget høy faglig kompetanse og det fantes ingen andre med spesialutdannelse fra USA som kunne ta deres plass i forskningsinstituttet. Deres arbeid var å lede det videre arbeid med Norges første våpensystem, og det er lite tenkelig at det var mulig å finne noen som kunne erstatte dem. Fra 1954 gikk våpensystemprosjektet inn i den mest hektiske og avgjørende fase som ville vare fram til 1957 og forskerne som hadde tatt initiativet til fabrikken opplevde dette som et sterkt press for å bli ved avdelingen.[15] Dette presset ser ut til å ha virket bremsende på "entreprenørånden" – forskerne forble forskere.

Det var ingen generell motvilje mot at forskere skulle starte opp ny industri som var bakgrunn for motstanden i dette konkrete tilfelle. Tvertimot framholdt Møller hva han hadde gjort for å få i stand norsk industri på bakgrunn av militær forskning.[16] Det kan være grunn til å akseptere denne vurderingen, for Møller forlot selv direktørstillingen ved FFI i 1957 for å starte opp et industrifirma for salg av teknisk utstyr til kjernereaktorer (Noratom). Men reguleringsteknikk sto i 1953–55 i en spesiell situasjon. Ikke på noe annet område rådet det en slik mangel på ekspertise. Samtidig var det et kunnskapsområde som var av avgjørende betydning for å lykkes i moderne militærteknisk utvikling.

"Entreprenørånden" var slik (indirekte) i stor grad et resultat av tilbudet på kvalifisert personell. Situasjonen kunne først endres gjennom utbygging av utdannelseinstitusjonene, noe som fant sted i Norge fra slutten av 1950-årene. I løpet av 1960-tallet endret markedssituasjonen for ingeniører og andre regulerings-personell seg og det var parallelt med dette at vi fikk avskallinger fra forskningsinstituttene i et visst omfang. Da kom "entreprenørånden" til syne i norsk forskningsverden.

Initialmarkedet

Vi skal nå bevege oss til en annet forklaringsmessig nivå. Det *kan være* mulig å få til overføring av teknologi fra forskning til industri selv i tilfeller der industrien er lite utviklet, slik som den var i Norge i 1950-årene. Men da trengs fødselshjelpere. Det er behov for instrumenter som kan redusere risikoen ved ny aktivitet og sikre framtidig

avsetning samtidig som det gis mulighet til en læringsperiode som ville gjøre produksjonen konkurransedyktig i fremtiden. Læring, risiko og marked er de sentrale stikkord.

Dette innebar at det måtte skapes arrangementer der den nye produksjonen fikk tid til å lære produkt og prosess uten å være økonomisk skadelidende og i tillegg sikre avsetning for det industrialiserte produktet. Et slikt arrangement innebærer risiko for tap for den som setter det i gang og i Norge i 1950-årene var det lite sannsynlig at et privat firma ville være i stand til å få til en slik ordning for automatiseringsfabrikken. I de fleste land var det staten og først og fremst forsvaret som i denne perioden bar kostnader ved denne type initiativer, ofte i form av forsknings- og utviklings-avtaler.

Et privat firma var villig til å støtte initiativtakerne bak automatiseringsfabrikken; den kunne gi bedriften en viss opplæringstid og ta tapene i tilfelle bedriften ikke gikk med overskudd i den første tiden. Hovedproblemet var å sikre et visst marked i driftens startfase – inntil bedriften klarte å arbeide seg inn på det kommersielle marked som hadde et betydelig potensiale, men som trengte å bearbeides før det ville gi uttelling. Det kan derfor argumenteres for at et *initialmarked* var av avgjørende betydning å kunne etablere automatiseringsfabrikken.

Norge manglet et offentlig, utviklet initialmarked. Som nevnt var det forsvaret som spilte en slik rolle i mange vestlige land i 1950-årene. Norge hadde imidlertid ingen militær anskaffelsepolitikk før en tid inn på 1960-tallet. Det var ikke behov for en slik politikk fordi det norske forsvar ikke betalte for sitt utstyr, men fikk det i gave fra USA gjennom det såkalte "Våpenhjelp-programmet" fra 1950. Bevilgningene til teknisk utstyr til forsvaret var "null" eller helt ubetydelige i de årene vi her omhandler og derfor var det ikke mulig å bruke anskaffelser som industripolitiske virkemidler.

Det andre potensielle initialmarkedet som fantes for automatiseringskomponenter var forskningsinstituttene selv, – og de var små. Det var bare FFI som kunne utgjøre noe marked av betydning og FFI alene kunne ikke utgjøre noe markedsgrunnlag i initialfasen. Siden direktøren ved instituttet gikk imot opprettelsen av fabrikken, kunne den heller ikke regne med noen utpreget positiv holdning fra FFIs side ved dets innkjøp av nødvendige komponenter.

Betydningen av markedet for opprettelse av forskningsbasert industri kommer tydelig fram når vi ser på de få eksempler på etablering av elektronikkindustri i Norge i begynnelsen av 1950-årene. Vi har to eksempler som begge hadde sitt opphav i FFI. De to produktene var ekkolodd/sonar (Simrad) og radiolinjesystemer (telefonnett basert på mikrobølger) (NERA). Også her manglet en opparbeidet produkt- og produksjonskompetanse. Dette problemet ble løst ved at produksjonen i praksis ble plassert ved forskningsinstituttene, men utskilt som egne firmaer med en merkantil ledelse. "Entreprenørånden" ble ikke motarbeidet, i hovedsak fordi forsvaret selv var interessert i produktene og det ikke var snakk om å miste personer som ikke kunne erstattes.

Markedet var tilstede som aktivt deltakende ved begge disse tilfellene. Norges forsvar kjøpte ikke inn teknisk utstyr, men det gjorde NATO. Derfor kunne den norske bedriften (NERA) formelt sett eksportere radiolinjer til NATO som satte dem opp og utbygde et radiolink system i Norge. NATO fungerte derfor som 'fødselshjelper' og initialmarked for norsk militærindustri i en tid da norsk forsvar ikke selv var det. I det andre tilfellet fantes det ikke i samme grad et formalisert initialmarked, men det fantes et aktivt og interessert sivilt marked som ikke trengtes å bearbeides for å bli realisert. Fiskerflåten var ivrige til å ta i bruk ekkolodd for lettere å kunne observere fiskestimer, og med en utbygging av flåten sammen med modernisering av den eldre fant firmaet et marked som ga grunnlag for produksjon fra dens første tid.

Problemet for automatiseringsindustrien var at det ikke fantes verken et formalisert initialmarked eller et bevisst kommersielt marked. Uten tvil var dette en av grunnene til at "entreprenørånden" ble svekket: Hvem skulle kjøpe fabrikkens produkter i den første tiden?

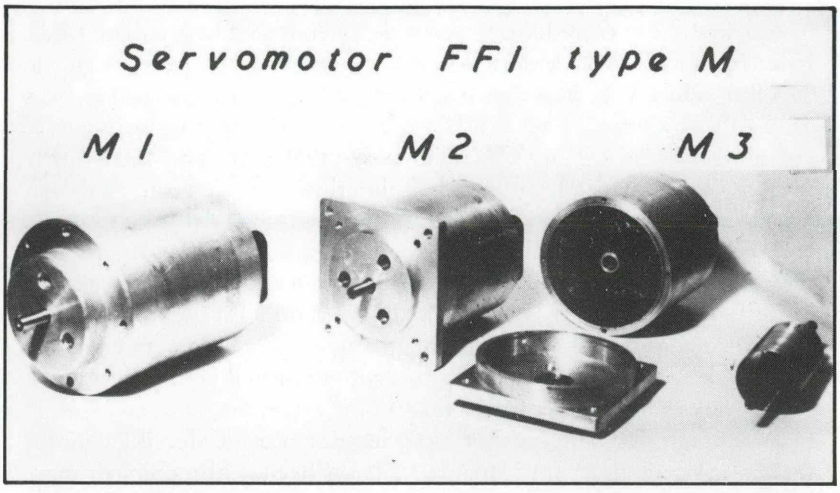
Avslutning

Noe skjedde i norsk elektronikkindustri i tiden før ca 1965, men det sentrale spørsmål er likevel hvorfor det skjedde så lite – eller som vi har spurt, hva som ikke skjedde. Gjennom eksemplet med forsøket på å etablere en norsk komponentindustri for automatiseringsutstyr er det antydet enkelte faktorer som virket hemmende på mulighetene for å overføre forskningsresultater fra institutt til industri.

Selv om norsk elektronikkforskning heller ikke var særlig utbygget i 1950-årene, er det ikke tvil om at det lå potensialer i forskningsmiljøene som kunne resultere i industri. Det var først og fremst med utgangspunkt i arbeid ved FFI at en i 1950-årene fikk noe norsk forskningsbasert elektronikkindustri. Dette var ikke merkelig; instituttet hadde på den tid landets største elektronikkmiljø og kunne tilby forskerne brukbare arbeidsforhold. Viktigst var det at forskerne ved FFI fra starten av besto av menn som hadde oppholdt seg ved britiske og amerikanske forskningsinstitutter under andre verdenskrig og som hadde med seg kunnskap og ideer om utnyttelse av elektronikk til kommersielle produkter derifra.

Vi har påpekt at flere forutsetninger for å få til en overføring av nye produkter fra forskningsinstitutt til industri manglet i Norge. Norsk industri manglet både produkt- og produksjonskompetanse. Derfor var det oftest nødvendig å få til en ny produksjonsenhet i nær tilknytning til forskningsinstituttet slik at den nye bedriften kunne oplæres av foskerne. (Simrad og NERA var gamle bedrifter, men de nye avdelingene fungerte som nye bedrifter med en merkantil ledelse fra den gamle bedriften).

Opprettelsen av en ny bedrift ville normalt kreve at forskere måtte være villig til å stå frem som initiativtakere og ledere av ny virksomhet. På enkelte hold synes det å ha vært krefter som har hindret denne type "entreprenørånd". I vårt tilfelle har vi lagt vekt på at mangel på



En av de viktigste komponentene på produksjonsprogrammet til den planlagte servofabrikken var 2-fase servomotorer som var utviklet av forskerne ved Forsvarets forskningsinstitutt ved Kjeller utenfor Oslo. Forskerne mente de kunne framstille slike motorer langt under markedspris og motorene kunne gi økonomisk grunnlag i oppstartingsfasen.

kvalifiserte forskere gjorde at forksningsinstituttene, først og fremst FFI, prøvde å unngå at de flinkeste forskerne sluttet. Dette presset gjorde at ingen ønsket å forlate forskningsaktiviteten. Ved andre forskningsinstitutter og i andre tilfeller kunne det være motkrefter som gjorde at det var vanskelig å forlate instituttet for å starte industri, – selv i tilfeller der profittmulighetene var gode og risikoen begrenset.

Risiko kan likevel stå som en betydelig hemmende faktor. Så lenge det ikke fantes instanser som ville fungere som et initialmarked og sikre avsetning av den nye bedriftens produkter inntil den fikk arbeidet seg inn på et bredere kommersielt marked, ville oppstartingen være knyttet til en større eller mindre risiko. I motsetning til de større vestlige nasjoner førte ikke de offentlige myndigheter i Norge noen form for anskaffelsespolitikk i 1950-årene. Mens forsvarets innkjøp i mange land i denne perioden ble brukt til å fremme landets industri, bestilte norske militæremyndigheter amerikansk våpen og utstyr gjennom "postordrekjøp".

Forskningskompetansen var til stede, men industrikvaliteten var lav. Derfor krevdes det en opplæringstid med oppstartingshjelp. Dette institusjonelle elementet manglet og hemmet mulighetene for framvekst av industriell aktivitet innenfor nye produktområder.

Noter

1. H W Andersen, *Fra det britiske til det amerikanske produksjonsideal*, upublisert doktoravhandling, Trondheim 1986.
2. Automatiseringsutstyr ble produsert av det som vi har definert som elektronikkindustrien. Det innebar ikke at instrumentene med nødvendighet inneholdt elektronrør. Elektronikkprosjektet har i større grad lagt vekt på å definiere elektronikkindustri som produksjon av signalbehandlende utstyr – uansett hvilke signaler som brukes.
3. A Skonhoft, *Framveksten av en ny industriell aktivitet i en liten åpen økonomi. Elektronikkindustrien i Norge*, Notat nr 17 i prosjektet "Norsk elektronikkindustri 1945–1970".
4. A Førland, *Norsk atomenergipolitikk*, 1945–1951, upublisert hovedoppgave i historie, Bergen 1985.
5. *NTNF-arkivet/* Servoteknisk komite/ Notat fra Campbell 20.9.1953.
6. Intervju med Y. Lundh og *Christian Michelsens Institutt* (CMI)/ prosjektarkiv 55, Servofabrikken/ Ref fra møte i ID 28.8.53.
7. *Norsk Produktivitetsinstitutt* (NPI)/ Rapport 29/ jan 1956, uført av Campbell, Sandvold og Buset.
8. *CMI*, op cit, 28.8.53.
9. *NTNF/* Servo/notat fra Campbell 20.9.53.
10. *NTNF/* Gamle saksarkiv, J–16/ brev fra Klippenberg til Møller 4.11.53.
11. *NPI*, Rapport nr 29, s 16–17, jan 1956.
12. *NTNF/* Gamle saksarkiv J–16/ brev fra Klippenberg til Møller 4.11.53.
13. *NTNF/* servo/ brev fra Major til H Dahl 20.8.53.
14. *NTNF/* Servo/ Utkast til referat fra møtet om opprettelse av servofabrikk 9.3.1955.
15. *CMI/* prosjekt 57.1.1955 Brev fra Holberg til H Dahl 3.8.1955.
16. *NTNF/* Gamle saksarkiv J–16/Brev fra Møller til Klippenberg 27.10.53.



Reklammateriell for STK's prosessreguleringsutstyr.

JOHN PETER COLLETT

Fra forskning til industri;

et mislykket forsøk i norsk elektronikkindustri

Tema for denne artikkelen er forsettelsen av den historie Olav Wicken berettet i "Entreprenørerne som ble borte", og som jeg her skal føre ti år fremover i tiden.[1] Planene om en fabrikk i Norge for produksjon av servotekniske komponenter med utgangspunkt i forskningsmiljøene ved FFI, CMI og IFA ble lagt til side i 1955. De fikk sin fortsettelse i et forsøk på å starte norsk produksjon av elektronisk utstyr for prosessregulering. Disse forsøkene førte heller ikke frem til noe varig resultat. Bedriften som hadde tatt planene opp, la dem endelig tilside i 1966.

Utgangspunktet for planene om en servoteknisk fabrikkk i 1950-årene var en tro på at Norge hadde den tilstrekkelige kompetanse til å ta opp slik produksjon på konkurransedyktig basis både for hjemmemarkedet og for eksport. Ved å gå nærmere inn på det senere hendelseforløp kan vi danne oss en oppfatning om hvorvidt dette var en vel begrunnet tro – eller om hvor det var forutsetningene sviktet for å få til denne type produksjon.

Initiativet til de nye planene kom fra forskningsmiljøet, på samme måte som de forrige planene hadde gjort det. Men mens de første planene var blitt fremmet av tre begeistede unge forskere – backet opp av støttespillere i de etablerte forskningsmiljøene, var det denne gang ledelsen i et etablert forskningsmiljø som tok initiativet. Helmer Dahl ved avdelingen for naturvidenskap og teknikk ved Chr Michelsens Institutt (CMI) i Bergen rettet i 1955 en privat henvendelse til direktøren for Standard Telefon og Kabelfabrik A/S (STK) i Oslo for å forhøre seg om hans bedrift kunne være interessert i å ta opp planen om produksjon av servoteknisk utstyr. Dahl hadde på dette tidspunkt ikke lenger noen tro på at det skulle lykkes å få til en nystartet bedrift

for å ta opp slik produksjon, og alternativet var at saken ble tatt opp, av en allerede eksisterende bedrift. Efter Dahls mening var det bare to bedrifter i landet som "kunne stå bak en slik affære", hvorav STK var den ene.[2]

Standard Telefon og Kabelfabrik A/S var grunnlagt under første verdenskrig og hadde før og efter annen verdenskrig ekspandert meget sterkt som produsent av elektriske kabler og telefonutstyr. Fra 1930 var selskapet eiet av det amerikanske ITT-konsernet. Når Helmer Dahl mente at STK var aktuell som produsent av automatiseringsutstyr, skyldtes det at bedriften efter den annen verdenskrig hadde tatt opp et ganske omfattende produksjonsprogram innen elektronisk utstyr – bl a for skipskommunikasjon og noe militært utstyr.[3]

Dessuten hadde bedriften betydelige kapitalressurser som kunne satses på nye felter. Derimot hadde den ikke erfaring i fremstilling eller salg av produksjonsutstyr for industrien. På den annen side stod den her på linje med norsk industri generelt: Det fantes ikke i Norge noen etablert instrumentindustri som kunne ta opp et nytt felt som dette.

STK viste seg interessert i å gå videre med planene. I 1956 ble det inngått en foreløbig avtale mellom STK og CMI som gikk ut på at CMI skulle se seg om efter passende folk med reguleringsteknisk kompetanse, som kunne arbeide videre med planene på CMI for STKs regning. Når prototypene var utviklet i forskningsinstituttet, kunne de overføres til produksjon ved STK.[4]

Det trakk litt ut før prosjektet kunne føres videre, fordi man ikke med en gang kunne finne en egnet ingeniør til å forestå utviklingsarbeidet. I 1957 kunne imidlertid prosjektet starte ved CMI – i første omgang med å definere hvaslags utstyr som skulle utvikles. De opprinnelige planene om en servofabrikk hadde gått ut på å starte produksjon på bred basis av servokomponenter for en rekke militære og sivile formål. STK hadde tidlig gitt beskjed om at bedriften ikke ønsket å legge det nye prosjektet like bredt an.[5]

Prossessindustrien

Avgrensningen av prosjektet måtte gjelde såvel den teknologi som skulle benyttes som det anvendelseområde utstyret skulle ta sikte på. CMI-ledelsen anbefalte å starte med å utvikle utstyr for *prosessindustriens* formål: "Det er for prosessregulering det idag er det største behov for instrumenter, og det er all grunn til å regne med at dette behovet vil være stigende. Dessuten er dette et område, hvor det kan anvendes universelle regulatorer, slik at en med forholdsvis få komponenter kan dekke de fleste anvendelser."[6]

Dette siste gav dette området store fordeler fremfor andre områder hvor det kunne være interesse for automatiseringsutstyr. Utstyr for styring av verktøymaskiner "vil det nok etterhvert bli større etterspørsel etter", mente CMIs ledelse, "men det vil kreves langt større innsats for å tilfredsstille behovene. Utstyret har tendens til å bli

komplisert, og det vil lett bli spesialløsninger for hvert enkelt behov". CMI anbefalte også å gå forbi det feltet som de opprinnelige fabrikkplanene hadde tatt sikte på – komponenter for militære og sivile servosystemer. Også her ville det være et stort variasjonsområde som skulle dekkes, og man måtte "ta opp konkurransen med en rekke spesialfabrikker, som nå er godt innarbeidet på markedet".[7]

Det måtte også foretas et valg av teknologi for det utstyr som skulle utvikles. Frem til denne tiden hadde pneumatisk utstyr – hvor signaler ble formidlet ved hjelp av trykkluft – vært så å si enerådende i automatisk prosesskontroll. CMI mente imidlertid at man burde utvikle *elektronisk* utstyr – dvs utstyr hvor signaler ble formidlet ved elektriske impulser. Denne type utstyr hadde vunnet terreng de siste årene, og den ville ha fremtiden for seg, mente forskerne ved CMI. Den ville være både enklere og mer fleksibel for brukerne, og dessuten ville man unngå den kompliserte finmekanikk som trykkluftsinstrumentene krevet.

Tanken bak det program CMI foreslo for STK var at man skulle utvikle utstyr for en stor industribransje – kjemisk og metallurgisk prosessindustri – hvor det var stort og voksende behov for slikt utstyr. Og man skulle velge en ny teknologi hvor de etablerte utenlandske produsentene foreløbig ikke hadde noe avgjørende forsprang. Dessuten skulle utstyret være så enkelt og så anvendelig som mulig. Ideen var at en og samme regulator skulle kunne benyttes for alle mulige prosesser og variable som skulle overvåkes.

Det måtte også tas bestemmelse om hvaslags elektroniske komponenter som skulle benyttes i konstruksjonen av utstyret. Valget stod mellom radiorør, magnetiske forsterkere og transistorer, og CMIs folk holdt på at man burde strekke seg så langt som mulig for å unngå å benytte radiorør. Samtidig var transistorteknikken ennu såvidt ny, og de gode transistorene fortsatt så dyre, at man bestemte seg for å satse på magnetiske forsterkere, delvis kombinert med transistorer. På denne måten, mente man ved CMI, kunne man oppnå et "riktig kompromiss mellom nøyaktighet og pris".[8]

STK godtok uten innvendinger det utviklingsprogram som CMI foreslo, og det egentlige arbeide med å utvikle utstyret startet i 1958. I alt tre sivilingeniører ble ansatt på prosjektet for STKs regning.

Utstyret som ble utviklet skulle dekke de tre elementene i en "tilbakekoblingssløyfe". Sentrum i anlegget var en trefunksjonsregulator (en såkalt PID -regulator). I prinsippet skulle regulatoren kunne motta signaler om alle typer variable som ble målt, ved at måleinstrumentene (transmitterne) genererte like elektriske signaler. Utviklingsprogrammet omfattet to slike måleinstrumenter – en temperaturtransmitter og en differensialtrykktransmitter. Det fjerde og siste elementet var en elektropneumatisk "positioner" – en ventilforstiller styrt av regulatorens utgangssignal.

Med disse fire standardinstrumentene mente CMI at man ville ha god dekning av de mest almindelige reguleringer i prosessindustri. Dessuten kunne utstyret lett utbygges til å behandle andre variable som ble målt med elektrisk utstyr.

I 1961 – det vil si efter tre års utviklingsarbeide – foreslå de første instrumentene ferdige som prototyper. Som avtalen forutsatte, ble det videre arbeide med utstyret overtatt av STK. STK opprettet en egen gruppe under sin elektronikkavdelning, som i første omgang ble bemannet med de tre ingeniørene som hadde arbeidet med utviklingsoppgavene ved CMI.

Oppgaven ved bedriften bestod først og fremst i å få til en produksjonsklar versjon av utstyret. Det viste seg at prototypene fra laboratoriet måtte konstrueres helt om for å kunne fabrikkproduseres. Dette tok vesentlig lenger tid enn forutsatt, og først i 1963 var den første produksjonsserie klar fra fabrikken.

Den videre historie er egentlig kort fortalt. Da man nu endelig var kommet så langt at utstyret skulle markedsføres og selges, viste det seg at salget ble en katastrofe. Hverken på hjemmemarkedet eller på eksport var det mulig å få solgt utstyret i noe særlig omfang. STK opprettholdt virksomheten – både i markedsføring og videre utvikling av utstyret – i tre år, frem til 1966 da det hele ble lagt ned.

Hva var det som gikk galt?

La oss først se på de markedsmessige forutsetninger. Utgangspunktet for selve forretningsideen var en antagelse om et stort og voksende marked for reguleringsutstyr i prosessindustrien – både i Norge og internasjonalt. Denne antagelse var riktig. Det norske marked for automatiseringsutstyr generelt ble i 1963 anslått til vel 60 millioner kroner, hvorav det meste ble antatt å gå til prosessindustrien – som lå langt forut for mekanisk industri i anvendelse av automatiseringsutstyr. 75 % av utstyret blev importert fra utlandet.[9] Uten at det foreligger tilsvarende pålitelige talloppgaver for de senere år, er det liten tvil om at prosessindustriens anskaffelser – og import – av automatiseringsutstyr øket utover i 1960-årene. Investeringsraten i norsk industri var høy i 1950-årene og steg markert fra 1950-årene til 1960-årene.

Det er med andre ord liten grunn til å tro at det nye utstyret ikke skulle kunne ha et potensielt marked. Det var stor interesse for automatisering, og det var betydelig investeringsvilje tilstede. En optimistisk stemning rådet – med god tro på fremtiden og på tekniske og markedsmessige muligheter. 1960-årene var en tid med god vekst for norsk industri, med fortsatt ekspansjon innenfor den eksportrettede prosessindustrien.

Problemet var med andre ord ikke at norsk industri ikke kjøpte reguleringsutstyr. Problemet var at den kjøpte utstyr fra andre produsenter enn STK. Hva var det så som her gjorde utslaget? Det er ingen grunn til å tro at STKs utstyr stod teknisk tilbake for konkurrentenes. Utstyret virket som det skulle i forhold til spesifikasjonene, og det hadde vært omhyggelig utprøvet i drift i Norsk Hydros fabrikker. Det hadde også vist seg å være en riktig antagelse at elektroniske systemer hadde fremtiden for seg. Men her er et viktig moment som kommer inn: Store deler av norsk prosessindustri var bygget ut i

1950-årene med produksjonsanlegg med pneumatisk instrumentering. Det var ikke gitt at disse bedriftene uten videre gikk over til en ny teknologi, selv om denne kunne ha interessante perspektiver for fremtiden.

Dessuten var det ikke bare CMI/STK som hadde sett mulighetene som lå i å utvikle elektronisk reguleringsutstyr. Lederen for prosjektet reiste til USA i 1959 for å danne seg et bilde av hvilken retning utviklingen av reguleringsutstyr beveget seg i, og han kom tilbake og avla rapport om at planene man arbeidet efter ved CMI var helt i overensstemmelse med utviklingen i USA.[10] Dette kunne nok gi en betryggende følelse av å være i takt med utviklingen. Men det gjorde samtidig at da utstyret var ferdig til produksjon fire år senere, var det allerede trangt om plassen på markedet mellom tilbud om lignende utstyr fra forlengst etablerte instrumentleverandører.

Den teknologi som var valgt for utstyret kunne heller ikke gi STKs utstyr noe teknisk forsprang fremfor konkurrentene. Da planene ble lagt i 1957, var en løsning med magnetiske forsterkere og transistorer forholdsvis avansert. Og da utstyret kom på markedet i 1963, var det fortsatt på høyde med den tekniske utvikling på området. Men det hadde ikke noe forsprang foran andre produsenter. Og det skulle fort bli tatt igjen teknisk av utstyr som var fullstendig transistorisert.

Teknologien basert på magnetiske forsterkere fremstår i eftertid som en overgangsteknologi – steget mellom å benytte radiorør og å gå helt over til transistorer. Magnetiske forsterkere ble valgt for dette utstyret fordi tilgjengelige transistorer var for lite driftssikre eller for dyre. Dette viste seg å være en svært statisk vurdering av den nye transistorteknologien. Slik utviklingen fortsatte, var det et spørsmål om ganske få år før transistorene både var gode nok og billige nok til bruk for slike formål.

I dette perspektivet fremstår det som skjebnesvangert at det tok så lang tid fra utviklingen av utstyret startet og til det var på markedet. Både for bedriften og for forskningsinstituttet kom det som en overraskelse at det skulle ta så lang tid fra prototypen foreslå fra instituttets side til utstyret var produksjonsklart i bedriften.

Bedriften hadde ventet at "det ikke ville være nødvendig med særlige forandringer av modellene som CMI leverte, for å overføre disse til produksjonsprototyper. Det viste seg imidlertid at meget av den mekaniske konstruksjon måtte forandres for å tilpasse apparatene til produksjon ved STK. Dette kunne vært rettet hvis en konstruktør fra STK hadde vært med fra et tidlig tidspunkt", hevdet bedriftens folk.[11]

Instituttet på sin side henviste til at det mange ganger hadde presisert at det var bedriftens sak å tilpasse utstyret til produksjon. Dessuten klaget CMI over at arbeidet var gått sakte fordi det ikke "på et tidligere tidspunkt (var mulig) å få frem klarere spesifikasjoner for selve oppgaven, særlig når det gjaldt markedsanalyser og økonomiske krav". Arbeidet var også forsinket av at det var vanskelig å få tak i tilstrekkelig kvalifiserte folk til å være med på utviklingsarbeidet.[12]

Klagemålene gjenspeiler en arbeidsdeling mellom institutt og

bedrift som var langt fra den optimale. Instituttet hadde lagt ned mye arbeide i den konstruktive utformning av utstyret, uten at dette var til noen hjelp for bedriften efterpå. På den annen side hadde ikke bedriften forberedt prosjektet på sin side mens instituttet arbeidet med utviklingen. Bedriften hadde hverken forberedt produksjonen av utstyret eller markedsføringen av det. Bedriften hadde ventet at utstyret skulle vært ferdig til produksjon når det kom fra instituttet, og det var ikke bygget opp noen organisasjon som skulle ta vare på salget av utstyret efterpå.

I vurderingen av markedsmulighetene – den vurderingen som i utgangspunktet lå til grunn for valg av utstyrsprogrammet – stolte bedriften helt og fullt på CMI-forskernes anbefalinger, og heller ikke under arbeidets gang bidro STK med særlig kommersiell kompetanse.

For STK var samarbeidet med CMI en ny erfaring. Bedriften hadde aldri før brukt en slik samarbeidsform for utviklingsarbeider[13] og bedriften hadde derfor dårlig grunnlag for å vite hvordan det hele burde legges an.

Heller ikke CMI hadde erfaring med denne type industrielle oppdrag. De tidligere oppdrag instituttet hadde tatt opp, gjaldt oppgaver i instrumentering av spesifikke produksjonsanlegg, ikke utvikling av produksjonsutstyr for produksjon og salg.

På denne måten ble det en skjebnesvanger skjevhet i utgangspunktet for prosjektet. Bedriften innskrenket sitt bidrag til å bevilge penger, mens instituttet ble alene om å definere prosjektet både teknisk og kommersielt. Resultatet ble et produkt med brukbare tekniske egenskaper, men lite tilpasset et marked med stor konkurranse mellom leverandørene og i rask teknisk utvikling.

Da utstyret ble overtatt av STK, viste det seg at skjevhetene ikke lett kunne rettes opp. Bedriften hadde ingen erfaring i salg av lignende utstyr og hadde ingen kontakt med markedet på dette feltet. Bedriftens hovedprodukter var kabler og telekommunikasjonsutstyr, med helt andre markeder og salgsmuligheter. På elektronikksiden leverte STK et bredt assortiment, men i hovedsak for salg til skipsfart og delvis militære formål.

Nu kunne man anta at manglene ved STKs nasjonale organisasjon kanskje kunne kompenseres ved STKs tilknytning til det verdensomspennende ITT-konsernet. Heller ikke dette viste seg å være noen hjelp. De fleste av ITT-konsernets bedrifter arbeidet innenfor telekommunikasjon eller andre felter langt fra instrumenter for prosessregulering.

Tilknytningen til ITT-konsernet åpnet derfor ikke for noen snarvei til eksportmarkedet. Den viktigste eksportforbindelsen bedriften fikk på dette feltet, var en engelsk bedrift utenfor ITT-konsernet, som forskerne ved CMI noe tilfeldig var kommet i kontakt med. Dette firmaet ble en ganske betydelig avtager av STKs utstyr, bl a av trykkmåleutstyr som ble levert i et visst antall til atomdrevne britiske ubåter.

Eksemplet viser at STK var fullt istand til å levere konkurransedyktig utstyr for spesialformål (dog på et marked hvor prisen var av

underordnet betydning). Det var det *generelle* utstyret STK hadde fått utviklet, som det ikke lyktes å få til noe vesentlig salg av. *Prisen* var neppe noen avgjørende ulempe. STK fastsatte sine priser efter hva konkurrentene forlangte.

Konfrontert med markedets krav viste det seg imidlertid at utstyrets store mangel nettopp var at det var for *generelt*. Det var tenkt som universalutstyr som skulle dekke de viktigste funksjoner ved alle industrielle enhetsprosesser. Det viste seg at dette ikke var nok. På denne måten kunne utstyret brukes overalt, men uten egentlig å løse noen kundes *spesielle* behov. Den virkelighet kundene – prosessindustrien – stod overfor, krevet et langt bredere spektrum av utstyr enn de fire komponentene som STK kunne tilby.

Som vi har sett, var dette en svakhet ved utstyrsprogrammet som gikk helt tilbake til den første fasen i prosjektet, da utstyrets spesifikasjoner ble fastlagt. Ønsket var da å få til utstyr som skulle være enkelt og generelt anvendelig. Dette var lite tilpasset realitetene i markedet på det tidspunktet da utstyret var ferdig, og det var også skjebnesvangert på den måten at utstyret nettopp fordi det var så generelt, var uhyre sårbart for konkurranse fra andre leverandører. De etablerte instrumentleverandørene hadde alle satt denne type utstyr på sitt program – og de var nu istand til å tilby det sammen med et vidt spektrum av tilsluttende instrumenter for en rekke forskjellige formål.

Mellom to stoler

STKs utstyr var for smalt til å dekke et generelt marked. Det var heller ikke spesialisert nok til å vinne et marked innenfor en del av prosessindustrien. Skulle man få dette til – å satse på en avgrenset "nisje" i markedet – måtte man ha et grundig og inngående kjennskap til de problemer akkurat denne industrigrenen stod overfor. Og dette manglet i gruppen som arbeidet med utstyret ved STK. Riktignok ble det forsøkt kompensert for dette ved å prøve å få tilført kompetanse innen kjemiske prosesser. Men dette lyktes ikke. I 1965 måtte man konstatere at det ikke hadde vært mulig å få ansatt noen kvalifisert kjemiker i gruppen.[14]

I lys av de senere tiårs industriutvikling er "nisje-tenkning" en selvfølgelig del av våre refleksjoner omkring en farbar industriell strategi for en liten produsent eller et lite land. Det er bedre å møte konkurransen fra de store, etablerte produsenter på et begrenset område som man kan beherske til bunns, enn å utsette seg for konkurransen på det generelle felt som krever innsats på alle fronter.

Utstyret som STK leverte, representerte det motsatte av en "nisje"-strategi. Den strategien som ble valgt, hadde som utgangspunkt en forholdsvis statisk vurdering av teknologi og av markedet – ihvertfall markedets *tilbudsside*. Planene om servofabrikken gikk tilbake til begynnelsen av 1950-årene da det var mangel på servotekniske komponenter i Europa. I 1960-årene var det hard konkurranse mellom leverandørene av reguleringsteknisk utstyr. Da planene for

prosjektet ble lagt i slutten av 1950-årene, var prosjektet langt foran m h t det nye elektroniske utstyret. Men da utstyret kom på markedet, hadde de etablerte produsentene greid å overkomme skiftet fra pneumatisk til elektronisk utstyr, og hadde i tillegg satt store forsprang i kompetanse innenfor de ulike anvendelsesområdene for utstyret. "Inngangsbilletten" til dette markedet for nye produsenter, var blitt ulike mye dyrere.

Dessuten er det lett å peke på at STK ikke hadde den nære kontakt til et kundemiljø som en nisje-strategi forutsetter. Det er på mange måter overraskende at det ikke lyktes å få til en slik kontakt. Utviklingen av utstyret var startet i samarbeide med Norsk Hydro, som hadde nære forbindelser til CMI. Forbindelsene var ikke mindre nære til STK. STK og Norsk Hydro hadde felles styreformann, og Hydros generaldirektør og tekniske direktør var begge medlemmer av STKs styre. Her burde det ha ligget godt til rette for et nært samarbeide mellom Hydro som kunde og STK som utstyrsleverandør.

Forsåvidt startet dette samarbeidet også ganske bra. Hydro bistod med å prøve ut utstyret, og kjøpte en del av det til egen bruk. Men noe nært samarbeide kom ikke istand. En mulig årsak til dette er at Hydro ved sine anlegg hadde vært tidlig ute med å investere i pneumatisk utstyr og holdt lenge på denne teknologi. Dette kan ha gjort bedriften dårlig egnet til å spille rollen som en "progressiv" kunde som kunne bidra til å utvikle helt nytt produksjonsutstyr.

Hva var så STKs strategi – hvorfor tok bedriften overhodet opp dette feltet på sitt program? STK var for det første en betydelig produsent av elektronikkutstyr – i norsk målestokk. STK hadde meget gode år i 1950- og 60-årene, og hadde rikelig med midler som kunne brukes til å investere i nye produkter. ITTs Europaledelse så med skepsis på at STK gikk inn på dette feltet, men STKs norske ledelse argumenterte for at "you must let us have some pigeons of our own". STK så behovet for å satse på nye og lovende felter også utenfor hovedområdet kabler og telefonutstyr. Det bedriften ikke hadde, var organisasjon eller kompetanse til å gå inn med tilstrekkelig tyngde på et nytt felt som lå så langt utenfor bedriftens øvrige arbeidsområde.

Den samme spredte og "halvhjertede" satsning preget forøvrig flere av STKs virksomheter innenfor elektronikkfeltet. Bedriften var i hovedsak en kabel- och telefoniprodusent. Reguleringsutstyret og mye av elektronikkproduktene forøvrig ble akkurat hva STK-direktøren sa , – de ble "pigeons" som man nok kunne jakte på i ny og ne, men uten å gi grunnlag for større satsning.

På den annen side viste STK tålmodighet med reguleringsutstyret, på tross av sviktende salg. Gruppen fikk fortsette utvikling av produktene med sikte på å utvide anvendelsesområdet og oppdatere teknologien. Og endelig så det ut til at bedriften skulle få noe igjen for sine anstrengelser. Blandt de bedrifter ITT hadde kjøpt opp i USA, var instrumentfabrikken Barton Instruments som leverte utstyr i samme retning som STKs reguleringsutstyr. Barton ønsket samar-

beide med STK om en felles satsning under ITT-paraplyen på et bredt anlagt tilbud av instrumenter for industrien – herunder en fullstendig oppdatering av STKs utstyr til ny teknologi. Men dette var en satsning som krevet klarsignal fra ITTs ledelse i New York, og der vendte man tommelen ned. ITT-ledelsen hadde ingen tro på at konsernet på dette feltet kunne ta opp konkurransen med de etablerte utstyrsleverandørene. Konsernet var definitivt for sent ute til å komme med på dette markedet, var ledelsens vurdering.

Denne avgjørelsen beseglet reguleringsutstyrets skjebne ved STK. I 1966 ble feltet endelig oppgitt. Gruppen som arbeidet med feltet tok avgjørelsen med fatning. Noen var allerede sluttet og gått over i andre bedrifter. De gjenværende hadde tatt opp andre arbeidsfelter i forlengelse av reguleringsteknikken, bl a utstyr for skipsautomatisering, hvor STK engasjerte seg endel i slutten av 1960-årene og begynnelsen av 1970-årene.

Avslutning

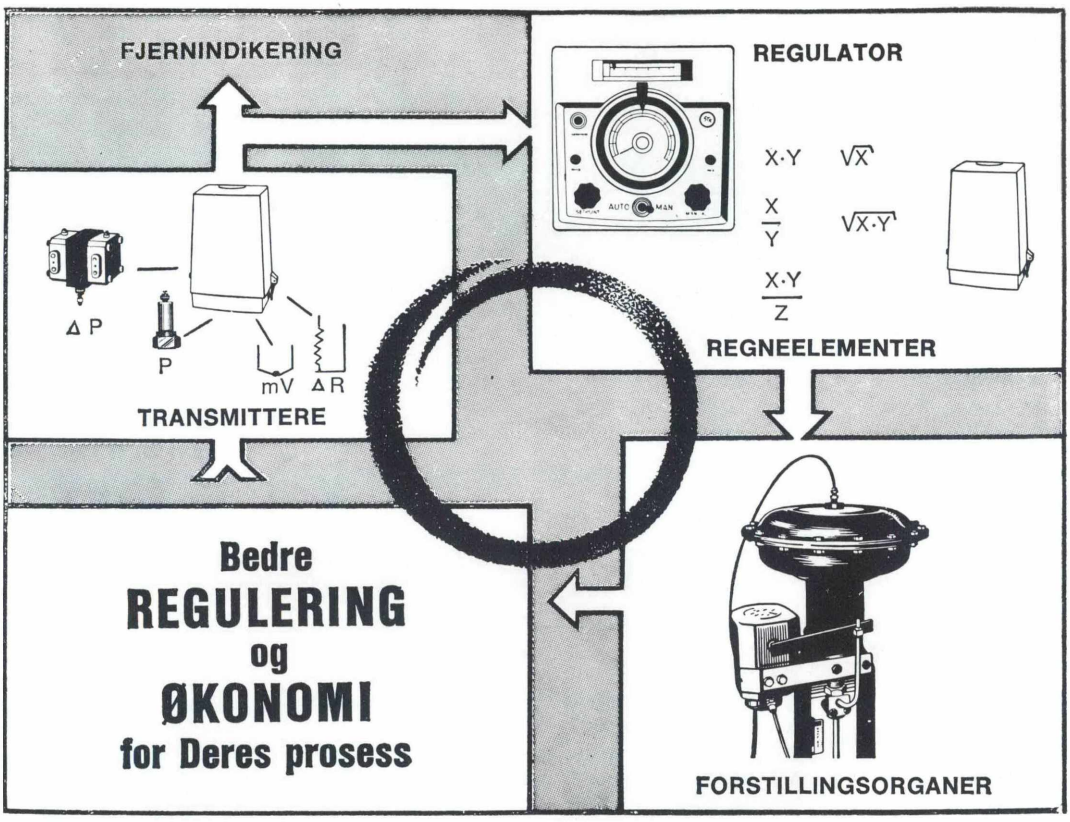
For så å vende tilbake til spørsmålet vi stilte i utgangspunktet: Hadde Norge forutsetninger for å starte produksjon av reguleringsteknisk utstyr på konkurransedyktig basis i slutten av 1950-årene og begynnelsen av 1960-årene?

Det er liten tvil om at de tekniske, videnskapelige forutsetninger for å utvikle slikt utstyr var tilstede. De norske forskningsmiljøer på dette området var på høyde med de meste avanserte i øvrige land. Det som derimot manglet, var kunnskap om hvordan slikt utstyr skulle kunne selges i et marked med hard konkurranse og i rask teknisk utvikling. Forskningsmiljøene manglet slik kommersiell kompetanse, og denne mangel ble ikke kompensert av norsk industri. Norge savnet en instrumentindustri som var avansert nok til å ta opp forskningsresultatene og føre dem frem til konkurransedyktig produksjon. Den elektroniske industri som fantes, manglet kunnskap om reguleringsteknikkens anvendelse som var nødvendig for å lykkes med automatiseringsutstyret. Og man savnet fremfor alt kontakten med et tilstrekkelig avansert utstyr som kunne fungere som et initialmarked.

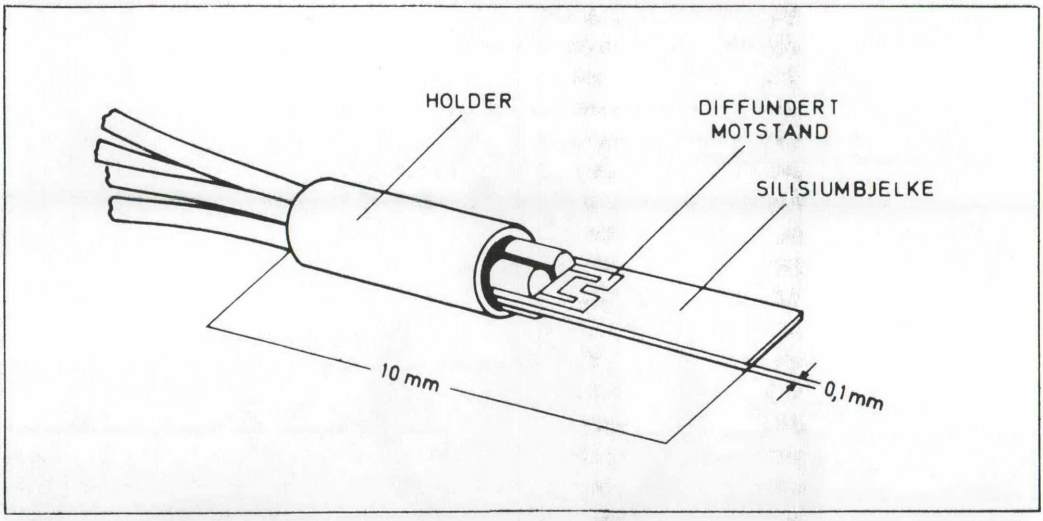
Hvis vi ser ut over denne mislykkede historien om prosessregulerингsutstyr og ser på et felt hvor norsk industri kom til å lykkes i å få frem automatiseringsutstyr med stort salgspotensiale – nemlig innen feltet *skipsautomatisering* – ser vi at dette området på en helt annen måte bød på mulighetene til et nært samarbeide mellom norske forskningsmiljøer, utstyrsprodusenter og et hjemmemarked som var ett av verdens største og mest avanserte, nemlig den norske handelsflåte.

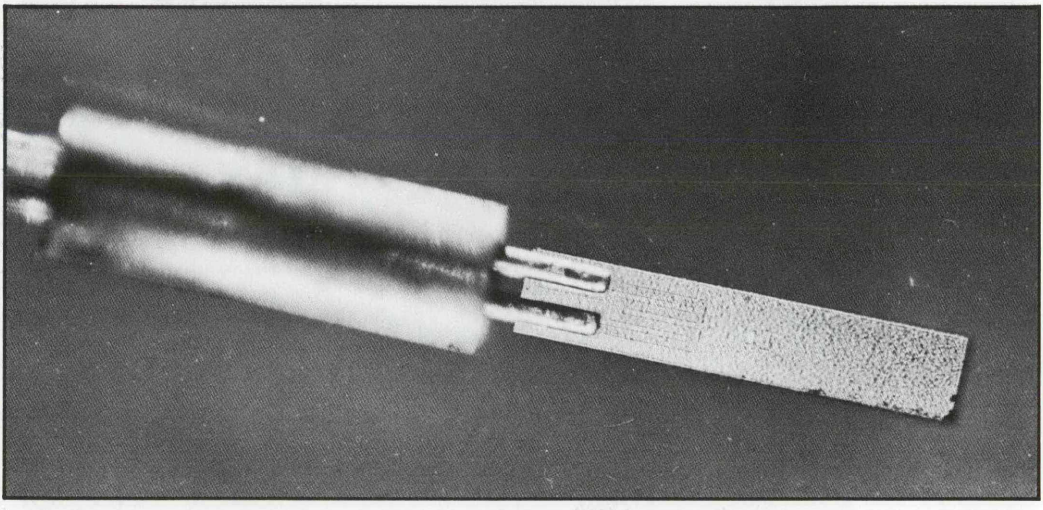
Noter

1. Dette arbeide er et foreløbig resultat fra et delprosjekt innen det norske teknologihistoriske prosjekt "Norsk elektronikkindustri 1945–1970". Arbeidet bygger for en stor del på intervjuer med personer som har deltatt i de begivenheter som beskrives: Helmer Dahl og Roald Franck-Petersen ved Chr Michelsens Institutt (CMI); Arnulv G Weider, Arne Berre og Finn Assev ved Standard Telefon og Kabelfabrik A/S (STK); Ibb Høivold og Jan Fr Lund. CMI og STK har begge gitt adgang til sine arkiver; av disse har CMIs arkiv vært mest innholdsrikt for denne sakens vedkommende.
2. Helmer Dahl, CMI, til Amund Braaten, STK, 12/9 1955 (CMI-arkiv).
3. STKs historie er kortfattet fremstilt i Gunnar Christie Wasberg: *Standard Telefon og Kabelfabrik A/S 50 år* 1915–1965. Oslo 1965. STKs virksomhet innen profesjonell elektronikk er behandlet i Arnulv G Weider: *Historikk vedr. virksomheten i profesjonell elektronikk ved STK* 1925–1970 (upubl manus 1985).
4. Notat fra møte med dir Braaten og dir Weider, STK, 20/2 1956 (CMI-arkiv. Prosjekt 57.1).
5. Notat fra møte 20/2 1956 (Ibid).
6. I Høivold, CMI: "Forslag til retningslinjer for det videre arbeid med utvikling av reguleringsteknisk utstyr", notat dat 6/11 1957. (Ibid.)
7. Ibid.
8. Ibid.
9. *Automatisering og databehandling*. Bilag 17 til NTNFs forskningsutredning 1964, s 38–40.
10. Jan F Lund: Rapport Studiereise til USA 18/4–22/5 1959. (CMI-arkiv.)
11. Referat fra møte mellom STK og CMI 28/4 1962. (CMI-arkiv, oppdragsarkiv nr 571).
12. Ibid.
13. Ibid.
14. Intermediate development progress report. Jan–June 1965. 3350. STK Closed Loop Control System. Application Studies. (STK-arkiv.)



Reklamemateriell for STK's prosessreguleringsutstyr.





En "strekklapp" (transducer) producert ved SI. Dette var et av de første produktene som SI startet med for raskt å vinne erfaringer med silisiumteknologien. Bildet viser en noe senere variant. Ved mekaniske påkjenninger av silisium"bjelken" foranderet den diffunderte motstanden verdi, slik at en ved å måle motstanden straks kunne si noe om hvor stor påkjenning bjelken var utsatt for.

HÅKON WITH ANDERSEN

Molekylærteknikk og mikrokretser

Oppbyggingen av en norsk halvlederforskning i begynnelsen av 1960-årene

1960-årene ble det store gjennombruddstiåret for anvendelse og utnyttelse av halvlederelementer i elektronikk og datateknologi.[1] Med oppfinnelsen av transistoren fra slutten av 1940-årene og med oppdagelsen av en effektiv produksjonsmetode (planarteknikken) fra 1959–1960 økte interessen for disse faststoffkomponentene dramatisk. Ikke til å undre seg over egentlig: de nærmet seg elektroingeniørens drøm, særlig når de ble sammenliknet med tidligere aktive komponenter som radiorøret og magnetiske forsterkere. Transistorene var små, uten krav til høy spenning, lite energikrevende, relativt stabile og fram for alt: de ulike egenskapene bedret seg fra år til år.

Halvlederkomponentene kom til å bli noe langt mer enn bare en erstatning for andre komponenter. Nye muligheter ble åpnet for nye kretsteknikker. Først kom teknikken med trykte kretskort til sin rett, dernest begynte den lange utviklingen av ulike typer integrerte kretser. Halvlederelementenes bryter-egenskaper sammen med den nye integrerte kretsteknikken åpnet for et dramatisk skift også i konstruksjonsprinsipp: En langsom omlegging fra lineære til digitale kretser i elektronisk utstyr begynte å vinne fart.

I USA ble halvlederutviklingen i 1950-årene i stor grad finansiert av forsvaret gjennom ulike utviklingskontrakter. Som T J Misa har påvist ga dette halvlederutviklingen både en bestemt retning m h t hvilke egenskaper som ble utviklet, og en særegen form for dynamikk (utviklingen foregikk i de store selskapene, pris og kostnader var relativt underordnet ulike fysiske egenskaper der særlig frekvensområdet og pålitligheten var sentrale).[2] Disse egenskapene, inkludert organiseringsmønsteret for forskningen, var preget av de militære oppdragsgiverne i den forstand at militæretatens verdier og holdning-

er kom til å prege de fleste sider ved halvlederutviklingen i 1950-årene.[3]

I dette notatet vil det bli lagt vekt på å utvide dette perspektivet noe, både kvalitativt og kvantitativt. Jeg vil forsøke å vise hvorledes ulike institusjoner kom til å prege det norske forsknings- og utviklingsarbeidet på ulikt vis. Jeg vil kalle dette for *institusjonelle føringer*. I tillegg vil jeg bruke begrepet *teknologiske føringer* om de mer teknologi-interne utviklingssporene som de ulike gruppene arbeidet langs.[4]

Teknologien ble med andre ord formet i en sosial prosess, samtidig som den selv satte skranker for hvilken innflytelse denne prosessen kunne ha.[5] Det er denne formingsprosessen som er temaet for denne artikkelen, formingen av en norsk halvlederteknologi i begynnelsen av 1960-årene. Overfladisk sett kunne en ledes til å tro at dette var et trivielt felt siden det for Norges del bare var snakk om diffusjon av en tidligere etablert teknologi, bestemt ut fra de spor som ble lagt i USA. Som vi skal se var dette langt fra tilfelle. Tvert i mot viser det norske materialet et vel av valgmuligheter og situasjoner der ulike institusjoner valgte ulikt med helt ulike resultater.

Halvledere er en gruppe stoff som har en særlig elektrisk egenskap: I absolutt ren tilstand er de isolatorer, men ved tilsetting av svært små mengder forurensninger av gunstige stoffer blir de ledende. Halvledere til elektroniske formål vil ofte opptre i krystallinsk form. I svært mange tilfeller vil en være interessert i å undersøke såkalte enkrystaller av stoffet. Forskning på halvledere vil etter dette i første rekke dreie seg om ulike typer materialegenskaper og hvorledes disse endres og reagerer på ytre impulser (lyd, lys, elektriske felt etc). I denne snevre betydningen av halvlederforskning vil det derfor ofte dreie seg om material- eller strukturfysikk, metallurgi og fysikalsk kjemi.

Nå er det vanlig å trekke begrepet noe lenger, til alt som har med utnyttelsen av halvledermaterialer til elektroniske formål å gjøre. Det er i denne betydningen vi her skal nytte ordet. Da får vi i tillegg en rad mer eller mindre praktiske problemer (av forskerne selv ofte kalt "teknologiske" problemer, i motsetning til teoretisk-vitenskapelige) samt en lang rad andre problemer hentet fra andre teknologier som f eks ulike litografiske teknikker, fotoetsing, sputring osv. Det er dette konglomeratet av teknologi- og forskningselementer som jeg vil samle under begrepet *halvlederforskning*.

Startfasen, 1957–1960

I Norge fantes det to relativt uavhengige grupper som startet opp noe som i større eller mindre grad kan kalles halvlederforskning i annen halvdel av 1950-årene. En av disse hadde sin tilknytning til Forsvarets Forskningsinstitutt (FFI). Drivkraften bak dette var forskerne Jan Barstad og Olav Holwech ved FFIs avdeling for kjemi ved Kjeller (nær Oslo). Holwech la opp til en totrinns strategi for å få overbevist FFI om relevansen av halvlederforskningen.[6] I første omgang ville han starte med å framstille superrent silisium for deretter

å forsøke å få aksept på transistorframstilling. Begrunnelsen for silisiumprosjektet var at det ville gi bedre muligheter for å vurdere "beretigelsen" av å framstille transistorer.[7] I tillegg hadde det og mange gode sivile sider som muligheten for produksjon av superrent silisium ved et ferrosilisiumverk og for produksjon av kraftlikerettere.[8]

Aksept på prosjektet ble gitt 28/11 1957, uten at det ble lovet noen fortsettelse ut over silisiumframstillingen. Organisasjonen (FFI) var tydelig skeptisk til denne typen arbeid. Utover i 1958 argumenterte de to forskerne med viktigheten av at forsvaret selv var i stand til å frambringe de spesialkomponentene som de måtte trenge. Særlige egenskaper som ble framhevet var lavt volum og lav vekt, lavt energiforbruk og stor pålitelighet.[9] Gruppen forsøkte også å knytte forbindelse med andre og mer prioriterte felt for å styrke søknaden, som f eks utviklingen av et fotocellearray.[10] En annen og mer vellykket kontakt gikk til FFIs avdeling i Bergen, avdeling for radar.

Bergensgruppen hadde i 1950-årene først og fremst arbeidet med mikrobølgeteknikk og anvendelser av den til ulike formål, bl a radiolinjesamband. I mikrobølgeteknikken var forsterkning et komplisert felt. I slutten av femtiårene så det ikke ut til å være mulig å nytte halvledere til dette. Men Bergensgruppen hadde visse ideer om å nytte raske dioder til både det de kalte en "kraftmikser" (frekvens"omformer") og, noe senere, til en reaktansforsterker. Resultatet ble et samarbeid med forsker A Tonning og Tor Schaug-Pettersen i Bergen og tre halvlederforskere fra FFI på Kjeller med målsetning å framstille superraske silisiumdioder for parametrisk mikrobølgebruk.[11] Som vi ser trakk militærforskningen i retning av det eksotiske, i form av et radikalt utvidet frekvensområde, og uten at prisen på diodene ble tillagt særlig vekt.

I begynnelsen av 1960-årene ble Bergensavdelingen av FFI flyttet til Kjeller, til den nye avdelingen for elektronikk. Halvlederforskningen fortsatte i mindre omfang og konsentrerte seg først og fremst om infrarøde sensorer til Penguinrakettene (dette var halvlederkomponenter som var vanskelig tilgjengelig kommersielt). Disse ble dels produsert på FFI, og i en periode av en kommersiell produsent i Norge på FFIs oppdrag.[12] Denne tidlige halvlederforskningen skulle imidlertid få stor betydning av en annen grunn, nemlig ved de menneskene som ble lært opp og som fikk interesse for emnet. A Tonning og flere fra radargruppen fikk professorater i elektronikk ved den tekniske høgskolen i Trondheim (NTH), mens både Barstad (i 1961) og Holwech (i 1965) gikk til Sentralinstituttet for industriell forskning (SI) i Oslo.

SI utgjorde det eneste sivile miljøet som alt i 1950-årene syslet litt med halvledere. SI hadde fra starten bygget opp en sterk "strukturfysikk"-del slik at mye av utstyret for å starte halvlederforskning var tilstede.[13] Det forunderlige var heller at ikke SI startet med halvledere tidligere. Ulikt FFI sto SI i en helt annen institusjonell kontekst. SI skulle drive industriforskning og utvikle norsk industri. Det kunne være vanskelig nok dersom en skulle arbeide med avansert strukturfysikk for en tilbakeliggende og beskjeden norsk industri. Med moleky-

larteknikken så det ut til å være mulig å kombinere ønskene om å drive vitenskapelig strukturfysikk og samtidig nyttig utviklingsarbeid for norsk industri. Målsettingen var klar:

"Spesielt vil man ta sikte på å utvikle standardiserte elementærkretser som i neste omgang kan bli produsert i landet." (SI's arbeidsprogram for 1961 datert 15/3 1960). På SI var det standardelementer en gikk etter, det endelige målet var norsk produksjon.

SIs oppbyggingsfase, 1961–1963

I den første søknaden (sommeren 1960) virket det som om en hadde svært uklare forestillinger om hva molekylare komponenter var. Det skulle utvikles motstander og kondensatorer i første omgang. Disse skulle "søkes tilpasset slike logiske (monolittiske) enhetskretser som etterhvert vil bli utviklet".[14] Etterhvert tenkte en seg å ta opp framstillingen av "dioder og eventuelt trioder".[15] Det viktigste punktet i søknaden var at SI fra høsten 1960 regnet med å ha to kompetente forskere på feltet: tidligere omtalte J Barstad (fra FFI) og H Sandmo. Poenget med digitale kretser lå i koblingen til et annet stort SI-prosjekt: numerisk styring og konstruksjon (sifferteknikk).[16]

Barstad gikk inn for å arbeide direkte med halvledere. I tillegg til behandlingsproblemer (sliping, polering, kontakter o l) startet han arbeidet med å lage silisiummotstander med stor piezo-motstandseffekt. Det viste seg at det lett kunne lages transducere med 50 ganger høyere følsomhet enn konvensjonelle strekklapper. Fordelen ved dette delprosjektet var at Barstad raskt fikk overbevist institusjonen internt om at halvledere var noe å satse på.[17] Godt hjulpet av medgangen søkte gruppen om et større driftstilskudd for 1962: 240 000 kroner, en firedobling fra året før. Også bevilgningen blev firedoblet: fra 50 000 kroner i 1961 til 200 000 kr i 1962. Arbeidsområdet var imidlertid like uklart: "Arbeidsprogrammet for 1962 vil ta sikte på å sette oss i stand til å beherske de viktigste metoder for framstilling av mer kompliserte komponenter."[18] I søknaden kom det fram at forskerne var i ferd med å bygge opp et eget laboratorium. Oppbyggingsperioden mente de ville vare ut 1962 og at det var da på tide å ta mer aktivt kontakt med industrien. SIs rolle kunne etter det bli todelt: dels ved at SI produserte spesialkomponenter for oppdragsgivere, dels at SI fungerte som konsulent for bedrifter som ville starte masseproduksjon.

Høsten 1961 skjedde det imidlertid uventede ting som fikk store konsekvenser for SI. En norsk ingeniør med 10 års erfaring fra amerikansk forskning og undervisning skrev brev til både FFI og SI med forespørsel om arbeid. Hans særlige kompetanse bestod i at han hadde deltatt aktivt i oppbyggingen av Northern Electrics halvlederforskning i Canada (parallellselskapet til Western Electric i USA). I den forbindelse hadde han forskningsopphold ved Bell labs avdeling for halvlederforskning bak seg. Erfaringene fra Bell og Northern gikk på alle typer problemer ved framstilling av halvlederkomponenter:

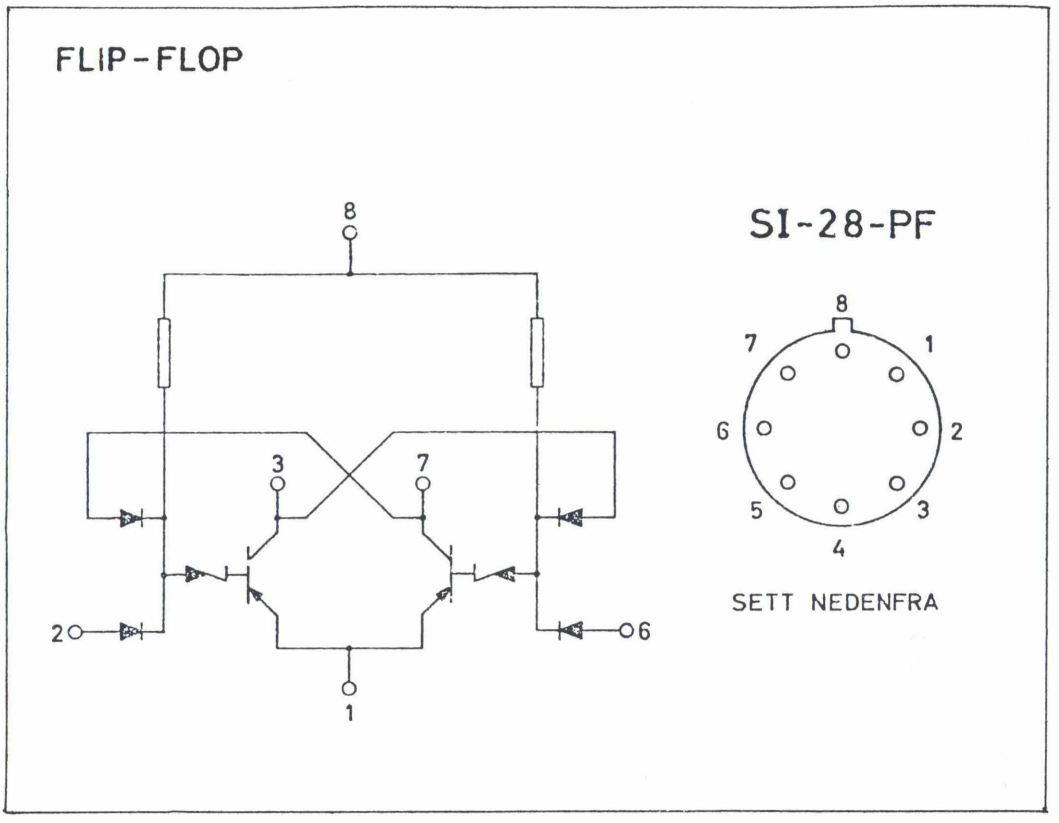
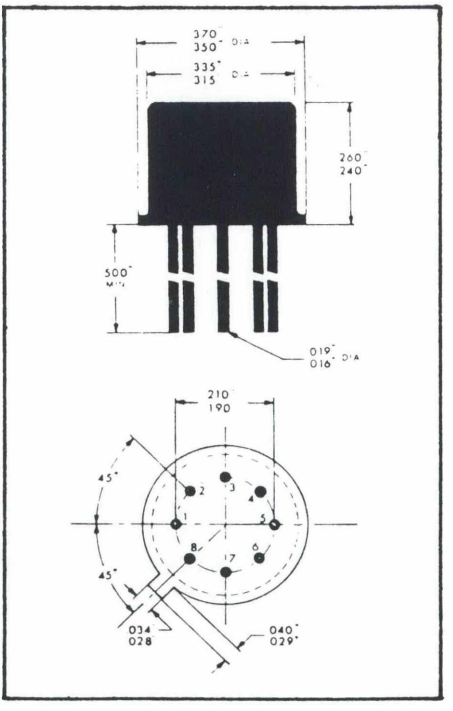


Diagram og hus for en av de aller første norskproduserte integrerte kretsene fra 1963. Bildet viser en type digitalkrets (flip-flop), framstilt på et silisiumkrystall ved hjelp av den nye planarteknologien. Problemet lå imidlertid i markedet, ingen norske bedrifter var interessert i denne typen kretser.



raffinering, groing, polering, kontakter, osv. 8/9 1961 vedtok styret å ansette siv ing Olav Stavik ved SI.[19]

Helt sentralt i Staviks erfaringsbakgrunn sto arbeidet med den nye planarteknikken. Mikrobølgediodene ved FFI ble laget i såkalt "mesa"-teknikk. Fordelen ved planarteknikken var at den bare krevde behandling av en side av halvlederkrystallet. Dette åpnet for både masseproduksjon og flere komponenter pr brikke (ved hjelp av ulike fotografiske maske-teknikker) – såkalte monolittiske kretser.

Med Stavik fikk forskningsprosjektet ytterligere tyngde og framdrift. I tillegg fikk det også en klar retning: planarteknikk og monolittiske kretser ble et klart og uomtvistet mål. Samtidig økte også støtten til prosjektet internt: " . . . saken var meget interessant og måtte søkes fremmet med stor styrke så snart som mulig." het det i referatet fra styremøtet i SI 14/6 1962.[20] Den store interessen hang nok også sammen med en mer alminnelig interesse for elektronikk og dens framtidsperspektiver. Hva var da mer naturlig enn å satse på byggesteinene i denne teknikken? Dessuten var prosjektet koplet til noe som alt var blitt en stor suksess: numerisk styring.

Våren 1962 ble det i SI-gruppen arbeidet med et større dokument om perspektivene for halvlederprosjektet. "Utvikling av nye produkter for elektronisk industri. Molekylarkomponenter – Integrerte kretser – elektronisk utstyr."[21] I dette dokumentet ble retningen trukket opp. Det primære målet var utviklingen av digitale, monolittiske kretser. Dette var det området som raskest kunne gi industriell produksjon samtidig med at kvaliteten skulle ligge på høyde med utviklingen i USA. En var klar over at en etterhvert ville få et prisfall på slike integrerte kretser, men med masseproduksjon (planarteknikken) skulle en kunne leve godt tross dette. Sekundært skulle en arbeide med passive komponentnettverk på glassplate og med piezomotstandseffekten (transduceren til Barstad).

SI-planene i et internasjonalt lys

SI-gruppen var tidlig ute. Både planarteknikken og de monolittiske kretsene ble først oppfunnet og utviklet i 1959–1960 i USA. Kretsene var på dette tidspunktet svært dyre og ble stort sett bare anvendt i militært utstyr eller til romfartsformål. Å lage et kommersielt program for disse komponentene i 1962 i påvente av et prisfall virker både forutseende og klartenkt, selv om prosjektet var dristig. Valget av materiale – silisium, og teknikk – planar, var i hvert fall treffende, midt i det kommende nye teknologiske paradigme.

I sin store analyse av hvorfor den europeiske halvlederindustrien ikke nådde opp mot den amerikanske i 1960-årene hevder F Malerba at dette hadde sammenheng med både teknologivalg og struktur i den europeiske industrien.[22] Den var basert på vertikalt integrerte selskap som trengte halvledere i sin egen produksjon. Og denne produksjonen bestod for en stor del av lineære elektroniske apparater, ikke digitale som datamaskiner o l. Videre hadde de fleste av konsernene

startet med halvledere før 1960, stort sett med kommersielle anvendelser av apparatene for øyet. Da var prisen viktig, og frekvensegenskapene mindre sentrale. Dette ledet konsernene inn i den enkleste teknikken med diskrete komponenter i germanium. Da planarteknikken og silisium kom som en ny kombinasjon satt de etablerte europeiske storforetagende med store interesser knyttet til gal teknologi. Det gjorde de for så vidt også i USA, men der dukket det i årene rundt 1960 opp en rad nye småprodusenter av en ny type: bedrifter som levde av å produsere og selge komponenter uten å være involvert i apparatproduksjon. Og i USA var datamaskinmarkedet en viktig avtager for komponenter, noe som ledet produsentene i retning av digitale kretser.

Digitale kretser har den fordel framfor lineære at de er enklere å bygge (krever færre passive komponenter). De er også mer standardiserte slik at et relativt lite utvalg logiske (digitale) kretser kan dekke svært mange typer anvendelser. Lineære kretser måtte i en helt annen utstrekning skreddersyes til de ulike formål. Dette gjorde også at amerikansk industri i en annen grad enn den europeiske satset på monolittiske kretser; digitale kretser var langt bedre egnet enn lineære til en slik teknikk.

Perioden fra planarteknikken ble oppfunnet og noen år framover var en av de få åpningene for nye produsenter. Det skjedde i USA, stort sett på basis av komponenter enten til forsvaret, romfart eller datamaskinprodusenter. Grunnen til at denne åpningen for nykommere oppstod i første halvdel av sekstiårene henger sammen med den teknologiske utviklingen. Bruddet som planarteknikken og silisiumet sammen med digitale komponenter medførte, gjorde at tidligere erfaringer med halvlederproduksjon egentlig ikke var noe stort fortrinn. Men så snart denne nye teknologiske føringen var etablert så fulgte utviklingen sporet med stadige perfeksjoneringer av framstillingsmetoder, raffinering, miniatyrisering osv. Teknologien ble gjenstand for dynamiske stordriftsfordeler, læringen og erfaringen ble etterhvert et hinder for at nye produsenter kunne nå opp i konkurransen. Åpningen for nykommere ble tettet mot annen halvdel av 1960-årene.

SIs plan fra 1962 harmonerte med det de suksessrike amerikanske produsentene gjorde. SI valgte riktig teknologi, tidspunktet var riktig og de var tidlig ute, de hadde kompetanse på feltet. I så måte liknet SI mer på de nye amerikanske produsentene enn på utviklingsavdelingene i de europeiske apparatkonsernene. SI rettet seg mot det kommersielle markedet og ikke mot dyre komponenter med eksotiske egenskaper for det militære markedet. Dette gjennomsyret også forsknings- og utviklingsprosessen.

Fra vitenskap til teknikk?

SI sto imidlertid overfor andre utfordringer: Ville de klare å følge opp programmet raskt nok? Dette ville i stor grad være avhengig av kompetanse og penger. Dernest sto SI overfor to kommersielle pro-

blemer: Hvem skulle ta opp produksjonen av disse komponentene og hvem skulle kjøpe dem? Dokumentet fra 1962 var et forsøk på å løse det første av disse problemene: raskt å få penger til videre arbeid. De kommersielle problemene kunne det derimot ikke løse.

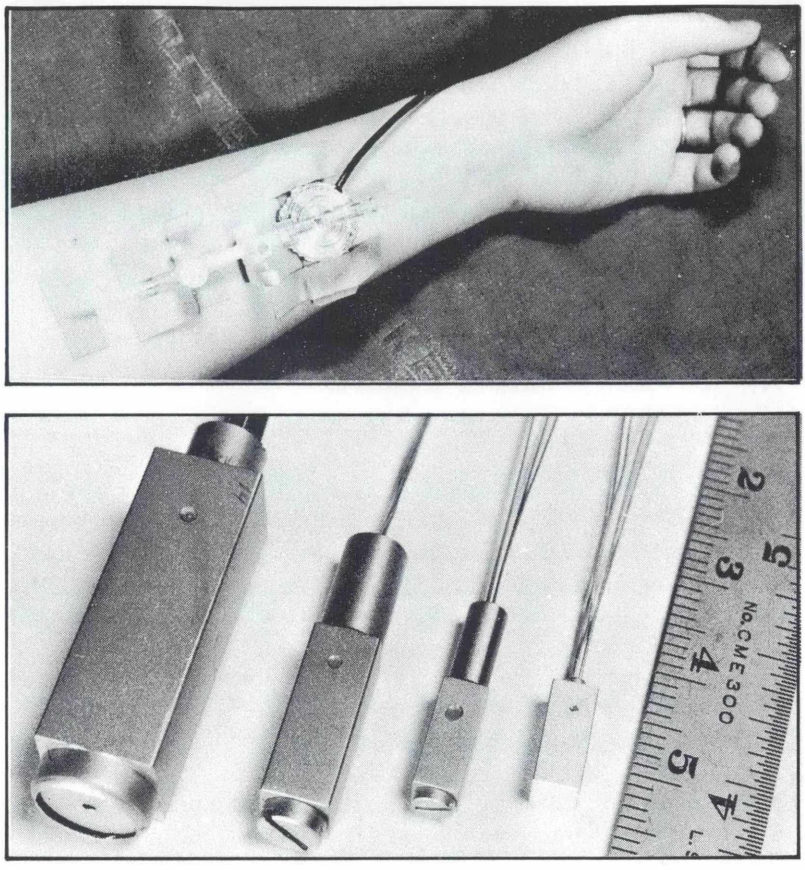
SI var så sterkt engasjert i ønske om å nå ut med komponentproduksjonen at de tok initiativet til å bygge en komplett prøvelinje i SIs egne lokaler. I denne produksjonslinjen var det meningen å drive masseproduksjon av komponenter, også for salg. Prøvelinjen var mellomstadiet mellom laboratorieproduksjon og full skala fabrikkdrift.[23]

Det ble argumentert med at prøvelinjen ville være av samme slag som det som skulle anvendes i en større produksjon og personalet måtte ha tilsvarende kvalifikasjoner. Prøveproduksjon og markedslansering kunne komme raskt i gang ved hjelp av prøvelinjen mens en planla det permanente produksjonsanlegget.[24]. Tempo og kommersiell utnyttelse kan være stikkord for denne planen. Derved var de luftige og teoretiske planene fra 1960 blitt konkretisert og knyttet til høyst jordnære mål. Parallelt aner vi en utvikling fra det abstrakt, vitenskapelige som forskningsfelt til det konkrete, produksjons- og markedsmessige med vekt på prøve og feilemetoder samt erfaringsbaserte kvalifikasjoner. Spranget fra "høy"teknologi til gammeldagse empiriske forsøk var ikke lang i denne planen.

Det var imidlertid ikke bare prøvelinjen som styrket antagelsen om en slik utvikling. Det ble antydet få forsøk og studier av halvledermaterialers egenskaper og undersøkelser av ulike effekter som kanskje kunne utnyttes. Problemene var først og fremst av praktisk art: hvordan feste gulltrådene, hvordan lage gode masker, hvilken temperatursyklus er den beste for de ulike prosessene osv. Med andre ord tekniske og framstillingsmessige problemer. Fantasien var fanget innen de teknologiske og institusjonelle føringene, tidligere valg bandt.

SIs institusjonelle føringer virket, ved siden av Staviks erfaringsbakgrunn, sterkt til denne orienteringen av F&U-arbeidet. Det er verd å merke seg at ennå hadde ingen bedrifter uttrykt noe ønske om norsk halvlederproduksjon. Utviklingen ble derfor båret fram ene og alene på SIs initiativ. Men SI var forpliktet til å tjene industrien. Hele institutsjonens eksistensberettigelse hvilte på det. NTNF finansierte rett nok omkring halvdelen av virksomheten (med en sterkt fallende tendens i 1960-årene) med generelle midler, men disse pengene var igjen knyttet til formålet: å tjene industrien som et oppdragsforskningsinstitutt. Den kommersielle retningen, prøveproduksjonen, og de tekniske i stedet for vitenskapelige problemene var alt sammen uttrykk for en villighet til å forfølge den overordnede målsettingen. Om nødvendig på bekostning av en mer vitenskapelig nysgjerrighet.

Her skiller SIs organisasjonsmessige føringer seg sterkt fra FFIs. De militære behovene var for komponenter med "sære" egenskaper der framstillingspris og kvantum spilte en heller underordnet rolle. Samtidig var det også lettere å drive mer vitenskapelig preget forskning ved FFI siden forskningen ikke kostet mer enn det nye utstyret



En blodtrykksmåler utviklet ved AME. Måleren vant flere priser i begynnelsen av 1970-årene.

som trengtes (stillingene var bevilget over statsbudsjettet). Dette forutsatte at en på en eller annen måte kunne argumentere for at forsvaret hadde nytte av forskningen. Men her ga den nære tilknytningen til USA seg positivt utslag for de forskningsinteresserte. USA var jo hjemlandet til meget generell og vidt definert militær forskning. Sammen med de utallige forskningsoppholdene for FFI-forskere i USA ga dette denne organisasjonen en organisatorisk driv i en annen retning enn SI. Dette kom selvfølgelig også til å prege FFI som forskningsinstitutt.[25]

Fra plan til handling

SI fikk støtte fra Industridepartementet til sin prøvelinje. Bevilgningene fra NTNF økte også raskt med over en million for 1963 og 1964.[26] I 1963 kunne SI sende de første integrerte kretsene ut på markedet. Det dreide seg om digitale kretser av ulike slag (flip-flop, invertere, telletrinn o l). Kretsene var bygget på en 2×2 mm silisiumskive med mellom 10 og 20 komponenter pr krets. Utover i 1963 ble det produsert mange ulike typer komponenter på prøvelinjen, først og fremst planar silisiumtransistorer av ulike slag.[27] Mot slutten av 1963 var det i alt levert nær fire hundre komponenter innenlands, ingen av typen digitale integrerte kretser. Under halvparten gikk til private firma, med NERA som den største mottaker.[28]

Også når det gjaldt å finne et firma som ville overta halvlederproduksjonen støtte SI på store vansker. Ingen av de etablerte elektronikkbedriftene var interessert, heller ikke noen som drev innenfor kjemisk eller metallurgisk industri. Det drev SI over til å planlegge bedriften selv. Samtidig måtte en også finne en løsning på markedsspørsmålet og produktutvalget. Her lukker imidlertid vår sirkel seg. Bare forsvaret kunne være en stor nok kunde til at det monnet for SI (vel og merke innen landets grenser). I forbindelse med forsvarets planer om en ny type sambandsutstyr fikk SI kontrakt på utviklingen av kretser til en miniatyrisert frekvenssyntetisator. På nytt dukker de "eksotiske" krav opp: ekstremt høy frekvens, lavt energiforbruk, lite volum og liten vekt. Den eneste løsningen for SI var å forlate ideen om monolittiske kretser og gå over til tynnfilmteknikk. I tiden fra 1965 til 1970 ble aktiviteten innen planarteknologien trappet ned i takt med nye tynnfilmproblemer: SI ble tvunget til å skifte teknologisk føring, og derved til å miste sitt tidligere fortrinn.

Med forsvarskontrakten i sikte lot det seg imidlertid gjøre å overbevise et skipsbyggekonsern om at halvledere var en god forretningside. I intimt samarbeid med Akergruppen ble så Aker Electronics etablert i 1965. Men som hos SI ble tynnfilmvirksomheten snart den viktigste og de dynamiske fordelene fra tidlig sekstitall gikk tapt.

Ved midten av 1960-årene kom for alvor Norges tekniske høgskole med i forskningsarbeidet rundt halvlederteknologien. Fra da overtok NTH gradvis hegemoniet innen dette feltet. SI og FFIs tid som dominerende krefter på halvlederområdet i Norge var begrenset. NTH kunne i sitt arbeid ta vare på de gode sidene både ved FFI-modellen (langsiktig og dyptpløyende forskning over statsbudsjettet) og SIs nærhet til industrien og de kommersielle muligheter.

Noter

1. Se f eks: Malerba, F: *The semiconductor business*, London: F Pinter, 1985 og Tilton J E: "International Diffusion of Technology: The Case of Semiconductors" Washington D C: Brookings Inst., 1971. For den norske utviklingen henvises det til H W Andersen: "Import av aktive komponenter", notat nr 14 fra teknologihistorieprosj., Trondheim 1985.

2. T J Misa: "Military Needs, Commercial Realities, and the Development of the Transistor, 1948–1958." i: Smith, M R: *Military Enterprise and Technological Change*, Cambr. Mass.: MIT Press, 1985. Se også Malerba, F op cit.
3. Se f eks Smith, M R op cit for en mer detaljer redegjørelse, eller Noble, D: *Forces of Production*, New York: Alfred A Knop, 1985.
4. Begrepet teknologiinterne føringer stammer fra arbeider som R R Nelson og S G Winter: *An Evolutionary Theory of Economic Change*, Cambr. Mass.: Belknap, 1982. En god sammenfatning finnes i Malerba, op cit eller i Dosi, G: *Technical Change and Industrial Transformation*, London: Macmillan, 1984.
5. Gode diskusjoner av dette finnes i Wejcman, J og MacKinzie, D (ed): *The social shaping of technology*, Milton Keynes: Open U P, 1985.
6. Trolig dreide det seg mer om å få arbeide med problemer i grensefeltet mellom metallurgi og anorganisk kjemi. Både Holwech og Barstad hadde lang erfaring på disse områdene fra tiden før de begynte på FFI, både fra industrilaboratorier og fra forskning. Silisiumprosjektet var en naturlig oppfølging av deres tekniske og vitenskapelige interesser innenfor en ramme som kunne være tjenlig for forsvaret (intervju med Holwech og Barstad).
7. Søknad til Forskningssjefenes råd. K-173:203/57/OH/KO datert 21/11 1957.
8. Ibid.
9. *Komponentteknologi. Perspektiver og kommentarer i samband med foreslått aktivitet.* Kjeller 1/7 1958. Notat fra T H Tønnesen.
10. Ibid.
11. Prosjektmålsetning i dok 59/FFIR/AT/TM/123:R-176 Datert 10/1 1959 og signert A Tonning. Se og intern rapport K-234 jan 1961 om *Framstilling av silisium mesadioder* av Barstad, Holwech og Tønnesen.
12. Intervju Holwech. Barstad og Tonning.
13. I den tidlige fase var forbindelsene til Univ i Oslo viktig. Mange av de tidlige forskerne var sterkt influert av prof O Hassel og hans banebrytende arbeider innen strukturkjemi og tilstøtende felt.
14. Søknad B 1181, op cit. Styreprot nr 2, s 776.
15. Ibid.
16. Se H W Andersen: *Fra det britiske til det amerikanske produksjonsideal.* Stensil, Trondheim 1986, s 279 ff.
17. Intern rapport: *Utvikling av elektroniske molekylarkomponenter.* Styreprot nr 2, s 1121. Intervju med Barstad.
18. Utkast til søknad til NTNF JB/ag 12.5.61. Bevilgningssum for 1962 tatt fra styreprot nr 2 s 1151A.
19. Når Stavik valgte SI framfor FFI hang nok det sammen både med forskningsprofilen og målene, samt at SI var i sterk vekst.
29. Styreprot nr 2, s 1240.
21. Datert Oslo, juni 1962 og undertegnet både av SIs direktør, styreformann og lederen for fysikkseksjonen. Hensikten med notatet var i første rekke å orientere Industridepartementet og NTNF i forbindelse med finansieringen av virksomheten for 1962 og 1963.
22. Malerba, F op cit.
23. "Prøvelinjens hensikt er som nevnt å gi tilstrekkelig produksjon for testing og bruksmessig evaluering. Samtidig er den et nødvendig mellomledd mellom laboratoriemessig fremstilling og fabrikkmessig produksjon." Fra: *Utvikling av nye produkter . . .*, op cit s 17.
24. Ibid s 18.
25. Wichen, Olav: *Militære kanaler for overføring av teknologi.* Notat nr 6 fra teknologihistorieprosjektet, Oslo: 1984.
26. Kilde til bevilgede beløp og prøvelinjen.
27. Se data-ark fra juni 1963 (digitale kretser i SI 28 P-serien eller oktober 1963 for SI 34 P-serien).
28. Liste over leveranser merket JB/bo 2.12.63.

English Summary

Looking back to see forward

Aant Elzinga

page 11

The author draws attention to relations between the history of technology and research policy, emphasising that a policy of research and technology formulated without any regard for the lessons and perspectives of history is very liable to end up in a technocratic dead-end. The historical perspective is extremely important, especially when – as in this book – highlighting the social, economic and cultural contexts. The author concludes with a *plaidoyer* for humanistically based research in the history of technology.

Aant Elzinga was born in the province of Friesland in the Netherlands. He emigrated to Canada, where he received his schooling and studied theoretical physics and applied mathematics at the University of Western Ontario. He came to Sweden by way of London, where he took a Master of Science degree in the philosophy and history of science, and at the University of Göteborg he took a doctorate in the theory of science and research. He now holds a professorial appointment in this subject and, together with Ronny Ambjörnsson, is the author of *Tradition och revolution*, a textbook of the history of science. Elzinga is also actively concerned with questions of research policy and, for example, served as research policy adviser to the Trudeau government in Canada in 1983/84.

Scientists and engineers

The dissemination of knowledge in the ancient world

Örjan Wikander

page 17

Of the various explanations put forward to account for the technical stagnation which is taken to characterise the ancient world, one of the commonest is the condescending attitude of scientists to practically useful inventions. Technical progress, the argument goes, was ruled out by this lack of interest.

It is true that classical attitudes were characterised by an antithesis between the work of mind and hand, but this is not peculiar to the ancient world. Even today, scientists do not normally devote time to inventions with immediate practical applications. That task is left to others - technicians and engineers with sufficient theoretical knowledge to understand scientific arguments and with sufficient knowledge of practical life to appreciate its needs.

If a similar division of labour was possible

in the ancient world, we have to assume that its scientists expressed themselves in such a way that their findings could be transmitted to a wider public. And so they did. In the writings of Philon of Byzantium and Heron of Alexandria, for example, we find descriptions of practical machines and a series of *automata* as well as discussions of theory. The automata are customarily described as toys serving no useful purpose and are taken as evidence that scientists were unconcerned with practical inventions – in my belief a fundamental misinterpretation.

Automata often resembled toys, but they were something more besides. Scientists considering themselves above "sordid" practical concerns do not as a rule have time to spare for children's toys or contraptions for the gullible. What they produced were models of theoretical principles, to illustrate them for the benefit of engineers and technicians. We know for a fact that such professionals existed, even though for the most part we catch only fleeting, anonymous glimpses of them. There are, however, others who are more personally known to us, and here are two examples.

Quintus Candidius Benignus is known solely as a result of the inscription on his sarcophagus, describing him as a scientific intermediary of the very kind I have just been referring to: "He was possessed of the greatest craftsmanship, scientific ardour, education and modesty. Eminent craftsmen haled him as their master. None was more learned than he, none could surpass him. He knew the art of building machines and channelling water..."

We know little more about Vitruvius, but his treatise *De architectura* has a great deal to tell us about the activities of an engineer, especially the tenth book on "the principles governing machines". We are a long way here from the abstract debates and automata of the Alexandrian scientists. Here we have a practising professional setting out to disseminate a knowledge of practical inventions which are but seldom utilised.

One can easily imagine how the step between engineers like Candidius Benignus and Vitruvius to master craftsmen and their apprentices was taken. The relationship between Vitruvius' machines and theoretical science is less clear. The watermill is an excellent example, requiring as it does a knowledge of three important principles, all of which were probably unknown three centuries earlier: the rotary mill, water power, and crossed-axis gears.

The rotary mill first appears in the third century B.C. There is nothing to suggest that its principle can be traced back to the Greek scientists. On the contrary, the eager experimentation previously occurring in the milling sector gives us reason to suppose that this innovation was developed within the craft itself.

Our oldest evidence of the use of water power comes in a work by Philon of Byzantium in the second half of the third century B.C., but this could have been added later. If, however, we are unable to reach a definite verdict here either, it seems more reasonable to view the invention as a result of the intellectual endeavour of Helenistic scientists.

Undoubtedly, the gear mechanism emanates from scientific theory, and the earliest examples come from the Alexandrian school in the third century B.C. It is not until the final century of the pre-Christian era that we find examples of cross-axis gear wheels, in the massive wooden wheels of the Saqiya and the watermill.

Of the theoretical components of the watermill, one can be traced with relatively certainty, and another, in all probability, back to Greek science, while the third, the rotary mill, suggests that a great deal of technical progress could also be made without the scientists. These three principles were combined in a sophisticated machine which not only solved an acute problem in the grinding of corn but also, in time, provided the foundation for a more general industrial expansion. We know nothing of the ingenious inventor who achieved all this, but I am personally convinced that he is to be found, not among the scientists of Alexandria but rather among the professional colleagues of Candidius Benignus – the man who "was possessed of the greatest craftsmanship, scientific ardour," the master craftsman who "knew the art of building machines and channelling water..."

Örjan Wikander, born in 1943, is a classical archaeologist and as such has been taking part in excavations in Italy since 1968. He was awarded his Ph.D. in 1980 for a thesis on watermills in the Roman Empire. He has been Associate Professor of Classical Archaeology and Ancient History in the University of Lund

since 1981. Since 1985 he has also been a resident researcher with the Swedish Council for Research in the Humanities and Social Sciences, specialising in "Technology and Society in the Ancient World" and seconded to the Department of Classical Studies, Lund. Principal research field apart from water power in the ancient world: Etruscian terra cottas.

The Genesis of Industrial Research in Sweden

Sigvard Strandh

page 29

As an introduction, some observations are made concerning the concept of "research". The Swedish equivalent "forskning" came into general use rather late in the Swedish language, not until the beginning of our own century.

The history of scientific industrial research goes back to the introduction, and acceptance, of the so-called Scientific Method in the 17th century.

Chemistry

In Sweden, with her rich mineral deposits, scientific research found its beginning in chemistry, mineralogy and related subjects. The naturalist Urban Hjärne (1641–1729) founded in 1683 a Laboratorium Chymicum in Stockholm to analyse the active ingredients in medicinal plants and to find methods of producing useful medicines. During this work, Hjärne succeeded in isolating formic acid, a discovery which has been considered the first breakthrough in Swedish chemical research. Several 18th-century chemists are discussed:

Johan Gottschalk Wallerius (1709–1785), Professor of Chemistry at Uppsala University in 1750. He published "Agricultura Fundamenta Chimica" (1761), of fundamental importance to the scientific study of agriculture subsequently carried further by Jac. Berzelius and – above all – Justus von Liebig.

Torbern Bergman (1735–1784), prominent exponent of what has been called "the Golden Age of Swedish Chemistry", Professor of Physics at Uppsala University, 1758, later, 1767, of chemistry. Bergman devoted himself first to aerial electricity, later to metallurgy and general chemistry. Among his findings, his Affinity Tables became widely known, and are now considered a forerunner of the Periodic System.

A close friend of Bergman's was *Karl Wilhelm Scheele* (1742–1786), outstanding in fundamental research. Discovered oxygen 1772, independently of Priestlet and Lavoisier, though disputed. Isolated and described chlorine 1774. Explained the blackening of silverchlorine, due to light exposure. Though fundamental, his research results have over the years acquired important industrial applications.

Shipbuilding

Apart from chemistry, important research was also carried out during the 18th century in shipbuilding by *Fredrik Henrik af Chapman* (1721–1808), who in 1768 published his "Architectura Navalis" based on empirical tests of ships' hulls of various forms. This treatise is considered the earliest and one of the most important of its kind.

Metallurgy

The compulsory quality control of Swedish export iron, introduced by the Bergskollegium in 1671, is discussed. This rigorous control encouraged the ironmasters to search for better production methods and triggered, at the same time, a broad scientific interest in metallurgy and geology. Two outstanding scientists are mentioned:

Emanuel Swedenborg (1688–1772). He published four important works in 1734: "De Ferro", "De Cupro", "De Regnum Subterraneum" and "Opera Philosophica et Mineralis" (translations into several European languages followed). The works mentioned are based both on theoretical studies and practical experiments, and give a comprehensive description of the state of the art in the whole metals trade of the 18th century.

Christopher Polhem (1661–1751) is mentioned, although he was not a research scientist in the strict sense. However, examples are given of his development work in classical physics and mechanics.

The Royal Academy of Sciences

The Academy was founded in 1739 and devoted its activities mostly to industrial and en-

gineering research during at least the first hundred years of its existence.

The Swedish Ironmasters' Association

was founded in 1748 to "Promote Swedish iron production" and has to a great extent institutionalised the research work earlier done by scientists like Swedenborg and Rinman. Two examples are given. The introduction of scientific materials testing by Per Lagerhjelm (1828) and Knut Styffe (1860s). And experiments with blast furnaces heated with electricity (1910), eventually leading to electro-metallurgical processes for special purpose steel, today an important Swedish export product.

Chemistry and chemical industry

The first chemical factory in Sweden, Gripsholms Fabriker, was founded in 1807. Jac Berzelius was engaged by this company in 1816, and introduced production control by chemical analysis, which boosted output quality. At his Gripsholm laboratory Berzelius discovered the element selenium, Se.

Educational (institutional) laboratories

Jac Berzelius became Permanent Secretary of the Academy of Sciences in 1819. A number of disciples, both Swedish and foreign, were attracted by the international fame of Berzelius to his Academy laboratory, which consequently became one of the first educational laboratories in Europe. Several followed during the ensuing decades, laboratories attached to the chemical institutions of the universities in Central Europe, particularly in the German States. Examples are given. Adolf von Baeyer, Chemistry Professor at the University of Munich, had a departmental laboratory for 50 pupils. Etc., etc. This broad investment in experimental chemistry education later built up a thriving chemical industry and gave Germany a substantial lead over England towards the end of the 19th century.

The Industrial Research Laboratory

In a biography of Alfred Nobel (N&K 1983), I have maintained that Nobel introduced the industrial, chemical research laboratory in the 1860s. This statement is discussed in detail. The American explosives company D Pont de Nemours celebrated its centennary in 1902 by dedicating its first research laboratory. This initiative was widely praised in both trade journals and newspapers. Alfred Nobel's first research laboratories had by then been in operation for at least 35 years.

Industrial research in Sweden towards the end of the 19th century

Higher engineering education was reorganised in the 1870s and this included a greater emphasis on research. Examples of research achievements are given.

Johan E. Cederblom (1834–1913), Professor of General Technology 1869–1899 at the Institute of Technology, did some interesting research in aviation technology. For some time he co-operated with balloonist S.A. André.

Peter Klason 1848–1937) was Professor of Chemical Technology at the Institute of Technology 1890–1913. Klason was both cellulose chemist and paper technologist. Together with his pupils Klason carried out a number of industrial projects of great importance to the early Swedish paper industry. Klason's motto was that a cellulose engineer should make his mistakes on a test-tube scale, and not by manipulating an industrial process. He also advised the cellulose industry to establish research laboratories of its own. This recommendation was followed by most of the larger pulp and paper manufacturers during the first decades of the 20th century.

Experimental plants

Laboratory experiments are seldom sufficient for developing an industrial process. A better approach is to use an experimental plant, built on a scale of 1:5 or 1:10 of the full-scale industrial process. The first plant of this kind was constructed by the Uddeholm Co. in 1907 at Årås in Värmland. Several similar plants followed during the ensuing decades.

This might serve as an example of the so-called *industrial revolution of scientific research*. "The lone wolf" in a small, ill-equipped laboratory was replaced by a staff of qualified scientists in a laboratory with highly specialised – and costly – instruments. In nuclear research, for instance, the cost of a particle accelerator might often be compared with the costs of a big civil engineering project, like a bridge or an airfield.

Electrochemical industries

The development of electrochemical processes during the second part of the 19th centu-

ry required substantial research efforts for both process design and product control. Two pioneers are mentioned:

Oscar Carlsson (1844–1916) founded Stockholms Superfosfatfabrik (1871), which produced natural chemical fertilisers (phosphates). Later Carlsson developed electro-chemical processes for the production of chlorates and other synthetic fertilisers. For this purpose he founded Alby Nya Kloratfabric 1894, and, later Ljungaverken AB in 1913.

Rudolf Lilljekvist (1855–1930) acquired around 1890 the patent rights for Scandinavia of Hamilton Castner's electrochemical method for the production of chlorine-alkali compounds. The adaptation of the patent to a full-scale process required more than four years of R&D, carried out at the Institute of Technology. A plant was built at Bengtsfors in Dalsland, which was in full operation in 1899. The company (later relocated to Bohus) still has about the same product mix today as in the 1890s.

Electrotechnical industry

A rather detailed review of Jonas Wenström's (1855–1893) invention of the three-phase system 1888–1890 is followed by the statement that this first achievement in electrotechnical research constitutes an important, first *breakthrough* with far-reaching consequences both for industry and society.

When electricity came into more general use in the 1920s, a group of young electrical engineers began to consider the "electrical geography" of Sweden – with vast hydroelectrical resources in the rivers of the north, and with the population concentrated in the south. This poses an energy transmission problem. The solution is to raise the transmission lines' voltage. The group consulted American scientists, and – against their advice – they aimed at 400–500 kV! With this objective they planned a well-equipped high-voltage laboratory at Ludvika. This lab was built in 1929–1930, and is considered to be the *second breakthrough* in Swedish electric engineering research. This resulted in the first 400 kW transmission line in Sweden and the world, commissioned in 1952.

At the Ludvika laboratory, Dr Uno Lamm also developed the HVDC (High Voltage Direct Current) transmission system. The first HVDC system connected the island of Gotland with the Swedish mainland in 1954. A number of HVDC installations have since then followed all over the world.

Sigvard Strandh, born 1921, M. of Eng. Sci. 1946 Chalmers University of Technology. National Defence Research Institute 1946–1951, research in electronics. Swedish Association of Engineers and Architects 1951–1956, Dir. of Continuation Education. Royal Swedish Embassy, Washington DC, Scientific Attaché 1956–1961. Technical Museum, Stockholm, Director 1962–1979, Senior Research Scientist (History of Technology) 1979–1986. Hon. Doctor of Technology (TeknD), Chalmers University of Technology 1980. Retired 1986.

Research, education, culture:

Carl Linde and the Institutionalisation of Technology, 1875–1906

Mikael Hård

page 61

Today, technological research is primarily connected with material and economic phenomena, such as innovation and development. When the research imperative entered mechanical engineering on a large scale in the late 19th century, it did so partly for other reasons, however. Especially in Germany, neo-humanistic ideals like culture (Bildung) played an important role. As the mechanical engineering education system was modelled on the university ideal, research also entered the Technische Hochschulen.

One person whose career well illustrates these trends is the college professor and entrepreneur Carl Linde (1842–1934) – famous for his work in the field of refrigeration technology. It is less well-known that Linde was also instrumental in the foundation of several institutes combining technological research with educational and cultivating objectives.

Here we will focus on two laboratories which were erected at the Munich Technical College under his supervision.

In 1875 Linde was able to open the Laboratory for Theoretical Mechanical Engineering with the aim of making students "acquainted with the methods used when analysing the functions of various machines". Apart from purely educational exercises, the laboratory was also used for different research projects, for example on saturated steam. When, during the 1880s, Linde went to work in the refrigeration business he took several of his former students with him. Thus, their research ability also paid off in the end.

When Linde later returned to academia, he soon strove for the foundation of a Laboratory for Technical Physics – the first of its kind in Germany. It opened in 1902 with a physicist at its head, since, as Linde said, "a physicist knows best the experimental methods of observation". The rest of the researchers were to have an engineering background. Linde's idea was that science and technology share the same methodological foundation, but differ in aims. Most of the people at the laboratory were graduate students. The official purpose of the institute was to educate researchers, to cultivate engineers by initiating them into the secrets of the research method. Linde also had a big say in choosing the areas of study. Most projects before the First World War can be placed under the heading of technical thermodynamics, including problems of central concern to the refrigeration engineer.

This, at the beginning of this century the research imperative had gained a firm foothold in mechanical engineering. It is the thesis of this paper that the German idea of Bildung had been paramount in this process. Idealistic notions were very highly regarded in Germany, and the engineers could hardly have been left unaffected by these ideas. Also, the reputation and status of engineering could be increased by introducing research into the technical colleges.

Mikael Hård. Assistant Lecturer and graduate student in the Department of the History and Science of Ideas, University of Göteborg. Degrees: M.A., Princeton University, 1983. Fil. kand., University of Göteborg, 1981.

The organisation of technological research in Sweden at the beginning of the 20th century

Bosse Sundin

page 71

The period around the end of the First World War saw the organisation of technological research in Sweden. It was at this time that work began at the Wood Pulp Research Association, an organisation that undertook research and development work on behalf of the pulp industry. Work also began at the Swedish Institute for Metals Research and at the Swedish Academy of Engineering Sciences. The latter organisation had as its basic "aim the promotion of technical and scientific research and thereby the support of the Swedish industry and the utilisation of the natural resources of the country". This paper is concerned with the background to and the establishment of these three institutions.

The Wood Pulp Research Association was founded by the pulp industry, which had quickly become one of Sweden's most important export industries. The early successes of the nascent pulp industry had not been based on any systematic research or development work. Each individual company had instead surrounded cellulose techniques with a veil of secrecy which had hindered possible scientific endeavour in the field.

At the end of 1917, the Wood Pulp Research Association was established with the Swedish Ironmaster's Association as a model. The Association was jointly owned by a majority of the larger pulp companies. The aims of the establishment included that of "(working) independently for the improvement of older methods and (devising) new ones". It had also to test equipment and to provide consultative services. The head of the new establishment was an engineer, Hugo Wallin, who was principally known for his invention of a method of fermenting sulphite lye to produce alcohol.

It was, however, soon apparent that the economic circumstances of the new organisation were shaky. At the same time, the pulp

industry underwent an economic crisis which resulted in a number of companies withdrawing their support. In an attempt to reorganise, research was played down in order to transform the Association into a purely consultative body. This failed, however, and in 1922 the organisation was abolished. It was not until 1931 that the pulp industry was to be graced by a similar establishment. Then, a research professorship was established together with a Department of Wood Chemistry and Cellulose Science at the Institute of Technology, both financed by the pulp industry.

The Swedish Institute for Metals Research was established in order to engage in metallographic research.

The science of metallography constituted a breakthrough in the field of metals research, combining as it did both science and metallurgic practice.

The new science came to constitute something of a cuckoo in the scientific nest up until the end of the war. Neither the Materials Testing Laboratory, nor the Institute of Technology, had sufficient qualifications and the university departments that might have been able to contribute more to education and research within the field of metallography had not the capacity. In certain academic circles there seems even to have existed a certain scepticism regarding the technically-oriented science of metallography.

The driving force behind the establishment of the Swedish Institute for Metals Research was Carl Benedicks. After several earlier failures to awaken interest in the establishment of a metallographic research laboratory, he finally succeeded, in 1917, in persuading the University of Stockholm and the Swedish Ironmaster's Association to back his plan. A fund-raising campaign quickly accumulated a sum of over one million Crowns from about fifteen of the larger iron and steel companies and engineering companies. The State contributed laboratory premises together with a modest annual grant. In 1920, the Government was able to ratify the charter of the new Institute.

The Institute began to engage primarily in basic research, dominated by work based on advance X-ray spectroscopic investigations. Unlike the Wood Pulp Research Association, the Metals Research Institute survived the chilly economic climate of the years between the wars. Its existence, however, was not entirely trouble-free. The industrial interests that lay behind the Institute expressed repeated dissatisfaction over the fact that basic research was given such a high priority.

The indirect cause of the founding of the Academy of Engineering Sciences was a parliamentary motion in 1916 which resulted in an inquiry into an institute responsible for energy and fuel matters. No such institute ever came into being but the inquiry resulted in the birth of the idea that led to the founding of the Academy, which was to organise energy-technological research, among other things.

Another issue which was current at the turn of the century, and which also played a part in the sequence of events that led to the founding of the Academy, was the demand that emanated both from industry and from the ranks of the engineers themselves for a modernisation of Swedish government administration.

At the same time as demands for modernisation in government were to be heard, the issue was raised of how industry was to be able to state its views on industrial policy questions. Attempts to provide industry and engineers as a profession with, at least partially, the same organisation resulted in clashes of interest. The result of these clashes, which were at times quite vehement, was that the Association of Engineers and Architects remained a "purely" engineering association, while the Federation of Swedish Industries came into existence in 1910 to monitor and represent the interests of industry.

The Academy of Engineering Sciences came into being with the clearly defined aim of bridging the earlier conflict between industry and the scientifically-oriented engineers. The idea originated from an engineer named Axel F. Enström, who had been deeply involved in the issues mentioned. The Academy's foundation was something of a work of genius. It clearly defined and assigned status to both the scientific and the industrial élite, and can be said to have institutionalised the above mentioned synthesis. Not least the new ideas concerning management received a good deal of attention within the Academy.

Bosse Sundin, Assistant Professor of the History of Science and Ideas at the University of Umeå. Gained his Ph.D. in 1982 with a thesis entitled *Ingenjörsvetenskapens tidevarv*, on the organisation of technological research in

Sweden at the beginning of the 20th century. He is currently working on studies of regional cultures and voluntary associations, and has published articles on these issues as well as on the history of technology. Member of the Swedish National Committee for the History of Technology and the Research Committee of the National Museum of Science and Technology.

Bernalism and research organisation

Scientific ideology and research policy in Sweden during 1930s and 1940s

Thorsten Nybom

page 83

The 1930s were a turning point in scientific ideology and research policy. It was during this period that science and research began to be regarded as a productive force fully comparable with the traditional ones of capital and labour.

What now came to the fore was nothing less than a completely new definition of science, involving a new, vertical principle of organisation based on proximity to implementation. It was from now onwards that serious distinctions began to be made between primary research, targeted research, applied research etc. This, not least, was to affect the direction and organisation of research, a development manifested in Sweden by the new structure of research councils which evolved during and after the Second World War.

With reference above all to developments in Germany during the war and in the USA after it, intensive lobbying soon began for a new order of scientific production in Sweden, especially as regards technical research.

Although this activity can be viewed as part of a general tendency towards rationalisation and planned policy which, not least, came to permeate the Swedish labour movement, industry and technologists who were active in both practical and theoretical fields were the prime movers in the reorganisation of technical research.

Thus in August 1940, partly as an immediate response to the war and the isolation which it involved, a committee was set up to study the organisation of technical and scientific research. The committee worked quickly, producing three comprehensive reports in less than two years. These were transferred almost intact into Government Bills providing, among other things, for the establishment of the Technical Research Council (TFR) and the Committee for Building Research.

The new TFR was a corporatively recruited but predominantly scientific body with the task of establishing technical research on a more systematic, rational basis. The Council was not to engage directly in research, but the Committee was to do so. Thus the TFR and the Committee, in their several ways, set the pattern of future research policy in Sweden: the TFR for the coming organisation of research councils, and the Building Research Committee for the still more revolutionary sectorial organisation.

Associate Professor **Thorsten Nybom,** Department of History, Uppsala University, gained his Ph.D. in 1978 with a thesis entitled (in Swedish) "Resistance – Pliancy – Cohesion. The debate on Swedish foreign policy and international politics, 1940–1943", one of numerous books resulting from the Stockholm University project "Sweden During the Second World War" (SUAV).

Together with Professor Rolf Torstendahl and Ass. Prof. Karl Molin, he headed the research project "Bureaucratisation in Swedish enterprise and public administration since 1870" at the History Department, Uppsala University. In 1986 he took up a research appointment, funded by the National Board of Universities and Colleges, focusing mainly on the development of higher education and research and based on the History Department of Uppsala University. He will shortly be publishing a survey of Swedish research policy since 1945.

Energy, policy and R&D since the Second World War

Stefan Lindström

page 95

Few events have left such a mark on contemporary Swedish debate as the oil crisis of 1973. Not only did that crisis have far-reaching economic repercussions, it also developed into a general energy crisis and a focal point of the big political issues of the seventies. What began as a passing disruption of the oil market proved to be an event provoking critical questions about the future of industrial society, questions which were to have important parliamentary consequences. The energy issue, more exactly the debate on the safety of nuclear power, contributed towards the formation of Sweden's first non-socialist government in 40 years – but also to the collapse of that government – and to the fourth referendum in Sweden's history.

The oil crisis took many people by surprise and the immediate reaction of Government and Riksdag (Parliament) was one of uncertainty and confusion. One might well suppose, therefore, that the oil crisis was a unique event in Swedish politics, an unprecedented situation. But since at least the end of the 19th century, when the process of hydro electric development began, Swedish energy policy has been contending with the same fundamental issue: the balance between imported and native energy. There has been a perpetual conflict between commercial, industrial and security considerations. Not that energy policy has always occupied the centre of attention, but it has been thrust into view by a number of "crises", events transforming the conditions of long-range planning in this field.

There were two occasions during the post-war years – before the oil crisis – when nuclear power attracted a great deal of attention, viz immediately after news was received of the atomic bomb in 1945 and after the so-called Geneva Conference of 1955, which was followed by something of an atomic fever.

Comparing reactions to these crises, one perceives a pattern. On these occasions the State has reacted vigorously. Large-scale R&D programmes have occupied a prominent position among the measures taken, and they have been presented as the link with a future having utopian overtones.

The decisions underlying these investments, however, have been vague and, once the mood of crisis has abated, the determination of the State and its scope for manoeuvre have diminished. The offensive policy has required a suppression of market mechanisms, which has only been possible in politically exceptional circumstances.

Summing up, great similarities are discernible between arguments for developing nuclear energy and those put forward for the energy sources regarded in recent years as alternatives to nuclear power, e.g. wind power and biofuels. Efforts in the energy sector have also been of major symbolic significance, associated as they are with questions relating to the perpetuation of society itself.

Stefan Lindström is a Research Assistant with the Group for the Study of Higher Education and Research Policy at the Department of Political Science, Stockholm University.

How can technical research be affected by national research policy?

Hans Glimell

page 107

This article describes the aspirations of Government and Riksdag (Parliament) during the late sixties and early seventies to influence the forms and direction of technical progress. This phase of national technical policy was characterised by a bid to integrate a more active industrial policy with the latest guidelines of research policy.

The development of industrial policy towards what we sometimes today call a selective industrial policy involved among other things the establishment of several new governmental

agencies during the closing years of the 1970s. The National Board for Technical Development (STU), the Swedish National Development Company (SUAB) can be viewed as parts of this new organisation, as can the establishment of the Ministry of Industry. The work of compiling input documentation for their activities was conducted conjointly with the then Swedish Government Research Advisory Board, which among other things had charted a number of "blank spaces" where current social needs were believed capable of serving as a point of departure and a motive force for intensified R&D inputs. The needs of environment protection, health and medical care, the transport system, teaching methodology and food production were quoted as examples of such fields.

More conscious management by need was also associated with a considerable technical and industrial development potential. Lofty ambitions, manifested through public commitments and guidelines, were believed capable of serving as levers in this context, helping to create an early home market for conceivable innovations. The interrelationship thus evolved between sectorial development, technology support and research policy was perhaps most articulately expressed through the "social sector role" allotted by Government and Riksdag to STU as one of its three principal responsibilities.

The article describes how that role was variously interpreted within STU and how one of the interpretations, referred to as a reformist line, eventually came to predominate. At the same time there were several other parts of the envisaged new organisation of technology policy which proved difficult to establish as originally intended. As we approached the end of the 1970s, there is cause to speak of a failure in the implementation of the policy outlined.

The consequences of that failure are briefly discussed, partly in terms of general research policy and also with reference to developments in two technical fields, viz health and medical technology and environmental technology. This latter discussion is based on experience of two more comprehensive research policy studies of each field, focusing on the co-ordination of technology development support and sectorial planning.

As regards general consequences, the article puts forward certain analogies to a recently published study of implementation problems in two other policy fields (labour market policy and school policy). These are tested as a starting point for explaining developments surrounding the research and technology policies analysed previously. It is also argued here that the absence of steering in the intended direction gradually prompted a backlash which in turn led to a radical transformation of circumstances prior to the next phase, i.e. the policy of the eighties in this field.

Hans Glimell, B.Sc., Econ., is actively involved in official and academic research focusing partly on questions of research policy. During the past year he has taken part in the work of the Futures Study Commission and he is currently working at the Research Policy Institute, Lund, on a project concerning industrial renewal through national micro-electronics programmes in Sweden and Denmark.

High-tech development and national R&D systems

Anders Granberg

page 119

This article describes a number of ideas and results from an international comparative technology study which is being funded by the National Board for Technical Development (STU) at the Research Policy Institute in Lund. The main focus of attention is on the institutional handling in three countries – Sweden, West Germany and Japan – of certain strategically important, research-based technologies. The study is based on two mutually complementary methods: wide bibliometric probes and more penetrating qualitative case studies. The survey findings are summarised here with the aim of showing the relative scope and general dynamics of national efforts, as well as elucidating the relatively importance of different actors or groups of actors in the national R&D systems concerned.

The following technical fields are considered: genetic engineering, laser technology,

fibre optics, VSLI and robotics. By way of introduction, the selected fields are briefly characterised, with special emphasis on basic similarities and dissimilarities. Certain fundamental concepts are introduced. The author goes on to outline three possible strategies or general attitudes as regards the individual country's actions in a given field: a pioneering, leading-edge strategy; its antithesis, viz a commercial strategy; and an intermediate, "deferred action" strategy.

A broad reconnoitring bibliometric sweep was made of the various technical fields and of the three countries. The input data consists of quantified and sourced data – taken from large databases – concerning the national outputs of scientific and technical magazine articles and USA patents in the relevant fields and for the period between 1973 and 1984. This probe conveys a preliminary picture, subject to several reservations, of trends and institutional contours in the high-tech landscape. The comparative patterns emerging include, for example, what are for the most part very steeply rising Japanese output curves, the relatively heavy developmental emphasis of Swedish R&D investments, Sweden's comparatively late arrival or delayed take-off in certain fields, the contrasting institutional breakdown of Swedish and Japanese production (with a relatively heavy university sector in Sweden and a heavy entrepreneurial sector in Japan), and the comparatively great breadth of the West German institutional sector, with a variety of structures from one field to another. In Sweden's case a number of findings are recorded which, in various ways, reflect the special conditions of a small country.

The bibliometric section is followed by a description – based on secondary sources and interviews – of Swedish and international developments in one of the five technical fields, namely fibre optics. The main purpose of this case description is to illustrate and concretise the concepts and results already presented, while at the same time putting the bibliometric method to the test. One finds, for example, that Swedish action concerning fibre optics can, with certain reservations, be regarded as an example of the "deferred action" strategy and that these activities have for the most part been system-oriented. But this case also points to the possibility of a country like Sweden, within the framework of such a strategy, achieving prominent positions in certain niches or narrow front sectors. Finally, it is observed that the picture conveyed by the bibliometric material of the general lines of development and the central actors in this field of technology agree fairly well with the case study findings. Certain gaps and biases in the bibliometric picture, however, are also distinctly apparent.

Anders Granberg works at the Research Policy Institute, Lund University, specialising mainly on questions of research and technology policy and R&D organisation. He is above all interested in the development, nationally and internationally, of the new baseline technologies.

"Demand Pull" and "Technology Push"

Doctrines and new technology in Swedish naval defence 1850–1880

Jan Glete

page 135

Theoretical discussions about innovations usually emphasise either the role of scientific and technological knowledge (the "technology push"-hypothesis) or the role of economic opportunities (the "demand pull" hypothesis). Empirical testings of these hypotheses require research in the history of technology as well as in economic history. The aim of this paper is to carry out an empirical test in a somewhat special but very important field of innovation – the navies. Their transition from sail, wood and cast-iron guns to steam, iron and breech-loading, rifled steel-guns with shells was one of the major technological revolutions of the 19th century. In the Swedish navy as well as in several others, the technological transition was followed by a change in the naval doctrine of warfare. The doctrine of warfare is here considered as the naval "demand" for technology. It is based on a previous book by the author about the transformation of the Swedish coastal defence forces during the 19th century.

Writers commonly give one of two reasons for the well-known fact that the innovations were introduced with a considerable time-lag in the navies. One of them emphasises the inertia of conservative naval organisations while the other stresses that for a long time the new technology was not ripe for naval requirements. Both explanations are partially correct, but they fail to put the interaction between demand and supply into focus. The naval organisations were usually not hostile to technical progress but they were entirely unfamiliar with the new technology and failed to see its vast potential for naval warfare. The new technology was advocated by the new industrial entrepreneurs and by independent consulting engineers familiar with it. Iron and steel makers, shipbuilders specialising in iron and steam and mechanical engineers such as William G Armstrong, Alfred Krupp and John Ericsson could propose new types of ships and guns, but they lacked the naval and military experience which was necessary to produce mature weapon systems. They were even less capable of formulating doctrines of warfare suited to the new technology.

That task obviously rested with the naval establishments which had to evaluate the opportunities provided by the new technology and formulate a coherent policy. This reorientation usually needed a new generation of naval officers and engineers trained in the new technology from their youth. By the end of the 19th century this was accomplished and the navies were from then on able to develop a constructive research and development policy towards the new technology. Networks of contact grew between the naval establishments and the new industrial companies – today such contacts are usually called the military-industrial complex.

It is obvious that the new technology was introduced from the supply side as a technology push. The navies for a long time provided very little demand for new technology. When the naval revolution finally took place in the 1850s and 1860s it was released by wars and political pressure from governments which were sometimes more aware of the implications of industrialisation than the naval establishments. In the next few decades the navies were developed by technological forces largely beyond their own control. Officers and naval engineers were too much occupied with learning the basics of new engineering to think about strategy and naval policy. When they finally did so, they could also consciously demand innovations suited to a naval doctrine of warfare.

In 1850 there were by tradition two separate navies, one with sailing ships-of-the-line and frigates and one with oared gunboats for archipelagic warfare. The naval doctrines of warfare were conflicting and not really adjusted to existing strategic realities. The naval revolution started in the normal way, with a dominant technology push. John Ericsson's monitor type was introduced with much enthusiasm but with little discussion about why the navy's major warships should have heavy guns, very good armour, low speed and limited capacity for fighting in the open sea. In the 1870s a new naval doctrine of warfare emerged, based on the fact that the major threat to Sweden was a seaborne invasion. The navy's main task was not to defeat an enemy fleet, which probably would be vastly superior, but to attack the enemy troop transports. This doctrine was based on an evaluation of the opportunities of *new technology*, which showed that it tended to favour strategically defensive warfare but also tactical offensives. Consequently the Swedish navy should consist of a coastal defence striking force: small and moderately sized warships, sufficiently fast and seaworthy to carry out attacks on a transport fleet outside as well as inside the archipelago. The same type of warships should also block the Swedish archipelago to enemy armoured fleets in order to protect Swedish cities from naval bombardment. In the early 1880s two main types of warships emerged out of this discussion: an armoured coast defence ship and the small torpedo boat. By formulating a coherent doctrine the navy had created demand for new technology which had guided innovations.

A tentative conclusion is that small-step innovations are best carried out in close co-operation between customer and manufacturer in an established network created by long-term demand for and supply of new technology. But radically new innovations may require an entirely new combination of customers and manufacturers. A strong technology push may provide the customer with modern but unsuitable equipment. A strong demand pull may restrict the creativity of suppliers.

Jan Glete, born in 1947, Associate Professor (docent) of History, Stockholm University.

Publications; *Kreugerkoncernen och Boliden* (1975), *Kreugerkoncernen och krisen på svensk aktiemarknad* (1981), *ASEA under hundra år* (1983), *Storföretag i starkström* (1984), *Kustförsvar och teknisk omvandling* (1985) and *Ägande och industriell omvandling* (forthcoming 1987); also articles and reviews on company history, the history of naval warfare, etc. Contributed to Dædalus in 1980, 1982 and 1984.

At present engaged in a quantitative study of the role of the navies as markets and military power factors in the sailing vessel era.

System 37 Viggen: military R&D in industry*

Ingemar Dörfer

page 147

System 37 Viggen is the largest R&D project in Swedish history. In the 1960s it absorbed one-third of all Swedish military R&D funds and 15% of all government-funded R&D. For this reason 9.4% of all Swedish defence expenditure during the 1960s went on R&D, compared to 13.1% in the United States, 12.7% in the United Kingdom and 8.8% in France. The total R&D cost of the System 37b Viggen is 15,5 billion SEK in 1986 prices.

Like most weapons systems, the Viggen project was a development rather than a research project and the large costs were on the development side. Because all Swedish combat aircraft projects have been conducted with a safety net of Anglo-Saxon technology, the American and British method of developing combat aircraft is contrasted with the Swedish pattern.

Two methods in the weapons acquisition process are compared – the building block sequential approach and the weapon system approach. The building block or sequential model stresses the element of uncertainty in all development work, whereas the system method assumes that all problems can be solved, given time. The sequential approach is flexible and takes one step at a time. The system approach is rigid and assumes that all components can be integrated even before their development has begun.

In the 1950s the United Kingdom and, especially, the United States had many plants that developed airframes, engines and electronics, and thus a large number of building blocks. In the United States there were 70 in 1959, in the UK 25 and in Sweden three – Saab, Flygmotor and LM Ericsson. Despite the advantages of the sequential method, America shifted to the weapon-system approach in the early 1950s. It was erroneously thought that the Soviet Union had solved the leadtime problem better than America – leadtime being the time between start of development and initial operational capability. The first efforts along these lines, the Convair F 102 Delta Dart and F 106 Delta Dagger, ended in relative failure. Ramo-Wooldridge entered the Atlas rocket programme with greater success in 1953, and in 1956 the Thor rocket was developed according to the same method. In the 1960s McNamara's Whizz Kids selected weapon systems on their paper merits and the system method prevailed. With the Lightweight Fighter Competition in 1970 the selection was again made through a competitive approach using prototypes rather than documents.

In the UK the Korean War scare also led to the system approach, best symbolised by the spearhead method where all the top technology was invested in one system. The cancellation of the TSR 2 in 1965 was thus an especially hard blow to British aerospace technology. Since the TSR 2 all major British projects such as the Tornado and the EFA successor have been co-developed and co-produced with Britain's European allies.

In Sweden the very few airframe and engine producers dwindled to three at the beginning of WWII – one airframe and two engine suppliers. In 1952 Sweden decided that indigenous development of jet engines was beyond its reach and concentrated its engine capability within Flygmotor. At the same time Ericsson emerged as an important supplier of electronics. Thus a troika of Saab (airframes), Flygmotor (engines) and Ericsson (electronics) emerged in the postwar Swedish aircraft industry. The de facto monopoly of Saab and Flygmotor was established already back in 1940,

when the companies were given multi-year contracts guaranteeing development work and production orders. Through repeated renewals of these special contracts the situation prevailed for 25 years – until 1965. Strict rules and government supervision curtailed inefficiency and ungainly profits. After the war, seven-year procurement plans maintained production at a high level. In the 1940s the entire aircraft industry was geared to military production and the Air Force flew Swedish combat aircraft supplemented by British and American imports.

The pattern emerging during the war was set.

Saab always developed and produced the airframe.

Flygmotor always produced the engine under a foreign licence and often also developed the foreign core engine further. Until 1961 the chosen engines were British and after 1961 they were American, such as the Viggen Pratt & Whitney JT 8 and the Gripen GE 404. The radar is usually developed and produced by Ericsson but sometimes imported, as with the French CSF radar in Draken A. Components too expensive and scarce to develop in Sweden are bought off the shelf from abroad. In the JA 37 Viggen, for instance, the internal navigation system comes from Kearfoot, the radar altimeter from Honeywell and the air data system from Garet Air research. 16.5% of the JA 37 Viggen is American made, 6.5% is European made and 80% is Swedish. In the JAS Gripen, 30% will be foreign.

Thus Sweden only develops one major combat aircraft at a time, and that project is evaluated against the potential foreign competitors. Through the System 37 Viggen that implicit competition was based on price, but in the selection of the JAS Gripen project formal bids from foreign bidders were also considered.

Until the development start of the JAS Gripen, no production contracts were signed until after the prototypes had flown and the project was safety under way. With the Gripen the aircraft industry developing the system is taking larger risks, signing firm production contracts well before the first prototype flight.

In the 1950s both the System 32 Lansen and System 35 Draken were developed. In the 1960s the expensive R&D costs called for one project only. Thus the System 37 Viggen was developed as a weapon system using the British spearhead method. Since no Swedish alternative was under way, all effort was concentrated on Viggen. Since there were only a few Swedish building blocks available, foreign building blocks were used when there were no indigenous ones. Economics and technology made the Swedish weapon-system approach necessary with the 37 Viggen, not leadtime and national/international security policy as in America and the UK. Because of its NATO membership, Great Britain, with larger R&D resources in aerospace than Sweden, still co-developed and co-produced its combat aircraft. Sweden, being neutral, went it alone, importing important subsystems rather than co-producing them. As a consequence the Swedish Air Force has fewer types of combat aircraft with lower operational and maintenance costs than the equally large Royal Air Force.

*An extended version of this paper is "The Development of Military Aircraft: The United States, Britain, Sweden" in Ingemar Dörfer: *System 37* Viggen: Arms, Technology and the Domestication of Glory, Oslo: Norwegian University Press, 1973.

Ingemar Dörfer is Associate Professor of Political Science at Uppsala University and a Senior Research Associate of the Swedish National Defence Research Institute. His publications include *Communication Satellites*, 1969; *System 37* Viggen, 1973 and *Arms Deal: The Selling of the F 16*, 1983, etc.

Science in the service of defence

Some trends in the evolution of defence-related research

Wilhelm Agrell

page 157

There are two important respects in which defence research since the Second World War has come to figure as an outstandingly important sector. It has come to play a pivotal role in a transformation of military technology and in arms races increasingly dominated by the com-

plexity and performance of big technical systems. At the same time, the emergence of a large body of military research has done a very great deal to influence the build-up and emphases of policy on research into technology in the industrialised countries.

Before the outbreak of the Second World War, not one single country had an established body of military research, except within limited fields and concerning the development of specific materials. There was no integrated view concerning the way in which scientific research could be systematically organised and utilised for military purposes.

The Second World War was a war of rapid movement in which the performance of technical systems and their tactical and operational use proved to be critical factors governing the military outcome. Consequently the war became a hectic race between strategies and counter-strategies of warfare by land, sea and air.

The contest was swayed, not so much by innovations in themselves as by the capacity, or incapacity, of the belligerents for rapidly developing and testing combat systems which could be mass-produced and committed in large quantities. German military research produced any number of radical innovations, but the German armaments industry was unable to give priority to the most important projects. By contrast, the allies successfully overcame these problems in several important fields.

The Second World War meant the breakthrough of a new type of relationship between the research community and society at large. No single venture can symbolise this change more distinctly than the Manhattan Project, which generated or confirmed the conviction that large, complicated innovations involving a great deal of uncertainty could be pushed through if only sufficient resources of personnel and finance were put into them and if only the activities were properly organised.

Thus the changed relationship between the research community and society implied, first and foremost, a *scientification* of military activities, with officers and politicians realising the importance of national research mobilisation on a wide front.

But at the same time this change in the relationship between research community and society also led to what may be termed a *militarisation* or *bureaucratisation* of research. By joining in the national mobilisation (which not all of them did), researchers submitted to a system fundamentally different from a western tradition of scientific liberty and autonomy.

During the post-war era, militarisation or bureaucratisation did not only or even principally come to dominate research for military purposes; it also affected the general view taken concerning the role of research in social development and of questions relating to the autonomy of research as contrasted with its usefulness to the community.

The development of military research and research policy in Sweden presents both considerable similarities to this international pattern and a number of national idiosyncrasies emanating both from the character of Swedish society and from specific historical experience.

Before the Second World War there was no systematic military research in Sweden to speak of, except for production-line engineering development conducted by armaments manufacturers.

The war underlined the importance of domestic military research in two distinct ways. Firstly, rapid technical progress could mean Sweden's defence rapidly becoming obsolete, and secondly the blockade of Sweden by the belligerents meant that the build-up and modernisation of Sweden's defence would have to be based essentially on the country's own resources. To make this effort worth while, procedures had to be devised for ensuring that the material produced would not be technically inferior to that which the forces of the great powers would have at their disposal. This, essentially, was the background to the establishment in 1944 of a joint defence research institute charged with monitoring international developments in military technology and, by means of its own research and contacts, with encouraging native developments in the field which looked promising in relation to the needs of Sweden's defence establishment.

The National Defence Research Institute became the rallying point for practically all military research not directly bound up with the development of specific weaponry systems. But the real scientification of the defence sector did not come until the 1950s, in connection with preparations for a Swedish nuclear weapons programme. Although the programme never materialised, defence research re-

tained its central position, culminating during the 1970s with the proposals put forward by the Defence Research Commission, whose aim was a defence policy and defence plan which in every respect would be scientifically based.

Although these plans were not fully realised, the development of defence research played an important part in bureaucratising the whole of Swedish defence policy. The ideas underlying the official reports on defence research also laid the foundations of the sectorial research policy which emerged during the 1970s.

Wilhelm Agrell holds a Ph.D. in history and is currently active at the Research Policy Institute, where he heads a research programme entitled "Research policy, military technology and national security". He has mainly specialised in aspects of Swedish security policy and armaments questions.

From Military Research to Civil Industry

The Case of Norwegian Electronic Industry in the 1950s

Olav Wicken

page 167

The Norwegian industrial electronic industry developed slowly compared to most other western countries up to the late 1960s. This article deals with a case study of an attempt to establish a factory for automation components based on research activity at Norway's only military research institute. The Norwegian Defence Research Establishment (NDRE), and a civilian research institute, Christian Michelsens Institutt (CMI), from 1950 to 1954.

The attempt did not succeed and three factors are considered as retarding the industrialisation of results from technical research:

1. Established Norwegian industry lacked certain kinds of technical productive competence, particularly for the production of precision components. The research institutes were not able to find any existing company able and willing to take up production of servotechnical components.

2. Alternatively, the researchers tried to establish a new company for the production of this kind of products. They did not succeed, partly because of a shortage of technical engineers. The research institutes did what they could to keep the researchers in the laboratories and prevent them from being industrial entrepreneurs.

3. In the 1950s Norway also lacked an initial market for this kind of production, i.e. institutions or firms willing to support the new firm until it was able to run at a profit itself.

Olav Wicken, born 1950, holds a B. A. degree and is employed as a researcher at the Norwegian Defence History Research Centre. He has made a special study of the industrial history and armaments industry of modern Norway.

From Research to Production

A failed attempt in Norwegian electronic industry

John Peter Collett

page 181

This paper continues the story of the attempts to establish an independent manufacturing of servotechnical equipment in Norway related in Olav Wicken's paper. It traces the development of a scheme initiated by the group working on process regulation at the CMI (Chr Michelsens Institut) in Bergen. When the plans for a Norwegian servotechnical factory had been abandoned, the senior CMI scientist privately approached the director of Standard Telefon og Kabelfabrik (STK) A/S in Oslo and suggested that STK took up production of this sort of equipment. An agreement was made in 1956, according to which STK paid CMI to undertake the development of a set of process control equipment. CMI finished the development project in 1961 and delivered the prototypes to STK for industrial-

isation. Due to unforeseen difficulties in the transfer of the prototypes to industrial production, the equipment was not ready for production until 1963. It then turned out to be impossible for the STK to sell its equipment in more than small numbers, and the whole product line was abandoned in 1965.

The paper examines various explanations of this failure. One drawback with the equipment seems to have been the technology chosen by CMI and STK. In the early 1950s pneumatic control equipment dominated the market, but CMI – rightly – suggested that electronic equipment was taking over. However, CMI and STK decided not to develop fully transistorised equipment, but to make use of magnetic amplifiers instead. When the equipment was put on the market seven years later, this technology was already becoming outdated. At least, it was not a technologically leading equipment that was offered. The long time-lag from the development phase to the production phase seems thus to have been unfortunate. The reason for this time-lag is found in a less-than-optimal division of responsibilities between CMI and STK. STK limited its participation in the development project to be the passive sponsor of the work going on at CMI, and the company had not in the meantime prepared the transfer from prototypes to production. STK directors admitted that this was the first time the company had co-operated with an external research institution, and the company was clearly unaware of the difficulties inherent in such a project.

Nor had STK made any preparations for the marketing of the process regulation equipment, and it seems that the lack of understanding of the market for this sort of equipment proved to be the fatal weakness of the project. The aim of both CMI and STK was to produce a standard set of regulation equipment that could be used for any industrial process. This turned out to make the equipment too general. A potential market of a considerable size was found in the Norwegian industry, which prospered in the 1960s and represented an important demand for process regulation equipment. But the problems of the firms were more specific than the STK equipment could solve. Both the design and the marketing of the equipment demanded a knowledge of the user's particular needs that STK did not possess. Attempts were made to strengthen the company's know-how in the field of chemical processes, but this obviously came too late.

STK was the Norwegian subsidiary of the ITT conglomerate, but its international connections did not do much to heighten the chances for export sales of the STK equipment. Most of the ITT companies – like STK itself – specialized on telecommunications. They had little or no knowledge of the market for process control equipment. The ITT Europe leaders were sceptical to STK taking up this product line in the first place, and in 1965 the ITT general managers turned the thumb down for a project that could have rescued the STK equipment. Among the firms purchased by ITT was a company called Barton Instruments, which wanted to co-operate with STK in the further development and sale of control equipment. But the ITT found that it was too late for the company to enter a field that was already dominated by a number of companies with a firm technological lead.

This story offers an example of how indigenous Norwegian know-how in an advanced technology failed to be exploited by Norwegian industry, due to lack of experience with management of advanced R&D projects and to lack of understanding of the market. It seems that process control equipment could have offered an opportunity for the development of a Norwegian "niche" production. STK was very close to Norway's leading chemical producer – Norsk Hydro – and it seems that co-operation between the two companies could have bridged the gap between producer and market. However, no such co-operation was established (partly due, perhaps, to the fact that Norsk Hydro had previously invested heavily in pneumatic equipment and was reluctant to take into use the new electronic equipment). Thus, this story offers a striking contrast to what would be one of the great successes in Norwegian electronic industry – the development of ship automation systems. In this field, a very close co-operation was established between the research establishments, the producing firms and the shipowners. This made it possible for Norwegian electronics producers to draw full benefit from the closeness to a market which was one of the biggest and most advanced in the world – the Norwegian merchant fleet – in establishing Norwegian dominance in a market niche.

John Peter Collett, born 1953, is a B. A. of Oslo University, where since 1984 he has been employed at the Department of History as a research assistant on the history of technology research project "The Norwegian Electronics Industry, 1945–1970".

Molecules, technology and micro-circuits

Håkon With Andersen

page 191

This article deals with the emergence of Norwegian semiconductor research and the conditions governing Norwegian semiconductor production. The author is concerned above all to show how different institutional and technological factors brought about a distinctive developmental process, emanating from defence research and also from civilian and industrial research. These developments are compared with the international scene, the Norwegian "path" having more in common, initially, with the American semiconductor model than with the established European one. The start-up time (the early 1960s), the choice of technology (silicon, planar) and type of product (digital integrated circuits) all resembled the American model for independent semiconductor producers. Due, however, to the existence of a different industrial structure from that of the USA (lack of an infotech industry being an essential factor here), the commercial experiment failed and the research environment was pushed into thin-film technology, with the defence establishment as its principal customer.

An attempt is also made in this article to show how a research project changed character from a scientific to a more overtly technical emphasis, in a process of interaction with production requirements. Together with various military and civilian pressures, these elements constituted a "seamless fabric" in which developments cannot be explained in purely technical terms but are to be seen as the beginning of a new network, a new way of integrating science, technology, social systems, economics and politics.

Håkon With Andersen, born 1949, is a graduate engineer who went on to study history and social science. He has held a university fellowship in the history of technology and is currently doing research work for the NTNF-NAVF history of technology project. His main energies at present are being devoted to a Ph.D. thesis in history entitled "From the British to the American Ideal of Production. Changes in Technology and Work at American Engineering Shops and in the Norwegian Shipbuiding Industry, 1935–1970" (Trondheim 1986). He has published a number of articles on the history of technology and working life, and he has also been visiting researcher at the Massachusetts Institute of Technology.

Stiftelsen Sveriges Tekniska Museum och Telemuseum under verksamhetsåret 1985/1986

Stiftelsen Sveriges Tekniska Museum

Verksamheten budgetåret 1985/86

Museets möjligheter att förvara och vårda föremålssamlingarna har under året avsevärt förbättratas genom invigningen av ett nytt magasin vid Arlanda för flygmuseisamlingarna samt genom utvidgning av den föremålstekniska centralen vid Gysinge. En översyn av arkiv, bildarkiv och biblioteket har visat flera eftersatta behov och en del har kunnat åtgärdas under året. Ett förnyelseprogram för museets fasta basutställningar har tidigare utarbetats och flera nya basutställningar och en översyn av en del av de äldre utställningarna har genomförts. Museibyggnaden har genomgått en viss upprustning, bl a av entréplanet och vissa administrativa utrymmen. En ny museibutik har invigts.

Museets personalsituation har förbättrats genom att museet kunnat för externa medel och genom omdisponering av egna inkomster göra anställningar av utbildad personal för bl a arkiv- och föremålsområdet, museiundervisning, öppethållande och bevakning samt information.

Museet har under året haft ca 180 000 registrerade besökare, vilket är en positiv besöksutveckling och får tillskrivas det faktum att Teknorama och flera nya utställningar öppnat.

Det tidigare inledda samarbetet med landets tekniska museer har fortsatt inom ramen för de teknik- och industrihistoriska museernas samarbetsråd (TIMSA), liksom inom bl a SAMDOK och SAMOREG och i industriminnesfrågor med bl a riksantikvarieämbetet. Museet har i flera olika sammanhang samarbetat med bl a universiteten, KTH, FRN, NFR m fl institutioner, vilka redovisas nedan. I samarbete med TIMSA och Korrosionstekniska föreningen har museet arrangerat bl a "Plast, gummi och lättmetall" – ett informationsseminarium om vår tids material.

Museet har som tidigare år samverkat nära med Telemuseum, som avger separat verksamhetsberättelse.

Ekonomi

Museets ekonomi har under året ansträngts pga kostnader i samband med de investeringar som gjorts i nya basutställningar och ombyggnaden av entré och museibutik. Olika tidsfaktorer och en försening av ombyggandet av bl a entréområdet har medfört att flera investeringskostnader tagits under innevarande budgetår. Finansieringen av olika utställningsprojekt har skett i samarbete med företag och olika näringslivsorganisationer. Budgeterat finansiellt utrymme har överskridits. Trots ökade intäkter och utnyttjandet av reserverade medel uppstår ett underskott i årets resultaträkning om 826 kkr. Utöver detta kommer årets budget att belastas med kostnader på 508 kkr hänförliga till budgetåret 1985/86.

Museets intäkter och kostnader samt ekonomiska ställning redovisas separat i museets balans- och resultaträkning.

Särskilda förvaltningsberättelser avges av Tekniska Museets jubileumsfond 1974 och Luft- och rymdfartsmuseinämnden. Telemuseum avger särskild redogörelse för verksamhet och ekonomi.

Föremålssamlingarna

Föremålssamlingarna, allmänt. Uppordnings- och registreringsarbetet i magasinen har fortsatt liksom arbeten för att tillgodose en mer adekvat magasins- och arbetsmiljö. En fotografering av utställda föremål i museets basutställningar har inletts med syfte att komplettera museets föremålsregister och skapa underlag för konserveringsinsatser. Rutiner för föremålsregistrering med hjälp av dator har utarbetats. Nyaccession av föremål har begränsats då uppordningen av tidigare insamlat material prioriterats. Sammanlagt ett trettiotal nya föremål har registrerats, till vilka kommer ett betydande antal föremål som anskaffats som rekvisitaföremål till de nya basutställningarna.

Föremålsteknisk central i Gysinge. Föremålsmagasinen i Gysinge har tillförts viss teknisk utrustning, bl a ny truck. En uppordning av samlingarna har fortsatt och vissa konserveringsinsatser för museets utställningsverksamhet har varit möjliga att genomföra. Utredningen om en ny föremålsteknisk central med särskilda vård- och magasinsenheter och utställning har fortsatt och projekthandlingar upprättats.

Flygmuseisamlingarna vid Arlanda. De flyghistoriska samlingarna har varit magasinerade i olika lokaler vid Arlanda och på museet och förvaltats av museet under ledning av Luft- och rymdfartsmuseinämnden. I oktober blev ett nytt magasin klart och samlingarna har därefter successivt överflyttats dit och en uppordning och registrering av samlingarna har påbörjats.

Konserveringen. Konserveringsarbetet har fortsatt rörande vissa föremålsgrupper men framför allt varit inriktat på att åtgärda föremål som avsetts till de nya basutställningarna. Konservator har även medverkat med synpunkter på förebyggande vård rörande utställningstekniska

arrangemang. En översyn av utställda föremål har skett successivt. Utredningen om en framtida utbyggd konservering med föremålsintag och fotoateljé placerad i södra flygeln har fortsatt och projekteringshandlingar håller på att upprättas.

Arkiv och bibliotek

Arkivet. Den föregående år inledda genomgången och uppordningen av arkivet har fortsatt, bl a har en inventering gjorts av arkivsamlingar som förvaras utanför arkivlokalen, bl a en omfattande ritningssamling. Museets ämbetsarkiv har varit bristfälligt arkiverat och en uppordning har inletts. En ny accessionsrutin har införts fr o m 1986. Forskarexpeditionen har moderniserats i anslutning till läsesalen och nya rutiner införts för den gemensamma forskarservicen för arkiv, bibliotek och bildarkiv. Även arkivlokalerna visar stora brister och insatser behöver göras för att förbättra arkivklimatet.

Bild- och negativarkivet. Uppordningen av museets stora negativsamlingar har fortsatt med bl a rengöring och registrering. Ett nytt register efter inventarienummer har påbörjats för föremålsfotografierna som komplement till det tidigare ämnesregistret. Nya utrymmen för magasinering, bildvård och registrering planeras i södra flygeln.

Biblioteket. Biblioteket har utnyttjats av bl a tjänstemännen vid museet och av utomstående forskare och andra intresserade. Fjärrlåneservicen har ökat. En gallring av oregistrerad och irrelevant litteratur har genomförts, liksom utsortering av dubbletter m m i avsikt att erhålla bättre utrymme i de trånga hyllsystemen. En genomgång av katalogen har genomförts och vissa åtgärder, bl a hålslagning av katalogkorten och inköp av nya katalogskåp, har medfört bättre ordning. På sikt planeras en omkatalogisering av det äldre materialet efter modern biblioteksstandard för att möjliggöra bättre service. Biblioteket har under året anslutits till de svenska forskningsbibliotekens databas LIBRIS.

Fotoateljén. Ateljén har under året utfört ett stort antal repro- och fotograftjänster för forskare, bildredaktörer, m fl som besökt museets arkiv samt för museets utställnings- och dokumentationsverksamhet.

Dokumentation och forskning

Forskningsnämnden. Museets forskningsnämnd har till uppgift att planera, initiera och samordna forskning inom museets ansvarsområde samt genomföra symposieverksamhet i enlighet med stadgarna för museets jubileumsfond. Nämnden har under året bl a behandlat olika dokumentations- och forskningsprojekt för museet och förberett symposiet Teknisk forskning i ett historiskt perspektiv, som hölls 24–27 augusti 1986 på museet, samt förberett kommande symposier.

Forsknings- och dokumentationsprojekt. Det föregående år inledda forskningsprojektet Hälsinglands elektrifiering har fortsatt och bl a redovisats i ett par artiklar. Projektet kommer att avslutas under 1987. Den tidigare genomförda undersökningen av Edsbyns elektrifiering har sammanfattats och publicerats (se Publikationer). Den tidigare av SCPF bedrivna inventeringen av pappersbruk i Sverige, etapp 3 Norrland har fortsatt i samarbete med museet fr o m 1986. Datorhistoriken Från kula till data del 1, har färdigställts och föreligger i stencil. Arbetet med del 2 har påbörjats. Materialinsamlingen för projektet Svenska och finländska urmakare har fortgått och beräknas avslutas under 1986. En dokumentation av plast- och gummiföretag har inletts sedan medel ställts till förfogande av berörda branschorganisationer. Vidare har i samarbete med Sandvik en dokumentation av hårdmetalltillverkning påbörjats med avsikt att följa produktionen från pulver till färdigprodukt vid anläggningarna i Västberga, Sandviken och Gimo. Museet har även deltagit i fem av de elva SAMDOK-poolernas arbete. Museets fotograf Kay Danielson har genomfört en fotodokumentation av klockgjutning och Bergholtz klockgjuteri i Sigtuna.

Filmprojektet På fabrik på farfars tid har kompletterats och en film om Ösjöfors och papperstillverkning har producerats, liksom några videoprogram för de nya basutställningarna.

Industriminnesvård. Museet har liksom tidigare år utnyttjats som teknikhistorisk remissinstans och sakkunnig i olika industriminnesvårdande frågor, och medverkat bl a i riksantikvarieämbetets industriminnesgrupp och i Stockholms regionala forskningsråd samt ingår i styrelserna för flera mindre tekniska- och arbetsplatsmuseer.

Konserveringstekniska frågor. Museet har även stött ett utvecklingsarbete rörande olika konserveringstekniska problemområden. I samarbete med Statens Sjöhistoriska museum arrangerades seminariet Våga, vårda, konservera, bevara den 29 november. I samarbete med TIMSA och Korrosionstekniska Föreningen arrangerades den 5–6 mars Plast, gummi coh lättmetall – ett informationsseminarium om vår tids material på museet, avrapporterat i Teknik & Kultur nr 2/ 1986.

Teknorama

Museets science center, Teknorama-upptäcka-utforska-uppleva invigdes i juni 1985 och har under året utvecklats och omfattar idag ett 50-tal stationer. Besökaren får här undersöka, utforska och uppleva naturvetenskapliga och tekniska grundprinciper inom bl a mekanik, elektricitet, magnetism, värme, ljus och ljud. Undervisning och demonstrationer har utvecklats och en utvärdering av de besökande skolklassernas synpunkter har sammanställts. Under sportlovsveckorna anordnades särskilda experiment och demonstrationer efter bl a Tom Titts experimentbok. Kontaktverksamheten kring sciencecenterfrågor har utvecklats i samarbete med bl a Malmö tekniska

museum och teknikprojekten i Luleå, Linköping, Borlänge, Köpenhamn och Oslo. Teknorama är en försöksverksamhet under en tvåårsperiod fram t o m budgetåret 1986/87 och bekostas huvudsakligen med externa medel genom stödprojektet Svensk industri i tiden, där 23 svenska industriföretag medverkar.

Museibutiken Kugghjulet

I januari blev museets nya butik Kugghjulet färdig och kunde öppna för allmänheten. Den har inrymts i gamla entrékassan och därmed fått en central placering i museet och givits en modern utformning. Butiken saluför teknikhistorisk och populärvetenskaplig litteratur med f n ett hundratal titlar. Därutöver finns souvenirer av olika slag, vykort, modeller och experimentsatser m m till salu.

Utställningar och program

Under året har tre nya basutställningar färdigställts och en översyn av bl a kemi- och datautställningarna och delar av elkraftsutställningen pågår eller har genomförts. En kontinuerlig verksamhet med tillfälliga utställningar har givit ett aktuellt och omväxlande utbud. Programverksamheten har bedrivits dels som föreläsningar i anslutning till utställningarna, dels som särskilda program. Samtliga nya basutställningar och en stor del av programverksamheten har producerats med stöd av och i samarbete med olika industrier och näringslivsorganisationer m fl. Utställningar och program har presenterats i tre programfoldrar, varav sommarprogrammet även på engelska.

Nya utställningar

Teknik i skogsnäringen är en ny basutställning på ca 450 m^2, som öppnades den 4 december i översta utställningsplanet. Den visar hur tekniken i skogsbruket, vid sågverken och pappers- och massafabrikerna har förändrats under de senaste hundra åren.

Det tryckta ordet invigdes den 26 april. Basutställningen omfattar ca 350 m^2 och skildrar svensk tryckeriteknik och dess historia under 500 år, insatt i ett europeiskt sammanhang.

Sverige bygger är en basutställning om svensk byggnads- och anläggningsverksamhet och dess historia på ca 250 m^2 som invigdes den 21 maj. Den visar bl a olika byggnadsmaterial och teknikens förändring under 1900-talet med historiska återblickar.

Kongl Modellkammaren återöppnades i samband med byggnadsutställningen den 21 maj i en uppställning som ansluter till den äldre modellkammaren och efter förteckningen från 1779. Här visas alla modeller som bevarats.

Tillfälliga utställningar

Fortifikationen 350 år. Militär teknik i samhällets tjänst. I samarbete med bl a Fortifikationsförvaltningen 7/6–8/9 1985.

Materiens hemligheter. En utställning om partikelfysik och den forskning som bedrivs vid CERN. Arrangerad i samarbete med CERN, NFR och FRN. 21/9–20/10 1985.

Gustave Eiffel och Eiffeltornet. En utställning producerad av SNTE. 5/10–30/11 1985.

Så tillverkas en kyrkklocka. En fotodokumentation av arbetet vid Bergholtz klockgjuteri i Sigtuna av museets fotograf Kay Danielson. 4/1–20/2 1986.

Bilar som jag minns dom. En utställning av tecknaren Signar N Bengtsson, producerad av Malmö Tekniska Museum. 27/3–4/5 1986.

Unga Forskare. Unga forskare presenterar sina forskningsresultat. I samarbete med Föreningen Unga Forskare. 5/4–8/4 1986.

Svenska Snilleblixtar. En utställning om några svenska uppfinningar i samarbete med Svenska Uppfinnareföreningen och i anslutning till föreningens 100-årsjubileum. 5/5–30/9 1986.

Museet i Funkis. En utställning om museet och dess byggnad, som invigdes för femtio år sedan. 16/5–7/9 1986.

Vandringsutställningar

Museets vandringsutställningar Kvinnliga uppfinnare – finns dom? och Josefin och teknologin har visats på 4 resp 6 museer i landet. Christopher Polhem – The Swedish Daedalus, producerad i samarbete med Svenska Institutet, har visats på museer i Liverpool, Deutsches Museum i München, Bergbau-Museum i Bochum och Museum für Verkehr und Technik i Berlin. Museet har även medverkat vid produktionen av Riksutställningars vandringsutställning Typer, tryckare och typografer, som hade vernissage på museet 10/8 1986.

Programverksamhet

Programverksamheten har till stor del genomförts av museets personal eller i samarbete med olika föreningar. En serie föreläsningar hölls av speciellt inbjudna forskare i samband med utställningen Materiens hemligheter. En särskild serie söndagsföreläsningar berättade om kraftkällor på temat Det går med gas. Därutöver har särskilda pro-

gram arrangerats, bl a Familjeprogram, Sportlovsextra, Kvinnor och teknik och Teknikhobbydagar. I Teknorama har i olika sammanhang demonstrationer och visningar arrangerats, bl a i anslutning till sportlovet.

Undervisning och visningar

Museets visningsverksamhet har inriktats på olika årskurser inom skolan. En särskild broschyr med tolv olika teman har utarbetats. Museets undervisningspersonal har tagit hand om 778 inbokade skolgrupper i regelrätt undervisning, motsvarande ca 20 000 elever. Därutöver har ett stort antal lärarledda grupper besökt museet och utifrån museets studiematerial och eget material studerat olika teman. Till detta kommer 168 andra gruppbesök, som erhållit visningar av museets personal. Totala antalet inbokade grupper har varit 946, en ökning med 202 grupper jämfört med föregående år. Totala antalet grupper har beräknats till strax under 2 000. Till detta kommer även särskilda turistvisningar dagligen av olika utställningar sommartid.

Studiedagar för lärare har anordnats vid flera tillfällen, bl a i anslutning till utställningen Materiens hemligheter och Teknoramas verksamhet.

Publikationer

Museets årsbok *Daedalus* för 1985 med temat Museet och 30-talet, red av B Nyström, utkom något försenad i januari med en serie artiklar om museet, dess byggnad och verksamhet och om 30-talet med anledning av museibyggnadens femtio år.

Museet har vidare utgivit *När elektriciteten kom.* Om landsbygdens elektrifiering med exempel från Edsbyn i Hälsingland, författad av G Stiby och G Drakos och med inledning av A Björklund, och konferensrapporten *Våga, vårda, konservera, bevara* i samarbete med Sjöhistoriska museet. I samarbete med LTs förlag har *Det tryckta ordet*, red M Landqvist, publicerats som en delvis fristående katalog till museets nya basutställning. Till utställningen *Sverige Bygger* har en informationsfolder tryckts.

Sveriges Tekniska Museum, Telemuseum, Luft- och rymdfartsmuseet. Verksamheten budgetåret 1984/85 har givits ut som separat skrift. Tre programblad har vidare publicerats under året, liksom en folder om museets undervisningsteman och studiematerial. Under tryckning är en broschyr om museet, dess verksamhet och utställningar.

Museets tjänstemän har på olika sätt publicerat egna skrifter och medverkat med artiklar i olika publikationer.

Museets filialer

Luft- och rymdfartsmuseet, Arlanda.

Samlingarna har under året inte varit tillgängliga för allmänheten. Som redovisats ovan har dessa till större delen kunnat inrymmas i ett nyuppfört magasin. En uppordning och registrering av samlingarna har igångsatts. Parallellt har en projektering av ett framtida museum, placerat vid Arlanda, fortsatt. En intendent har varit anställd för arbetsledning m m.

Ösjöfors handpappersbruk

Pappersbruket drivs sedan 1984 som en särskild stiftelse i samarbete med bl a Vimmerby kommun. Pappersbruket har i likhet med föregående år varit öppet för allmänheten och visningar har skett av särskilda guider. Ca 3 000 personer har besökt bruket. Från hösten 1985 har även en särskild tillsyningsman kunnat anställas, vilket medfört bättre skötsel av anläggningen.

Dalälvarnas flottningsmuseum, Gysinge

Flottningsmuseets verksamhet sköts av en särskild stiftelse, där vissa administrativa åtaganden handhas av Tekniska Museet. Flottningsmuseet besöktes under året av ca 6 000 personer.

Bilmuseet, Gysinge

Det tidigare, privatägda bilmuseet vid Gysinge lades ned för ett par år sedan. Lokalerna, som ägs av kommunen har sedan dess stått oanvända. Genom tillmötesgående från Sandvikens kommun har museet i år arrangerat en mindre bilutställning med bilar och motorcyklar ur museets samlingar, medan kommunen ansvarar för öppethållandet. Bilmuseet besöktes under sommaren 1986 av ca 4 000 personer.

Styrelse och personal

Museets beskyddare är HM Konungen. Hedersledamöter är Åke Martenius och Curt Nicolin.

Styrelsen har utgjorts av Göran Philipson, ordförande, utsedd av Sveriges Industriförbund (SI), Jan Olof Carlsson, 1:e vice ordförande, utsedd av Sv Civilingenjörsförbund (SC), Gunnar Ribrant, 2:e vice ordförande, utsedd av regeringen, samt Lars Arosenius, SC, Arne Bergström, Svenska Uppfinnareföreningen (SU), Harry Brynielsson, Ingenjörsvetenskapsakademien (IVA), Per Fahlström, IVA, Hans Ch Fischer, IVA, Jan Lindgren, SC, Svante Lindqvist, stiftelsens styrelse, Torsten Lindström, SI, Jan F Neumüller, SU, C-G Nilsson, SU, Marie Nisser, regeringen, Ingemar Svensson, stiftelsens styrelse, Nils-Eric Svensson, stiftelsens styrelse, Bengt Thelin, stiftelsens styrelse, Harry Törnqvist, regeringen, Gert Ekström, personalrepresentant SACO/SR, Nils Olsén, personalrepresentant ST-Museer, samt Bengt Nyström, museidirektör.

Styrelsens arbetsutskott har utgjorts av Göran Philipson, ordförande, Jan Olof Carlsson, Gunnar Ribrant, Jan F Neumüller, Marie Nisser, Harry Törnqvist, Gert Ekström, Nils Olsén, Harry Brynielsson, adjungerad, samt Bengt Nyström.

Styrelsen har under året haft fem protokollförda sammanträden, arbetsutskottet sex.

Chef för museet har museidirektör Bengt Nyström varit t o m 1986-06-30 med 1:e intendent Inga-Britta Sandqvist som tillförordnad museidirektör 1986-06-01–07-31.

Museet har varit organiserat i fyra avdelningar: en administrativ avdelning med byrådirektör Christer Welin som chef, en dokumentationsavdelning med 1:e intendent Anders Björklund (t o m 1986-01-31) och 1:e intendent Jan-Erik Pettersson (fr o m 1986-02-01) som chef, en undervisnings- och informationsavdelning med 1:e intendent Katarina Ek-Nilsson som chef och Teknorama Science center med 1:e intendent Inga-Britta Sandqvist som chef. Inom avdelningarna är verksamheten uppdelad på sektioner.

Museet har under budgetåret haft sammanlagt 79 anställda samt 8 personer i projektanställning m m, 4 personer i beredskapsarbeten m m samt ett tjugotal arvodesanställda helgvakter.

Telemuseum, ägt av Televerket, samverkar nära med museet och Telemuseums föreståndare ingår i museets ledningsgrupp. Sveriges Tekniska Museum svarar bl a för en rad administrativa och personaladministrativa åtaganden åt Telemuseum. Vid Telemuseum har under budgetåret 17 personer varit anställda.

Tack

Styrelsen för Sveriges Tekniska Museum vill rikta ett särskilt tack till alla – stat, kommuner, myndigheter, stiftelser, organisationer, företag och enskilda – som genom anslag, bidrag och gåvor och på andra sätt stött museet under det gångna verksamhetsåret. Styrelsen vill också tacka museets personal för det arbete som nedlagts under verksamhetsåret.

Telemuseum

Verksamheten budgetåret 1985/86

Telemuseum är ett specialmuseum för telekommunikationshistoria. Museet bedrivs i anslutning till Sveriges Tekniska Museum med bl a gemensam administration. Verksamheten grundas på ett avtal mellan Stiftelsen Sveriges Tekniska Museum och Televerket, vilka i Telemuseums nämnd har ett samarbetsorgan som behandlar frågor av större vikt för museets verksamhet. Denna finansieras huvudsakligen genom anslag från Televerket.

Telemuseums nämnd

Nämnden har under budgetåret hållit fyra sammanträden varvid främst behandlats frågor rörande målprogram för museet, utställningarna, museets utåtriktade verksamhet, dokumentationsverksamhet, planering av verksamheten, samarbetet med Sveriges Tekniska Museum samt ekonomifrågor.

Nämnden har fastställt ett målprogram för museets verksamhet.

Basutställningar

Den nya basutställningen *"Ett instrument, kalladt telefon"*, om telefonapparatens utveckling som påbörjats tidigare budgetår har fullföljts. Utställningen invigdes den 17 december 1986.

Tillfälliga utställningar

Fiberoptisk kommunikation

Utställning producerad föregående budgetår i samarbete med Televerket och L M Ericsson. Fortsatt visning på Telemuseum till 1985-09-18. Därefter 1985-09-22–11-12 i Sundsvall (Televerket) 1985-11-14–1986-01-27 i Falun (Televerket) samt del av utställningen från 1986-05-23 i Uppsala (Länsmuseet), där den kvarstår vid budgetårsskiftet.

De första entusiasterna

Utställning om hembyggen av rundradiomottagare under 1920-talet producerad föregående budgetår på Telemuseum med anledning av att 60 år gått sedan AB Radiotjänst grundades. Visningen av utställningen fortsattes efter budgetårsskiftet fram till 1985-11-01 då den upplöstes.

Udda föremål

Utställning med ovanliga föremål ur Telemuseums magasin, producerad på Telemuseum. Utställningen har visats sedan 1986-06-18 och kvarstår vid budgetårsskiftet.

Extern utställningsverksamhet

Telemuseum har liksom tidigare år deltagit med utställning och demonstration av föremål ur samlingarna vid en rad evenemang utanför museet, bl a vid Televerkets dag i Visby 1985-08-17, Furusundsdagen med visning av optiska telegrafen i Furusund 1985-08-17, Televerkets dag i Sundsvall 1985-09-22, Radiodagar tillsammans med Sveriges Riksradio i Piteå 1985-10-18–20, Utställning i telebutik i Göteborg 1986-04-01–05, Televerkets dag i Skellefteå 1986-04-13, Televerkets dag i Karlskoga 1986-05-31, Öppnande av ny telebutik i Ängelholm 1986-06-05–07.

Programverksamhet

Telemuseums medarbetare har bl a medverkat med telehistoriskt material i radioprogram. Informationssektionen inom Stockholms teleområde har utnyttjat Telemusuem 1985-12-11 för att förrätta prisutdelning i teckningstävlingen "Stoppa sabbet". Lennart Steen har hållit föredrag om Telemuseum och telehistoria 1986-02-28 inför pensionärer från Johannes församling i Stockholm. Under Stockholms-skolornas sportlovsvecka 1986 (vecka nr 9) ordnades särskilda aktiviteter. Sveriges Sändaramatörer och Sveriges DX-förbund demonstrerade sina verksamheter. Veckoslutet 26–27 april 1986 genomfördes tele- och radiodagar på Telemuseum. Därvid fick museibesökarna tillfälle att se såväl äldre som modern apparatur i funktion demonstrerade av en lång rad inbjudna experter. Återkommande programinslag under hela året har varit de verksamheter som bedrivs av Sveriges Sändaramatörer i Tekniska Museets amatörradio-

station samt av Sveriges DX-förbund. Vidare film- och videovisningar som genomförs regelmässigt under lördagar och söndagar men även under vardagar då museets samlingssal ej varit upptagen för annan verksamhet.

Undervisning

Undervisning inom museets verksamhetsområde, särskilt för skolklasser, har ombesörjts av undervisningsavdelningen vid Sveriges Tekniska Museum. Viss visningsverksamhet har dock utförts av personal från Telemuseum. Telemuseum har deltagit i arbetet inom den pedagogiska gruppen vid Sveriges Tekniska Museum.

Föremålssamlingarna

Telemuseums föremålssamlingar har under budgetåret genom gåvor, depositioner och inköp tillförts ca 160 föremål.

Utflyttningen av föremål, i första hand sådana som är skrymmande och sällan utnyttjade, till det förrådsutrymme som Telemuseum förfogar över i Bålsta har fortsatts under budgetåret.

Arbetsgruppen för Telemuseums insamlingspolicy har fullbordat sin uppgift att utarbeta förslag till målprogram för Telemuseum (se ovan under Telemuseums nämnd) och har fått i uppdrag att gå vidare och ge förslag till en insamlingspolicy för museet.

Arkiv och bibliotek

Telemuseums arkiv har under budgetåret genom gåvor och inköp tillförts ca 400 arkivhandlingar, fyra fotografier och 65 böcker.

Arkiv och bibliotek har anlitats av forskare och skribenter m fl. Besöken har gällt teknik, personhistoria, statistiska uppgifter, bildsökning m m. Utnyttjandet av äldre årgångar av rikstelefonkatalogen har varit omfattande.

Utlåning och depositioner

Utlåning och depositioner av föremål från museet har skett under längre eller kortare tid för användning i utställningar och teaterpjäser samt för filmning och fotografering. Låntagare/depositionsmottagare har huvudsakligen varit Televerket (bl a INFO-enheten, reklamsektionen, telekontor och telebutiker), L M Ericsson, Sveriges Riksradio, Sveriges Television, museer, teatrar, fotoateljéer och filmare.

Dokumentation

Verksamheten med bandupptagningar av intervjuer med tidigare televerksanställda har fortsatts.

Rapporten från den av K-V Tahvanainen utförda dokumentationen av Norra Vasa telefonstation i Stockholm har utkommit i tryck våren 1986. Likaså har den dokumentära filmen om Norra Vasa färdigställts och premiärvisades för särskilt inbjudna den 6 mars 1986.

Besökande

Museet har under budgetåret besökts av ca 140 000 personer, inberäknat enskilda besökare, skolklasser och andra grupper. Detta innebär att antalet besökare varit lika stort som föregående budgetår.

Administration

Administrationen av Telemuseum har ombesörjts av Sveriges Tekniska Museum.

Ekonomi

Televerkets huvudkontor har godkänt den för budgetåret 1985/86 uppgjorda driftkalkylen och i anslutning härtill tilldelat Sveriges Tekniska museum 5 992 000 kronor för driften av Telemuseum.

Nämnd

Bengt Nyström (ordf, utsedd av Sv Tekn Museum), Evert Jarnbrink (Televerket), Christian Jacobaeus (STM), Åke Rangborg (v ordf, utsedd av Televerket) och som suppleanter Arne Andersson (T), Lars Arosenius (STM), I-B Sandqvist (STM) och K V Tahvanainen (T) samt som adjungerad ledamot Telemuseums föreståndare Lennart Steen.

Personal

Verksamheten vid Telemuseum har letts av museets föreståndare, förste intendent Lennart Steen med intendent Owe Stéen som bitr föreståndare. Vid Telemuseum har i övrigt 15 personer varit anställda, samt extra personal engagerats som museivärdar under helger m m. Tjänster för administration och ekonomi m m har köpts av Sv Tekniska Museum.

Tekniska Museets Vänner

Verksamhetsberättelse för 1985

Styrelsen har under året utgjorts av direktör Olle Franzén, ordförande, direktör Göran Philipson, vice ordförande, utsedd av styrelsen för Stiftelsen Sveriges Tekniska Museum, museidirektör Bengt Nyström, sekreterare, samt som ordinarie ledamöter förste intendent Lennart Ahlbom, professor Folke Blomberg, marindirektör Curt Borgenstam, överingenjör Arne Broberg, bergsingenjör Jan Olof Carlsson, utsedd av styrelsen för Stiftelsen Sveriges Tekniska Museum, docent Eric Dyring, dr sc Anders Franzén, konsult Sven Härnström, professor Ivar Jung, redaktör Björn-Eric Lindh, direktör Bo Molander, professor Carl-Göran Nilson, ingenjör Bengt V Nilsson, fil mag Karin Nisser, direktör Gunnar Nyberg, civilingenjör Frithiof Rehnberg, fil lic Inga-Britta Sandqvist, generallöjtnant Nils Sköld, docent Per Sörbom, ingenjör Inger Wiik, avdelningsdirektör Göran Vrethammar och ingenjör Erik Wångby.

Hedersledamot i föreningen Tekniska Museets Vänner är tekn dr Håkan Sterky.

Föreningens *skattmästare* har Göran Vrethammar varit.

Föreningens *revisorer* har varit aukt revisor Ulf Egenäs med revisor Jan Ehnborg som suppleant och ingenjör Stig Elg med civilingenjör Lars Norling som suppleant.

Valberedningen har utgjorts av Frithiof Rehnberg, sammankallande, Bengt Nyström och Per Sörbom.

Styrelsen har under året hållit två protokollförda sammanträden, 1985-02-25 och 1985-11-04.

Beredningsutskottet har utgjorts av Olle Franzén, sammankallande, Göran Philipson, Bengt Nyström, Arne Broberg samt Göran Vrethammar. Utskottet har sammanträtt 1985-05-28 och 1985-10-14.

Föreningens *årsstämma* hölls den 12 mars på Tekniska museet under ordförandeskap av styrelseledamoten Carl-Göran Nilson och med ett 80-tal medlemmar närvarande. Efter stämman höll Per Sörbom ett föredrag under rubriken "Ett bildningsideal i tiden – teknikhumanist". Därefter visades museets nyöppnade basutställning "Människan och tekniken – tekniken och människan."

Höstmötet hölls den 3 december på Tekniska museet med ett 70-tal medlemmar närvarande. Vid mötet berättade 1:e intendenten Katarina Ek-Nilsson om museets undervisningsverksamhet och om museets nya basutställningar. Därefter visades museets nya basutställning "Teknik i skogsnäringen" av intendenterna Helene Sjunneson och Maria Björkroth.

Programverksamheten har i övrigt omfattat ett tiotal olika program med föredrag, utflykter och studiebesök. De olika programmen redovisas i särskild bilaga (bil 1).

Föreningens *programutskott* har under året utgjorts av Arne Broberg, sammankallande, Inger Wiik, Bengt V Nilsson, Inga-Britta Sandqvist och Katarina Ek-Nilsson.

Föreningens *kansli* har som föregående år varit inrymt i det rum som museet ställt till förfogande med viss kontorsutrustning, telefon m m.

Museets årsbok *Daedalus* har försenats och tillställdes medlemmarna först i februari 1986.

Medlemsvärvningskampanjen har medfört att medlemsantalet vid årsskiftet utgjordes av ca 1 400 medlemmar. Inom medlemsutskottet har Frithiof Rehnberg, Erik Wångberg, B Molander och Lars Norling arbetat.

En utredning om Althin-salens utformning har slutförts vid museet och redovisats vid bl a höstmötet. Frågan om en finansiering av ombyggnaden har diskuterats inom styrelsen och kommer att tas upp under våren 1986.

Thorsten Althins minnesfond. Ärenden som berör fondens verksamhet har under året behandlats vid styrelsemöte med Tekniska Museets Vänner i 1985-02-27, § 7 och 1985-11-04, § 28, samt vid TMVs beredningsutskott 1985-10-14, § 1, samt vid internkontakter per telefon mellan styrelsens ledamöter och ett möte per capsulam 1985-02-25.

Ansökan om stipendium har inkommit från Jan Annerstedt, Staffan Hansson och Erik Tholander. Utdelning av stipendier till dessa har skett med resp kr 5 000, 20 000 och 5 000 kr vid TMVs årsmöte i mars.

Utlysning av stipendium för 1985 har skett i Polhem och vid en serie universitetsinstitutioner med en sista ansökningsdag 1985-12-31 och stipendier kommer att utdelas vid årsmötet i mars 1986.

Annonser

Vill du arbeta med framtiden?

Vill du arbeta i ett företag som är inne i alla de spännande framtidsbranscherna: mikroelektronik, cellulosa, kemi, metallurgi, verkstad, livsmedel, medicin...

I ett företag som med sitt kunnande och sina produkter påverkar produktivitet, produktkvalitet och säkerhet. Och som ofta har en central roll när ny, avancerad teknik införs i industrin.

Vill du arbeta internationellt? I ett företag som är uppbyggt av ett 20-tal självständiga bolag, vart och ett ansvarigt för verksamheten i ett land i Europa, Nord- eller Sydamerika.

Vill du arbeta i ett framgångsrikt företag med en framtidstro och med finansiella resurser som gör det naturligt att investera en miljard kronor årligen i nya anläggningar, bättre distribution och i forskning kring och utveckling av nya sätt att använda gas?

Skriv då några rader till Personalchefen, AGA AB, 181 81 Lidingö och berätta om din bakgrund och dina ambitioner.

AGA

Forskning för framsteg



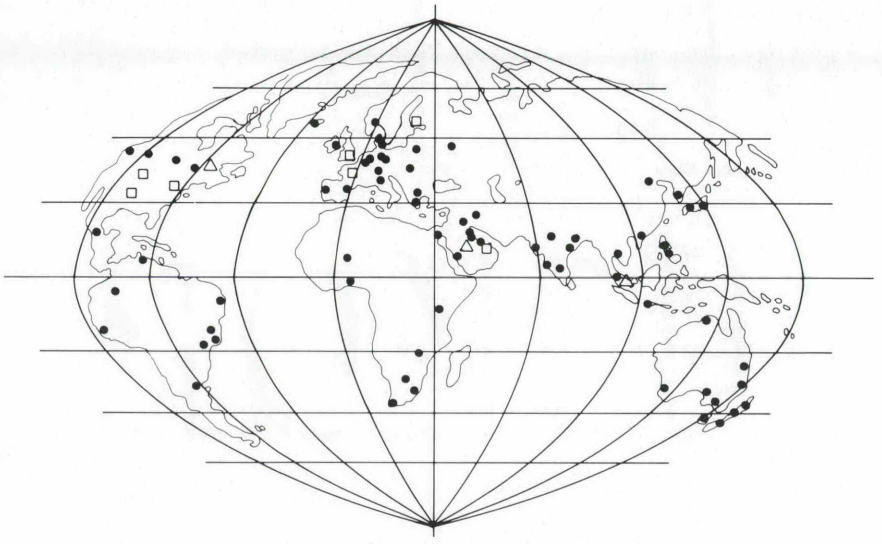
När Alfa-Laval grundades för mer än 100 år sedan var det på en idé av det svenska uppfinnargeniet Gustaf de Laval. Under 1890-talet drev Gustaf de Laval också sveriges största privata forskningsinstitution för utveckling av uppfinningar. De Lavals uppfinnarsnille i kombination med hans starka tro på den tekniska forskningen och utvecklingen lade grunden till det framgångsrika företag som i dag är Alfa-Laval.

Världskoncernen Alfa-Laval består av 210 bolag med en total omsättning på c:a 10 miljarder. Verksamheten är fördelad inom 12 affärsområden. Elektronik/automation och hela det biotekniska området är för närvarande de mest expansiva. Alfa-Laval har ett imponerande produktprogram och satsar stora resurser på såväl forskning och utveckling som utvärdering av helt nya teknologier.

ALFA-LAVAL

MÄN-
NISKOR
OCH
TEKNIK

ASEA



Vi utvecklar energi

ASEA STAL är ett av världens ledande företag
inom området energiomvandling. Företaget utvecklar
och marknadsför kompletta lösningar och anläggningar
för i stort sett alla former av energiomvandling,
i första hand som totalentreprenör
för nyckelfärdiga projekt.

I Sverige är ASEA STAL den största
enskilda tillverkaren av utrustningar för kraft-
och värmeproduktion.

Bland produkterna kan nämnas
avancerade turbin- och pannanläggningar för kraftverk,
kraftvärmeverk och industrier samt värmepumpsystem
för samhällen och processindustri.

ASEA STAL

612 20 Finspång



BARA BETONGEN GER FULL FRIHET.

Betong är ett material med unika egenskaper. När det gäller komplicerade konstruktioner som broar, trafikleder, energianläggningar av olika slag, vatten- och avloppssystem m.m. är betong som grundmaterial näst intill oslagbart. Likaså när det gäller arkitektoniskt annorlunda byggnadsverk som vattentorn, idrottsanläggningar eller konserthus.

Men även när det gäller mera vanliga byggnader är betong ofta att föredra. En betongbyggnad faller inte sönder. Betong ger täta och energisnåla hus. Materialet rör sig minimalt trots variationer i temperatur eller belastning. Betong är heller inte fuktkänslig. Den står emot eventuell brand och dämpar buller både utifrån och mellan våningarna och rummen.

Många bra idéer skulle ha stannat på ritbordet eller kanske inte ens kommit så långt, om inte betong funnits. Betongens formbarhet och dess energilagrande förmåga har gjort den till ett progressivt byggmaterial.

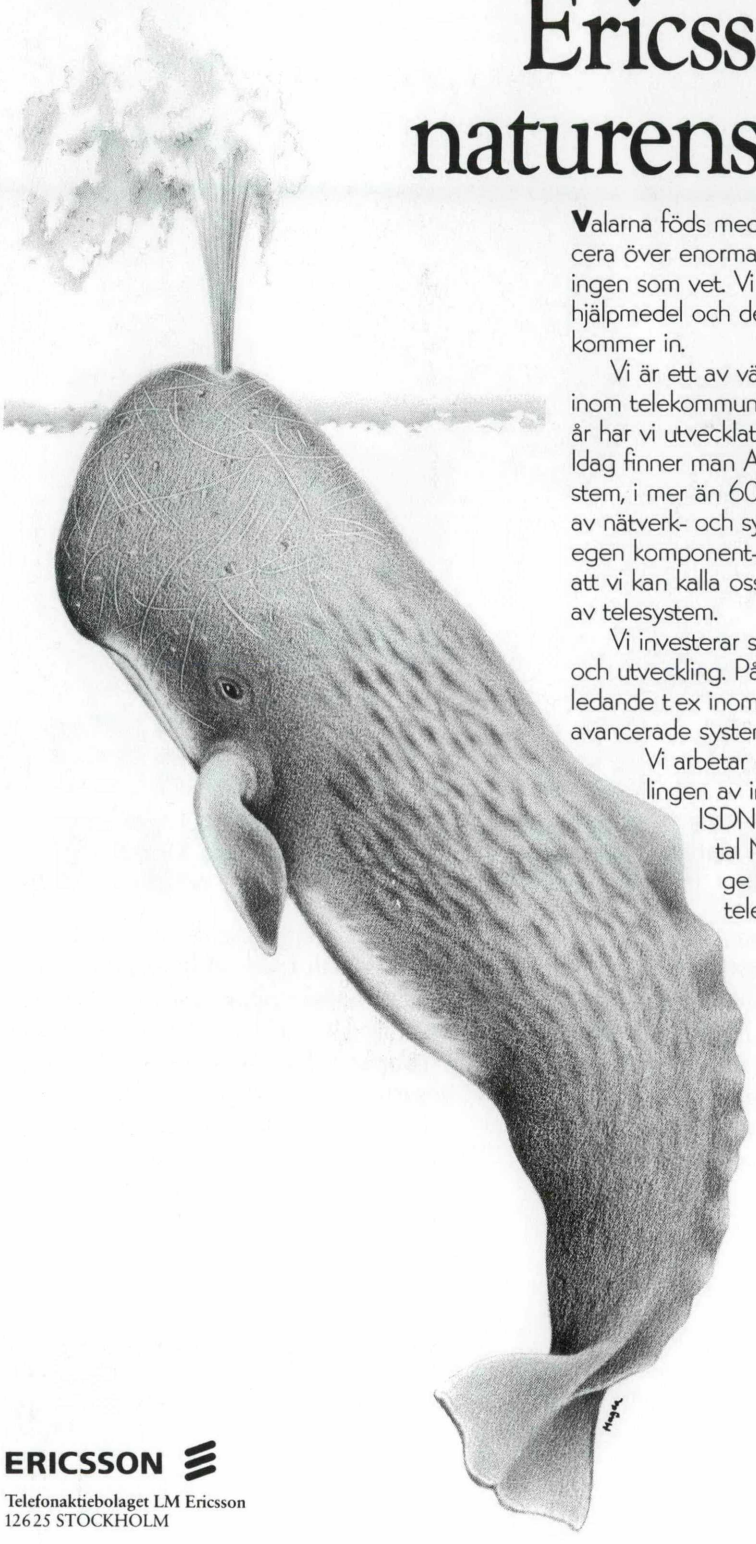
Vi tillverkar och levererar cement och betongtillsatsmedel och ger service i frågor som rör distribution, marknad och teknisk utveckling inom cement- och betongområdena.

CEMENTA *cement*

BOX 144. 182 12 DANDERYD, TEL 08-753 01 60.

EUROC

Ericsson och naturens under.



Valarna föds med en förmåga att kommunicera över enorma avstånd. Hur långt, det är ingen som vet. Vi människor måste ta till hjälpmedel och det är här vi på Ericsson kommer in.

Vi är ett av världens ledande företag inom telekommunikation. Sedan mer än 100 år har vi utvecklat och förfinat teletekniken. Idag finner man AXE, vårt senaste telesystem, i mer än 60 länder. En lång erfarenhet av nätverk- och systemkonstruktion samt egen komponent- och kabeltillverkning gör att vi kan kalla oss för en komplett tillverkare av telesystem.

Vi investerar stora resurser i forskning och utveckling. På många områden är vi ledande t ex inom optotekniken där vi har avancerade system.

Vi arbetar också intensivt på utvecklingen av integrerade telenät s k ISDN (Integrated Services Digital Network) som kommer att ge helt nya möjligheter inom telekommunikationerna.

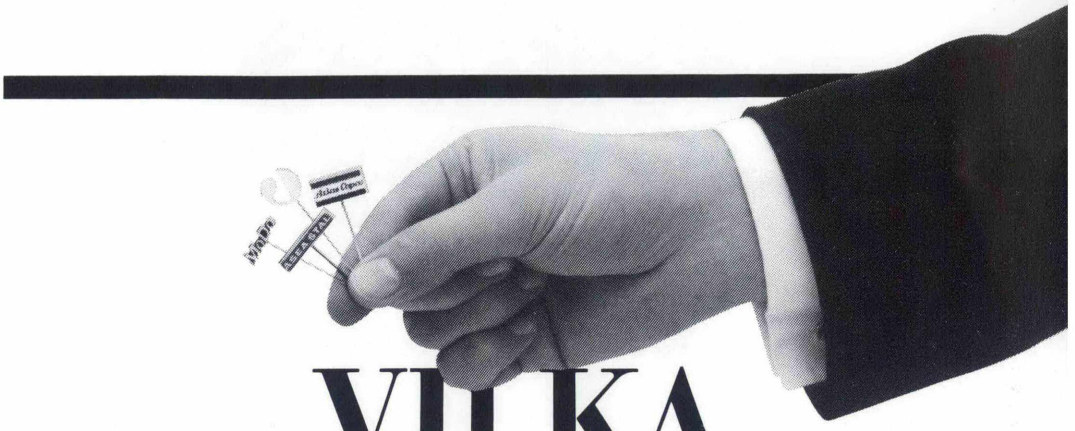
Totalt är vi 70.000 medarbetare i 100 länder som hjälper människor att kommunicera över gränserna.

Vill du veta mer är du alltid välkommen att ringa eller skriva till oss.

ERICSSON

Telefonaktiebolaget LM Ericsson
126 25 STOCKHOLM

Olin & Co



VILKA LIKHETER HAR SVENSKA IBM MED ANDRA SVENSKA FÖRETAG?

Förra året var vår omsättning i Sverige i samma storleksordning som MoDos. (7.280 Mkr för IBM respektive 7.011 Mkr för MoDo.)

Vi hade i stort sett lika hög exportandel som Asea Stal. (42% respektive 43%).

Vi gjorde lika stora investeringar som Pharmacia. (568 Mkr respektive 566 Mkr.)

Och vi sysselsätter nästan lika många personer i Sverige som Atlas Copco. (4.259 personer respektive 4.605 personer.)

Trodde du det om IBM Svenska AB?

Uppgifterna gäller verksamhetsåret 1985 och kommer från Veckans Affärer.

IBM

LAURENT ANNONSBYRÅ

PHILIPS VÄXER

Några fakta om Philips

Philips i Sverige är en koncern med 4.800 anställda. Omsättningen 1985 var 4,3 miljarder och värdet på totala exporten låg kring 50%, ca 2 miljarder.

Av totala omsättningen är 49% hemelektronik (TV, radio, HiFi, hushåll, personvård, ljus) och 51% professionell elektronik (data, industrielektronik, medicin, försvar, komponenter).

Internationella Philipskoncernen har ca 346.000 anställda och fabriker och dotterbolag i ett 60-tal länder. Försäljningen 1985 uppgick till 164 miljarder kronor.

Philips satsar stort på forskning och utveckling

Philips är ett forsknings- och utvecklingsintensivt företag. Internationella Philipskoncernen avsätter varje år 7—8% av omsättningen till forskning och utveckling. Över 12 miljarder kronor 1985. 4.000 av de anställda arbetar med forskning. 17.000 med utveckling.

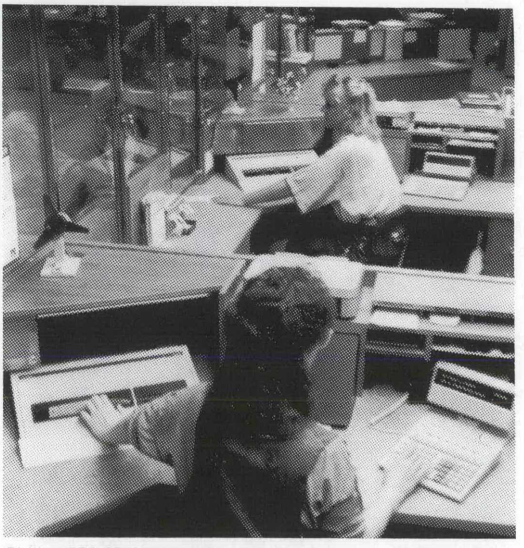
I de svenska Philipsföretagen bedrivs ett omfattande utvecklingsarbete. 700 anställda — var sjunde medarbetare — är direkt sysselsatt med utvecklingsarbete.



Philips utvecklar försvarsmateriel i nära samarbete med svenska försvaret. Från Philips kommer eldledningssystemet till svenska marinens Vertol-helikoptrar.

Philips Elektronikindustrier i Järfälla strax norr om Stockholm är den svenska Philipskoncernens centrum för professionell elektronik. Här arbetar 2.400 av svenska Philips ca 5.000 anställda med utveckling och tillverkning inom de tre divisionerna Terminler och telekommunikation, Instrument och kraftelektronik samt Försvarselektronik.

Philips i Järfälla är den internationella Philipskoncernens centrum för forskning, utveckling och tillverkning av bankterminaler och telex. 60%av tillverkningen går på export.



Philips PTS 6000 terminalsystem är ett avancerat hjälpmedel för banker och postkontor världen över. Det här postkontoret har några av de 110.000 terminalerna som hittills levererats från Järfälla.

Elektronik för försvaret — till lands, till sjöss och i luften

1.400 anställda i Järfälla arbetar med försvarsutrustningar. Ledningss- och eldledningssystem, radar och motmedel för armén, marinen och flygvapnet är några exempel.

VERKSAMHETEN I SVERIGE VÄXER

Philips expanderar och anläggningarna i Järfälla byggs ut i ännu en etapp. Därtill flyttar några verksamheter till en ny kontors- och industrianläggning i Kista. "Sveriges Silicon Valley".

Till Kista förläggs hösten 1987 totala ansvaret för mätinstrument, strömförsörjningsprodukter, mikrovågskomponeneter och identifieringssystem PREMID. 500 medarbetare blir verksamma i Kista.

Mikrovågsugnar och fjärrkontroller från Norrköping

Vid Philips Norrköpingsindustrier sker omställning av produktionen från färg-TV-mottagare till mikrovågsugnar för den kraftigt expanderande världsmarkanden.

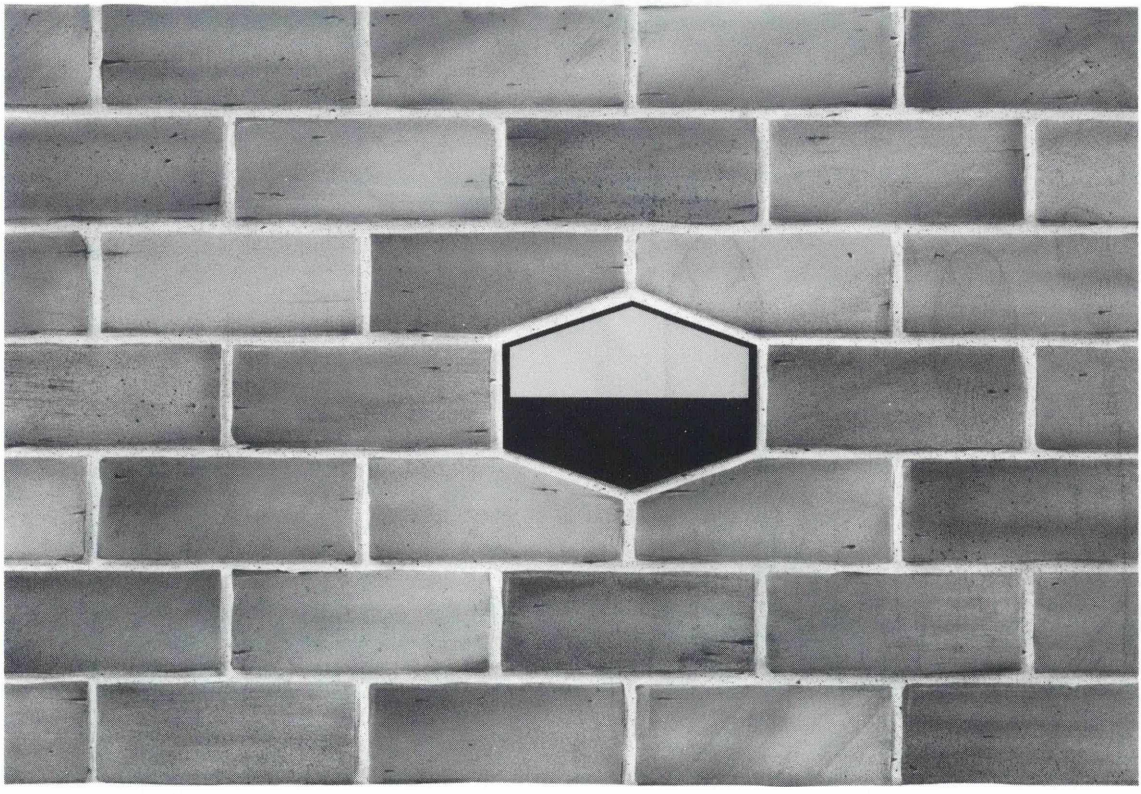
Dessutom tillverkar man i Norrköping 2 miljoner fjärrkontroller för TV och annan hemelektronik.

Cirka 95% av tillverkningen går på export.

Vill Du veta mer om Philips i Sverige, så ta kontakt med Ragnar Dyberg, Informationsavdelningen på telefon 08/782 15 17.

PHILIPS

Vårt grundmurade rykte ljuger.



Ända sedan 1887 har vi arbetat med betong i stor skala.

Uppdrag som Ölandsbron, kraftverket Kotmale på Sri Lanka och Hotell Pribaltiyskaya i Leningrad har gett oss ett grundmurat rykte som internationell storbyggare.

Men sanningen är att vi är störst i den lilla skalan, på hemmaplan.

Här är det ofta frågan om välplanerade bostäder, skolor, daghem och sjukstugor.

Flerbostadshusen på bostadsmässan Bo 85 i Upplands Väsby och småhusen i Lyckebo i Oskarshamn är goda representanter för vårt byggande. Likaså det välutrustade servicecentret i Öje.

De kommer att ge oss ett annat rykte.

SKANSKA



DÆDALUS ÄR TRYCKT PÅ
SILVERBLADE MATT.

MoDoPapper AB
Silverdalens pappersbruk

Utveckling & Miljö

Vattenfall utvecklar energi!
Miljövänlig energi.

Utvecklingsarbetet pågår bland annat för att skapa:

- Rationell energianvändning
- Miljövänligare energiteknik
- Säkrare energiteknik
- Ny energiteknik

Vattenfall satsar i år drygt 200 miljoner kronor på forskning, utveckling och demonstration. Utvecklingsinsatserna täcker hela energiområdet.
Till nytta för konsumenten.

Vattenfall

Kom med i

Tekniska Museets Vänner

Tekniska Museets Vänner är en stödförening till **Sveriges Tekniska Museum.** Genom föreningens insatser har många intressanta teknikhistoriska objekt räddats åt framtiden. Bidrag utgår även till utgivandet av museets årsbok Daedalus liksom projekt utanför museets ordinarie verksamhet t ex stipendier. Vidare förvaltar föreningen Torsten Althins Minnesfond för främjande av vetenskaplig forskning om den svenska teknikens och ingenjörskonstens historia.

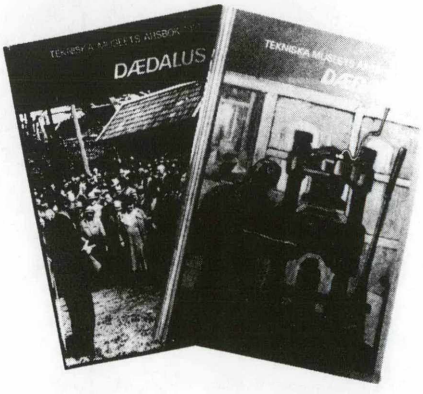
Föreningen håller sina sammankomster på museet och anordnar bl a utfärder – allt med såväl gammal som ny teknik på programmet.

Medlemskap kan förvärvas av varje enskild person. Företag och sammanslutningar kan ge sitt stöd som korporativa medlemmar.

Årsavgiften 1986 är för enskild medlem 110 kr och för korporativ medlem 500 kr eller multipel därav.

Som medlem i föreningen får Du:

- Museets årsbok Daedalus
- Fritt inträde på museet
- Inbjudan till vissa utställningar och vernissager
- Kallelse till föredrag och filmförevisningar
- Kallelse till studiebesök, utfärder och resor inom och utom landet
- Rabatt på museets böcker

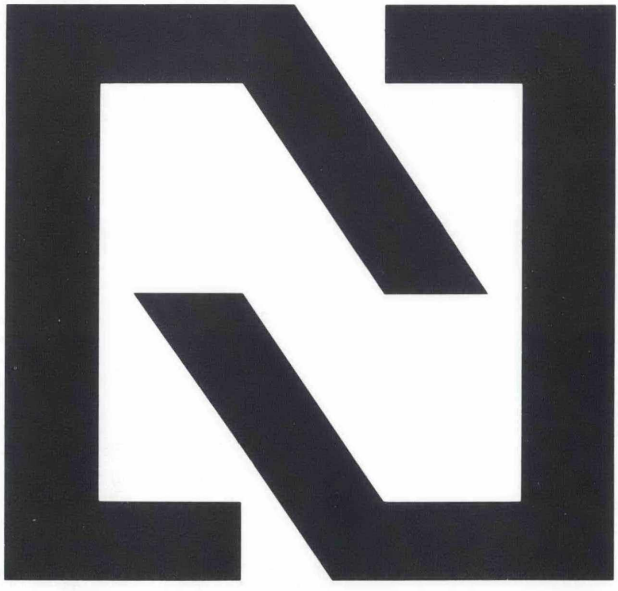


Adressuppgifter:
Tekniska Museets Vänner, Museivägen 7, 115 27 Stockholm
Tel 08/63 10 85, postgiro 49 24-7, bankgiro 964-2711

Avancerad kemi

Hög-teknologi

Försvar



Nobel Industrier

Nobel Industrier Sverige AB, Gustav Adolfs Torg 18, Stockholm

DÆDALUS 1986

TEKNISK FORSKNING I HISTORISKT PERSPEKTIV

var rubriken på ett tvärvetenskapligt, teknikhistoriskt symposium som hölls vid Sveriges Tekniska Museum i augusti 1986. Årets Dædalus presenterar här fjorton av de föredrag som hölls vid symposiet.

Sammantaget ges här flera intressanta perspektiv på den tekniska forskningen under antik tid, på dess framväxt i Sverige från 1600- och 1700-talen till idag, på den tekniska forskningens villkor och möjligheter, och på dess framtid. Här presenteras bl a den tekniska forskningens organisation vid seklets början och rådsforskningens framväxt, politiska aspekter på teknisk forskning samt ett par militärtekniska projekt som t ex System 37 Viggen.

Genom att vända blickarna mot historien kan vi bättre förstå dagens positiva inställning till forskning, men också lära oss inse forskningens och kreativitetens villkor på ett mer generellt plan.

Sveriges Tekniska Museum

ISBN 91-38-09479-7