

Utvecklingslinjer inom forskning och teknik 1919–2019

Ingenjörsvetenskapsakademiens
meddelande

161

IWA

Utvecklingslinjer inom forskning och teknik 1919—2019

Verkställande direktörens,
professor Sven Brohult,
rapport, sammanställd inför
Ingenjörsvetenskapsakademiens
50:e högtidsdag den 24 oktober 1969

IVA

Ingenjörsvetenskapsakademiens
meddelande 161
Stockholm 1969

Förord

Liksom tidigare år skulle även till akademiens 50:e högtidssammankomst lämnas en rapport om den tekniska och vetenskapliga utvecklingen. Det föreföll mig dock önskvärt att vid detta tillfälle ge den en form och ett innehåll som avvek från det traditionella. Redan i början av året började jag därför överväga möjligheten av en rapport som överblickade en längre period och det föreföll då naturligt att söka karaktärisera den tekniska och vetenskapliga utvecklingen under de gångna 50 åren. Det låg också nära till hands att sätta upp målet att överblicka en 50-årsperiod framåt i tiden. När dessa tankar försöksvis presenterades för akademiens ledamöter väckte de stort spontant intresse och jag fick så många intressanta förslag och idéer, och försäkran om så värdefull hjälp att jag vågade besluta mig för att försöka utarbeta en sådan översikt.

Trots allt stöd har det dock visat sig vara en oerhört krävande uppgift och flera gånger har denna förefallit så hopplös att jag tvekat om det verkligen var möjligt att få fram ett resultat som kunde presenteras. Slutligen blev dock ett manuskript färdigt som jag nu publicerar om ock med en viss tvekan. Det har varit en stimulerande sysselsättning att arbeta med detta ma-

terial, att försöka sammanfatta det och dra ut konsekvenserna därav, och jag kan endast hoppas att något av denna känsla skall kunna vidarebefordras till läsaren.

Konsten att göra en översikt av detta slag är att kunna göra ett riktigt urval av de mest väsentliga utvecklingslinjerna och koncentrera sig till dessa. Jag är väl medveten om att många betydelsefulla och intressanta tekniska och vetenskapliga händelser helt har förbigåtts men detta är absolut nödvändigt. Frågan är endast om det är de rätta händelserna som utelämnats respektive medtagits och det är denna fråga som kan bli föremål för diskussion.

Akademiens ledamöter har varit mycket hjälpsamma och lämnat många upplysningar och förslag och jag framför mitt hjärtliga tack för deras medverkan. Många andra forskare och tekniker vid institutioner och företag har även medverkat genom att lämna information och synpunkter och jag tackar alla som bidragit för deras välvilja liksom också mina medarbetare inom akademiens kansli som samlat och systematiserat materialet för mig.

Stockholm den 24 oktober 1969.

Sven Brohult

Innehåll

- 9 *INLEDNING*
- 12 *DE GÅNGNA 50 ÅREN*
- 13 *VETENSKAPENS UTVECKLING*
- 13 Atomism i ständig förnyelse
- 13 Situationen 1919
- 14 Den första konstgjorda kärnomvandlingen
- 15 Bohrs utvidgade atommodell. Paulis uteslutningsprincip
- 15 De Broglies materiavågor. Den nya kvantmekaniken
- 16 Dirac-ekvationen och den negativa massan
- 17 Kärnfysiken, naturliga sönderfallet och acceleratörerna
- 18 Betasönderfallet. Den första kärnmodellen
- 18 Neutronen och den första kärnklyvningen
- 18 »Mesonen»
- 19 Atomismens industriella exploatering
- 19 Resonansfenomen
- 19 Finstruktur. Kvantelektrodynamik
- 20 π - och μ -mesonerna. Särpartiklarna
- 21 Acceleratorerna
- 21 Växelverkanskrafter. Multipletter av särpartiklar
- 21 Θ - τ -gåtan. Paritetinvariansens fall
- 21 Hadronernas periodiska system. Ω -baryonen
- 23 Tidsinvariansens fall
- 23 Syntes av transurana element
- 24 De fasta ämnenas struktur
- 24 Situationen år 1919
- 27 Kristallstruktur
- 31 Elektronstruktur: termiska och elektriska effekter
- 34 Elektronstruktur: magnetiska effekter
- 36 Elektronstruktur: optiska egenskaper
- 37 Universums struktur och energikällor
- 37 Situationen år 1919
- 39 Solen
- 39 Solsystemet

41	Vintergatan
44	Yttre galaxer
46	Det expanderande universum
47	Radioastronomi
50	Gravitationsvågor från den yttre rymden
50	Kosmologiska teorier
54	Livsprocesserna
54	Situationen 1919
54	Enzymernas katalytiska egenskaper
54	Vitaminer
55	Hormoner
56	Naturprodukternas sammansättning
56	Viktiga hjälpmedel
57	Immunokemi
58	Kemoterapi
59	Ämnesomsättning
60	Proteiner
61	Separationsmetoder
62	Strukturundersökningar av proteiner
62	Syntes av proteiner — RNA och DNA
64	Virus
65	Muskler
65	Flimmerhår
65	Nervcellers funktion och byggnad
66	Sinnesceller
68	TEKNISKA TILLÄMPNINGAR
68	Material och materialprocesser
69	Tillverkningsprocesser för järn och stål
76	Metaller och metallegeringar
83	Halvledande material
83	Polymerer
85	Kompositmaterial
85	Cellulosa och papperstillverkning
92	Energiförsörjning
97	Datorernas utveckling
97	Datorernas tillkomst
99	De tre datorgenerationerna
100	Programmeringsteknik och integrerade kretsar
102	Tillämpad matematik, systemteori och processreglering
104	Transporter och kommunikationer
104	Trådbunden och trådlös kommunikation
112	Transporter
116	Järnvägs elektrifiering
118	Flyg

123	Svävare
123	Fartygsutvecklingen
126	Läkemedel
126	Läkemedelstillgångar
126	Kemoterapeutika
127	Virussjukdomar och vaccinering
127	Hormonpreparat
128	Psykofarmaka
129	Smärtlindrande medel
129	Blodterapi
129	Röntgenstrålning — fotografering och behandling
129	Åtgärder mot bristsjukdomar
130	Höjning av proteinhalten i jordbruksprodukter
130	Bättre utnyttjande av förefintlig protein
132	Rymdverksamhet
137	FORSKNINGENS SITUATION
137	Specialisering och differentiering
138	Instrument höjer produktiviteten
139	Att organisera forskare
139	Frihet och trygghet
141	Utbildningens anpassning till samhällets personalbehov
143	ATT BEHÄRSKA INFORMATIONSFLÖDET
143	Informationsexplosionen
144	Informationsbehov
144	Lagring och utvinning av information
146	Publicering
147	Informationssystem i utveckling
149	DE MÄNSKLIGA BEHOVEN
155	<i>DE KOMMANDE 50 ÅREN</i>
155	VETENSKAPLIGA FRAMSTEG
155	Materiens uppbyggnad
158	Universums struktur
158	Det expanderande universum
159	Vidgade vyer
162	Människan och rymden
163	Livsprocesserna
164	Enzymer
165	Immunologi
165	Cellen
166	Hjärnan
166	Bättre livsvillkor för människan

167	Sjuk- och hälsovård
170	Konsekvenser av vårt biologiska vetande
172	NYA TANKEGÅNGAR
175	Råvaru- och energitillgångar
175	Råvarutillgången
179	Energitillgången
182	TEKNISKA FRAMSTEG
182	Materialteknikens utveckling och nya material
183	Utvecklingen inom det processmetallurgiska området
185	Materialen år 2019
195	Jämförelser mellan olika material
197	Telekommunikationer
197	Telefoner
201	Distribution av TV-program med koaxialkabel
201	Kommunikationssatelliter
203	Ökad internationell förståelse
204	Trångt i luften
206	Kommunikationsradio
206	Långdistanskablar för teleförbindelser
208	Transporter
208	Bilen
210	Järnvägarna
211	Flygtransporter
212	Rymdverksamhet
215	DE MÄNSKLIGA BEHOVEN
220	Sammanfattning

INLEDNING

En gammal strävan i mänsklighetens historia har varit att se bakåt, att konstatera och förklara vad som i själva verket har hänt. Denna strävan beror bland annat på medvetandet att nutidens situation är en produkt av en tidigare utveckling, att det samhälle man ser omkring sig består av detaljer som uppkommit vid olika tillfällen, att vi i själva verket inte lever vid en tidpunkt utan i en tidsperiod. Byggnader, maskiner, redskap, konstverk osv har inte tillkommit på en gång utan härstammar från en längre period och anläggningar och föremål som tillkommer i år beräknas för en livslängd på upp till åtskilliga decennier. På samma sätt har de människor som finns nu präglats av olika perioder, åskådningar och idéer under en period som i stort sett omfattar de 50 år som IVA existerat.

Ett typiskt exempel på hur olika tidsperioder lagras över varandra ges av de nya trafiklederna. När man ser hur dessa skär igenom en äldre bebyggelse får man ett klart intryck av att de representerar ett nytt levnadsmönster, en annan skala, som är anpassad till det nya transportmedlet, bilen. Detta mönster läggs över det gamla och demonstrerar bristen på överensstämmelse mellan de två typerna av samhällsplan.

Våra nuvarande problem är i stor utsträckning rotade i tidigare utveckling. Ett exempel är uppbyggnaden av skogsindustrin i Norden. Den norska tillkom först bland annat på grund av sin närhet till exportmarknaderna och därefter den svenska, under det att den finska byggts ut först senare. Den norska industrin består därför i större utsträckning av äldre och mindre anläggningar och problemen med strukturrationali-

sering blir förmodligen där ännu svårare än de svenska. I Sverige har en koncentration till större enheter kommit en bit på väg men ännu återstår åtskilliga cellulosafabriker som säkerligen kommer att försvinna under det närmaste decenniet. I Finland är sådana problem betydligt mindre vilket medverkar till att konkurrensläget för den finska industrin är gynnsammare.

En fortsatt omstrukturering av den svenska cellulosaindustrin kommer säkerligen att inträffa och man kan undra i vilken utsträckning samhället redan nu bereder sig på de kommande problemen, t ex genom att försöka inrikta forsknings- och utvecklingsresurserna på de ämnen och branscher som man kan förutse kommer att ha ökad betydelse i framtiden. Denna fråga kommer att behandlas utförligare längre fram i rapporten.

Vid en genomgång av de svenska cellulosafabrikerna är det påfallande hur stor del av dessa som har lokaliserats och anlagts vid sekelskiftet. Fabrikerna är sedan dess visserligen flera gånger ombyggda och modern utrustning har installerats men i stor utsträckning är deras förläggning och även övriga förhållanden betingade av en gången tids förhållanden. Visserligen har de senare anlagda fabrikerna större produktion och dominerar i detta avseende, däremot inte lika starkt i arbetarantal, men slutsatsen blir ändå att hittills har dessa investeringar visat sig ha stor förmåga att påverka senare tiders förhållanden och att bli varaktiga även när det gäller att styra nyinvesteringarna. Samma situation kan sannolikt påvisas för järnverken och för en sådan varaktig investering som järnvägarna. För cirka 100 år sedan ar-

betade riksdagsmannen Jan Andersson i Jönvik energiskt för att norra stambanan skulle gå till Krylbo och den sväng stambanan gör från Uppsala i västlig riktning kallades på sin tid Jankroken. Och denna ligger fortfarande kvar även om Jan Anderssons insats har fallit i glömska.

Människan har också haft en stark önskan att veta hur framtiden kommer att te sig. Man kan finna både klart nyttobetonade exempel på detta – t ex de gamla egypternas astronomiska observationer för att förutspå Nilens översvämningar – och mer fantasi-betonade sådana i en mängd sagor från olika epoker. Efter franska revolutionen skrevs en hel del optimistiska skildringar av det underbara framtidsrike som skulle skapas sedan revolutionen rivit ned alla föråldrade hinder. Senare har under intryck av den bistra verkligheten bilden av framtiden förändrats.

Under detta sekel har en rad pessimistiska skildringar som *Tidsmaskinen*, *Brave New World*, 1984 och *Kallocain* författats. Dessa tar upp tendenser i samtiden och försöker åskådliggöra vart det skulle leda om dessa fick vidareutvecklas. En annan ganska ny kategori framtidsliteratur utgör science fiction som, när den är som bäst, utgår från möjliga och tänkbara tekniska och vetenskapliga framsteg och beskriver vilka konsekvenser dessa kan få för människorna.

På de senaste åren har det blivit allt mer populärt att försöka förutse framtiden och att göra mer eller mindre raffinerade extrapolationer in i denna. Syftet är att med hjälp av de nu aktuella metoderna för framtidsstudier försöka att förutse hur dagens beslut påverkar framtiden och att därigenom söka påverka besluten.

Avgörande för möjligheten att studera framtiden är det faktum att vetenskapliga och tekniska framsteg oftast tar lång tid att omsätta i praktiken. Ännu längre tid tar det innan framstegens alla potentiella möjligheter utvecklats. Som exempel kan nämnas datorerna som i sina första former, låt vara med långt underlägsen kapacitet och

teknik jämfört med de nuvarande, fanns i drift för 25 år sedan. Ingen torde betvivla datorernas oerhörda potentiella betydelse för de flesta funktioner inom samhället, men i dag efter 25 år har endast en liten del av alla dessa möjligheter kunnat utnyttjas. På samma sätt bevisades kärnkraftens möjlighet som energikälla för ca 25 år sedan, men ännu svarar den trots mycket stora statliga utvecklingsinsatser i de flesta länder endast för en obetydlig del av energibehovet. Den genetiska koden är nu känd men lång tid kommer säkert att krävas innan denna kunskap kommer att kunna utnyttjas.

Under de gångna 50 åren har mycken ny kunskap publicerats och blivit känd. Under hela tiden har antalet forskare vuxit exponentiellt och nu liksom tidigare gäller att 90 % av alla forskare som över huvud taget existerat är verksamma just nu. Men den exponentiella tillväxten betyder att inte bara nu utan när som helst under denna 50-årsperiod har man kunnat se bakåt och konstatera samma häpnadsväckande framsteg inom forskningen. För varje ny period man gått in i har man konstaterat att nu har forskningen tillvunnit sig ökat intresse och ökad uppmärksamhet och att nu har samhället insett dess betydelse och verkligen beslutat sig för att satsa på teknisk forskning. Den exponentiella ökningen kan fortsätta ytterligare någon tid men inte hur länge som helst. Kanske får vi uppleva en period då tillväxten av forskningen sker långsammare, då tävlan om anslag blir hårdare än i dag och då frågan om val av ämnen och projekt blir viktigare än hittills.

Vid ett jubileum ligger det nära till hands att försöka se både framåt och bakåt i tiden. Även om detta kan ske när som helst blir det ändå ofta vid sådana tillfällen som man tar sig tid för överblickar. Det kan då också vara nyttigt att söka sammanfatta för sig själv och för andra den utveckling som har skett och klargöra vilka förändringar som varit de viktigaste. Ofta är det språngvisa förändringar som tilldrar sig den största

uppmärksamheten, under det att de som sker långsamt och gradvis inte uppmärksammas även om de successivt adderas till stora och betydelsefulla händelser. Vid ett försök till överblick kan man därför försöka att finna sammanhang av den senare typen och lägga märke till tendenser och utvecklingslinjer som man tidigare inte uppfattat.

En helt annan osäkerhet möter man när man skall försöka se framåt i tiden. Även där måste man försöka att dra fram de verkligt betydelsefulla utvecklingslinjerna, men arbetar med en osäkerhet som blir allt större ju längre period man försöker överblicka. Vad som kan ge möjlighet att göra förutsägelser är att många viktiga tekniska framsteg kräver lång tid för att verkligen få effekt och exempel därpå kommer att lämnas senare. Vissa problem, t ex kring forskningens organisation, är över huvud taget knappast möjliga att slutgiltigt lösa utan kommer alltid att vara med oss om än i växlande former. Vi hoppas att i detta sammanhang kunna ge några uppslag till lösningar, och därigenom i en viss liten utsträckning påverka framtiden genom att skriva om dess historia.

Vi har alltså valt att behandla perioden

1919 till 2019. Dels beror detta på att det faller sig naturligt i samband med akademiens 50-årsjubileum, dels beror det på att den gångna 50-årsperioden varit en intressant period att behandla. Många väsentliga framsteg har gjorts inom vetenskap och teknik och många personer kan minnas hela eller en stor del av perioden och göra jämförelser mellan sina minnen och våra försök att framställa åtminstone några väsentliga samband. Framtidsperspektivet 50 år är på en gång svårt och intressant. Det är för långt för att man skall kunna göra enkla extrapolationer av kända trender – sådana är endast givande på ett decennium, i undantagsfall två decenniers sikt. Det är för kort för att man skall kunna frigöra sig från de bindningar dagens beslut innebär och skriva en utopi baserad på gissningar om möjliga vetenskapliga och tekniska framsteg parade med önskningar om hur samspelet mellan människorna bör fungera, eller mardrömmar om hur det i värsta fall skulle kunna fungera. Vår framåtblick har därför blivit en kombination av viljebetonade förslag som vi bedömer positiva för den framtida utvecklingen och framskrivna trender jämte resultat som samspel mellan dessa kan leda till.

DE GÅNGNA 50 ÅREN

När man jämför kunskaper och prestationer nu och 1919 finner man att en förbluffande utveckling av både vetenskap och teknik har skett. I halvsekelperspektivet ser man tydligare samspelet mellan forskning och teknisk utveckling än när man behandlar enskilda projekt av betydelse för de allra närmaste åren. Uppdelningen mellan grundforskning och tillämpad forskning är också en utpräglad kortsiktig gränsdragning som dock kan vara nyttig för dagsaktuella beslut och diskussioner. På lång sikt avser ju all forskning ge resultat som på något sätt bedömes vara värdefulla och på något sätt tillfredsställa behov även om det inte alltid i förväg kan klargöras vilka dessa är.

I långtidsperspektivet kan man tydligare se hur tex kärnfysiken har drivits som grundforskning men direkt och indirekt har

lett fram till viktiga tillämpningar såsom energiproduktion, isotopmetoder, materialutveckling, elektronik och kunskap som nu ingår i allmänbildningen och har betytt bättre förståelse av ett stort antal fenomen och processer. Det framgår då också i hur stor utsträckning de vetenskapliga framstegen har gett impulser till tekniska konstruktioner och processer och det förefaller därför naturligt att som grund för andra bedömningar lägga en överblick om vetenskapens framsteg under 50 år och då koncentrera sig till några centrala utvecklingslinjer, kunskapen om atomernas och atomkärnans struktur, de därmed sammanhängande frågorna om universums uppbyggnad och energikällor och om materiens aggregationstillstånd samt slutligen livsprocesserna och deras ursprung.

Atomism i ständig förnyelse*

1900-talsfysikens historia kan lämpligen indelas i tre perioder: Först tiden före 1925, då de klassiska teorierna stegvis bryts ned, tidsperioden 1925–1935 under vilken en kvantmekanisk teori oerhört snabbt uppbyggs och en någorlunda sammanhängande bild av förloppen på subatomär nivå skapas samt tiden efter 1935 under vilken nya experiment ständigt medför omprövningar och tillägg av den kvantmekaniska teorin. Perioden 1919–1969 omfattar således samtliga dessa tre perioder.

Situationen 1919^{6, 7}

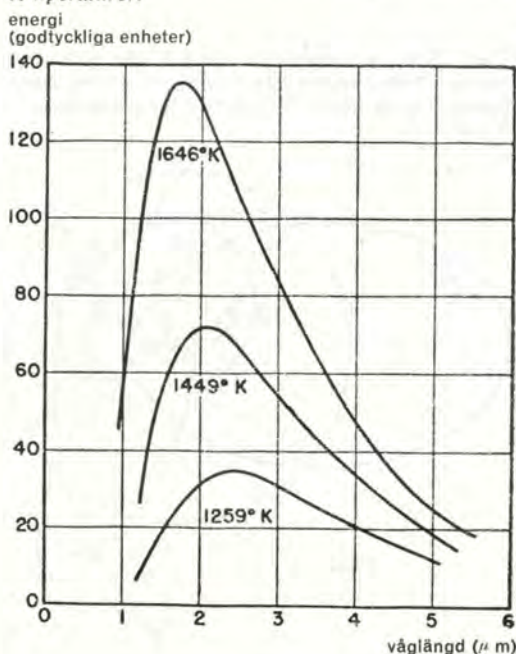
År 1919 hade man fastslagit både att atomerna inte var materians minsta beståndsdelar och att de inte heller var oföränderliga. Existensen av elektronen, fastslagen under 1890-talet av J J Thomson, visade att det fanns mindre partiklar än atomerna. W Röntgens, H Becquerels samt P och M Curies undersökningar av röntgenstrålningen och radioaktiviteten fastslog att atomerna inte var oföränderliga. Redan i slutet av föregående sekel kände man sålunda till att de radioaktiva grundämnena utsände strålning av tre slag, alfa-, beta- och gammastrålning, där de senare två typerna av strålning var identifierade. Ett verkligt stort genombrott kom då E Rutherford år 1903 kunde påvisa att alfastrålningen utgjordes av heliumjoner. Elektronernas och atomkärnornas existens var således kända år 1919.

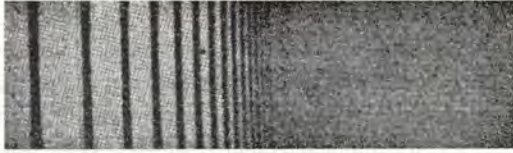
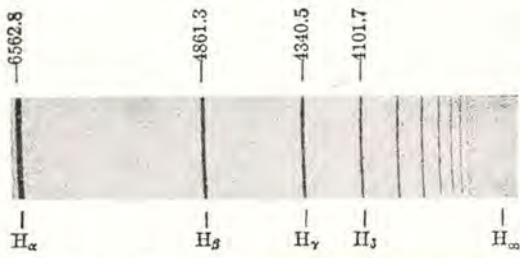
Men inte endast de radioaktiva ämnenas

* Omfattande historiska översikter som behandlar skilda aspekter på detta ämne ges i ref 1–5.

utsändande av strålning förbryllade fysikererna. Ett annat fysikaliskt problem som krävde sin lösning var att alla kroppar, hur effektivt de än strålade, hade ett värmespektrum med en bestämd topp som vid normala temperaturer befann sig i det infraröda området. I Max Plancks första uppsats om kvantteorin år 1899 förklarades detta fenomen. I stället för att förutsätta att strålning upptas och avges kontinuerligt vid alla våglängder och i alla tänkbara kvantiteter antog Planck att strålningen endast kunde avges i bestämda minimimängder »kvanta». Teoretiskt beräknade kurvor under detta antagande stämde väl med de experimentella kurvorna. Planck

Svartkroppsstrålningen upptäcktes för första gången av O Lummer och E Pringsheim. Spektralfördelningen vid tre olika temperaturer anges. Maximitoppen flyttar mot kortare våglängder vid högre temperaturer.



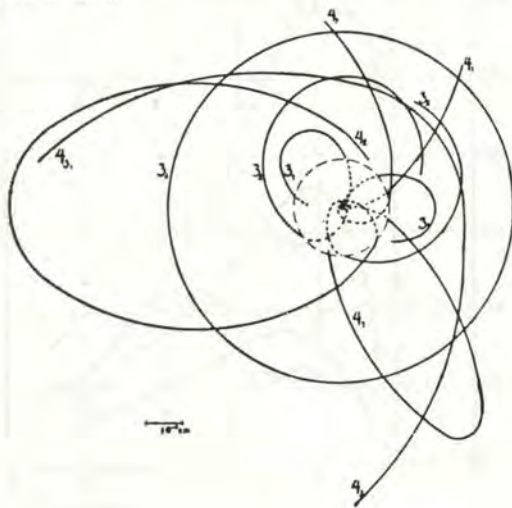


De regelbundet ordnade linjerna i vätespektrum trotsade länge teoretikernas beräkningar, men kunde uttryckas med en empirisk formel, uppställd av Balmer.

hade dock ingen förklaring till sitt antagande, men i och med att Albert Einstein år 1905 lade fram sin hypotes att ljuset existerar i kvanta, dvs att den elektromagnetiska strålningen har en partikelnatur, var lösningen på problemet funnen. Einsteins teorier verifierades lätt genom den fotoelektriska effekten.

1911 framlägger Rutherford en atommodell baserad på sina spridningsförsök med alfa- och betapartiklar. Atomen består enligt

Niels Bohrs atommodell av 1913, där elektroner rör sig i planetariska banor kring en positiv atomkärna. Stabila banor för yttersta (11e) elektronen i Na-atomen.



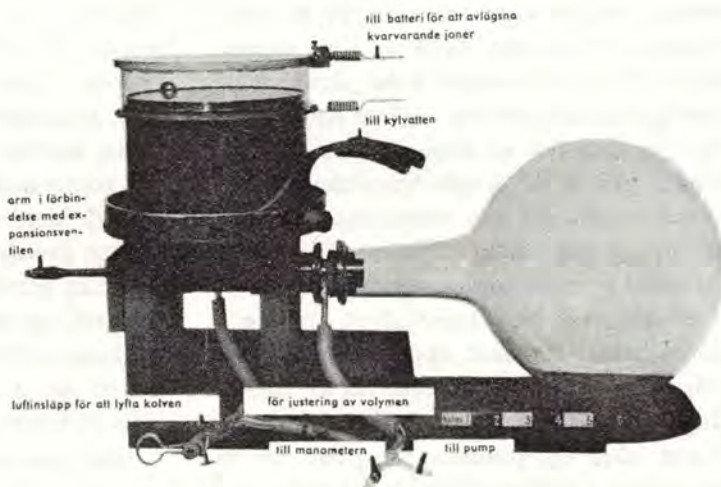
denna modell av en tung kärna med positiv laddning, omkring vilken elektronerna rör sig. Det gällde nu att förklara denna rörelse. N Bohr hade länge arbetat med detta problem, men inte förrän år 1913, då han uppmärksammades på Balmerserien, dvs den serie tal som beskriver vätes spektrallinjer fick han klart för sig sambandet.⁸ Genom en kombination av mekanikens lagar och Plancks strålningslag kom han fram till den modell i vilken elektronerna rör sig i stationära banor med bestämd energi kring kärnan. Vid en övergång mellan två av dessa banor utsändes ljus, vars frekvens är proportionell mot energidifferensen mellan dessa. Enklare spektra kunde därigenom förklaras.

Materiens oförstörbarhet som tidigare tagits som självklar måste ifrågasättas på grund av den naturliga radioaktiviteten. Einstein hade visserligen i sin relativitetsteori förutsagt att varken massa eller energi behöver vara oförstörbar var för sig utan endast totalsumman av massa och energi (uttryckt i den nu så berömda formeln $E = mc^2$), men i stället för att förklara den naturliga radioaktiviteten förbryllade dessa teorier de flesta.⁹

Den första konstgjorda kärnomvandlingen¹⁰

Studier av elementen i den kedja i vilken ett radioaktivt ämne sönderfaller påvisade existensen av element med samma atomnummer men med olika atomvikt. Dessa element »isotoperna» trodde man först bara var förbundna med de radioaktiva ämnena, men redan 1912 hade Thomson i sina undersökningar av neon funnit en neonisotop. Vid mätning av massan hos en partikel utnyttjar man det förhållandet att laddade partiklar med olika massa kan avböjas olika i elektriska och magnetiska fält, s k masspektroskopi. År 1919 kunde F V Aston med en egen konstruerad masspektrometer påvisa existensen av stabila isotoper. Masspektroskopi har sedan blivit en väsentlig metod bl a vid bestämning av molekylvikter. (Några

Dimkammare konstruerad av C Wilson. Fuktig luft i dimkammaren görs övermättad genom en plötslig expansion. En laddad partikel, som genom ett starkt magnetfält fås att passera dimkammaren efterlämnar ett tydligt spår av vattendroppar, genom att den övermättade vattenångan kondenserar kring partikeln. Ur: Yang, C N: Elementarpartiklar. Stockholm (Wahlström & Widstrand) 1964.



exempel ges under »Livsprocesserna» sid 57.)

Samma år åstadkom Rutherford den första konstgjorda kärnomvandlingen genom sitt berömda försök med en intensiv stråle alfapartiklar som träffar en behållare fylld med kväve, varvid högenergetiska protoner kastas ut. Tolkningen av förloppet tog ganska lång tid men kunde klarläggas med hjälp av en Wilsons dimkammare. Till sin förvåning fann man att summan av de exakta massorna hos kväve- och alfapartiklarna och summan av de exakta massorna hos den proton och den syreisotop som bildades vid reaktionen ej var lika. Fortsatta experiment under denna tidsperiod kunde dock klargöra att skillnaden berodde på att protonen hade en mycket hög energi som balanserade masskillnaden.

Bohrs utvidgade atommodell.

Paulis uteslutningsprincip¹¹

Bohrs atommodell måste snart kompletteras och först skedde detta genom att man införde nya kvanttal, för att ta hänsyn till impulsmomentet och elektronens magnetfält. Det senare krävde ett antagande om att elektronen hade ett inre spinn vars kvanttal var lika med $\frac{1}{2}$. År 1925 postulerade G E Uhlenbeck och S Goudsmith elektronens spinn och magnetiska moment, inspirerade bland annat av W Paulis förslag samma år

om att elektronen har fyra kvanttal.¹² Pauli formulerar i detta sammanhang den berömda uteslutningsprincipen vilken innebär att »det aldrig existerar två eller fler elektroner i en atom vilka i starka fält har alla dessa fyra kvanttal lika».¹³

De Broglies materiavågor.

Den nya kvantmekaniken^{11, 14 - 16}

Den bild av atomen som Rutherford, Bohr och andra utarbetat stödde sig på två huvudaxiom, nämligen det ena att materien är uppbyggd av två primära materiella enheter, protonen och elektronen, och det andra att strålningen i vissa avseenden beter sig som vågor och i andra som partiklar.

Ljusets dubbla karaktär gick alltså inte att förneka och därför frågade sig L de Broglie år 1924 om det inte var tänkbart att materian hade en liknande dubbelnatur. År 1927 kunde C Davisson och L H Germer avböja en stråle elektroner från ytan av en nickelkristall och åstadkomma diffraktionsmönster av exakt samma form som man tidigare fått med användande av röntgenstrålar med likvärdigt energiinnehåll.

Redan innan denna tanke hunnit verifieras experimentellt hade dock en länge väntad revolution inom materieteorin inträffat.

Schrödinger använde år 1926 de Broglies idé för att förklara Bohrs stationära elektron-

banor i en atom genom analogin att elektronerna i atomerna rörde sig som stående vågor. De begränsningar Bohr påtvingat de tillåtliga atomtillstånden var inte längre godtyckliga utan fick en högst övertygande förklaring genom de Broglie-Schrödingers vågekvation. Frågan om elektronsprång (hur elektronen kan passera från ett tillstånd till ett annat utan att vara i det mellanliggande tillståndet) var inte längre något problem i denna teori. Däremot uppkom naturligtvis frågan vad Schrödingers vågor var för någonting. Denna fråga visade sig också vara en pseudofråga uppkommen på grund av en bundenhet i tänkandet till de klassiska teorierna.

Betecknande nog hade en annan fysiker, W Heisenberg, angripit problemet från en helt annan utgångspunkt. Liksom J C Maxwell hade gått över till att behandla den elektromagnetiska strålningen ur en helt matematisk aspekt gjorde Heisenberg detta för att beskriva de experimentella resultat man nu kände. Tillsammans med P Jordan och M Born utvecklade Heisenberg en kvantmekanik med utgångspunkt från fysikaliskt observerbara kvantiteter, »observabler», sådana som frekvensen hos den strålning som utsändes från en atom. Till varje observabel

associeras en matematisk storhet, kallad matris för vilka Jordan utvecklat räknetoder. Dessa matriser uppfyller en s k icke kommutativ algebra till skillnad från vanlig algebra som är kommutativ. (Begreppet kommutativ innebär att ordningen mellan två faktorer kan kastas om utan att resultatet förändras.) Genom att skriva om de klassiska rörelseekvationerna på s k Hamiltonform och antaga att de kvantmekaniska storheterna formellt uppfyller samma ekvationer, den s k korrespondensprincipen, erhålls de kvantmekaniska rörelseekvationerna.

Här fanns nu två teorier som gav samma svar på ett flertal frågor, men vilken av dem var den rätta? Striden mellan anhängare av den ena respektive andra teorin har varit föremål för många diskussioner inom vetenskapsteorin, men Schrödinger kunde snart visa att de två teorierna var matematiskt ekvivalenta. De utgjorde två olika sätt att formulera precis samma tankegångar men det matematiska resonemanget utfördes i olika symbolspråk.

År 1927 formulerade Heisenberg den berömda osäkerhetsrelationen, som förde fysiken ut till filosoferna. I klassisk mening kan man alltid bestämma läge och impuls samtidigt hur noggrant som helst, medan enligt den kvantmekaniska tolkningen detta ej går. Förhållandet uttryckes i osäkerhetsrelationen, som uppställer en teoretisk gräns för den grad av exakthet varmed vissa par av variabler kan observeras samtidigt.

Kvantmekaniken nådde en enorm frihet att teoretiskt och praktiskt behandla de dynamiska problemen på atom- och molekylnivå. En viktig tillämpning fick dessa teorier på det kemiska området genom W Heitlers och F Londons år 1927 lämnade förklaringar av naturen hos de kovalenta bindningarna (se »De fasta ämnenas struktur» sid 29).

Dirac-ekvationen och den negativa massan¹⁷

År 1928 uppställde P A M Dirac den teori, som förklarade varför elektronen har spinnet $\frac{1}{2}$, ett förhållande som alltså tidigare an-

En matris symboliserar ett system av linjära ekvationer. För matriserna kan olika räkneoperationer definieras såsom multiplikation och addition. Resultatet av operationerna kan många gånger bero på i vilken ordning de utförs.

$$\left. \begin{aligned} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n &= b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n &= b_2 \\ \dots & \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n &= b_m \end{aligned} \right\}$$

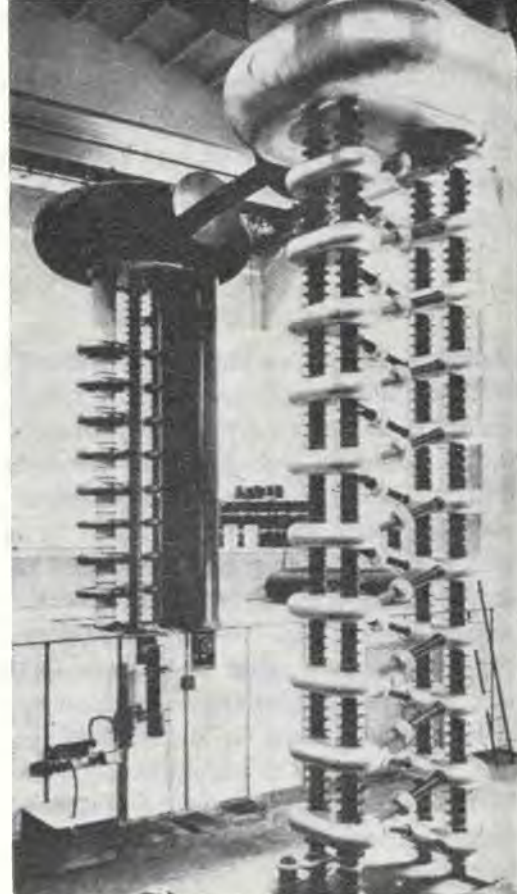
Linjärt ekvationssystem

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_m \end{bmatrix}$$

Koefficientmatris

tagits utan förklaring. Teorin är matematiskt relativt komplicerad men erhålles genom att antaga att Schrödingerekvationen är relativistiskt invariant i enlighet med Einsteins principer. Antagandet ledde till en ekvation som syntes vara olöslig, men genom att införa ett nytt matematiskt begrepp lyckades Dirac dock lösa den.

Men andra problem uppkom. Ekvationen hade nämligen två rötter, en positiv och en negativ, där den senare skulle svara mot ett negativt energitillstånd. Detta var något alldeles nytt, men under åren 1930–31 kunde problemet lösas genom antagandet att till varje partikel också finns en motsvarighet med samma massa men med laddning av motsatt tecken. Någon sådan partikel hade man vid den tidpunkten inte funnit i naturen, men redan 1932 upptäckte C D Anderson elektronens positiva motsvarighet, positronen.



En 1.4 MeV Cockcroft-Walton-accelerator. Acceleratorröret är det vita röret med ringarna längst till vänster i bilden. Joner från en jonkälla, i den stora högspänningselektroden (kåpan) ovanför accelerationsröret accelererar i detta genom att stegvis ökande likspänningar pålägges röret nerifrån och uppåt. Växelspänningen från generatoren i högspänningskåpan likriktas med hjälp av aggregatet till höger. Vakuumkanmaren i vilken experimenten utförs är belägen under golvet. Ur: Wilson, R R: I kärnfysikens verkstad. Stockholm (Prisma) 1963.

Kärnfysiken, naturliga sönderfallet och acceleratorerna¹⁸

Det tredje årtiondet framstår som kärnfysikens. År 1930 upptäckte W Bothe och H Becker en ny strålning som J Chadwick 1932 antog bestod av partiklar av ett nytt slag med en massa som var jämförbar med protonens men utan elektrisk laddning, neutroner. Med bara några månaders mellanrum hade alltså två väsentliga elementarpartiklar upptäckts.

Kort därefter upptäckte I och F Curie-Joliot att alfapartiklar från ett radioaktivt sönderfall som fick bombardera bor gav en strålning som kunde bevisas bestå av positroner. Hur uppkommer denna? Jo, genom att den kväveisotop som bildas vid reaktionen ombildas till en kolisotop. Denna omvandling utgjorde det första konstgjorda radioaktiva sönderfallet.

Rutherfords experiment, som hade påvisat kärnans natur, den första kärnreaktionen, den konstgjorda radioaktiviteten osv, hade åstadkommit med hjälp av partiklar från

de naturliga sönderfallen. Acceleratorer fanns visserligen för produktion av röntgenstrålning upp i keV-området, men årtiondet inleddes med en enorm kapplöpning om vem som skulle bli den förste att lyckas åstadkomma en helt konstgjord kärnomvandling. Denna vanns av J D Cockroft och E Walton som år 1932 utförde den första kärnomvandlingen med en accelerator. En litiumatom besköttes med en proton med en energi av ca 0,3 MeV, varvid två heliumatomer erhöles.¹⁹

I och med uppfinningen av cyklotronen (E Lawrence 1932) kom acceleratorernas energi upp i MeV-området, men kärnfysiken fortsatte dock att leva högt på andra slag av acceleratorer för mycket lägre energier.

Betasönderfallet. Den första kärnmodellen²⁰

Energimätningar med kalorimeter på beta-partiklar (elektroner) som utsändes från radioaktiva ämnen (betasönderfall) visade år 1927 att det inte som man trott tidigare var betapartiklarnas maximienergi utan medelvärdese energi man mätte. Av detta följer att energin inte tycktes vara bevarad, men tron på energins oförstörbarhet var stor och Pauli införde redan under åren 1930 och 1931 en ny neutral partikel med försvinnande liten massa för att rädda situationen. Utgående från en betraktelse över elektronernas spinn och statistiska fördelning visar Pauli också att inte heller dessa storheter var bevarade.

Förslaget om en sådan neutral partikel publicerades första gången 1933 i samband med att Heisenberg diskuterade sin proton-neutron-modell för kärnan, som han föreslagit 1932 och som i grunddragen gäller ännu. Då denna modell föreslogs hade Heisenberg inte kännedom om Paulis antaganden utan förutsatte att neutronen (som han antog hade spinn $\frac{1}{2}$) sönderfaller i en proton och en elektron utan att spinn och energin bevaras.

Kort därefter presenterade E Fermi (1934) grunderna för den bild av betasönderfallet som vi nu har. I denna antar man att en neutron sönderfaller i en proton, en neutrino (namnet föreslogs av Fermi) och en elektron, och att dessa senare utsändes samtidigt. De kommer då att dela på den tillgängliga energin, så att elektronen endast får cirka hälften. Neutrinon antas ha en restmassa som är mycket mindre än elektronens. Vidare antas den inte ha någon laddning och, för att klara spinnkonserveringen, spinn $\frac{1}{2}$.

Neutronen och den första kärnklyvningen²¹

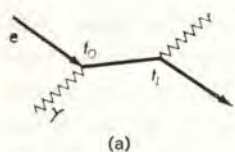
Redan omedelbart efter upptäckten av neutronen fick man klart för sig att denna, eftersom den saknade laddning, skulle vara ett fantastiskt verktyg för att undersöka olika kärnreaktioner. Speciellt intressant för framtiden visade sig neutronens förmåga att producera radioaktiva nukleider vara. Dessa fenomen utsattes för ett omfattande studium av Fermi och hans medarbetare under åren 1934–35, varvid bland annat de långsamma neutronerna upptäcktes.

För att förklara de starka resonanseffekter som erhöles då långsamma neutroner infångades av en kärna föreslog Bohr år 1936 »droppmodellen» för kärnan. Denna innebär att en partikel som fångas in av kärnan nästan omedelbart förlorar sin identitet. En kärnreaktion förklaras exempelvis genom antagandet att en sammansatt kärna först bildas, i vilken den inkommande partikeln snabbt delar med sig av sin energi till de i kärnan ingående partiklarna. Därvid blir kärnan instabil och sönderfaller.

Beskjutningen av olika kärnor fortsattes och 1939 upptäckte O Hahn den första kärnklyvningen. Redan samma år kunde Bohr och J A Wheeler förklara mekanismen för denna s k fissionsprocess. Kunskapen om kärnreaktioner kom att spela en väsentlig roll inom astronomin. År 1938 föreslog således C von Weizsäcker och Bothe oberoende av varandra en mekanism för att förklara energiproduktionen i stjärnorna. Dessa s k termonukleära reaktioner bestämdes av den s k kolcykeln för stjärnor med temperaturer större än $5 \times 10^8 \text{K}$ och av proton-protoncykeln för vår sol. Föreställningen om elementens oförstörbarhet hade nu alltså fått vika för en kärnfysikalisk världsbild som snart skulle domineras av elementtransmutationer.

»Mesonen»²²

H Yukawa föreslog år 1935 att bindningen mellan neutroner och protoner i kärnan skedde genom ett mellanliggande fält – en



(a)



(b)



(c)

Utbytesprocesser representeras numera ofta av så kallade Feynmandiagram (införda år 1949). Spridning av fotoner med elektroner kan representeras av fig (a). Den tjocka linjen representerar elektronen och den vågiga, fotonen (eller γ -strålningen). Riktningen på pilarna anger riktningen i tid-rummet. Den inkommande fotonen absorberas av elektronen vid tiden t_0 och den spridda elektronen emitteras vid tiden t_1 . Fig (b) visar växelverkan mellan två elektroner och fig (c) växelverkan mellan en proton och en neutron.

motsvarighet till det elektromagnetiska fältet. Ur kärnans storlek beräknade Yukawa att liksom mot det elektromagnetiska fältet svarar en foton skulle detta fält svara mot en partikel vars massa skulle vara approximativt 200 gånger elektronens och ha heltaligt spinn. Själv trodde han inte på detta antagande, men han kände då inte till att C D Andersson och S H Neddermeyer just höll på med intensiva studier av den kosmiska strålningen, och år 1936 upptäckte partiklar med en massa mellan elektronens och protonens. Dessa antogs naturligtvis vara de av Yukawa förutsagda partiklarna – mesonerna.

Atomismens industriella exploatering²²

Det fjärde årtiondet blev tiden för atomismens industriella exploatering, först och främst genom kärnenergis frigörelse, den första kärnreaktorn 1942 och atombomben 1945. Den först upptäckta elementarpartikeln, elektronen, hade redan, särskilt i radiotekniken, erövrat världen, men nu tillkom radar och andra kommunikationssystem samt de första elektroniska datorerna. Elektronikens uppsving under detta årtionde verkade naturligtvis tillbaka på grundforskningen. Här kan exempelvis nämnas elektronmikroskopet, som visserligen redan år 1933–34 kunde ge bättre avbildning än ett ljusmikroskop, men som först under detta årtionde avsevärt förbättrades och kom till stor användning inom alla naturvetenskaper (några exempel ges i avsnitten »De fasta ämnenas struktur» sid 28, »Livsprocesserna sid 65 samt »Materialteknikens utveckling och nya material» sid 186).

Resonansfenomen²³

Apparatur som möjliggjorde mätning av mycket små förändringar blev så småningom möjliga att konstruera. Man visste exempelvis genom hyperfinstrukturen hos spektrallinjerna att kärnan har ett magnetiskt moment. Om en kärna placeras i ett magnetfält kan man observera att kärnans magnetfält är kvantiserat. Mellan olika tillåtna riktningar existerar en energiskillnad, dvs om riktningen ändras erhålls energiövergångar. De första försöken att upptäcka dessa övergångar misslyckades, men 1946 utvecklade E M Purcell och S Bloch oberoende av varandra den kärnmagnetiska resonansmetoden (NMR-metoden) med vilken dessa övergångar kunde bestämmas. Experiment kunde också påvisa elektronspinnresonansen (ESR), (Zaboiskij 1946). Dessa metoders användning för att beskriva molekyler diskuteras i »Livsprocesserna» (sid 57).

Finstruktur. Kvantelektrodynamik²⁴

Spektrallinjerna för väte observerades tidigt vara tätliggande dubletter. Det experimentella avståndet mellan dessa visade sig emellertid inte stämma överens ens med det teoretiskt beräknade avståndet enligt kvantmekanisk teori. Vätets slutliga finstruktur bestämdes experimentellt 1947 av W E Lamb och R C Retherford och dessa bestämningar ledde till förändringar av teorierna. Sålunda skedde ett genombrott för teorin om den elektromagnetiska strålningens atomism: Kvantelektrodynamiken (S Tomonaga, J Schwinger, R P Feynman, 1947–49), som ledde till att elektronens magnetiska moment



Sönderfall av π - och μ -mesoner registrerade i en fotografisk plåt. Sönderfallet kan beskrivas så här

$$\pi^+ \rightarrow \mu^+ + \nu_\mu$$

$$\mu^+ \rightarrow e^+ + \nu_e + \bar{\nu}_\mu$$

d v s π -mesonen sönderfaller i en myon och en neutrino, och myonen sönderfaller i en positron, en neutrino och en antineutrino. Här har också skilts på neutriner tillhörande elektronen och myonen. Ur: Yang, C N: Elementarpartiklar. Stockholm (Wahlström & Widstrand) 1964.

kunde förutsägas, med en mycket hög noggrannhet som experimenten senare skulle visa.²⁵

π - och μ -mesonerna. Särpartiklarna²⁶

I den kosmiska strålningen hade man ju tidigare funnit en partikel som skulle kunna svara mot den av Yukawa föreslagna mesonen. Olika mätningar av denna partikels massa gav helt olika resultat och avvikelser från det bestämda medelvärdet (172 gånger elektronmassan år 1945) blev därför betydande.

Stora ansträngningar att bestämma denna massa noggrannare gjordes men allt eftersom tiden gick blev det allt klarare, att den

partikel man funnit i den kosmiska strålningen inte kunde vara den av Yukawa föreslagna. Mesonerna från den kosmiska strålningen kunde inte förmedla kärnkrafterna. Problemet löstes så småningom med hjälp av en utvecklad teknik vad beträffar fotografiska emulsioner. C F Powell och hans grupp kunde i de fotografiska emulsionerna spåra två mesoner, den primära π -mesonen och den sekundära μ -mesonen, numera kallad myonen. Den meson som svarar för kärnkrafterna skulle alltså vara π -mesonen. Myonen däremot har inte någon stark växelverkan med atomkärnorna. Detta framsteg är ett exempel på hur förbättrad teknik kan leda till ökade kunskaper inom den grundläggande forskningen.

Vid mitten av 1940-talet understeg antalet kända elementarpartiklar således tio. År 1947 fann G D Rochester och C C Butler emellertid bland ett antal dimkammarfotografier av kosmisk strålning fotografier som pekade på någon okänd partikel. Två år senare kunde Powell och hans medarbetare med hjälp av sin fotografiska emulsionsteknik bekräfta existensen av en ny partikel, τ -mesonen. På grund av att de partiklar man fann var helt oväntade gav man dem namnet särpartiklar. De karakteriseras av att de uppkommer vid kollisioner där energin överstiger 1 GeV. Fram till 1952 var den kosmiska strålningen enda källan för så höga energier även om acceleratorerna hade växt i storlek och energiområde från 10–20 MeV till 350 MeV (protonenergi). Dessa energier var dock bara tillräckliga för att möjliggöra transmutationer av olika slag av element och i någon mån för att producera mesoner. E Gardner och C M G Lattes i Berkeley lyckades sålunda år 1948 erhålla mesoner genom att bombardera kolatomer med alfa-partiklar om 380 MeV.²⁷

Följaktligen sattes många undersökningar i gång för att studera förekomsten av särpartiklar i den kosmiska strålningen. Tyvärr är ju denna varken någon reglerbar eller riktbar källa, varför starka önskemål om teknisk utveckling fanns.

Acceleratorerna¹⁹

Det femte årtiondet karakteriseras av en allt starkare växelverkan mellan olika fält. Forskningsresultat exploateras snabbt av industrin och omvänt tar forskningslaboratorierna allt mer avancerad teknik i sin tjänst. Således kunde acceleratorerna vidareutvecklas genom nya principer och konstruktioner. De större maskinerna kom helt att stå i elementarpartikelfysikens tjänst. År 1952 passerades sålunda gränsen 1 GeV (Brookhaven), 1954 5 GeV (Berkeley), 1957 10 GeV (Dubna) och 1959 28 GeV (CERN). Sedan den första av dessa maskiner sattes igång vid Brookhaven blev det möjligt att producera särpartiklar efter behag i laboratoriet. Atomismen går vidare i och med upptäckten av allt fler mesoner och av de s k hyperonerna, dvs särpartiklar med halvtaligt spinn och en massa som är större eller omkring dubbla protonmassans. Antalet elementarpartiklar växer till ett 30-tal till i slutet av 1950-talet.

Bilden både kompliceras och kompletteras. Således kunde existensen av antimateria säkerställas genom framställningen av anti-protonen (O Chamberlain och E Segré 1955) samt neutronens existens påvisas (F Reines och C L Cowan 1959).²⁸

Växelverkanskrafter. Multipletter av särpartiklar²⁸

Även om bilden kompliceras allt mer och mer sker en ständig systematisering. Till början av 1950-talet kan man exempelvis hänföra den första uppdelning av krafterna i stark och svag växelverkan. Numera uppdelas krafterna i stark växelverkan (kärnväxelverkan) med relativ styrka 1, elektromagnetisk växelverkan med relativ styrka 10^{-2} , svag växelverkan med relativ styrka 10^{-14} och slutligen gravitationsväxelverkan med relativ styrka 10^{-39} . Vidare upptäckte man ett visst mönster bland särpartiklarna. Dessa förekom i »multipletter» eller grupper med olika laddning men nästan samma massa. Den först kända av dessa multipletter var

neutronen och protonen, de s k nukleonerna. Särtalsprincipen som M Gell-Mann, årets Nobelpristagare, och K Nishijima år 1953, oberoende av varandra, påpekade, visade hän mot ett elementarpartiklarnas periodiska system.

θ - τ -gåtan. Paritetinvariansens fall^{26, 29}

Under åren 1954–56 uppkom den s k θ - τ -gåtan. θ - och τ -mesoner är som man idag vet en och samma partikel, K-mesonen. θ -mesonen sönderföll i två π -mesoner och τ -mesonen i tre π -mesoner. Å ena sidan visste man att θ - och τ -partiklarna hade exakt samma massa, men å andra sidan visade noggranna experiment att de inte hade samma paritet och därför inte kunde vara samma partikel.

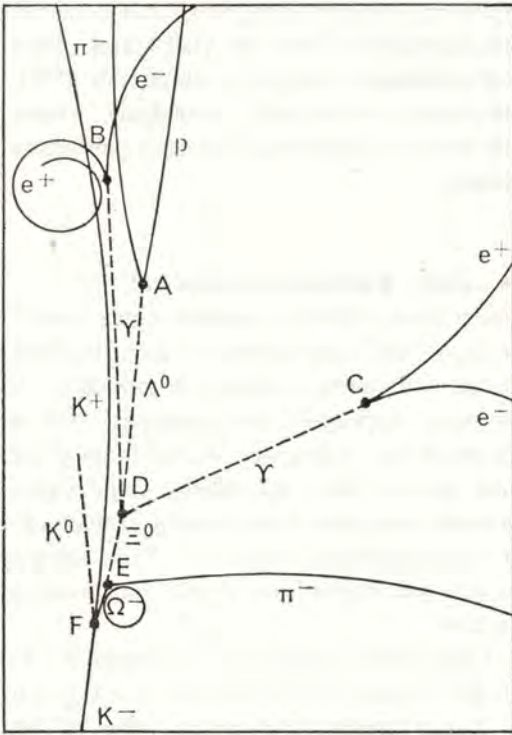
Lösningen av gåtan låg i en ändring av begreppet höger-vänstersymmetri. T D Lee och C Yuang upptäckte nämligen 1956 att det inte fanns några experimentella bevis för att höger-vänstersymmetri existerade vid svag växelverkan. En tänkbar lösning av θ - τ -gåtan var således att experimentellt pröva om höger-vänstersymmetrin vid svag växelverkan inte gällde. Med det nu så berömda experimentet på koboltkärnan kunde man föra detta senare i bevis och redan 1957 erhöles Nobelpriset för detta.

Hadronernas periodiska system.

Ω -baryonen²⁸

Med hjälp av CERN:s stora accelerator och den i Brookhaven på 33 GeV, som tillkom år 1960, ökade möjligheterna att finna allt fler elementarpartiklar. Denna utveckling styrs också av en allt mer utvecklad teknik inom mätinstrumentens område. Elementarpartiklarnas antal växer från 20 till över 300 och deras data kan bestämmas bättre och bättre. Ett starkt behov kändes och känns att på något sätt systematisera dessa partiklar.

Partiklarna har numera indelats i tre grupper, nämligen de starkt växelverkande



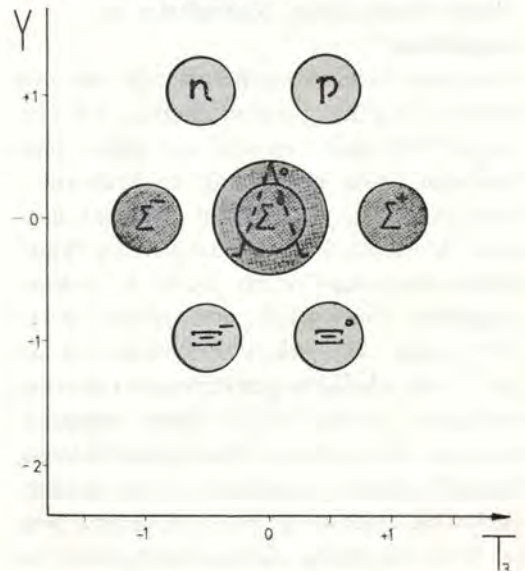
I ovanstående figur har det fotografi som tagits i Brookhavenlaboratoriets stora bubbelkammare ritats av och försetts med beteckningar som avser att illustrera hur den nya partikeln Ω^- identifierats. Bilden visar hur en K^- meson kommer in nedifrån och därefter (vid F) kolliderar med en proton varvid en K^0 , en K^+ och den sökta partikeln Ω^- produceras. Ω^- sönderfaller mycket snabbt (vid E) till en Ξ^0 och en π^- av vilka Ξ^0 i sin tur sönderfaller (vid D) till två Λ^0 . De två γ kan identifieras genom att de (vid B och C) ger upphov till elektron-positron-par, e^+ och e^- . Λ^0 i sin tur sönderfaller (vid A) till en π^- och en proton p. Eftersom enbart laddade partiklar lämnar spår efter sig i bubbelkammaren måste de neutrala partiklarnas banor rekonstrueras. Dessa teoretiskt beräknade banor har streckats. De heldragna linjerna svarar mot de spår man faktiskt iaktar på fotografiet. Identifieringen av Ω^- har säkerställts tack vare att bubbelkammaren är så stor att hela det komplicerade sönderfallsförloppet kunnat avbildas.

partiklarna: hadronerna, de svagt (men ej starkt) växelverkande partiklarna: leptonerna samt den enbart elektromagnetiskt växelverkande partikeln: fotonen. Leptonerna omfattar elektronen, myonen, de bägge formerna av neutriner samt motsvarande antipartiklar. Hadronerna kan indelas i några underklasser bland vilka baryonerna och mesonerna är de tidigast kända. Baryonerna har

halvtaligt spinn och nukleonerna betraktas som det lägsta baryontillståndet. De övriga baryonerna har en massa som är närmare dubbla protonens och bland dessa finner man således hyperonerna. Slutligen bör påpekas att man finner särpartiklarna bland hadronerna.

År 1961 framlade Gell-Mann och Y Néeman ett slags periodiskt system (the eight-fold way) grundat på antagandet att vissa av partiklarnas egenskaper är bevarade (isospinnet och hyperladdningen). Dessa antaganden leder fram till symmetrilagar, som kan beskrivas så att partiklarna skall kunna inordnas i symmetriska grupper med ett bestämt antal partiklar i varje grupp. Teorierna utvecklades och år 1962 förutsågs egenskaperna hos en då oupptäckt partikel, Ω -baryonen, med en protonmassa av 1,685, genom att det fanns en lucka i en symmetrisk grupp för 10 partiklar. En partikel med precis dessa egenskaper och en medellivslängd av 10^{-10} s upptäcktes i Brook-

Symmetrisk grupp (oktett) av baryoner. Y är hyperladdningen $= B + S$, där B är baryonkvanttalet och S är särtalet, T_3 är en komponent av isospinnet. π^- , K^- och η^- mesonerna kan inordnas i en liknande oktett fast med andra värden på T_3 . Ekspong G: Elementarpartiklar. Ur: Svensk Naturvetenskap 1965. Stockholm (Statens Naturvetenskapliga Forskningsråd) 1965.





En antagen elektronskalstruktur för det supertunga grundämnet 126. Skalen markeras med K–R enligt röntgenstrålningsterminologi och 1–8 enligt spektrografisk terminologi. I varje skal finns olika nivåer och dessa markeras med s, p, d, f och g. Övre index på dessa bokstäver markerar antalet elektroner (prickarna) för varje nivå. Det maximala antalet elektroner är för s-nivån 2, för p-nivån 6, för d-nivån 10, för f-nivån 14 och för g-nivån 18. Som framgår av figuren är de inre skalen fyllda.

haven år 1964. I högre ordningar bryts emellertid symmetrilagarna, varför andra förklaringar måste till.

Tidsinvariansens fall³⁰

Nya oväntade experimentella rön gör den senaste fasen av atomismen gåtfull. K-mesonen som redan en gång tidigare i samband med τ - θ -frågan ställde till bekymmer för forskarna och som medförde att paritetens bevarande fick omprövas, visade i ett experiment utfört av Cronin och Fitch 1964 att den ännu inte var avslöjad.³¹ För att förklara K-mesonens sönderfall i två respektive tre π -mesoner hade man infört en långlivad och en kortlivad K-meson, där den långlivade K-mesonen sönderföll i tre π -mesoner och den kortlivade i två π -mesoner. Men nu upptäcktes att den långlivade K-mesonen kunde sönderfalla i två π -mesoner. Detta sönderfall hade fram till dess ansetts

vara omöjligt då det bröt den accepterade lagen om tidens invarians. Noggranna mätningar har visat att experimentet, som då utfördes, var korrekt och därmed har K-mesonen lurat forskarna på ytterligare en invariansprincip. Ej heller tiden är invariant.

Syntes av transurana element

Samtidigt som ett sökande efter den inre strukturen intensivt pågår utvidgar kärnfysikerna vår värld genom att tillföra fler och fler element med högre atomvikt än uranets. Flera isotoper av element 104 har alltså blivit funna och alldeles nyligen har element 105 syntetiserats i Sovjetunionen.^{32, 33} G Seaborg har pekat på möjligheten av att finna ett litet antal ämnen i närheten av atomnumren 110–114 och t o m kring 163, och framkastat hypotesen att tyngre kärnor skulle uppvisa högre stabilitet och alltså vara långlivade.³⁴

Litteratur

1. Toulmin, S & Goodfield, J: *Materiens arkitektur*. Sthlm 1964.
2. Bernal, J D: *Science in history* Vol 3. Middlesex (Penguin Books) 1969.
3. Gerholm, T R: *Fysiken och människan*. Sthlm (Aldus) 1962.
4. Hutten, E H: *The ideas of physics*. London 1967.
5. Born, M: *The restless universe*. Glasgow 1935.
6. Richtmeyer, F K & Kennard E H & Lauritzen, T: *Introduction to modern physics*. New York 1955 kap 10.
7. Moore, W J: *Physical Chemistry*. London 1961 kap 8, 9.
8. Jammer, M: *The conceptual development of quantum mechanics*. New York (Mc-Graw-Hill) 1966 p. 77.
9. Toulmin op cit p. 293.
10. Richtmeyer op cit kap 10. Moore op cit kap 8, 9.
11. Ibid kap 5, 6. Ibid kap 10.
12. Jammer op cit p. 149–151.
13. van der Waerden, B L: *Exclusion principle and spin* p. 205–209. *A Memorial Volume to Wolfgang Pauli*. Ed by Fierz, M & Weisskopf, V F. New York 1960.

14. Dicke, R H & Wittke J P: Introduction to quantum mechanics. London 1961 kap 2, 3, 8, 11.
15. Messiah, A: Quantum Mechanics. Amsterdam 1961 kap 1-3.
16. Jammer op cit kap 5 och 7.
17. Gerholm op cit p. 176-184; Wentzeel, G: Quantum theory of fields (until 1947) p. 48-62. A Memorial Vol to W Pauli op cit; Messiah op cit kap 20.
18. Richtmeyer op cit p. 446-470; Moore op cit p. 229-335.
19. Wilson, R R & Littauer, R: I kärnfysikernas verkstad. Sthlm 1963.
20. Brink, D M: Nuclear forces. London 1965 p. 7-10; p. 144-160; Heisenberg, W: On the structure of atomic nuclei; Wu, C S. The Neutrino p 249-303. A Memorial Vol to W Pauli op cit.
21. Richtmeyer op cit p. 519-531, 540-545; Moore op cit p. 240-244.
22. Brink, D M op cit p. 214-244; Yukawa, H: On the interaction of elementary particles; Yang, C N: Elementarpartiklar. Stockholm 1964. p. 23-24.
23. Moore op cit p. 324-326.
24. Messiah op cit p. 932-933.
25. The growth points of physics. Inaugural conference of the European Physical Society. Florence 8-12 April 1969. (Referat i Europhysics News (1969) 4 p. 1); Stubbs, P: Physics in Florence. New Scientist 42 (1969) 646 p. 171-173.
26. Yang op cit.
27. Framsteg inom forskning och teknik. 1948. TVF 19 (1948) 6 p. 287-288.
28. Ekspong, G: Elementarpartiklar. Svensk Naturvetenskap. Stockholm 1965 p. 1-48; Alvarez, L W: Recent developments in particle physics. Science 165 (1969) 3898. p. 1071-1091.
29. Gardner, M: Skapelsens symmetri. Stockholm (Tema) 1966.
30. Laurent, B: K^0 -partikeln med två ansikten. Kosmos 43 (1965) p. 32-33.
31. Christenson, J H et al: Evidence for the 2 decay of the K_s^0 Meson. Phys. Rev. Lett 13 (1964) 4 p. 138-140.
32. Science and technology news. Americans synthesize element 104. Science Journal 5 (1969) 6 p. 14.
33. Flerov, G N & Zvara, G N: Synthesis of transuranium elements. Science Journal 41 (1968) 7 p. 63-69.
34. Seaborg, G T & Bloom, J L: The synthetic elements: IV. Scientific American 220 (1969) 4 p. 57-67.

De fasta ämnenas struktur¹

De fasta ämnenas struktur delas lämpligen in i två huvudgrupper, nämligen ämnenas kristallstruktur och elektronstruktur. Många intressanta fenomen bestäms av kopplingen mellan dessa två strukturer men för en historisk betraktelse är det lämpligast att göra denna indelning.

Kunskaper om kristallstrukturen leder till möjligheter att erhålla förbättrade material-egenskaper men också att bestämma vilka legeringar av olika slag som har de bästa egenskaperna. Kristallers defekter har kastat nytt ljus över en hel del av problemen och har därför krävt forskningsarbete. Elastiska och termiska egenskaper hos materialen hänger också samman med deras kristallstruktur.

Med elektronstrukturen sammanhänger elektrisk ledningsförmåga både i ledande och halvledande material, supraledande egenskaper, termisk ledningsförmåga och magnetiska egenskaper.

Situationen 1919

År 1912 inleddes en ny epok i kunskaperna om materiens kristallstruktur. W Friedrich och P Knipping kunde visa att om man lät ett kontinuerligt spektrum av röntgenstrålar passera genom en kristall av kopparsulfat erhöles ett diffraktionsmönster, vilket väl bekräftade de förmodanden, som M von Laue framlagt något tidigare.

W L Bragg tog upp dessa idéer och analyserade under åren 1912 och 1913 med Lauefotografier strukturerna hos natriumklorid, kaliumklorid och zinksulfid. Under tiden konstruerade Bragg en spektrometer i vilken man använder ett monokromatiskt (dvs med en enda våglängd) knippe av röntgenstrålar. Genom denna metod kunde spridningen av röntgenstrålarna förklaras som en reflexion mot successiva atomplan i kristallen.

Genom att teoretiskt bestämma i vilka riktningar strålningen har intensitetsmaxi-

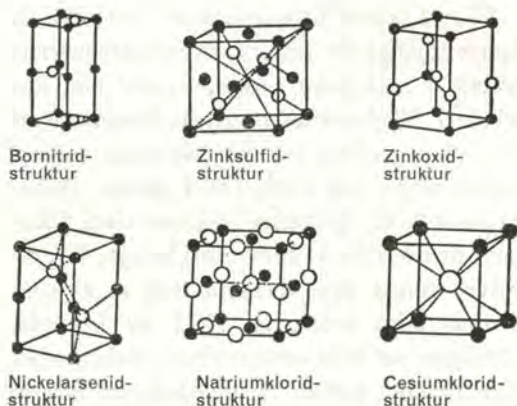
mum vid olika kristallstrukturer (exempel på sådana är kubiskt, kubiskt rymdcentererat eller ytcenererat) och jämföra experimentella data med de teoretiska kan man bestämma ett ämnes kristallstruktur. Således kunde Bragg bestämma att natriumklorid är kubiskt ytcenererat, medan kaliumklorid har ett enkelt kubiskt gitter.

Vid de första mätningarna kände man inte till våglängden hos röntgenstrålningen, men genom att kombinera kunskapen om den kända strukturen hos natriumklorid, dess täthet och molekylvikt, erhöles ett värde på våglängden. När denna väl var bestämd kunde man bestämma atomavståndet även i andra strukturer. Några år senare angav Debye (1915) och P Scherrer en ny och enkel teknik för att erhålla röntgenstrålningsdiffraktionsdata, den så kallade pulvermetoden.

Ett grundläggande problem i samband med teorier om fasta kroppar är beräkningen av kristallernas bindningsenergi. Dessa beräkningar kräver kunskap om de krafter som bygger upp ämnet ifråga. Den enklaste kristalltypen är jonkristallen. Redan 1910 gjorde Born och E Madelung beräkningar på sådana kristaller genom att betrakta jonkristallerna som ett system av positiva och negativa joner och att anta att den attraktiva kraften utgöres av Coulombväxelverkan och att en repulsiv kraft existerar som är proportionell mot den inversa radien upphöjt till n .²⁻⁴

Den klassiska teorin förutsade att det atomära värmnet, dvs produkten av atomvikt och specifikt värme, skulle vara $3R \sim 5,9$ cal/gramatom (R är gaskonstanten). Man hade observerat stora grupper grundämnen, vars atomära värme var 5-7 cal/gramatom men redan år 1872 fann Weber att specifika värmnet hos diamant ökar 3 gånger mellan 0-200°C.

Senare fann man att när temperaturerna sänktes, sjönk även specifika värmnet hastigt för de flesta ämnena och gick mot noll. Den klassiska teorin kunde inte förklara denna nedgång. Einstein gav år 1907 den första förklaringen på basis av Plancks nya



Redan i seklets början började begreppet kristallgitter växa fram. Strukturen hos ett gitter anges ofta genom hänvisning till strukturen hos någon vanlig förening.

kvantteori och erhöles ett resultat som stämde någorlunda väl överens med de erhållna mätresultaten. Dock stämde den inte överens med experimenten då temperaturen går mot den absoluta nollpunkten. År 1912 lade Debye fram sin teori om specifika värmnet som fortfarande är gällande för en hel del ämnen. Speciellt kunde man med denna teori visa att vid låga temperaturer är specifika värmnet proportionellt mot temperaturen i kubik. Riktigt låga temperaturer hade nämligen redan kunnat uppnås år 1908 då H Kamerlingh-Onnes lyckades framställa flytande helium. Experimenten ger till en viss gräns belägg för ett sådant beroende. Born och T H von Karman införde år 1912 vissa modifikationer av Debyes teori. God förståelse av vad man nu kallar specifika gittervärmnet fanns alltså redan före år 1919.⁵

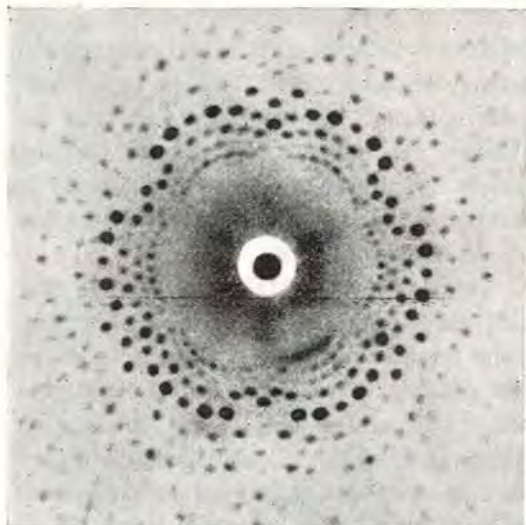
Den elektriska ledningsförmågan var däremot dåligt förstådd. T Drude presenterade dock redan år 1900, strax efter det att elektronen var upptäckt, en elektronteori för metaller. I denna antar han att det i metallen finns fria elektroner som bildar ett slags »elektrongas». Atomerna antages vara orörliga medan elektronen således antages röra sig med en viss medelhastighet i en oordnad rörelse på grund av kollisioner med atomerna.

H A Lorentz framlade åren 1904–05 ett annat förslag till lösning av »elektronernas rörelse i metalliska kroppar», där han använde L Boltzmanns transportekvation med en enkel modell för kollisionerna mellan elektronerna och atomerna i gittret. Drud-Lorentz-teorin lyckades förklara vissa fenomen men de flesta blev oförklarliga. Exempelvis kunde den verifiera den regel som formulerades redan år 1872 av Lorentz, nämligen att Wiedemann-Franz-förhållandet (förhållandet mellan värmeledningsförmågan och den elektriska ledningsförmågan) är proportionellt mot den absoluta temperaturen (Wiedemann-Franz' lag).

Å andra sidan blev Lorentz' antagande om fria elektroner svårförklarligt i och med att Debye något senare visade att det specifika värmets till övervägande del bestäms av atomernas rörelse. Enligt Maxwellstatistiken skulle nämligen de fria elektronerna ge ett relativt stort tillskott till specifika värmets vilket sålunda ej var fallet. Följande citat ur en lärobok från 1921 speglar väl denna situation: »Under de senaste åren har det framkommit en teori om att värmeledningen till en viss utsträckning är associerad med transporten av mycket små partiklar eller atomer, som betecknas 'elektroner', vilka bär elektrisk laddning såväl som värme. Helt oberoende från sådana teorier har emellertid lagarna för värmeledning bestämts av experiment».⁶

Av intresse blev också att studera det elektriska ledningsmotståndet hos metaller vid låga temperaturer och Kamerlingh-Onnes fann genom mätningar på guld och platina redan 1908 att det elektriska ledningsmotståndet gick mot 0 då temperaturen gick mot 0 K. För kvicksilver däremot fann man att ledningsmotståndet språngartat sjönk till 0 vid ca 4 K. Redan detta experiment klargjorde att man hade att göra med någonting alldeles nytt. De supraledande egenskaperna hos metallerna var upptäckta. Någon förklaring till fenomenet kunde dock inte ges.⁷

Järnets magnetiska egenskaper har varit kända länge och utom de ferromagnetiska



Lauefotogram av kaliumdionat parallellt med [001]-riktningen. Hagg, G: Zum Kristallenbau. Ur: Zeitschrift für Kristallographie 83 (1932) 3/4.

egenskaperna var även de diamagnetiska och paramagnetiska egenskaperna kända. De diamagnetiska ämnena har en negativ susceptibilitet dvs magnetiseras i en riktning som är motsatt det pålagda magnetiska fältet. Paramagnetiska ämnen har en positiv magnetisk susceptibilitet sådan att magnetiseringen är parallell och proportionell mot det applicerade magnetiska fältet. De ferromagnetiska ämnena karakteriseras av att de under en viss temperatur, den s k Curietemperaturen, för det första uppvisar spontan magnetisering, för det andra, om man applicerar ett svagt magnetiskt fält, ökar magnetiseringen mycket snabbt till ett mättnadsvärde som ofta är en funktion av temperaturen. Ovanför Curietemperaturen uppför sig ämnet som om det vore paramagnetiskt.

Den första sammanfattande teorin för ferromagnetismen framlades år 1907 av P Weiss och kan fortfarande sägas väl beskriva observationerna utom i vissa detaljer. Teorin bygger på antagandet, att det i ett ferromagnetiskt ämne finns ett antal små regioner (domäner) som är spontant magnetiserade. Storleken av den spontana magnetiseringen

är bestämd av summan av de magnetiska momenten för de olika domänerna. Den spontana magnetiseringen i varje domän beror på existensen av ett molekylärt fält som parallellställer dipolerna.⁸

En del problem var alltså lösta före 1919 och lösningarna är fortfarande i stora drag gällande. På vissa områden fanns det nästan inga som helst förklaringar, och på andra skulle experimenten komma att visa ett stort antal avvikelser från de uppställda teorierna.

Kristallstruktur

Röntgendiffraktion⁹

Tekniken för röntgendiffraktion utvecklades. Redan år 1919 angav E Schiebold metoden med en roterande kristall som i en eller annan form har blivit den mest utvecklade för mycket noggranna strukturbestämningar. För att verkligen kunna utnyttja mätningarna för bestämning av kristallstrukturen angav redan W Bragg att denna bör betraktas

som en periodisk tredimensionell fördelning av elektrontätheten, eftersom det ju är elektroner som sprids av röntgenstrålarna. Genom en matematisk behandling av denna struktur och successiva approximationer kan man med stor noggrannhet ange strukturen för det ämne man undersöker. Denna metod kom exempelvis till användning då J M Robertson 1940 bestämde strukturen hos ftalocyanid och senare strukturen hos penicillin (se även »Livsprocesserna» sid 55). Detta sista var en stor framgång för röntgenkristallografin eftersom man nådde dessa resultat innan de organiska kemisterna kände strukturformeln.

Elektrondifraktion- och reflektion.

Ytstruktur

Röntgendiffraktion ger en ganska god information om den kovalenta bindningen men elektrondifraktion är ett ännu bättre verktyg i dessa studier. Som nämndes i »Atomism i ständig förnyelse» (sid 15) gjor-

Elektrondiffraktogram. Enkristalldiffraktogram av en tunn cementitlamell (Fe_3C), ortorombiskt gitter. Diffraktionsringarna härrör från ett 0,3 nm tjockt guldskikt påångat i kalibreringssyfte. Ur: Modin, H & Modin, S: Handbok i metallmikroskopering. Stockholm 1968.



des det första elektrondiffraktionsexperimentet av Davisson och Germer år 1927. I motsats till röntgenstrålarna sprids ju elektronerna inte bara av elektronmolnet utan också av atomerna, varför spridningen blir kraftigare.

Den s k högenergidiffraktionen har utvecklats och kommit att spela en stor roll i samband med undersökning av tunna filmer. Samma film kan studeras både med elektronmikroskop och elektrondiffraktometer, men den kan inte undersökas med en röntgen-diffraktometer. Elektronmikroskopets dubbla funktion som mikroskop och diffraktometer kommer här väl till användning.¹⁰

Genom att en elektron med en energi av ända upp till 50 keV vid reflektion under en liten vinkel mot en yta bara tränger ned ca 5 nm blir elektronerna ett mycket lämpligt verktyg för undersökning av ytor. Redan år 1929 redovisade E Rydberg elektron-spektra av reflekterade elektroner från metallytor. Han fann att elektronerna för varje material ger karakteristiska energiförluster som ligger mellan ungefär 3 eV och 30 eV och sammanhänger med plasmaoscillationerna (se sid 33).¹¹

De stora svårigheter som har funnits att få rena ytor har medfört att inte förrän ultrahögvakuumtekniken utvecklats har det blivit möjligt att bestämma spektrum också för elastiskt spridda lågenergetiska elektroner. Lågenergetisk elektrondiffraktion (LEED) har nu blivit en mycket bra metod för att avslöja fasta kroppars ytstruktur. Våglängder av 0,5–0,05 nm, motsvarande elektronenergi av 6–600 eV, kan nu användas vid dessa studier varför diffraktionen sker enbart i de översta kristallplanen.¹²

Neutrodiffraktion och det dynamiska gittret¹³

En logisk följd av att röntgenstrålning och elektroner ger diffraktionsmönster är att även neutroner borde ge sådana. År 1946 då kärnreaktorerna utvecklats så att man kunde erhålla ett tillräckligt kontinuerligt flöde av neutroner, observerades de första diffrak-

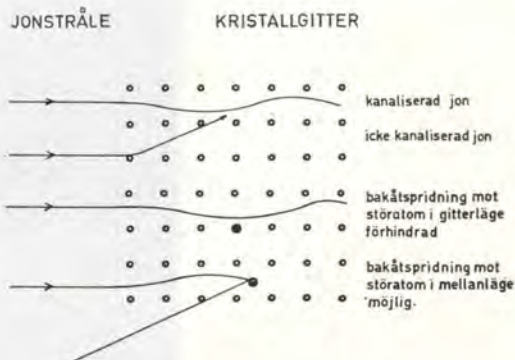
tionsmönstren från kristaller. Spridningen sker väsentligen från atomkärnan om inte metallerna är magnetiska (se sid 35). Spridningen är inte en funktion av spridningsvinkeln och visar inte heller någon regelbundenhet i förhållande till atomnumren. En av de viktigaste följderna av detta är att neutrodiffraktion mot lättare element såsom kol och väte ger ganska starka spektra och därför kan användas för att bestämma läget på väte- och kolkärnor. År 1952 bestämdes exempelvis strukturen hos urantrihydrid.

Neutroner med låg hastighet ger också möjligheter att bestämma gittrets dynamiska natur och också att bestämma dispersionskurvor, dvs sambandet mellan en partikels frekvens och impuls både för den longitudinella och transversella grenen. Dessa experiment utfördes för första gången år 1955 vid atomenergilaboratorierna i Brookhaven i Förenta staterna och Chalk River i Kanada samt året därpå vid Atomenergi.¹⁴

»Channeling»¹⁵

Nästa steg i utvecklingen är att utnyttja laddade partiklar för att undersöka materiens struktur. Det första experiment som direkt påvisade kristalleffekter i laddade partiklars räckvidd publicerades 1963. Typiska energier var några keV till några hundra keV. Den effekt som utnyttjas kallas för »chan-

Channeling. Förklaring till figuren återfinns i texten.



neling» eller kanalisering. Joner, som närmar sig en rad av atomer i en kristall under en liten infallsvinkel, repelleras, men då de sedan närmar sig en annan, parallellt gående rad påverkas de i motsatt riktning, varför partiklarna kommer att oscillera mellan raderna under sin färd in i kristallen. Raderna bildar kanaler, och den höga inträngningen kallas channeling-effekt. En annan yttring av samma fenomen är, att atomerna i raden vid upplinjering av kristallen i förhållande till de accelererade partiklarnas riktning ej längre träffas av jonerna, eftersom dessa går i kanalerna. Detta kallas blockerings-effekten.

Sedan de första experimenten har utvecklingen gått mycket snabbt och experiment utföres både med tunga partiklar såsom brom och jodjoner med 100 MeV energi och lätta partiklar vanligtvis protoner och alfa-partiklar med oftast 0,1–10 MeV energi. Största framgången har metoden fått vid bestämning av läget hos främmande atomer exempelvis i samband med joninplantation i halvledare och för inriktning av enkristaller.

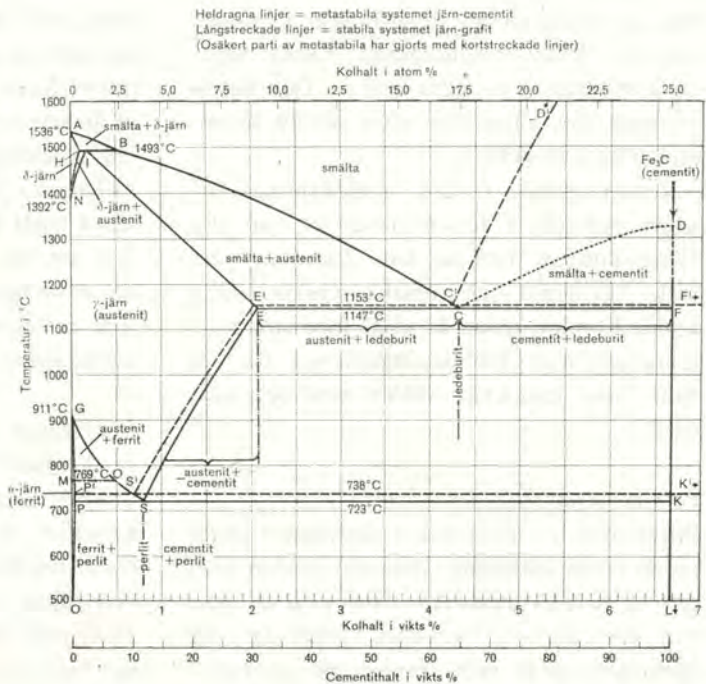
Kristallens bindningskrafter¹⁶

Modellen för jonkristallernas uppbyggnad kom i början av 1920-talet att utvecklas. År 1924 kunde J C Slater på experimentell grund ange exempelvis att $n=9,1$ (se sid 25) för natriumklorid som grovt stämde överens med det värde ($n=8$) som L Pauling på teoretiska grunder angav några år senare (1927).

Det blev ganska naturligt att pröva jonkristallmodellen även på elektronegativa element såsom klorider och bromider. Stora svårigheter att förklara en hel del fenomen uppstod dock men ett av de viktigaste tillämpningsområdena för kvantmekaniken på det kemiska området blev att förklara naturen hos de kovalenta bindningarna.

Om problemet förenklas gäller det att behandla vad som händer om man för två väteatomer mot varandra. Det kvantmekaniska problemet blir då att lösa Schrödingerekvationen för ett system med två elektroner och två protoner. Detta lyckades Heitler och London år 1927 genomföra.

Järn-koldiagram. Ett fasdiagram avser att åskådliggöra vilka faser, som kan vara i jämvikt med varandra under olika förhållanden. Ett stål med 2% kol vid 1 000° består exempelvis av 92% austenit och 8% cementit. Ur: Thelning, K-E: *Bofors handbok*. Karleboserien 16. Stockholm 1967.



Ett alternativ till denna modell är den s k molekylorbitalmodellen. Denna utvecklades av F Hund, R Mulliken och Lennard-Jones som i stället för att utgå från att atomerna fanns på bestämda ställen antog att kärnorna i molekylerna befann sig på jämviktsavståndet ifrån varandra och betraktade vad som hände om man successivt införde elektroner i det resulterande fältet. Genom kvantmekaniska antaganden förfinade också Born och J E Mayer 1932 de tidigare modellerna för jonbindning.

Någon fullständig bild av metallbindningarna finns inte men dessa är ganska nära relaterade till den kovalenta bindningen.

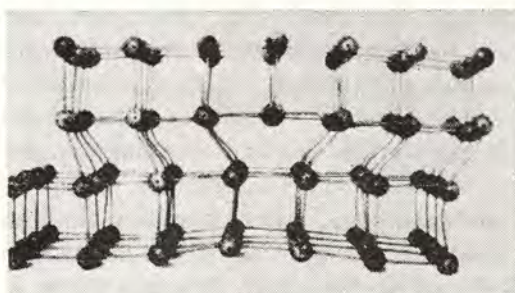
En väsentlig uppgift inom metallografin är att bestämma faser och fasdiagram för metaller och metalllegeringar. Utvecklade teorier för vissa legeringar finns men kunskapen om den intressanta legeringen järnkolkol är relativt dålig. Man vet dock att alla legeringar som bildas av övergångsmetallerna, exempelvis järn, kobolt och nickel, tillsammans med kol, kväve, bor och väte i mellanrumslösning karakteriseras av en extrem hårdhet och hög smältpunkt som pekar på en stark bindning.

Det finns också andra krafter som verkar mellan atomerna än de primära, nämligen van der Waals-bindningarna. Dessa utgör en kombination av flera krafter. Den dominerande blev känd först efter det att kvantmekaniken utvecklats.

Bindningarna mellan molekylerna bestäms sålunda i första hand av van der Waals-krafter, men de kan dessutom vara både kovalenta och joniska. Oaktat detta kunde London redan år 1937 med stor noggrannhet ange ombildningsvärmets för ett stort antal molekyler såsom syre och koldioxid.

Polymerernas kristallstruktur¹⁷

Förekomst av kristaller i polymerer hade sedan länge iakttagits. Däremot trodde man inte att dessa kunde framställas ur lösningar. När detta år 1953 lyckades väckte det stor uppmärksamhet och inspirerade polymer-



Schematisk bild av en kantdislokation i ett kubiskt gitter. Mellan andra och tredje planet uppifrån har en förskjutning på ett atomavstånd uppstått. Dislokationen går vinkelrätt mot papperets plan och genom de mest deformerade delarna av gittret. I dislokationens omgivning uppstår starka elastiska spänningar.

Dislokationen kan med litet motstånd röra sig längs figurens horisontella plan. För denna rörelse fordras nämligen en mycket liten förändring i atomernas lägen. När en dislokation på detta sätt rör sig från kant till kant inom kristallen förskjuts dess ena del ett atomavstånd i förhållande till den andra delen. Vid denna förskjutning används således endast en bråkdel av den energi, som skulle åtgå utan dislokationsrörelsen.

forskarna till fortsatta undersökningar av polymera kristaller.

Polymererna kan kristallisera på samma sätt som de andra strukturer som har diskuterats. Polymererna kan emellertid inte jämföras med ett salt som efter övergång från lösning till fast fas föreligger i en fullständig kristallin form utan en viss del föreligger i amorf form och proportionerna mellan dessa är avgörande för en polymers egenskaper. De kristallina delarna deformeras föga vid mekaniska påkänningar, är täta och förblir styva långt över mjukningstemperaturen för den amorfa delen. Här kan också nämnas att naturligt förekommande polymerer, såsom cellulosa, har en mycket hög grad av kristallinitet.

Enkristaller och defekter¹⁸

De kristaller för vilka kristallstrukturen har diskuterats har antagits vara perfekta. Enkristaller, dvs kristaller i vilket kristallmönstret är regelbundet genom hela kristallen, kan visserligen framställas sedan i början av 1930-talet men fortfarande är detta en mycket svår teknisk procedur. Det perfekta gitt-

ret har teoretiskt en mycket hög hållfasthet.

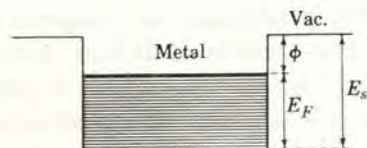
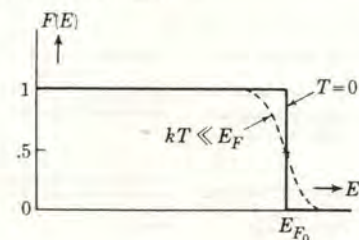
Eftersom experiment på enkristaller dock visar att dessa erhåller brott och dessa brott sker utefter speciella plan så finns det anledning fråga sig om inte detta är en inneboende egenskap hos kristallerna. Enkristallerna visar vidare en mycket hög plasticitet men når i allmänhet brott ganska snabbt. Redan i början av 1930-talet utarbetade E Orowan, G I Taylor och M Polanyi den första modellen för dislokationer. Väsentligen är detta en teori för gitterdefekter men skiljer sig från tidigare genom att defekterna är rörliga. Det finns skilda typer av dislokationer, kant- och skruvdislokationer, där exempelvis kantdislokationen formas i ett kristalliniskt ämne när en rad atomer flyttas en enhetsdistan.

Den teoretiska sträckgränsen för järn ligger exempelvis på 13 GN/m² (1 300 kp/mm²) medan den sträckgräns man för närvarande kan uppnå är cirka 0,5 GN/m² (50 kp/mm²). Skillnaden mellan teori och praktik beror på att ett gitter aldrig är perfekt utan alltid innehåller defekter. Dels finns s k punktdefekter som i en metall kan orsakas av olika typer av föroreningar eller utgöras av vakanser, dels finns linje- och ytdefekter, såsom de nyss nämnda dislokationerna och s k staplingsfel. Antalet defekter är mycket stort. Om 1 g rent järn förorenas av 0,0001 % mangan bildas 10¹⁶ punktdefekter av substitutionskaraktär.

En av de stora händelserna inom metallfysiken var när man första gången kunde se

$$\text{Fermis fördelningsfunktion } F(E) = \frac{1}{e^{(E-E_F)/kT} + 1}$$

vid absoluta nollpunkten och vid en temperatur $T \ll E_F/k$. E_F är Fermienergin och k är Boltzmanns konstant.



Sommerfelds modell för elektronerna i en metall. E_s är energiskillnaden mellan en elektron i vila inuti metallen och en i vila i vakuum. Vid $T = 0$ är alla energier upp till E_F fyllda medan alla andra är tomma. Det arbete som åtgår för att föra en elektron från Ferminivån ut ur metallen kallas utträdesarbetet $\phi = E_s - E_F$.

dislokationer i elektronmikroskop.¹⁵ Med ett 100 kV mikroskop i Cambridge, England, lyckades man år 1956 bekräfta en del av de teorier man hade haft tidigare. God förståelse för dislokationens verkningar finns numera men vad som är dislokationens kärna är fortfarande fördolt.

Elektronstruktur: termiska och elektriska effekter

Sommerfelds elektronteori¹⁹

Utgående från Paulis uteslutningsprincip (se »Atomism i ständig förnyelse» sid 15) formulerade Dirac och Fermi oberoende av varandra år 1926 en ny statistisk mekanik för spinn- $\frac{1}{2}$ partiklar. Statistiken karakteriseras av att alla partiklar vid absoluta nollpunkten har en energi som är lägre än en viss energi, den s k Fermi-nivån, som för natrium exempelvis är 3,1 eV.

Inget verkligt framsteg inom teorierna för hur elektronerna rör sig i metaller gjordes dock förrän i samband med att Pauli 1927 förklarade paramagnetismen (se sid 34).

År 1928 presenterade sålunda A Sommerfeld sin elektronteori för metaller, baserad på Fermistatistik som helt och hållet ersätter Drude-Lorentz-teorin. Sommerfeld föreställde sig att metallen består av ett antal elektroner som inte samverkar med varandra och rör sig i en konstant negativ potential. Enligt Fermistatistiken kommer endast de elektroner som har energier omkring Fermi-nivån att delta i denna samverkan. Potentialen och antalet elektroner per vo-

lymenhet betraktades som parametrar och ingen teori gavs för att förklara dem.

Det första och kanske på sikt viktigaste resultatet av Sommerfelds teorier var, att han kunde visa att det specifika värmnet hos de fria elektronerna var mycket mindre än det normala specifika värmnet vid rumstemperatur. Vid tillräckligt låga temperaturer är, som har framgått tidigare (se sid 25), atomernas termiska rörelse proportionell mot temperaturen upphöjd i kubik medan specifika elektronvärmnet är direkt proportionellt mot temperaturen. I vissa fall kan detta dominera. Inte förrän år 1934 observerades dock det specifika elektronvärmnet hos zink och silver vid flytande heliums temperatur av W H Keesom och J A Kok.

Sommerfeld gick nu vidare och försökte bestämma elektrisk ledningsförmåga och värmeledningsförmåga hos metallerna genom att i Boltzmanns ekvation anta en Fermi-Dirac-fördelningsfunktion för de fria elektronerna i stället för en Maxwellfunktion. För övrigt tog han över de formler som erhålls i Lorentz teori. Genom ytterligare några antaganden erhöll han uttryck för både den elektriska ledningsförmågan och värmeledningsförmågan, och den numeriska överensstämmelsen mellan experimentella och teoretiska värden för exempelvis Wiedermann-Franz-förhållandet blev god. Sommerfelds teori vederlägger vidare antagandet att alla fria elektroner nödvändigtvis är ledningselektroner.

Blochs teori¹⁹

Uttrycket för de individuella ledningsförmågorna i Sommerfelds teori innehåller en okänd storhet, nämligen den fria medelväglängden, som alltså behöver definieras. Redan samma år som Sommerfeld presenterade sin teori visade F V Bloch i en kvantmekanisk beskrivning av elektroner i kristallgitter att en elektron kan röra sig fritt genom ett perfekt kristallgitter utan resistans och att en ändlig fri medelväglängd bara beror på defekter i gittret, som i första hand utgörs av den termiska rörelsen hos jonerna,

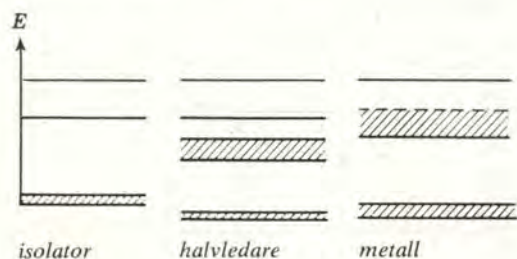
värmevibrationen, och i andra av orenheter i metallen. Vid låga temperaturer kan den senare effekten i de flesta metaller åsidosättas. Enligt Blochs analys kan alltså alla elektroner betraktas som fria utan att för den skull behöva vara ledningselektroner.

Bandteorier. Den elektriska och termiska ledningsförmågan förklarad^{20, 21}

Blochs analys följdes i början av 1930-talet av teorier om hur fria elektroner rör sig i ett perfekt gitter som är fritt från fononer (energin hos värmevibrationen är kvantiserad och varje sådant värmekvantum kallas för en fonon). Sådana teorier ledde till förståelse av jämviktsegenskaper hos metaller såsom kohesion och magnetisk susceptibilitet. Teorierna är baserade på en enpartikelmodell, där partikeln alltså rör sig i det periodiska gittret. Olika modeller har utvecklats och leder till att elektronerna endast kan existera i ett antal energiband. I ett normalt energiband har partikeln samma energi som en fri partikel medan elektronens vilomassa bör bytas ut mot en effektiv massa på grund av elektron-elektronväxelverkan som diskuteras nedan (sid 33).

Beroende på avståndet mellan ledningsbandet och valensbandet erhåller man isolatorer, halvledare och ledare där en ledare karakteriseras av att valens- och ledningsband sammanfaller. Möjligheter ges nu att

Elektronernas fördelning vid temperaturen $T = 0K$ i en isolator, halvledare och metall. De streckade områdena är besatta av elektroner (valensband), de ostreckade är tomma (ledningsband). Vid temperaturer skilda från noll kommer ledningsbandet i samtliga fall att innehålla elektroner, men antalet blir större ju mindre avståndet mellan lednings- och valensbanden är.



bestämma både den elektriska ledningsförmågan och värmeledningsförmågan. De koefficienter som uppträder i samband med termoelektriska effekter (Seebeck, Peltier- och Thomsons effekten) kan också bestämmas liksom Halleffekten.

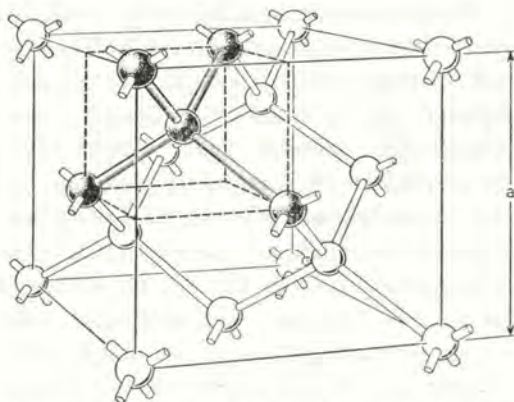
Plasmaoscillationer^{21, 22}

De ovan antagna modellerna för elektrontransport i metaller har varit enelektronmodeller. Försök att ta hänsyn till exempelvis Coulombkrafterna mellan partiklarna slog inte väl ut i början, men år 1953 angav D Bohm och D Pines en konsistent elektronmodell, som för det första visar att Coulombväxelverkan ger upphov till en organiserad oscillation av systemet i sin helhet, den så kallade plasmaoscillationen. För det andra finner man att elektron-elektronväxelverkan är skärmad med en effektiv radie som är av samma storlek som medelavståndet mellan elektronerna. Eftersom plasmaoscillationerna har en så hög frekvens att plasmonerna (energin hos plasmaoscillationerna är kvantiserad och varje sådant plasmakvantum kallas för en plasmon) under normala förhållanden inte existerar, blir denna skärmning den enda effekten av Coulombväxelverkan vilket förklarar varför enelektronmodellerna stämmer så överraskande väl. Elektronerna kan således fortfarande behandlas som fria partiklar bara man ger dem en effektiv massa.

Halvledare²³

Att det existerade material vilka vid rumstemperatur hade en mätbar elektrisk ledningsförmåga som minskade exponentiellt med temperaturen hade varit känt länge, liksom att denna ledningsförmåga var av elektronisk natur. Inte förrän år 1930 kunde B Gudden emellertid visa att den var beroende av små mängder av orenheter i materialet.

Man kan i princip skilja på två typer av halvledare i modernt språk: egenledare och störledare. Egenledande halvledare är sådana som visar elektrisk ledningsförmåga vid



Germanium, kisel och diamant har en diamantstruktur. Samtliga är 4-värda. Ersätts en av atomerna i en sådan gitterstruktur med en 5-värd störatom, t ex arsenik, erhålls en elektron, som ej är bunden till en speciell atom, samt en positiv arsenikjon. Arsenikatomen kallas donator och det material, som erhålls sägs vara av n-typ. På motsvarande sätt erhålls ett material av p-typ om en 3-värd störatom, t ex indium, en acceptor, ersätter en av atomerna i det ursprungliga gittret. En störatom minskar avståndet mellan lednings- och valensbanden. Ur: Shockley, W: *Electron and holes in semiconductors*. New York (D van Nostrand Co) 1950.

tillräckligt höga temperaturer i helt rent tillstånd och därför väsentligen är isolatorer. Energiavståndet mellan valens- och ledningsband är således litet. Den form av halvledare som fått störst betydelse är dock störledaren, där energiavståndet mellan valens- och energiband är stort, för germanium exempelvis 0,72 eV och för kisel 1,11 eV (jfr kol 6–7 eV) och ledningsförmågan beror på små mängder av minoritetsbärare. Störledarna kan indelas i två grupper beroende på om minoritetsbärarna fungerar som donatorer eller acceptorer av elektroner.

De första teorierna om elektroniska halvledare framlades av A H Wilson år 1931. Dessa teorier lade grunden till fortsatt arbete inom halvledarforskningen.

Som nämns under »Material och materialprocesser (se sid 83) framkom transistoren år 1948 och redan 1949 kunde egenskaperna hos germanium och kisel, som så småningom visade sig vara egenledare även vid rumstemperatur, förklaras. År 1950 utkom W Shockleys stora verk om halvledarna i vilket en stor del av deras egenskaper påvisas.²⁴

För närvarande sysselsätter sig forskarna med ett stort antal problem hos halvledarna och kartlägger många detaljer som ger möjligheter till tekniska förändringar inom många olika områden. Bland sådana effekter av vilka en del kommer att diskuteras under framtidsperspektivet (se sid 189 ff) kan nämnas lavineffekten, Gunneffekten, elektronluminiscens, som har lett till lysdioden (se sid 36), ytfenomen såsom ytvågor, vilka i viss utsträckning börjar bli kända, fält-effekter som har lett till fälthalvledaren samt bandgapets uppträdande i supraledare.

Supraledare^{7, 21}

Kamerlingh-Onnes försökte tidigt erhålla supraledande magneter, men den supraledande förmågan förstördes ganska fort då den magnetiska fältstyrkan översteg några 8 kA/m. År 1933 gjordes dock en upptäckt av Meissner och Ochsenfeld som visade sig få en fundamental betydelse. De fann nämligen att ett pålagt magnetfält inte kan tränga in i en supraledare om fältet är mindre än det kritiska fältet.

Många egenskaper hos supraledare upptäcktes under de första årtiondena, men inte förrän den s k isotopeffekten, vilken innebär att den kritiska temperaturen är beroende av isotopsammansättningen, observerades, gjordes några verkliga teoretiska framsteg. Utgående från denna effekt utarbetade nämligen H Fröhlich och J Barden oberoende av varandra två olika modeller för supraledningen.²⁵

Först år 1957 kom den grundläggande teorin om supraledning. På grundval av de tidigare teorierna utvecklade då J Barden, L N Cooper och J R Schrieffer och oberoende av dessa N N Bogoliubov en mikroskopisk teori för supraledare, som gav en fullständig förklaring av fenomenet. Teorin kallas numera BCS-teorin och baserar sig på att en elektron som passerar det positiva gittret attraherar de positiva jonerna. Dessa ligger kvar ett ögonblick och bildar ett positivt spår som kan attrahera en annan elektron som råkar passera spåret. De attraktiva krafterna leder



180° Blochvägg. Spinnriktningen ändras inte plötsligt när man går från en domän till en annan utan gradvis. Domänväggen kallas Blochvägg.

till bildandet av bundna par av elektroner, s k Cooperpar. Teorin har förfinats och man kan idag säga att vissa delar av området är helt förklarat.

Tunneleffekter²⁶

Nya intressanta fenomen har observerats. Den kvantmekaniska teorin visar exempelvis att det alltid finns en viss sannolikhet för en partikel att tränga igenom en energibarriär som enligt klassisk teori skulle vara oöverstiglig. De första teoretiska studierna över tunneleffekten gjordes 1928 av Oppenheimer som visade att starka elektriska fält kunde jonisera atomer och därmed förklarade fältemissionens problem. Zenereffekten, som har kunnat förklara en del problem i halvledare, har också sitt ursprung ur tunneleffekter. År 1958 lyckades Esaki framställa den första tunneldioden. År 1962 upptäcker Josephson ett tunnelfenomen i supraledare, den s k Josephson-effekten, som kan förklaras med att ett Cooperpar penetrerar en isolatorbarriär. Josephson-effekten speglar de kvantmekaniska lagarna på det makroskopiska planet. Två s k Josephsonövergångar som interfererar ger nämligen goda möjligheter att experimentellt mäta förändringar i det magnetiska fältets styrka.

Elektronstruktur: magnetiska effekter^{8, 21}

Ferromagnetism

Heisenbergs teori om ferromagnetismen 1928 behandlar ursprunget till det av Weiss föreslagna molekyllära fältet på en atomär basis. Dipol-dipolväxelverkan mellan atomernas magnetiska moment är alldeles för stor för att kunna ge upphov till Weiss fält. Heisenbergs teori grundar sig på Paulis ute-

slutningsprincip och visar att fenomenet kan uttryckas i termer av den sk utbytesenergin. Hur magnetiseringen kan ske gradvis förklarades redan år 1932 av F Bloch.

Para- och diamagnetism

Den kvantmekaniska teorin för paramagnetismen utarbetades i detalj av J H van Vleck år 1922. Denna teori baserade sig på att det magnetiska momentet hos en permanent magnetisk dipol har sitt ursprung i det totala banimpulsmomentet hos elektronerna i de paramagnetiska atomerna, jonerna eller molekylerna, dvs bland annat alla atomer, joner och molekyler som har ett udda antal elektroner. Om bara elektronspinnets bidrag ger van Vlecks teori samma värde som den klassiska teorin. Vidare bör nämnas att en kvantmekanisk behandling av den molekylära diamagnetismen inte förändrar de klassiska resultaten.

Susceptibiliteten hos metallerna är till skillnad från gasernas och vätskornas oberoende av temperaturen och detta förhållande hade ej gått att förklara klassiskt. En del av susceptibiliteten kan hänföras till diamagnetiska effekter hos metalljonerna. Om man därför korrigerar susceptibiliteten med den beräknade diamagnetiska susceptibiliteten blir den kvarvarande susceptibiliteten beroende av ledningselektronerna. År 1927 kunde Pauli genom att tillämpa Fermi-Diracstatistik på elektronerna förklara varför den paramagnetiska spinsusceptibiliteten inte är beroende av temperaturen och varför alkalimetallerna bara är svagt paramagnetiska.²⁷ År 1927 ger L Landau ett uttryck för den diamagnetiska susceptibiliteten för fria elektroner som under vissa antaganden visar sig vara exakt tredjedelen av den av Pauli angivna spinnparamagnetismen. Den totala susceptibiliteten på grund av ledningselektroner är dock alltid positiv.

Ferrimagnetism

I slutet av 1940-talet uppstod det önskemål att finna ferrimagnetiska material som kunde användas vid höga frekvenser. Vid Philips

forskningslaboratorier i Holland utvecklades ett antal ferriter och de mest kända av dessa är manganzinkferriterna. Likströmsresistiviteten hos ferriterna är 10^4 - 10^{11} gånger så stor som järnets och de uppvisar ferrimagnetiska egenskaper, som under Curietemperaturen innebär en spontan magnetisering antiparallell mot magnetiseringsriktningen. Ovanför Curietemperaturen har de ferrimagnetiska ämnena ett paramagnetiskt uppträdande. Néel angav år 1948 en teori för ferrimagnetismen.

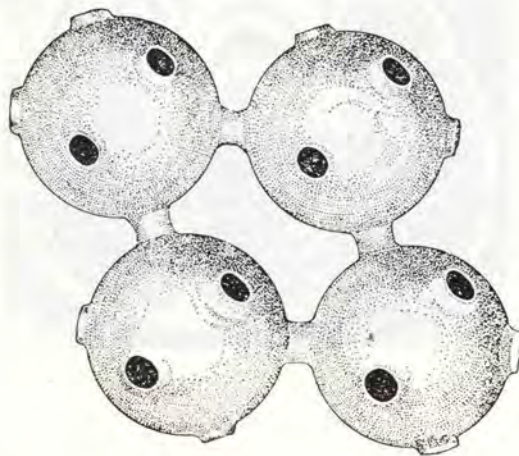
Neutroddiffraction och magnetism

Den tidigare diskuterade neutroddiffractionen har visat sig vara mycket viktig i samband med undersökningar av den magnetiska strukturen hos ämnena. Detta beror på växelverkan mellan neutronens och atomernas magnetiska moment. För paramagnetiska ämnen medför denna växelverkan en diffus bakgrund till den totala neutroddiffractionen medan en sådan inte existerar för ferromagnetiska ämnen.

Fermiologi och de Haas-van Alphen-effekten²⁸

Elektronernas energi kan representeras som ytor i ett tredimensionellt koordinatsystem med impulserna som axlar. Den yta som svarar mot elektroner med energier på Ferminivån kallas för Fermiytan. En metall med

Fermiytan för koppar.



fria valenselektroner skulle därför få en sfärisk Fermiyta. Åtskilliga metoder för att studera denna Fermiyta har utvecklats och man har infört begreppet fermiologi för sådana undersökningar. Redan år 1930 hade de Haas och van Alphen funnit en kvasiperiodisk variation av susceptibiliteten som funktion av det inversa magnetiska fältet om temperaturen var tillräckligt låg. Denna effekt har använts vid uppmätning av Fermiytor och med moderna datorer är det nu möjligt att utföra komplicerade beräkningar av dessa.

Holografen är en ny metod att registrera information om ett föremål på en fotografisk plåt. I stället för att som vanligt registrera bilden av föremålet med hjälp av ett optiskt system, avbildas vågfronten som utgår från föremålet, sedan detta belysts med laserljus.

Om man på samma fotografiska plåt tar två hologram på gitarren i figuren med kort tidsintervall och belyser det dubbelxponerade hologrammet med laserljus ser man bilden av två föremål i tre dimensioner med liten förskjutning sinsemellan. Denna lilla förskjutning ger upphov till de interferenslinjer som syns i figuren. Bild från Institutet för optisk forskning.



Elektronstruktur: optiska egenskaper

Den stimulerade emissionen är en effekt som varit känd ända sedan Einsteins härledning av Plancks lag för värmestrålningen. Under vanliga förhållanden spelar denna en underordnad roll i samband med optiska frekvenser, men genom konstgrepp kan man få den att dominera. Detta är principen för masern och lasern.

Masern rapporterades nästan samtidigt år 1954 av A M Prohoroff med medarbetare och S Weintroub med medarbetare, medan lasern konstruerades först 1960 av T H Maiman. I IVA:s årliga rapport år 1961 kan man läsa: »[Jag vill] stanna vid en av 50-talets stora vetenskapliga upptäckter, en upptäckt som säkerligen kommer att få mycket stor teknisk betydelse. Det är fråga om ett sätt att framställa ljus av ett nytt slag. Detta nya ljus har snabbt visat sig vara av intresse för många vetenskaper. — — — Den upptäckt som jag syftar på är den optiska Masern, Det Nya Ljuset».²⁹ Uttalandet har som bekant besannats.

Elektroluminescens är ett fenomen, som ännu inte är helt förstått.³⁰ Begreppet är sammanfattande för alla fenomen i vilka elektronenergi omvandlas till ljus, dvs en elektron-fotonväxelverkan. Elektroluminescens som en effekt enbart av ett pålagt yttre fält till ett luminiscent ämne upptäcktes av G Destriau 1937. År 1952 upptäckte J R Haynes och H B Briggs att en p - n övergång av germanium eller kisel under vissa betingelser kan utsända ljus då spänning påläggs. Denna egenskap har kommit att tillämpas för lysdioder och diodlasrar.³¹

En effekt som kan få betydelse för undersökning av material är ultraljudsdämpning, som är en växelverkan mellan fononer och elektroner, varvid effekter som svarar mot växelverkan mellan fotoner och elektroner uppkommer.²¹ På grund av att hastigheterna skiljer sig så väsentligt uppstår en del intressanta effekter.

Litteratur

1. Beckman, O: Fasta tillståndets fysik. En översikt av svensk forskning på området har givits i Svensk Naturvetenskap 1962. p. 146–161.
2. Richtmeyer, F K & Kennard, E H & Lauritson, T: Introduction to modern physics. New York 1955 kap 10, 13.
3. Moore, W J: Physical chemistry. London 1961 kap 8.
4. Decker, A J: Solid state physics. London 1962 kap 1.
5. Moore op cit kap 9; Dekker op cit kap 2.
6. Royds, R: Heat transmission by radiation, conduction and convection. London 1921 p. 22. (Lärobok för ingenjörer).
7. Claesson, T & Lundquist, S: Supraledning. Svensk Naturvetenskap 1968. Sthlm 1968 p. 50–68.
8. Dekker op cit kap 18, 19; Sinott, M J: The solid state for engineers. New York 1958 kap 18; Wilson, A H: The theory of methods. Cambridge 1954 kap 6, 7.
9. Richtmeyer op cit p. 383–389; Sinott op cit kap 3.
10. Vingsbo, O: Elektronmikroskopins aktuella läge och utvecklingsmöjligheter. Kosmos 42 (1964) p. 71–98.
11. Hagström, S: Karakteristiska elektronenergiförluster i fasta kroppar. Kosmos 42 (1964) p. 47–69.
12. Marklund, I: Lågenergiddiffraktion med elektroner. Kosmos 43 (1965) p. 74–80.
13. Dekker op cit p. 21–23; Richtmeyer op cit p. 389–390; Eaton, J R: Electrons, neutrons and protons in engineering. Oxford (Pergamon Press) 1966.
14. Larsson, K-E: Värmerörelser i fasta och flytande kroppar. Kosmos 36 (1958) p. 89–125.
15. Eriksson, L: »Channeling» – ett nytt hjälpmedel inom kristallografi och fasta tillståndets fysik. Kosmos 46 (1968) p. 69–82.
16. Richtmeyer op cit kap 11, 13, 14; Sinott op cit kap 6–9.
17. Sinott op cit kap 12.
18. Dekker op cit kap 3. Sinott op cit kap 11.
19. Wilson op cit p. 17–19, 148; Dekker op cit p. 212–217, 281–289.
20. Dekker op cit; Wilson op cit.
21. Ziman, J M: Principles of the theory of solids. Cambridge 1964.
22. Pines, D: Electron interaction in solids. Proceedings of the international conference of electron transport in metals and solids. Canadian Journal of Physics. 34 (1956) 12 A Suppl. p. 1378–1394.
23. Dekker op cit kap 12, 13; Wilson op cit kap 4–7.
24. Shockley, W: Electron and holes in semiconductors. New York (D van Nostrand Co) 1950.
25. Frölich, H: Theory of the superconducting state; Bardeen, J: Superconductivity and lattice vibrations. Low-temperature physics. Proceedings of the NBS Semi Centennial Symposium on Low-temperature Physics. Held at the NBS on March 27–29, 1951.
26. Claesson, T & Lundquist, S: Kvantmekaniska tunnlar i fasta ämnen. Kosmos 47 (1969) p. 127–138.
27. Peierls, R E: Quantum theory of solids. A memorial vol to W Pauli op cit p. 140–160.
28. Beckman, O: De Haas-van Alphen effekten. Kosmos 46 (1968) p. 83–90.
29. Framsteg inom forskning och teknik 1961. TVF 32 (1961) 8.
30. Dekker op cit p. 413–415.
31. Netterblatt, H: Halvledarlaser. Kosmos 44 (1966–67) 1967 p. 20–22; Netterblatt, H: Lysdioder och diodlasrar. Elteknik 8 (1965) 10 p. 175–179.

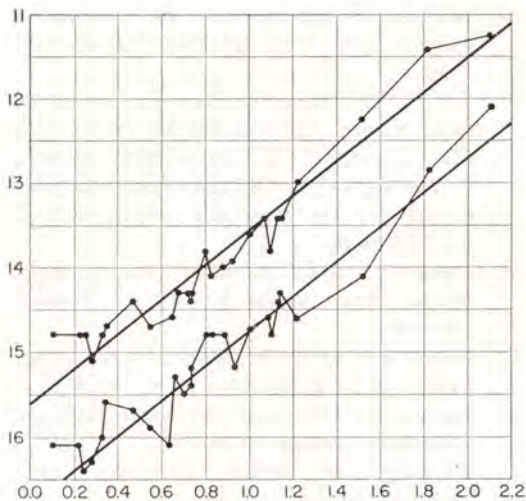
Universums struktur och energikällor*

Utvecklingen inom tekniken och forskningen går ofta stegvis. Den optiska astronomin som i århundraden utvidgat kunskapen om universum ledde bland annat till förklaringen av Vintergatans dimensioner och rörelse under 1920-talet. Detta ledde till ett intensivt studerande av hur stjärnsystemen var uppbyggda. Radioastronomin som kom med i bilden under början av 1950-talet ledde till att kunskaperna om stjärnvärlden ökades kraftigt. Under 1960-talet upptäcktes de kvasistellära objekten och i år gravitationsvågorna.

Situationen år 1919

De flesta planeterna (utom Pluto som upptäcktes år 1930) var upptäckta och redan i början av 1800-talet hade J E Bode funnit ett enkelt förhållande mellan planeternas medelavstånd till solen.

* För en grundligare behandling av tiden fram till början av 1960-talet hänvisas till ref 1–3.



Sambandet mellan magnituden (lodräta axeln) och logaritmen av perioden (vågräta axeln) för variabla stjärnor i Lilla Maghellanska Molnet enligt H S Leavitt. De två linjerna svarar mot maximi- och minimistyrka.

Genom utveckling av fototekniken i början av 1900-talet hade avståndsmätningar mot stjärnorna utvecklats oerhört snabbt. Genom parallaxmätningar hade man redan i början av 1700-talet kunnat bestämma avståndet till månen, till en hel del av planeterna och till solen. Mätning av avstånden till stjärnorna är naturligtvis mycket mer komplicerad. Direkta parallaxmätningar mot stjärnorna är i det närmaste omöjliga att genomföra, därför att sådana mätningar alltid får kombineras med något annat fenomen. Ett sådant är egenrörelsen som hos vissa stjärnor är mätbar.

En annan metod för mätning av avstånd är att utnyttja fenomenet att om en stjärnas absoluta ljusstyrka är känd kan avståndet bestämmas ur den skenbara ljusstyrkan, s k fotometrisk avståndsbestämning. År 1912 upptäckte H S Leavitt att det fanns ett väldefinierat samband mellan en cepheidvariabels period och dess absoluta ljusstyrka. (En cepheidvariabel är en stjärna vars ljusstyrka pulserar regelbundet.)⁴ År 1914 fann vidare W S Adams och A Kohlschütter att spektrallinjernas relativa intensitet hade ett samband med den absoluta ljusstyrkan hos en stjärna.

Cepheidvariabelmätningar möjliggjorde exempelvis år 1913 en bestämning av avståndet till Lilla Maghellanska molnet till 100 000 ljusår.

Om Vintergatan hade det under århundradena spekulerats ganska mycket och den modell som J Herschel år 1847 publicerade baserad på observationer av 1 700 nebulosor och 70 000 stjärnor kom att dominera det astronomiska tänkandet ända fram till i slutet av 1910-talet. Dessa analyser bekräftade nämligen hans faders (W Herschel) skivlika modell av Vintergatan, med solen i centrum. Denna modell stöddes också av H von Seeliger, men inte förrän J C Kapteyn år 1901 bestämt medelavståndet till vissa stjärnor vars skenbara ljusstyrka låg inom bestämda gränser kunde von Seeliger ge systemet tillfredsställande dimensioner: 27 000 ljusår i diameter och en tjocklek av 5 400 ljusår. För att bestämma Vintergatans struktur ännu noggrannare föreslog Kapteyn att ett stort antal observatorier skulle mäta på speciellt valda områden inom Vintergatan.⁵

Frågan om spiralnebulosorna låg inom eller utom Vintergatan blev föremål för en häftig diskussion i början av 1900-talet. Antalet kända spiralnebulosor var stort (500 000 redan innan 3 m teleskopet på Mount Wilson kom till användning år 1918). Visserligen fanns det en hel del felaktigheter i dessa nebulosors lägesangivningar på grund av att man inte kände till den interstellära dimman. Oaktat detta hade den engelske astronomen A Eddington år 1914 föreslagit att de spiralnebulosor man ser ligger utanför vår galax.⁶

För en förståelse av universums struktur måste man naturligtvis också känna rörelserna i universum. Genom att med hjälp av den optiska dopplereffekten mäta frekvensändringar i spektrallinjerna hade man redan i slutet av 1800-talet mätt Sirius' radialhastighet, dvs hastigheten längs synlinjen. År 1912 utsträckte man dessa mätningar till spiralnebulosorna (senare kallade galaxer, se sid 44). W M Slipher upptäckte då att dessa hade en hastighet av cirka 200 km/s och

några år senare hade Slipher mätt 13 galaxers spektra av vilka alla utom två avlägsnade sig med omkring 150–300 km/s. 1917 hade man registrerat hastigheter upp till 650 km/s.⁷

Tillkomsten av Einsteins allmänna relativitetsteori, en generaliserad teori för gravitationen, gav kosmologin, dvs de vetenskapliga försöken att ge en beskrivning av hela universums uppbyggnad, helt nya möjligheter. Sålunda tillämpades denna teori på hela universum år 1917 av Einstein varvid antogs att galaxerna var upplösta och materien homogent fördelad över hela universum. Denna fördelning skulle motsvara den likformiga fördelning av galaxerna, som man observerat. Eftersom inga observationer pekade på motsatsen antogs också att inga stora systematiska rörelser ägde rum. Einstein fann under dessa förutsättningar att en lösning till de ekvationer som erhålls, de så kallade fältekvationerna, endast existerar om en extra term införs i dem, nämligen den så kallade kosmologiska konstanten. Denna kan förklaras med att den är nödvändig för att det universum som erhålls enligt Einsteins modell inte skall falla ihop under sin egen gravitation. Om inte universum innehöll någon materia skulle, enligt Einstein, fältekvationerna inte ha någon lösning vilket dock W de Sitter kunde vederlägga något senare under år 1917.^{8, 9}

Solen¹⁰

Kännedom om solens struktur har ökat kraftigt sedan år 1919. Visserligen fås de bästa bilderna från solen i det synliga området antingen i direkt ljus eller med hjälp av heliografen, som utvecklades redan i slutet av 1800-talet. Avgörande för utvecklingen inom solforskningen blev dock de monokromatiska filter, som utvecklades i början av 1930-talet av B Lyot och Y Öhman. Dessa filter utestänger som namnet antyder allt ljus utom det med den önskade våglängden intill en bandbredd av 25 pm (0,25 Å). På detta sätt kan man alltså ta bilder av solens kromosfär och korona i fullt dagsljus utan att vänta på

solförmörkelsen som man fått göra tidigare. B Edlén's tolkning av spektrallinjerna år 1941 ledde till att man kunde bestämma koronans temperatur till 750 000–1 500 000°.¹¹ Redan år 1938 hade man emellertid kunnat bestämma mekanismen för solens energiproduktion (se »Atomism i ständig förnyelse» sid 18).

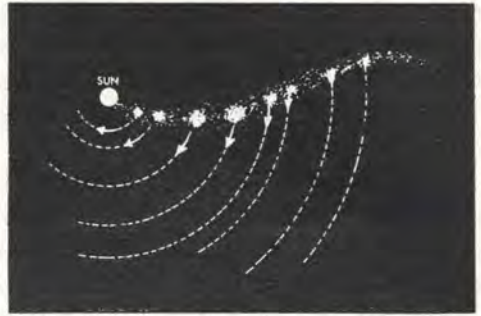
I och med att raketerna sändes upp ovanför jordens atmosfär fick man möjligheter att mäta exempelvis inom det ultraviolette området. Detta hade inte gått tidigare eftersom jordens atmosfär är ogenomsläpplig för våglängder kortare än omkring 300 nm. R. Tousey var en av de första att erhålla fotografier av solspektrum ned till våglängder kortare än 100 nm, men raketastronomin har möjliggjort fotografering av solens mjuka röntgenstrålning.

Att solen var en radiokälla var ett faktum som påvisades av G Reber år 1944 och senare kunde man också påvisa att denna strålning var speciellt stark i samband med solarflares (se även sid 47). Så småningom kunde man också visa att radiosolen är betydligt större än den optiska solen och att den radiostrålning som kommer från solen har en temperatur som svarar mot den optiska, dvs mycket hög.

Såväl rymdforskningsplanerare som astrofysiker är intresserade av vad som händer i solen. Solvinden (partiklar som strömmar ut från solen i alla riktningar) är visserligen ganska ofarlig, men solarflares producerar en partikelstrålning som mycket väl kan vara farlig för astronauter när de lämnar jordens skyddande atmosfär.¹² Nära solfläcksmaximum är solens strålning en stor fara.

Solsystemet

Många teorier har presenterats om solsystemets uppkomst.¹³ Nebulosahypotesen föreslagen av Laplace redan år 1796 kunde inte förkastas förrän i början av 1900-talet. Då uppstod ett antal teorier vilka samtliga antog att en stjärna passerat solen och på något sätt åstadkommit att planeterna bilda-



J H Jeans' och H Jeffreys' förslag om hur solsystemet har bildats. En stjärna passerar solen på två till tre solradiers avstånd från denna och drar från solen med sig materia, som får en cigarrliknande form. Denna erhålls genom att mängden materia som attraheras av stjärnan antas vara störst då stjärnan är närmast solen. Modellen tar hänsyn till att Jupiter och Saturnus är de största planeterna. De har bildats av materia från mitten av "cigarren".

des. År 1939 visade L Spitzer jr att materia som drogs ut från solen inte kunde kondenseras. Fördelningen av impulsmomentet i solsystemet visade sig dock vara det allvarligaste argumentet mot de tidigare teorierna något som H N Russell beskrev i en artikel år 1935.

I början av 1940-talet blev det därför klart att solsystemets bildande intimt måste hänga samman med stjärnornas skapelse. Ett av skälen för detta var att man fick klart för sig att en sådan kollision som diskuterats i de tidigare teorierna måste vara ganska sällsynt. Det borde istället vara ganska naturligt att tänka sig att de flesta stjärnorna är omgivna av ett planetsystem som vår sol. Genom att studera och jämföra vissa stjärnors rotation med solens, kunde man också påvisa att sådana planetsystem existerar.

År 1943 framlade C von Weizsäcker sin teori om solsystemets tillkomst. Han antar att solen först var omgiven av ett moln av gas och damm. Kollision och friktion mellan materialpartiklarna i detta moln resulterade i att en diskusformad nebulosa bildades. Planeterna byggdes gradvis upp från mindre sammanklumpningar av tyngre element som kondenserats. Allteftersom dessa växer ökar gravitationskraften.

Denna teori, följd av andra, förklarar i första hand uppkomsten av planeterna och deras satelliter, men däremot inte av ex-

empelvis asteroider och meteoriter. H Alfvén betonar detta och anser att bildandet skulle kunna ske i följande steg.¹⁴ Först bildas ett plasma omkring solen. Impulsmoment överförs från solen till plasmata på ett sådant sätt, att detta börjar rotera med ungefär keplerhastigheten. Denna impulsöverföring sker på magnetohydrodynamisk väg. Ur plasmata bildas grus som blir råmaterial för asteroider, satelliter och planeter.

Kunskapen om planeterna har också ökat i mycket hög grad under den betraktade tidsperioden.¹⁵ Först kan nämnas utvecklingen av radarastronomi, som bland annat gjort det möjligt att bättre bestämma avståndet till planeterna men också, genom att utnyttja Dopplereffekten att bättre bestämma planeternas rörelse. Den första mätningen av avståndet till månen gjordes exempelvis år 1957 av B S Yapple och rotationen hos planeten Merkurius har slutligen kunnat lösas.¹⁶

Men än större betydelse har naturligtvis rymdfärderna haft (se »Rymdverksamhet» sid 132). Således har sammansättningen av Venus atmosfär kunnat bestämmas med hjälp av rymdsonder och i juni 1969 passerade två Marinerraketer Mars och tog de hittills mest fulländade fotografierna av dess yta. Den största överraskningen vid undersökningar av Mars' atmosfär är att kväve saknas.^{17, 18} Dessa undersökningar kompletteras med radarmätningar.¹⁹

Månlandningen med Apollo 11 i juli 1969, då två människor landsteg på månen, får ur astronomisk synvinkel betraktas som en utomordentligt stor händelse även om den direkta nyttan kan synas ringa.¹⁵ I vilket fall har detta besök möjliggjort för människan att insamla mångrus med vars hjälp man hoppas kunna bestämma månens ålder.²⁰ Undersökningar av detta mångrus borde också ge möjligheter att bestämma om något liv existerar på månen eller inte, men de första undersökningarna har inte givit något sådant bevis. Avståndsmätningen mot månen har också ytterligare kunnat förfinas i och med att astronauterna vid sitt besök placerade en spegel för reflektion av laserljus på månens yta. Ytterligare instrument har ställts upp på månen och bland dem kan nämnas ett seismometersystem för undersökning av månskorpan rörelse.²¹ Tidigare experiment har bara kunnat bestämma månyttans allmänna utseende.²²

Två alternativ för månens historia anses numera vara helt dominerande. Båda dessa förutsätter att månen har fångats in av jorden och det som skiljer teorierna åt är hur månen har fått sin nuvarande bana. Det ena alternativet, katastrofalternativet, innebär att månen varit så nära jorden att den deformerats, i det andra fallet, icke-katastrofalternativet, har detta icke skett. I det förra fallet bör det finnas material på månen med en ålder av omkring 4 miljarder år men det mesta materialet bör ha en ålder av 0,7 miljarder år. I det senare fallet bör månaterialet ha en ålder som överstiger 4 miljarder år.²³

Vintergatan

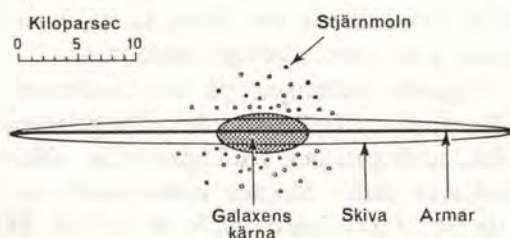
Den Vintergatsmodell som baserade sig på att räkna stjärnor och mäta avståndet till dessa blev för första gången ordentligt ifrågasatt av H Shapley omkring år 1917.²⁴ Med hjälp av 1,5 m teleskopet på Mount Wilson mätte han nämligen avståndet till omkring 100 klotformiga stjärnhopar med hjälp av cepheidvariabelmetoden. År 1918

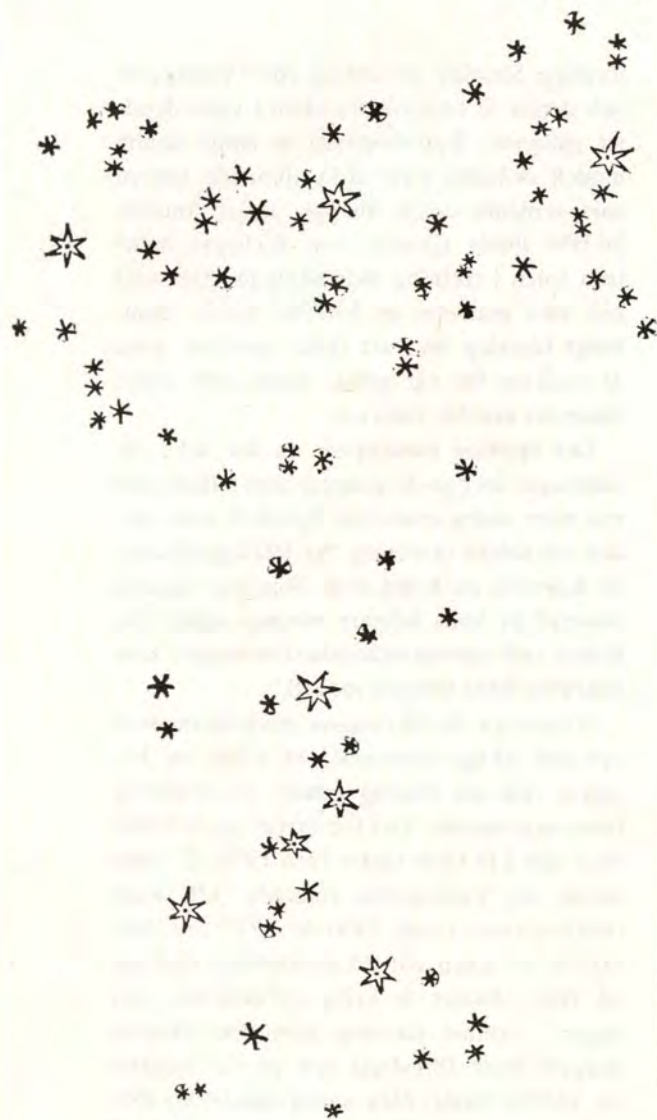
föreslog Shapley en modell för Vintergatan och denna är fortfarande utom i vissa detaljer gällande. Stjärnhoparna är enligt denna modell ordnade i ett diskusliknande system vars centrum enligt Shapley ligger ungefär 50 000 ljusår (jämför von Seeligers mått) från solen i riktning mot Skyttens stjärnbild och vars diameter är 300 000 ljusår. Samtidigt föreslog han att detta centrum även är centrum för vår galax. Solen hade alltså placerats utanför centrum.

Det uppstod naturligtvis en hel del motsättningar mellan de grupper som stödde den ena eller andra modellen. Speciellt stod striden om solens placering. År 1922 publicerade Kapteyn en kritik över Shapleys resultat baserad på hans tidigare nämnda stjärnräkningar och stjärnavståndsbestämningar, som bekräftat hans tidigare modell.

Vilken av de föreslagna modellerna som var den riktiga (speciellt var solen var belägen) fick sin lösning genom två framsteg inom astronomin. Det första var att B Lindblad och J H Oort under åren 1926–27 upptäckte att Vintergatan roterade. Ur dessa observationer kunde Oort år 1927 dra slutsatsen, att solen gör ett fullständigt omlopp på 200 miljoner år kring ett centrum som ligger i samma riktning som den Shapley tidigare hade föreslagit och på ett avstånd av 30 000 ljusår. Den andra händelsen som definitivt stödde Shapleys modell var R J Krimplers upptäckt år 1930, att nära ga-

Vintergatan eller Galaxen. Kärnan är mycket kondenserad, liksom mitten av skivan. Tjockleken är $\frac{1}{20}$ av diametern. Armarna är mycket tunna endast $\frac{1}{100}$ av diametern. Stjärnorna i kärnan har en ålder av 5 miljarder år, i skivan 3 miljarder år och i armarna $\frac{1}{2}$ miljard år. (1 parsec = 3,26 ljusår)





Den första avbildningen av Vintergatan i Galileis *Sidereus Nuncius* (1610) bygger på långt enklare observationer än den nutida skissen på föregående sida och den principiella uppfattningen visar grundläggande avvikelser. Galileis bild föreställer Orions bälte och svärd, där de ofyllda stjärnorna betecknar de förut kända och de svarta dem han sett i sitt teleskop.

Galaxens plan måste ligga en interstellär omkring 600 ljusår tjock dimma. Existensen av en sådan dimma hade länge misstänkts, men var nu alltså verifierad. Senare undersökningar har ytterligare bekräftat dessa antaganden. Ljuset från stjärnorna absorberas alltså på sin väg mot jorden av denna dimma och det är därför inte underligt att Kapteyn missbedömde hur djupt in i Vintergatan hans undersökningar hade nått.

Shapleys mätningar på de klotformiga stjärnhoparna, belägna i eller nära galaxens plan, hade gett helt felaktiga värden vilket förklarar varför Shapley hade erhållit avståndet 50 000 ljusår istället för 30 000. På

samma sätt måste Shapleys mått på Vintergatans omfång (diametern 300 000 ljusår) reduceras. Vintergatans diameter anses numera vara ca 100 000 ljusår.

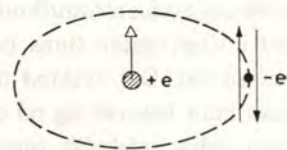
Eftersom astronomerna hade upptäckt att många nebulosor såg ut som spiraler, var det naturligt att anta att vår galax hade en spiralform. Observationer för att bekräfta detta antagande gjordes, men inte förrän efter många års arbeten kunde V B Morgan år 1952 lämna övertygande bevis för detta genom att visa att mycket ljusstarka stjärnor, i detta fallet superjättar, ligger längs spiralarmarna.

Utvecklingen inom ett helt annat område,

nämigen radioastronomin, som visserligen varit känd sedan 1930-talet (se sid 47) men inte förändrat bilden av universum nämnvärt, kunde dramatiskt nog samma år verifiera spiralnaturen hos vår galax. H C van der Hulst diskuterade 1944 möjligheten att bestämma vätgasmoln i den interstellära rymden genom att undersöka en linje i vätespektrum vars våglängd är 21 cm. Den radiostrålning vätemolnen skulle kunna utsända var mycket svag, men de elektroniska förstärkningsutrustningarna hade utvecklats så, att H I Ewen och E M Purcel år 1951 kunde registrera denna linje.

Allteftersom observatörer av 21 cm-linjen fick större och större radioteleskop till sitt förfogande avslöjades en allt större och större komplexitet i Vintergatsstrukturen.²⁵ Man måste med de större teleskopen lägga

När elektronspinnnet byter riktning från parallell till antiparallell med vätejonen utsänds ett strålningskvantum, s k magnetisk dipolstrålning, med ett energiinnehåll som svarar mot våglängden 21 cm. Ur: Kosmos. Fysikersamfundets årsbok 1965. Stockholm (Almqvist & Wiksell) 1966.



sina mätpunkter tätare på himlen, vilket har medfört ökade observationstider samt i kombination med större frekvensupplösning betydligt ökade datamängder. Med hjälp av moderna datorer kan man dock ur dessa fysikaliska data frambringa resultat.

Tyvärr har den förbättrade tekniken bidragit till att dämpa radioastronomernas optimism vad beträffar utbytet av fortsatta studier av vätgasmolnen. Observationer i

Spiralgalaxen M 81 i Ursa Major (Stora Björn) fotograferad med 5 m Haleteleskopet. Om Vintergatan kunde fotografieras utifrån borde den ha detta utseende.



centrum-anticentrumriktningarna visar att det i Vintergatan finns betydande rörelser i radiell led. Det avstånd till vätgasmoln som man mätt baserar sig på en hastighetsmodell med enbart cirkulär rörelse och i och med upptäckten av radiella rörelser har osäkerheten hos dessa avstånd ökat. Vidare har man funnit en osymmetri i Vintergatans rotation som ytterligare försvårar observationerna. Ett annat problem som bidragit till ökad osäkerhet är den bristande kännedomen om den kinetiska temperaturens variation och om de slumpartade rörelsernas hastighetsfördelning i Vintergatans vätgasmoln.

Atomära processer hos molekyler borde rent teoretiskt ge upphov till radioemission, som skulle vara möjlig att påvisa och redan år 1958 försökte A H Barrett och A E Lilley finna hydroxylinjerna med hjälp av ett 15 m radioteleskop, med negativt resultat.²⁶ År 1964, efter det att hydroxylinjernas huvudfrekvenser hade bestämts, lyckades dock Barrett tillsammans med S Weinreb upptäcka hydroxyljoner i absorption på 1 667 MHz med hjälp av 25 m teleskopet vid Massachusetts Institute of Technology. Dessa mätningar gav en hydroxyljontäthet av 1 molekyl per 10 m^3 , vilket är ca $10^{-7} \times$ vätetätheten, ett värde som därefter visat sig vara rätt normalt i Vintergatans yttre delar. Emissionsspektrum för hydroxyljonen har visat förbryllande egenskaper. Förhållandet i intensitet mellan de två huvudlinjerna är omvänt. Vidare har man år 1965 påvisat exciterad vätestrålning jämväl inom hydroxyl- och vätebanden. Strålningsbilden ser alltså komplex ut och är i många avseenden svår-förklarlig men det är möjligt att denna får sin förklaring om någon kol-väte-strålning upptäcks.

För att lösa problemen förknippade med den galaktiska materiens rörelser kommer radioastronomin troligen att behöva inleda ett långt intensivare samarbete med den optiska astronomin. För att komma åt frågan om den kinetiska temperaturen och gasmolnens hastighetsutbredning har redan observationer av hydroxylinjen visat att jämförel-

ser av observationer av olika spektrallinjer kan vara en framkomlig väg.

Radiostrålning från ytterligare molekyler har rapporterats under det senaste året. Således har A C Cheung kunnat påvisa en strålning med en frekvens av 23 000 MHz från ammoniakmoln och vattenmoln.^{27, 28} Strålning från formaldehyd med en frekvens av 4 830 MHz har rapporterats från Green Bankobservatoriet (42 m teleskopet).²⁹

Yttre galaxer³⁰

Genom att jämföra den skenbara maximaljusstyrkan från novor i galaxerna med redan bestämda novor i Vintergatan lyckades H D Curtis år 1918 bestämma avståndet till en nova i Andromedanebulosan. Han erhöll vid det tillfället 500 000 ljusår men senare fann man avståndet vara 1 000 000 ljusår. Detta avstånd var mycket större än Vintergatans storlek och tydde på att Andromedanebulosan verkligen låg utanför vår galax.

Detta resultat bekräftades 1924 av E P Hubble som med hjälp av 3 m teleskopet på Mount Wilson fann cepheidvariabler i Andromedanebulosan och i andra spiralnebulosor. Dessa nebulosor var alltså galaxer.

År 1936 framlade Hubble i detalj strukturen hos dessa galaxer först baserade på mätningar av cepheidvariabler, därefter på mätningar på superjättar som antogs ha ungefär samma absoluta ljusstyrka i olika galaxer samt slutligen på direkta mätningar av galaxerna själva som också antogs ha samma absoluta ljusstyrka. På detta sätt lyckades Hubble utsträcka universum till cirka 500 miljoner ljusår och 100 miljoner galaxer.

I vår egen galax, Vintergatan, liksom i andra galaxer eller stjärnsystem inträffar i genomsnitt ca en gång på 500 år att en stjärna exploderar och kastar ut en stor del av sin massa i den interstellära rymden.

För ca 100 000 år sedan inträffade i Svanens stjärnbild en sådan explosion, vilken man i dag kan se spår av i form av en sk nebulosa. Bilden visar en del av denna nebulosa som i engelsk och amerikansk litteratur benämns »the Veil Nebula» eller »the Network Nebula» och som i Sverige fått namnet Nätverksnebulosan.





Mount Wilson-observatoriet. Längst till höger syns kupolen till 3 m teleskopet. Till vänster om denna syns kupolen till 2 m reflektorn. Längst till vänster syns de två soltornen. Foto: Mount Wilson och Palomar observatorierna.

Med dagens utvecklade teknik är det möjligt att utsträcka den optiska astronomin till några miljarder ljusår och radioastronomin något längre. Däremot kan uppskattningar av betydligt större avstånd göras, men dessa blir modellberoende. Skäl talar dock för att ett stort antal av de oidentifierade radiokällorna ligger alltför långt borta för att kunna fotograferas med 5 m teleskopet på Mount Palomar, som blev klart 1949.³¹

Sedan 1936 har naturligtvis många mätningar gjorts som förändrat Hubbles bild av universum men på det hela taget kvarstår denna dock. Den största modifikationen av modellen hängde samman med att man upptäckte att alla avstånd som hade uppmätts med hjälp av cepheidvariabelmetoden behövde multipliceras med omkring 10. Galaxernas diameter som Hubble hade uppgivit till omkring 10 000 ljusår, skulle alltså vara 100 000 ljusår, dvs samma diameter

som Vintergatan. Därmed degraderades Vintergatan från en jättegalex till en galax av medelstorlek.

Det expanderande universum³²

Som tidigare nämnts hade man funnit att de flesta galaxerna avlägsnade sig från Vintergatan medan en del galaxer närmade sig denna med hög hastighet. Detta förbryllade naturligtvis dåtidens astronomer. I och med att Hubble 1926–27 upptäckte att solen befinner sig i en rotation med ungefärlig hastighet av 220 km/s blev den hastighet med vilken Andromedanebulosan närmade sig Vintergatan reducerad till ca 45 km/s och därför inte längre så överraskande.

Genom att mäta avståndet till spiralgalaxerna kunde så Hubble år 1929 visa, att ända ut till 6 miljoner ljusårs avstånd är en galax' hastighet proportionell mot dess avstånd (Hubbles lag). Genom att anta att ex-

pansionen skedde med en konstant medelhastighet av 180 km/s/miljon ljusår fann han att galaxerna för ca 2 miljarder år sedan borde funnits hopade på varandra. Mätningar utförda av W A Baum 1957 har visat, att Hubbles lag gäller ända ut till 17 miljarder ljusår. Eftersom Hubble ju hade fel i sin avståndsskala fick även värdet på Hubblekonstanten dvs den tid som förflutit sedan all materia var tätt sammanpackad ändras och anses numera vara ca 10 miljarder år.

Radioastronomi³³

Vid undersökningar av högfrekventa radiostörningar i atmosfären fann K G Jansky år 1932 en kontinuerlig radiovåg med våglängden 14,6 m som kom från bestämda riktningar i rymden. Den största delen av strålningen antogs komma från Vintergatans centrum men en stark strålning observerades också längs Vintergatans plan.

I mitten av 1930-talet byggdes den första paraboliska antennen av G Reber som i början av 1940-talet presenterade den första kartläggningen av Vintergatans radiostrålning och i mitten av 40-talet påvisade att solen var svagt radiostrålande (se sid 39).

J S Hey som år 1942 tolkade störningar i en varningsradar som sammanhängande med solarflares var också den förste att år 1946

referera till Cygnus A-källan som en diskret radiokälla. Det blev nu inte denna källa som blev den första att identifieras utanför vårt solsystem utan år 1949 kunde J G Bolton och G J Stanley bestämma en någorlunda noggrann position för radiokällan Taurus A som visade sig sammanfalla med Krabbenebulosans.

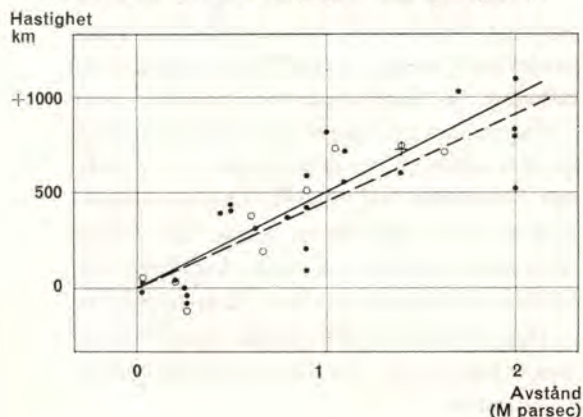
År 1951 påvisades så radiostrålningen från vätelinjen (se sid 43) som alltså i första hand har möjliggjort en kartläggning av Vintergatans spiralstruktur men också i viss mån Andromedanebulosans. Vätelinjestrålning har också upptäckts från andra galaxer, såsom de Maghellanska molnen. Som nämnts tidigare har strålning från andra molekyler också upptäckts. År 1955 upptäckte man att Jupiter är en radiokälla.

Allt fler radiokällor upptäcktes och hela tiden försökte astronomerna att finna optiska objekt som kunde motsvara de diskreta källorna. Från de normala galaxerna fann man således en ganska svag radiostrålning, redan i början av 1950-talet. Den första »egenomliga» galaxen som man försökte identifiera var Cygnus A, som tolkades som två kolliderande galaxer.

Möjligheterna under 1950-talet till dessa identifieringar var emellertid begränsade men med större radioteleskop och förfinad mätmetodik blev det omkring 1960 möjligt att kraftigt minska felmarginalerna i positionsbestämningarna. Radiokällan 3 C 48 kunde således genom ett samarbete mellan radioastronomer vid California Institute of Technology och astronomer vid Mount Wilson och Palomar identifieras med ett stjärnliknande objekt av 16:e magnituden, som antogs vara en »radiostjärna». Radiostjärnornas spektrum hade bland annat flera breda emissionslinjer som inte gick att identifiera. Genom att studera ett antal andra radiokällor kunde M Schmidt år 1962 dock förklara detta spektrum med att spektrallinjerna rödförskjutits ganska kraftigt. Rödförskjutningen i radiokällan 3 C 48 var exempelvis 37 %.

Denna upptäckt av rödförskjutningen led-

Hubbles lag. De rätta linjerna visar att sambandet mellan hastighet och avstånd för galaxerna är i det närmaste konstant. (1 parsec = 3,26 ljusår)



de till ett intensivt studium av dessa objekt eftersom rödförskjutningar av spektrum tidigare endast observerats för avlägsna galaxer. Ett stort antal kvasistellära radiokällor (kvasarer) har nu observerats, medan år 1963 endast tre var kända.

Radiokällorna visade ett ovanligt starkt ultraviolett (UV) spektrum. Genom att undersöka UV-spektrum hos ett antal objekt kunde A Sandage med medarbetare påvisa att det existerade objekt som både hade ett starkt UV-spektrum och som uppvisade en stor rödförskjutning utan att vara radiokällor. Dessa objekt har kallats för kvasistellära galaxer och deras antal verkar att vara 50 gånger kvasarernas.³⁴

Det största intresset tilldrar sig dock mäktigheten och våldsamheten hos de explosioner som ger upphov till sådana objekt som kvasarerna. Vid dessa explosioner frigörs nämligen 10^6 – 10^8 solvilomassor. Eftersom en stor galax innehåller 10^{11} solvilomassor verkar det som en stor del av vilomassaenergin hos en hel galax snabbt kan omvandlas i relativistiska partiklar. Kvasarerna kan inte heller vara så stora eftersom deras totala strålning kan variera med en faktor 10 eller 20 inom loppet av något år.³⁵

År 1965 upptäcktes en allmän radiostrålning inom cm-området som inte kan förklaras genom diskreta radiokällor. Den rapporterades först av A A Penzias och R W Wilson som ett bakgrundsbrus vid 7,5 cm våglängd som svarade mot en svartkroppsstrålning inom cm-området vid mycket låga temperaturer. Utgående från vissa teoretiska betraktelser sökte och fann R H Dicke en sådan bakgrundsstrålning även vid en våglängd av 3 cm. En sammanställning av hittills gjorda bestämningar av strålningens styrka visar att den mycket väl motsvarar en temperatur av 3 K. Strålningen har också visat sig ha samma styrka i alla riktningar (0,1 % variation).^{8, 35, 36}

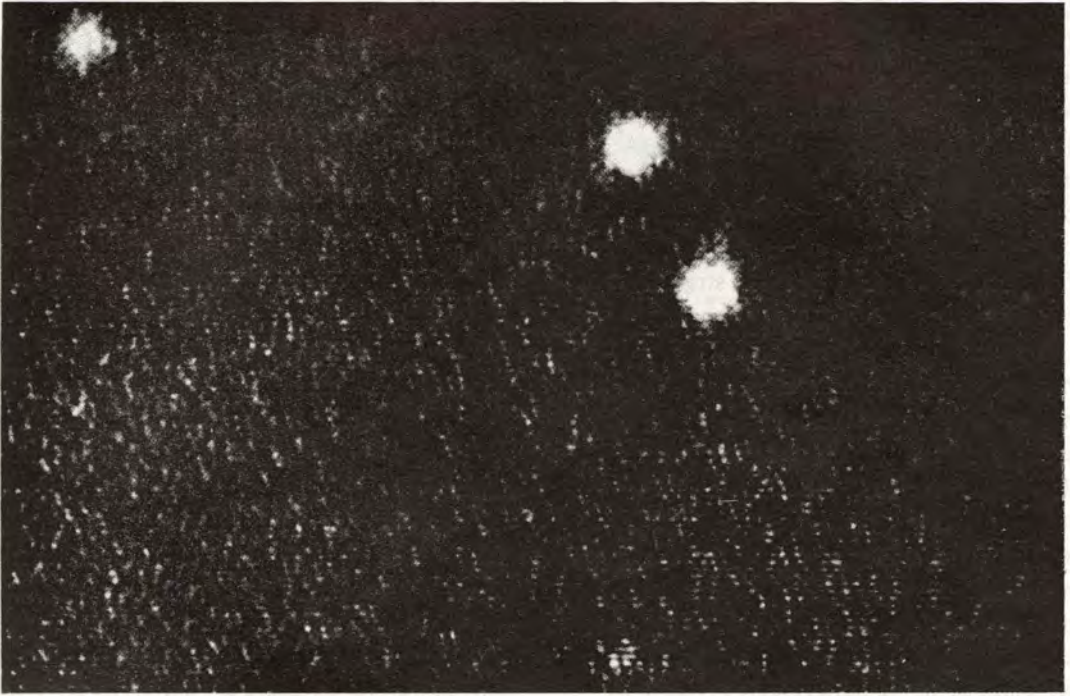
På hösten 1967 fann den engelske radioastronomen A Hewish plötsligt ett objekt som utsände radiostrålning med regelbundna intervall på omkring 1,3 s. Detta snabbt

pulserande radioastronomiska objekt, som mäter ca 15 km i diameter, fick namnet pulsar och ganska fort hade de ledande observatorierna upptäckt ett 10-tal pulsarer.³⁷ Olika teorier för vad pulsarerna kan tänkas vara har givits. Dessa går ut på att pulsaren antingen kan vara en vit dvärg eller en neutronstjärna. Genom upptäckten av en pulsar med en pulstid på bara 31 ms som dessutom ökar med en fördubblingshastighet på ca 2 400 år (observerad vid Green Bank och pulstiden bestämd i Arecibo, Puerto Rico) tycks frågan ha avgjorts till neutronstjärnornas favör eftersom en vit dvärg varken kan oscillera eller rotera så snabbt utan att explodera. Pulstider på 31 ms till 4 s stämmer bra överens med bilden av neutronstjärnorna.

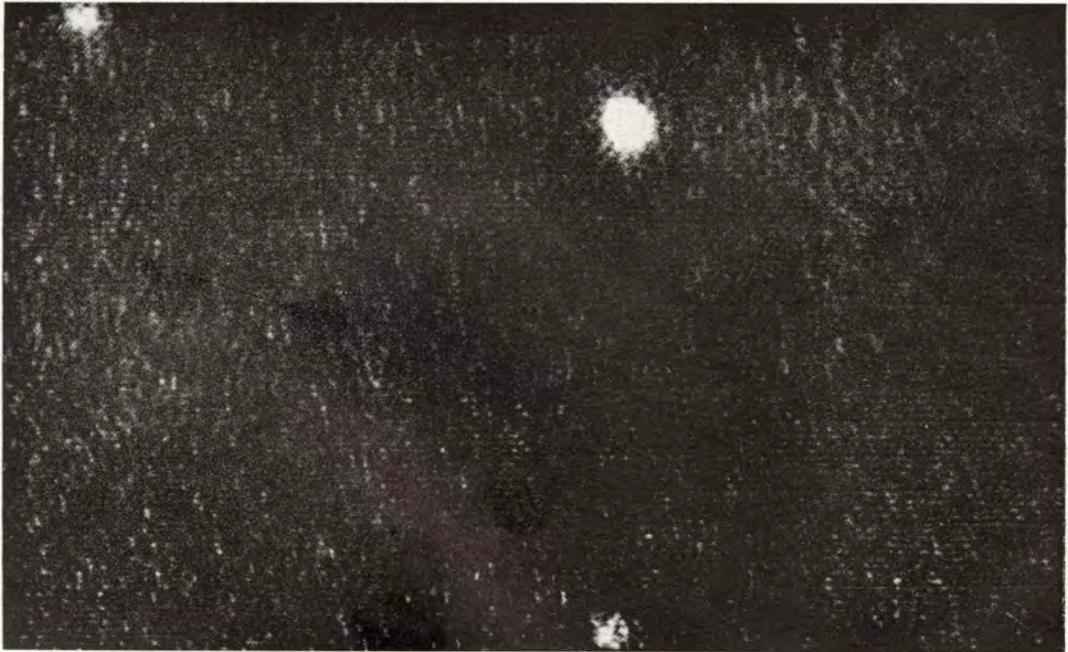
Trots intensiva observationer vid många ledande observatorier runt om i världen kunde man i början ej finna motsvarande variationer inom det optiska området. Nu har man dock vid Stewardobservatoriet i Arizona upptäckt pulsarer i Krabbnubulosan som utsänder ljuspulser som exakt svarar mot radiopulsarna. Vad man tidigare trott vara en stjärna av 18:e magnituden visade sig nu vara en pulserande stjärna med 30 pulser/s vars maximum svarar mot 15:e magnituden. Den energi som utsänds är enorm. Kanske kan hela energin i Krabbnubulosan härledas från detta enda objekt. Kanske kan också alla pulsarer associeras med supernovaexplosioner, fastän de flesta är alltför gamla för att vara synbara.

Pulsarerna har visat sig utgöra utomordentliga rymdsonder för att upptäcka egenkaperna hos det interstellära mediet. Från tätheten hos det joniserade vätet kan man bestämma temperaturen och från fluktuationerna i tätheten kan man erhålla en ny insikt om dynamiken hos gasernas rörelse och möjligheterna för stjärnor att bildas. Det magnetiska fältet kommer att kunna kartläggas när ett större antal pulsarer har blivit upptäckta.

Den 3 februari 1969 kunde Lickobservatoriet presentera den första optiska bilden av en pulsar.³⁸



Pulsaren ND 0532 i Krabbnebulosan utsänder även registrerbart ljus. Den övre bilden visar pulsaren då ljus utsänds, den undre då inget ljus utsänds. Utvecklingen av mätinstrument för mätning av korta tider har möjliggjort denna mätning.



Gravitationsvågor från den yttre rymden

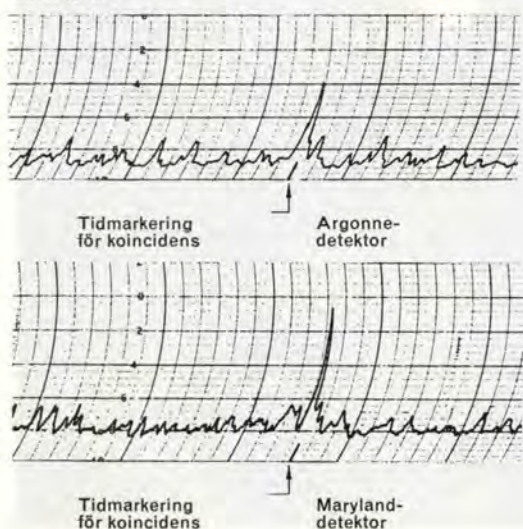
I början av detta år rapporteras att J Weber har observerat gravitationsvågor från källor i den yttre rymden.³⁹ Detektorerna för gravitationsstrålningen utgörs av tunga aluminiumcylindrar med en längd av ca 1,5 m och med en diameter varierande mellan de olika cylindrarna från ca 70 cm till 1 m. Detektorerna är känsliga för strålning med en frekvens av 1 660 Hz.

För att i så hög grad som möjligt eliminera störningar från rörelser i jordskorpan har två grupper av detektorer placerats på ett avstånd av 1 000 km från varandra. Under de tre första månaderna som mätutrustningen var uppställd erhöles 17 signifikanta koincidenser, dvs samtidiga registreringar på båda ställena. Styrkan hos signalerna svarar mot en medelenergitäthet för gravitationsstrålningen på omkring 10^{-29} kg/m³ över en bandbredd på omkring 0,1 rad/s.

Även om Weber arbetat med att söka efter gravitationsvågor i ungefär 10 år var det som förvånade honom mest inte att han fann dem utan att han fann dem så ofta som en gång i veckan.

Vad som kan åstadkomma gravitationsvågorna kommer att diskuteras något i framtidsperspektivet (sid 159).

En av de koincidenser som anger gravitationsvågor. De mindre topparna utgörs av bakgrundsstörningar.

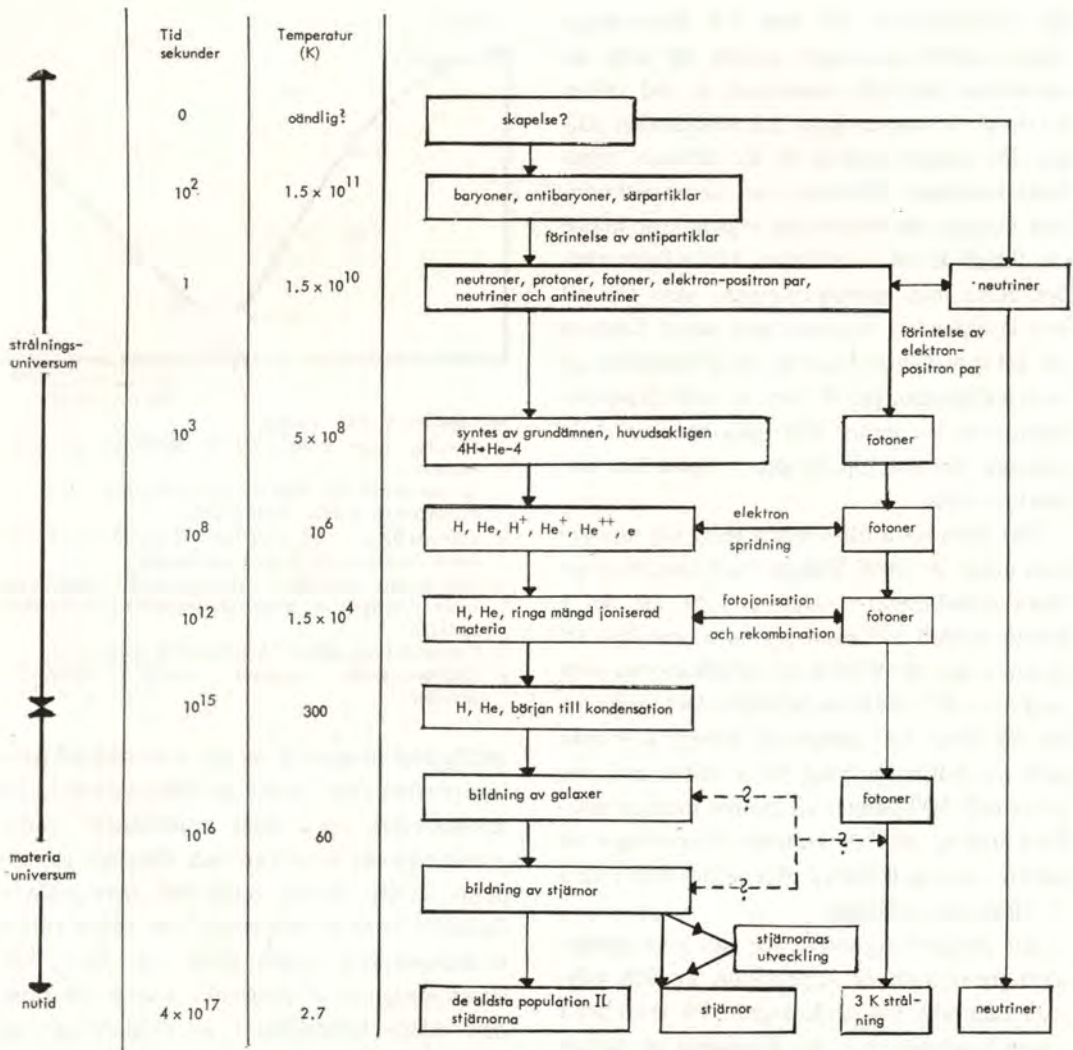


Kosmologiska teorier

Einsteins allmänna relativitetsteori hade medfört en radikal förändring av möjligheterna att teoretiskt diskutera olika alternativ för världssalltets utveckling.⁴⁰ Sålunda uppställde A Friedmann 1922–24 en serie expanderande världsmoeller av positiv och negativ rymdkrökning. I dessa moeller innehålls Einsteins och de Sitters världsmoeller såsom gränsfall. Visserligen kan det tyckas att de Sitters moell är ointressant men eftersom medeltätheten i vårt verkliga universum också är mycket liten kan denna moell ge en viss föreställning om dess struktur. Om man nämligen inför två provpartiklar i de Sitters universum visar ekvationerna att partiklarna i allmänhet kommer att röra sig från varandra. De Sitters moell hade alltså förutsagt den av Hubble senare observerade effekten att universum expanderar på ett konstant sätt.

Ett antal olika moeller, av vilka de flesta startar från en singular punkt där täthet och tryck alltså är oändligt stora, kan nu byggas upp utgående ifrån Einsteins allmänna relativitetsteori. Eftersom vårt verkliga universum enligt observationerna befinner sig i expansion är de expanderande och oscillerande moellerna av störst intresse. En av dessa moeller, utarbetad av G Lemaître 1931 och senare av G Gamov, har under lång tid dominerat. I denna teori, den så kallade »Big Bang»-teorin, tänkte sig Lemaître att i begynnelsen all materia var samlad till en enda stor »uratom». Genom något slags radioaktiv process exploderade uratomen. Genom kollisioner mellan uratomens fragment erhöles mer och mer karaktären av en gas. Gravitationens inverkan bromsar expansionen gradvis och ett statistiskt tillstånd nås. Under denna fas skulle gasen ha uppdelats och ha bildat koncentrationer, som sedan blev galaxer. Enligt Lemaître skulle vårt verkliga universum nu ha expanderat till ca 10 gånger den radi som svarar mot det statistiska tillståndet.

Under slutet av 1940-talet sökte Gamov tillsammans med flera medarbetare förklara



En tänkbar utveckling av universum enligt Einstein-Friedmanns teorier. De dominerande fysikaliska processerna vid olika tidpunkter har angivits i diagrammet liksom motsvarande temperaturer hos materien. Vid rumstemperatur (300 K) blir strålningens energitäthet mindre än materiens vilket gör det möjligt för gasmassorna att börja kondensera till stjärnor och galaxer.

de olika grundämnena uppkomst med hjälp av de förhållanden som rådde under det supertäta ursprungstillståndet. I stället för en uratom postulerar Gamov existensen av en urgas, vilken han kallar »Ylem», som väsentligen skulle bestå av neutroner. Omedelbart efter skapelseögonblicket skulle neutronerna sönderfalla i protoner som snabbt infångar neutroner, bildar atomkärnor med allt större massa men i avtagande mängd därför att temperaturen sjunker under expansionen. Genom infångningsprocessen och snabba radioaktiva sönderfall skulle alla grundämnen

ha uppkommit i ungefär de proportioner de nu har i kosmos. På grund av att det saknas stabila atomkärnor med masstalen 5 och 8 har denna teori inte kunnat accepteras, även om mer eller mindre sofistikerade förklaringar har givits av både E Fermi och E Wigner.

En annan kosmologisk teori av intresse är det stationära tillståndets teori utarbetad av H Bondi, T Gold och F Hoyle år 1948. Denna innebär att den kosmologiska principen, dvs att den bild man får av universum är oberoende av var observatören befinner

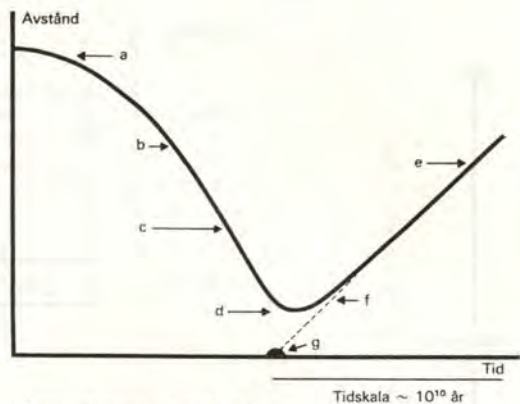
sig, kompletteras till den sk fullkomliga kosmologiska principen genom att anta att universum också är oberoende av vid vilken tid observationerna görs. Ett nödvändigt villkor för denna princip är att tätheten bibehålls konstant. Eftersom det är experimentellt bevisat att universum expanderar måste samtidigt materia nybildas. Visserligen strider detta mot energiprincipen, men för att helt kompensera expansionen anger Gamow att det inte behövs mer än en produktion av en ny väteatom per 4 liter av den expanderande rymden under 250 miljoner år.⁴¹ Giltigheten för energiprincipen i detta fall har aldrig testats.

Det stationära tillståndets teori för universum anses av D W Sciama vara utesluten av olika anledningar.³⁵ Den ena är att det i denna modell har visat sig vara omöjligt att förklara den fördelning av radiokällorna som angivits i ett arbete av M Ryle. Det andra är att det finns 100 gånger så många kvasarer med en rödförskjutning på en enhet än i vår galax och 500 gånger så många med en rödförskjutning på 1,5 enheter. Universum är därför verkligen under utveckling och inte i ett stationärt tillstånd.

Ett positivt argument för det icke stationära universum är upptäckten av den tidigare nämnda 3 K-strålningen. På teoretiska grunder väntar man sig nämligen en sådan strålning från Einstein-Freidmann-kosmologin. Gamov föreslog detta redan 1948. Vidare skall denna strålning, om den är kosmisk av naturen, vara helt isotrop och mätningar har som tidigare nämnts visat på detta.^{8, 36}

N C Wickramasinghe med medarbetare har emellertid kunnat ange en förklaring till denna strålning som innebär att den är oberoende av universums ursprung varför den för närvarande inte är något argument mot det stationära tillståndets teori.⁴²

Det finns en annan symmetri som också skulle kunna vara tänkbar, nämligen symmetrin mellan materia och antimateria. O Klein och H Alfvén föreslog år 1962 en modell som förutsätter denna symmetri och ett



Metagalaxens utveckling.

- a. Mycket tunn blandning av materia och antimateria.
- b. Kontraktion till följd av gravitationen.
- c. Förintelsen börjar bli märkbar.
- d. Förintelsens strålningsstryck blir så starkt att kontraktionen förbyts i expansion.
- e. Nuvarande tillstånd: Metagalaxen expanderar vilket framgår av rödförskjutningen i galaxernas spektra.
- f. Extrapolation enligt "big-bang"-teorien.
- g. Exploderande "uratom" enligt "big-bang"-teorien.

urtillstånd bestående av ett tunt ambiplasma (ett plasma som består av både materia och antimateria), som först kontraherar under gravitationens inverkan och därefter expanderar. Enligt Kleins teori kan metagalaxen förklaras som en företeelse i en högst vanlig tredimensionell rymd även om man från strikt matematisk synpunkt kräver att rymden måste behandlas i en fyrdimensionell krökt sådan.⁴³

Litteratur

1. Struve, O & Zeberg, V: Astronomy of the 20th century. New York (Mac-Millan) 1962.
2. Sciama, D W: Världsalltet som enhet. Lund (Aldus) 1964.
3. Moore, P: Basic Astronomy. London (Contemporary Science Paperbacks) 1967.
4. Struve op cit p. 200-203 p. 321-322.
5. Ibid p. 411-412; Sciama op cit p. 37.
6. Ibid p. 444-445; Ibid p. 47-48.
7. Ibid p. 442, 466; Ibid p. 56.
8. Larsson-Leander, G: Kosmologin under 200 år. Cassiopeia 1966-68. Tycho Brahe Sällskapets årsbok 22 (1968) p. 29-45.
9. Barnett, L: Einstein och universum. Stockholm (Aldus) 1960.
10. Struve op cit p. 113-140; Moore op cit p. 41-50.

11. Struve op cit p. 223.
12. Fälthammar, C-G: Solvinden. Kosmos 43 (1965). p. 26-28.
13. Struve op cit 167-185. Moore op cit p. 51-72.
14. Alfvén, H: On the origin of the solar system. Quarterly Journal of the R.A.S. 8 (1967) 3 p. 215-226.
15. The moon and the planets. British Association Supplement 1969. Nature 223 (1969) 5210 p. 1026-1029.
16. Sagan, C & Morrison, D: The planet Mercury. Science Journal. 4 (1968) 12 p. 72-77.
17. Andersson, D A: Dust in the lower atmosphere of Venus. Science 163 (1969) 3864 p. 275-276.
Plummer, W T: Venus clouds: Test for hydrocarbons. Science 163 (1969) 3872 p. 1191-92; Mueller, R F: Origin of atmosphere of Venus. Science 163 (1969) 3873 p. 1322-1324.
18. The Martian landfall looms large and clear. New Scientist 43 (1969) 661 p. 273; Mars still Mysterious. Nature 223 (1969) 5206 p. 561-562.
19. New Radar Map. Nature, 223 (1969) 5206 p. 561.
20. The Moon starts to yield her secrets. Monitor. New Scientist 43 (1969) 661 p. 270.
21. Latham, G & Ewing, M & Press, F & Sutton, G: The Apollo passive seismic experiment. Science 165 (1969) 3890 p. 241-250.
22. Jaffe, L D: The Surveyor Lunar landing. Science 164 (1969) 3881 p. 774-788.
23. Alfvén, H & Arrhenius, G: Two alternative for the history of the moon. Science. 165 (1969) 3888 p. 11-17.
24. Struve op cit kap 6, 19; Sciama op cit kap 3 (behandlar utvecklingen to m radioastronomins begynnelse).
25. Winnberg, A: Viktigare resultat ur observationer av vätets 21 cm linje i vintergatan mellan åren 1960 och 1965 opubl. (PM, Råö rymdobservatorium. Dec 1965).
26. Rydbeck, O: Nya spektrallinjer i radioastronomi. Kosmos op cit p. 20-25; Moran Jr, J M: Interstellar hydroxyl clouds. Science Journal 5 A (1969) 2 p. 60-65.
27. Cheung, A C & Rank, D M & Townes, C H & Thornton, D D & Welch, W J: Detection of NH₃ molecules in the interstellar medium by their microwave emission. Phys Rev Letters 21 (1968) 25 p. 1701-1708.
28. Cheung et al: Detection of water in instellar regions by its microwave radiation. Nature 221 (1969) 5181 p. 626-628.
29. Snyder, L E & Buhl, D & Zuckerman, B & Palmer, P: Microwave detection of interstellar formaldehyde. Phys Rev Letters 22 (1969) 13 p. 679-681.
30. Struve op cit p. 337, kap 20; Sciama op cit kap 4.
31. Shapley, H: Source book in astronomy 1900-1950 p. 3-12. (Beskriver tillkomsten av teleskopet).
32. Struve op cit p. 466-473; Sciama op cit kap 5.
33. Struve op cit kap 6 (för perioden fram till början av 60-talet).
34. Elvius, A: Kvasistellära objekt. Svensk Naturvetenskap 1967. Stockholm 1967 p. 73-88; Colgate, S A: Quasistellar objects and Seyfert galaxies. Physics today 22 (1969) 1 p. 27-35.
35. The growth points of physics. Inaugural conference of the European Physical Society. Florence 8-12 April 1969. (Referat i Europhysics News (1969) 4 p. 1).
36. Chiu, H-Y: The evolution of the universe. Science Journal. 4 (1968) 8 p. 33-38.
37. Framsteg inom forskning och teknik 1968. IVA meddelande 156. Stockholm 1968 p. 34-35.
38. Smith, F G: The pulsars. Science Journal 5 (1969) 6 p. 32-39.
Hewish, A: Pulsars. Endeavour 28 (1969) 104 p. 55-59.
Milton, S: The year of pulsars. New Scientist 41 (1969) 637 p. 406-408.
- Duthie, J G & Sturch, C & Richer, H B & Rodney, P: Optical studies of pulsar N P 0532; Cocks, W J & Disney, M J & Gehrels, T: Optical polarization measurements of pulsar N P 0532. p. 576-578; The Crab explained. British Association Supplement 1969. Nature 223 (1969) 5210 p. 1030-1032.
39. Weber, J: Evidence for discovery of gravitational radiation. Phys Rev Lett 22 (1969) 24 p. 1320-1324.
Search and Discovery: Weber reports 1660-Hz gravitational waves from outer space. Physics Today 22 (1969) 8 p. 61-62.
40. Lundblad, B: Kosmologiska problem i samtidens forskning. Svensk Naturvetenskap. Stockholm 1960 p. 52-91.
41. Gamow, G: Universums skapelse. Stockholm (Aldus) 1958.
42. Continuing excitement in cosmology. British Association Supplement 1969. Nature 223 (1969) 5210 p. 1032-1035.
43. Alfvén, H: Världen - spegelvärlden. Lund (Aldus) 1966. Alfvén, H & Elvius, A: Antimatter, quasistellar object and the evolution of galaxies. Science 164 (1969) 3882 p. 911-917. Laurent, B E: Vårt system av galaxer. Aktuella problemställningar. Svensk Naturvetenskap. Stockholm 1967 p. 63-72.

Livsprocesserna

Situationen 1919

Vitalisternas tro att liv var ett speciellt fenomen som inte lydde de kemiska och fysikaliska lagarna reviderades redan under 1800-talet. Detta medförde att man framgångsrikt började studera livets byggstenar och livsprocesser med samma metoder som tidigare tillämpats inom den kemiska och fysikaliska vetenskapen. Ett av de första områden som man intresserade sig för var kroppens regler-system. Detta lokaliserades till körtlarna, vilkas sekret befanns påverka de fysiologiska processerna. Adrenalin, vårt beredskapshormon, som ökar hjärtverksamheten, höjer blodtrycket och medför ökad blodsockerhalt, samt tyroxin, vårt tillväxthormon, hade redan år 1919 framställts i ren form.

Vid denna tidpunkt definierades proteinerna som polypeptider, dvs man visste att de består av kvävehaltiga organiska syror, s k aminosyror, samt hur dessa syror förenas till större enheter. En del av de aminosyror, som bildas vid sönderdelning av proteiner, hade strukturbestämts, varvid man visade hur de i molekylens ingående komponenterna var placerade. Ett specifikt ämne i majs, vilket långt senare visades vara en aminosyra (tryptofan), hade konstaterats vara essentiellt, dvs oundgängligt. Proteinernas molekylvikt bestämdes ur deras egenskaper i lösning.

Inom enzymområdet hade både viktiga iakttagelser och banbrytande arbeten gjorts. J J Berzelius hade observerat att stärkelse kunde brytas ned snabbare av extrakt från potatis än av svavelsyra. Större uppmärksamhet väckte dock den cellfria jäsningen, som utfördes i slutet på 1800-talet. Jäsning hade redan tidigare förklarats vara en katalytisk process och i det sammanhanget hade begreppet enzym (grek.: en zyme = i jäst) införts som beteckning på biologisk katalysator. Bestämningsmetoder för ett flertal enzymer hade utarbetats redan före 1919 men något enzym i ren form hade då inte framställts.

Enzymernas katalytiska egenskaper

Som inom varje ny vetenskap bestod studiet av livsprocesserna först endast i ett registrerande av fakta vilka utgjorde av varandra oberoende enheter. Undersökning av dessa enheter fortsatte långt efter år 1919, varvid ökade insikter till en början gav en alltmer komplex bild. Trots detta var de insatser som gjordes av avgörande betydelse för den fortsatta utvecklingen. Enzymernas katalytiska egenskaper var exempelvis kända innan deras kemiska struktur hade bestämts. Först år 1926 lyckades J Sumner framställa det första enzymet i kristallin form. Denna substans var emellertid ej helt ren, varför Willstätters teori att enzymer inte var proteiner fortfarande kunde hävdas. I och med renframställning av enzymet pepsin år 1930 kunde man emellertid konstatera att enzymer var proteiner. Två viktiga slutsatser hade nu dragits om enzymer. De är proteiner och de katalyserar de kemiska reaktionerna i cellerna. Nästa steg inom enzymkemin togs fem år senare, då H Theorell lyckades dela upp Warburgs gula andningsenzym i en proteindel (apoenzym) och en icke proteindel, ett koenzym. Det senare visades innehålla riboflavin (vitamin B₂), vilket gav första inblicken i vitaminernas verkningssätt.^{1, 2}

Vitaminer

Ett stort antal enzymer som innehåller vitaminer eller vitaminderivat har sedan framställts. Vitaminerna tycks därför ha som huvudsaklig uppgift att medverka vid reglering och samordning av de kemiska processerna i organismen. Deras funktion liknar således hormonernas. Vitaminerna måste emellertid tillföras utifrån, hormonerna däremot produceras av de levande varelserna.

Redan i början av 1900-talet blev det känt att en kost som innehåller endast proteiner, kolhydrater och fetter, ej är tillräcklig för att vidmakthålla liv. Under de följande decennierna kom man på laboratorier världen över att bedriva en intensiv verksamhet för att definiera bristsjukdomar, isolera, rena

och strukturbestämma substanser som botar dessa samt slutligen syntetisera dessa substanser. Strävan att upptäcka och studera essentiella ämnen resulterade bland annat i isolering av vitaminer. Dessa betecknades till en början med bokstäver. Senare infördes även siffror, vilka anger undergrupper till bokstäverna. Tyvärr råder stor oreda i vitaminernas terminologi, vilket bland annat beror på att ämnen med samma vitaminverkan upptäcktes samtidigt på olika laboratorier. Ur kemisk synvinkel är vitaminerna en mycket oenhetlig grupp substanser. De indelas vanligen i två huvudgrupper, de fettlösliga och de vattenlösliga.

Första gången ett vitamin isolerades var år 1926. Tio år senare hade man lärt sig att framställa detta syntetiskt. Vitaminet fick två namn, tiamin och aneurin samt beteckningen B₁. Brist på detta vitamin orsakar sjukdomen beriberi, vilket först iaktogs av C Eijkman och sedan verifierades av dennes medarbetare G Grijn. Ordet beriberi är singalesiska och betyder enorm trötthet.

På liknande sätt kartlades under 1930-talet ett stort antal vitaminer. Några av dessa, såsom niacin och kolin, var kemiskt sett definierade ämnen innan deras vitaminverkan blev känd. Några vitaminer, såsom folsyra, folin och biotin, blev kända först under 1940-talet. Bland dem som framlade bevis för identiteten av biotin kan nämnas R Nilsson.

Först 1955 lyckades D Hodgkin strukturbestämma det komplicerade vitaminet B₁₂ med hjälp av modern utrustning som röntgenanalys och dator. Röntgenkristallografin har tidigare beskrivits i »De fasta ämnens struktur» (sid 27).

Strävan att finna livsviktiga ämnen resulterade också i att man fann essentiella aminos- och fettsyror. En första antydning om existensen av essentiella ämnen gjordes av F Hopkins år 1906. Detta var grundläggande för vitaminforskningens tillkomst. Hopkins hade emellertid gjort ett olyckligt val då hon bestämde sig för att undersöka tryptofan i majs, då halten är mycket låg. År

1935 isolerades den första essentiella aminosyran, treonin, av Rose.³

Hormoner

Parallellt med vitaminforskningen bedrevs intensiv verksamhet för att kartlägga hormonerna. Att isolera hormoner var en svår uppgift eftersom dessa ofta förekommer i mycket låg koncentration i biologiskt material. Som tidigare nämnts hade betydande arbeten på detta område gjorts redan före år 1919.

Kemiskt sett indelas de högre varelsernas hormoner i följande tre grupper: steroidhormoner, hormoner härledda från aminosyror samt peptid- och proteohormoner. Steroidhormonerna, som består av sju kolkolatomer sammanfogade i fyra slutna ringar, visade sig till en början svåra att definiera kemiskt. Det hävdades t o m att steroiderna varit föremål för det mest omfattande arbete som gjorts inom organisk kemi. Steroiderna kolesterol och kolinsyra strukturbestämde år 1932 tack vare gemensamma ansträngningar av bland andra A Windaus, H Wieland och O P H Diel. Därmed var grunden lagd för bestämning av steroidhormonernas struktur.⁴

Steroidhormonerna var emellertid inte de enda som var svåra att kemiskt identifiera. Så sent som år 1969 klarlades insulinets tredimensionella struktur av Hodgkin och medarbetare med hjälp av röntgenanalys och dator.⁵ Detta hormon iaktogs redan i slutet av 1800-talet, extraherades kring år 1920 och användes som läkemedel redan år 1922.⁶ Ett stort arbete på insulinmolekylen gjordes av F Sanger år 1952. Sanger lyckades nämligen i början av 50-talet utveckla en teknik att bestämma aminosyrasekvensen i peptidkedjor, vilken tillämpades på bland annat insulinmolekylen.⁷ Första syntetiska framställningen lyckades man 1966 utföra i Kina, vilket väckte stor sensation.^{8, 9} Eftersom insulin är en polypeptid kom undersökning av detta att gå parallellt med proteinerens, vilket förklarar den långa tid som åtgått till strukturbestämmning.

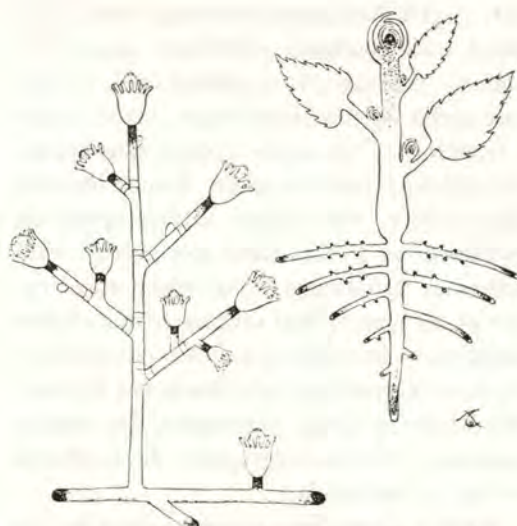
När ett hormons struktur var känd inriktade man sig på att syntetisera detta, men man började även studera de kemiskt specifika grupperna. Detta ledde till framställning av kemiskt närbesläktade ämnen av vilka en del var biologiskt aktiva. I dag används ett stort antal syntetiska substanser som läkemedel i stället för de naturligt förekommande hormonerna.

Fastän största intresset på hormonområdet har inriktats på de högre varelserna har man funnit motsvarande reglerande ämnen, såsom tillväxthormoner, hos exempelvis ryggradslösa djur och även hos växter. Man gjorde först upptäckten att tillväxtzonerna stod under direkt kontroll av tillväxthormoner, vilka hos växterna kallas auxiner. Det visade sig dock att förhållandet mellan tillväxthormoner och tillväxten är ytterst komplicerat.¹⁰ Även insekternas hormoner är relativt okända. Man vet emellertid att vissa hormoner styr utvecklingen från larv- och puppstadiet. En intressant upptäckt var att ett av dessa hormoner visade sig vara ett steroidhormon.¹¹

Naturprodukternas sammansättning

För den organiske kemisten blev det naturligt att förutom steroidhormonerna även ta itu med andra dittills okända organiska ämnen. Terpenerna, som är viktiga växtoljor av vilka mentol är ett välkänt exempel, hade redan på 1920-talet studerats av bland andra L Ruzicka. Han formulerade isoprenregeln som byggprincip för åtskilliga naturligt förekommande ämnen. Först 1956 kunde emellertid denna regel fastläggas i och med att man lyckades isolera ett ämne kallat mevalonsyra, vilken ingår som ett led i isoprens biosyntes. Därvid kunde det också bevisas att steroiderna har sitt ursprung i terpenerna.⁴

Bland andra ämnen som 1919 blev föremål för forskning kan nämnas alkaloiderna, som förekommer i växtriket och har en utpräglad fysiologisk inverkan på det centrala nervsystemet. På de senaste åren har man



Jämförelse mellan ändtillväxtområden hos djur (t v) och växter (t h). De områden där tillväxten sker snabbast är utmärkta genom mörkare färg. Ur: Bonner, J T: *Den moderna biologin*. Stockholm (Wahlström & Widstrand) 1963.

intresserat sig för dessa ämnens biosyntes och metabolism. Under 1920-talet strukturbestämde R Willstätter klorofyll, den ljusabsorberande katalysatorn hos växter, samt H Fischer blodfärgämnet hämin.¹¹

Steroidernas byggnad var svårtolkad, vilket bland annat framgår av att man i detta sammanhang för första gången (1932) använde röntgenfotografering. Tidigare (1910–1930) hade denna metod endast använts för att bestämma struktur och dimension på små molekyler.

Viktiga hjälpmedel

De första fysikaliska mätmetoderna för identifiering av substanser var volym- och vikt-mätning, kok- och smältpunktsbestämning samt mätning av optisk rotation. På 1930-talet började man även använda en spektrometer med ultraviolett ljus för att bestämma bland annat konjugerade dubbelbindningar. Emissionsspektrografi i både synligt och ultraviolett ljus svarar fortfarande för en betydande del av de analyser som utförs vid olika industrier. Dock har röntgenfluorescensapparater övertagit en del analyser

speciellt inom metallurgin. Infrarödspektrometern blev på 1940-talet ett nytt analys-hjälpmiddel och på 1950-talet togs kärnmagnetresonans-(NMR-)spektrometern i bruk. Denna används för att bestämma närbelägna protoners position i molekyler. Principerna för detta instrument har beskrivits i »Atomism i ständig förnyelse» (sid 19). Den likartade elektronspinnresonans-(ESR-)spektrometern började användas för strukturbestämning av radikaler och andra föreningar med oparade elektroner. År 1952 konstruerades för första gången i Sverige en masspektrometer för bestämning av masspektra av kolväten, tack vare insatser av E Hammarsten, R Ryhage och E Stenhagen. Först på 1960-talet kom detta instrument emellertid till användning i större omfattning för att separera molekyler med olika vikt, varefter massan hos molekyler och de fragment av molekylen i vilka den sönderdelas och vilka ger upplysningar om dess uppbyggnad, kan bestämmas. Masspektrometern kombineras ofta med en gaskromatograf, vilken separerar molekyler enligt en annan princip som nämnes nedan. Redan år 1919 hade emellertid F V Aston, enligt den metod som masspektrometern bygger på, lyckats påvisa isotoper (se »Atomism i ständig förnyelse», sid 14).

Bland andra moderna hjälpmedel kan nämnas instrument för mätning av optisk rotationsdispersion, (ORD), spektropolarimetriska och kalorimetriska instrument samt flamabsorptionsapparater.¹²

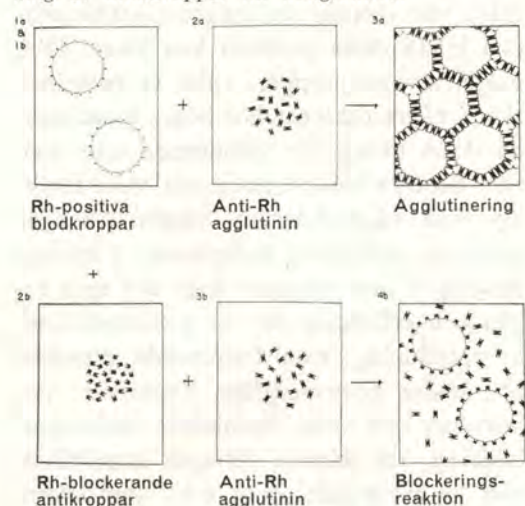
Immunokemi

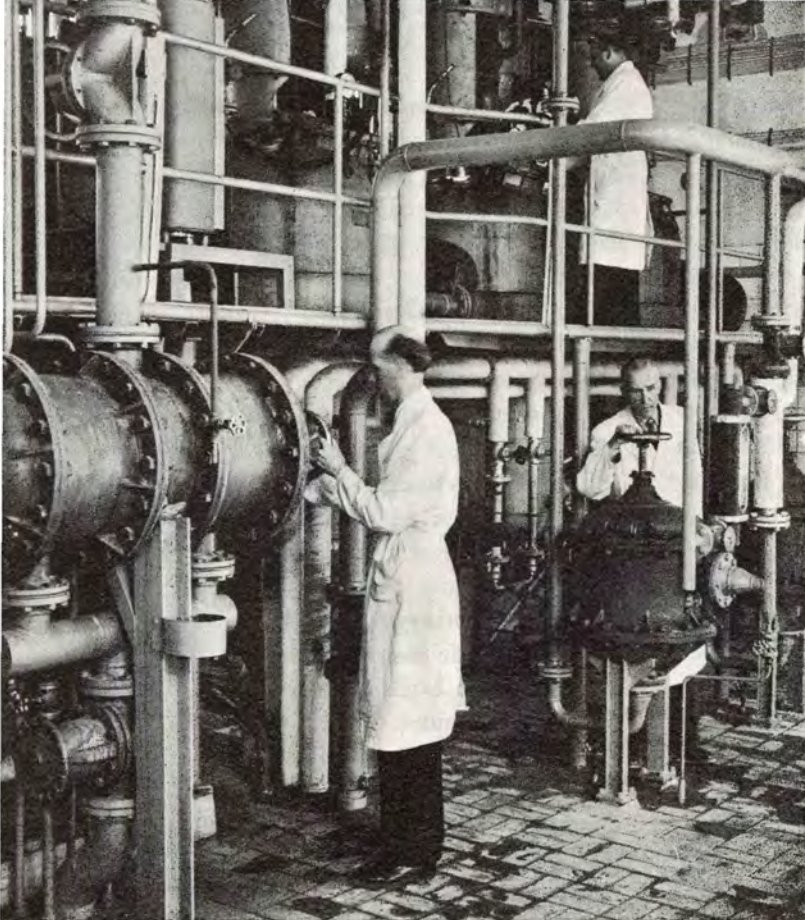
Nyfikenhet, men även behov, har drivit människan till stora vetenskapliga prestationer, av vilka den ökade förståelsen av livsprocesserna är ett led. Ökade insikter i den mänskliga varelsens mästerliga uppbyggnad skulle säkerligen kunna hjälpa oss att lösa en del tekniska problem bättre än hitintills. Tex har människan ett utomordentligt reglerings-system samt en mycket förnämlig dator, vilken inte enbart fungerar som databank utan även

filtrerar bort oväsentligheter, verkställer vanehandlingar samt levererar känslor och primitiva behov som hunger, törst m m. Kanske är vårt vetande ännu inte tillräckligt för att sådana tekniska tillämpningar skall kunna bli möjliga. Kanske finns det för mänskligheten väsentligare problem inom tex medicinen, som man först måste inrikta sig på.

Botandet av sjukdomar har inspirerat både biokemister och medicinare. Vitamin- och hormonforskningen ledde till att sjukdomar beroende på vitaminbrist respektive hormonrubbingar i de flesta fall blev möjliga att behandla. Redan långt innan man tog itu med bristsymptom var det känt att bakterier kunde alstra sjukdomar. På detta område gjorde Louis Pasteur tidigt stora insatser, bland annat genom sina studier av vacciner. Han upptäckte nämligen att döda bakterier kunde immunisera patienter som angripits av dessa bakterier i ett virulent tillstånd. Difteri kan tex botas på detta sätt. Immunitetsprinciperna aktualiserades då man försökte sig på blodtransfusioner, vilket förekom redan år 1919. Dessa var emellertid mycket osäkra ända fram till 1940-talet, då det viktiga Rhesus-systemet upptäcktes.¹³ Fortfarande har man stora svårigheter att

Blockerande tillsatser förhindrar sammanfogning av blodkroppar till konglomerat





Antibiotikajäsning från början av 1940-talet på AB Astra, Södertälje.

få implanterade organ att trivas i sin nya miljö. Våra dagars transplantationer är lika osäkra som blodtransfusionerna var före upptäckten av Rhesus-systemet. Troligen måste vårt vetande om antigener-antikroppar öka innan dessa problem kan lösas. Bildningen av antikroppar, vilka är proteiner, sker i några celltyper hos högre organismer då dessa utsätts för främmande eller snarare fientliga ämnen, antigener, vilka utgörs av vissa högmolekylära ämnen, vanligen proteiner, men även kolhydrater. I allmänhet frigörs inte antigener från våra egna organ och cellsystem för att provocera antikropps bildning, men främmande proteiner och andra högmolekylära företeelser, tex bakterier och virus, framkallar antikropps bildning och därmed följande immobilisation av ingripande agens från yttervärlden.

Hela begreppet vaccinering bygger på mild provokation från injicerade antigener med inriktning på produktion av skyddande antikroppar mot antigener av typ difteritoxin, ormgift, tetanustoxin och poliovirus.¹⁴

Kemoterapi

Behandling av infektionssjukdomar med vissa kemiska preparat benämnes kemoterapi. Denna grundades då P Ehrlich under 1900-talets första decennier började behandla syfilis med ämnet salvarsan. Sulfanilamid, ett sk sulfapreparat, framställdes redan år 1908, men då kunde man inte finna någon lämplig användning för preparatet. År 1932 upptäcktes att detta och även en del kemiskt besläktade ämnen kunde användas för att bekämpa en mängd infektionssjukdo-

mar. Redan tidigare hade emellertid antibakteriella effekter hos mögelsvamp iakttagits av bland andra A Fleming, som emellertid fann den aktiva substansen alltför instabil för att kunna utnyttjas.

Bristen på läkemedel för bekämpning av infektioner under andra världskriget ledde till att antibakteriella substanser systematiskt började undersökas av bland andra H Florey och E Chain. Tack vare tillgång till dåtidens moderna fysikalisk-kemiska analys-hjälpmiddel såsom IR-spektrometer kröntes deras arbete med framgång. Den kommersiella framställningen av penicillin kom igång år 1941, vilket således var inledningen till den antibiotiska era vi sedan har upplevt. Penicillin visade sig emellertid inte vara något universalmedel mot bakterier. Tuberkelbakterien, som ger upphov till tuberkulos, påverkas exempelvis inte. Nya ansträngningar att utöka arsenalen av antibiotiskt verksamma preparat ledde till att S Waksman och hans medarbetare år 1944 upptäckte streptomycin – det första mot tuberkulos verksamma antibiotiska ämnet. Uttrycket antibiotisk, som betyder mot(-verkande) liv, skapades av Waksman.^{15, 16, 17}

Antibiotika kallades de bakteriehämmande medel som framställdes ur mikroorganismer medan kemoterapeutika var benämning på de syntetiserade preparaten. Numera användes begreppen synonymt, eftersom flera tidigare s k antibiotika senare framställts syntetiskt. Ett led i denna utveckling var att kemisterna i slutet på 1950-talet lärde sig att stoppa möglingsprocessen halvvägs, utvinna penicillinmolekylens stomme och bygga på denna med olika organiska grupper, varvid icke naturligt förekommande ämnen, s k halvsvetiska penicilliner, erhålls.^{11, 18}

Ämnesomsättning

Det för biokemisten mest centrala problemet är dock metabolismen eller ämnesomsättningen. Det intressanta är hur olika komponenter inverkar på livsprocesserna. Dessa karakteriseras nämligen inte av jämviktstill-

stånd utan av att materia ständigt strömmar genom reaktionssystem. De kemiska processerna i en organism uppdelas ofta i de destruktiva reaktionerna, vilka kallas katabolism och de konstruktiva, vilka kallas anabolism. Vissa processer kan emellertid ej entydigt hänföras till endera gruppen. De kataboliska processerna som nedbrytning av socker till koldioxid och vatten under avgivande av betydande mängder energi, har mer eller mindre kartlagts. Däremot har studier av de anaboliska processerna endast påbörjats.^{2, 11}

Ett viktigt redskap för att studera kroppens ämnesomsättning eller vissa reaktionssteg i denna erhöles då man vid undersökning av radioaktiva sönderfall kunde påvisa isotoper, vilket nämnts vid beskrivning av den första konstgjorda kärnomvandlingen (sid 14). De radioaktiva isotoperna av ämnen som deltar i de biokemiska processerna deltar nämligen i dessa på normalt sätt men kan samtidigt på grund av sin strålning följas så att man kan mäta hur snabbt de omsätts och i vilka föreningar de ingår. Bannbrytande på detta område var G de Hevesy. Han fann att växter kunde ta upp isotoper av metalljoner, vilka dock försvann ur växterna om dessa endast fick tillgång till icke märkta joner. Vanligen använder man vid dylika undersökningar radioaktiva isotoper, eftersom dessa är lätta att påvisa.¹⁹

Redan före år 1919 hade Warburg utarbetat mikrometoder för att bestämma syrgasförbrukning i cellen. År 1929 bevisade han att andning sker med hjälp av häminföreningar som är ett i röda blodkroppar befintligt ämne. Samma år upptäcktes det labila fosfatet adenosintrifosfat, ATP, som förmedlar energiöverföringen från energigivande till energikrävande reaktioner. Under 1930-talet lärde sig biokemisterna förstå vilka processer olika substanser kunde genomgå under ämnesomsättning. Man formulerade de kretslopp som ämnen kan genomgå i organismerna med hjälp av kemiska reaktioner. Mest känd är den s k citronsyrcykeln, som visar det cykliska förloppet av

kolhydratnedbrytning. I livsprocesserna ingående komponenter har undersökts liksom olika ämnens nedbrytning i kroppen, men vi börjar först nu få inblick i hur de livsbestämmande ämnena byggs upp i organismerna.²⁰

Proteiner

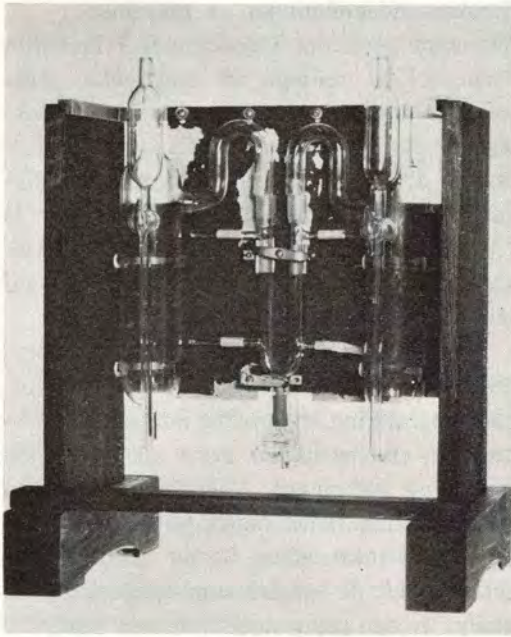
På proteiner har under de gångna femtio åren mycket arbete nedlagts. Under senare hälften av 1920-talet konstruerade T Svedberg ultracentrifugen, en apparat för att separera lösta, olika tunga partiklar, t ex ma-

kromolekyler. När dessa utsattes för en rotation av intill 100 000 varv/min, ökar tyngdkraften så att de sedimenterar. Svedberg använde ultracentrifugen för att bestämma proteiners molekylvikt.¹²

Snart lärde man sig också att separera proteiner genom att utnyttja fenomenet att olika partiklar i ett elektriskt fält vandrar med skilda hastigheter, beroende bland annat på partikelladdningarnas storlek. Partikelns laddning beror på vilka kemiska grupper som finns på dess yta. Denna metodik fick namnet elektrofores, som är grekiska och betyder förande eller bärande elektrici-



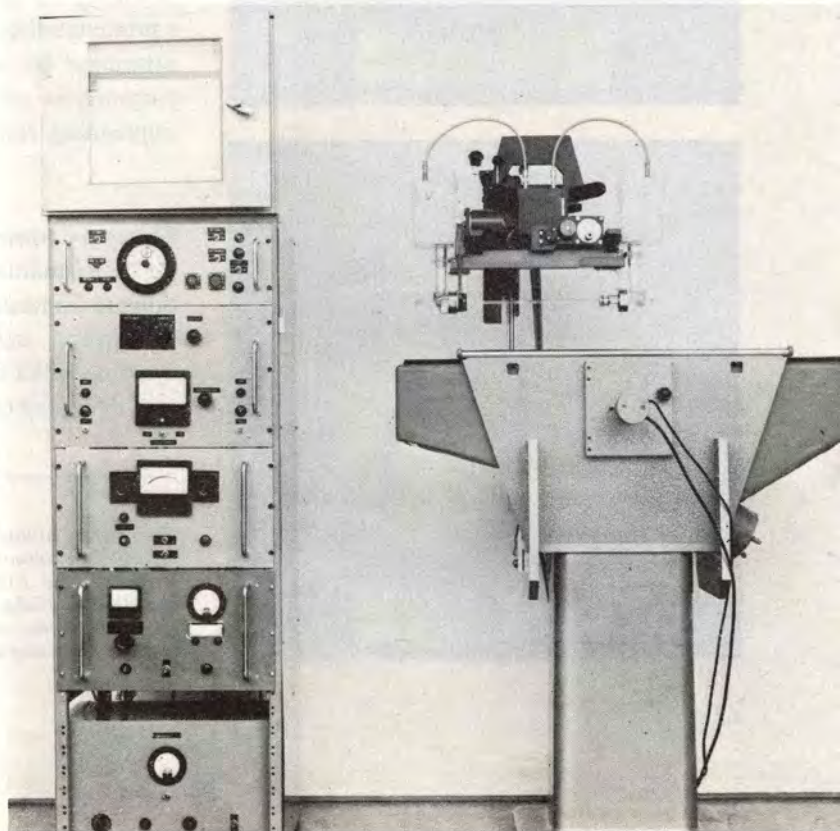
En av The Svedbergs ultracentrifuger från 1930-talet.



Bilden ovan. Tiseliusapparat från 1930-talet för mätning av gränsyteelektrofores.

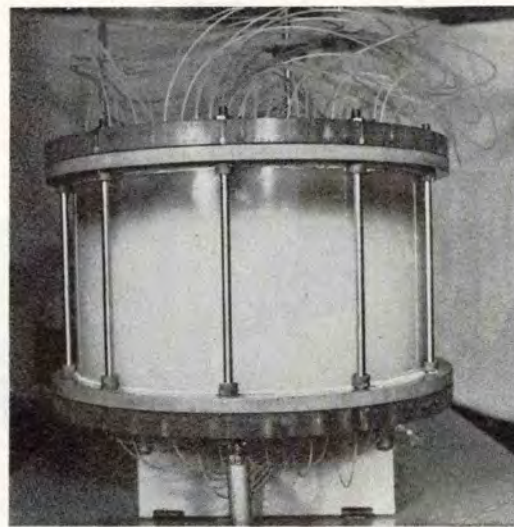
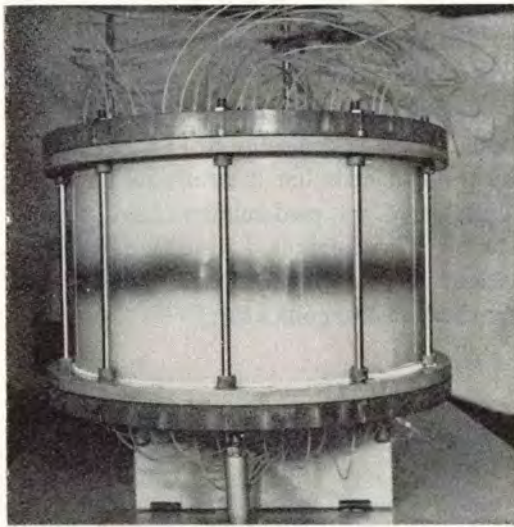
tet, vilket syftar på det medium som erfordras för att komponenterna skall kunna vandra. Inom detta område utförde A Tiselius ett banbrytande arbete.¹¹

Modern apparatur för fri zonenlektrofores konstruerad av Stellan Hjertén 1967. Den karakteriseras av att elektroforesen sker i ett roterande rör, vilket ger skarpa avgränsade zoner.



Separationsmetoder

På 1940-talet utvecklades ett annat separationsförfarande kallat fördelningskromatografi, som bygger på skillnad i adsorption av olika substanser. Detta använde A J P Martin och R Synge för att separera aminosyror. Gaskromatografen, som utnyttjar samma princip, konstruerades 1952 av A T James och Martin. Denna används nu i stor utsträckning vid såväl forskning som vid industrier för att separera och identifiera organiska ämnen. Både små kvantiteter och kemiskt likartade former kan särskiljas med detta instrument. Nya industriella separationsmetoder har under 1960-talet tagits i bruk. Bland annat kan gelfiltrering med Sephadex nämnas. Enligt denna metod får en lösning av de föreningar som skall separeras rinna genom en kolonn packad med ett finkornigt filtermedium (Sephadex) som kan bestå av en vattenlöslig stor sockermolekyl (dextran). Denna har överförts till en olöslig nätpolymer, gel, med relativt enhetlig maskstorlek. Föreningarna i lösningen separeras genom att de, beroende på storleken, rinner igenom nätverket olika fort.^{21, 22}



Strukturundersökningar av proteiner

Eftersom proteiner förekommer i kristallin form är det möjligt att undersöka deras struktur med röntgenanalys. Redan år 1934 togs de första röntgenbilderna av proteinkrystaller. Många försök att tolka proteinstrukturen gjordes innan L Pauling och R B Corey år 1951 framlade sina bevis för spiralmodellen, den vanligaste form som bland annat peptidkedjor förekommer i.

Hämoglobin, det syretransporterande proteinet i de röda blodkropparna, ger vid röntgenfotografering ett mycket intressant mönster som emellertid var svårt att tyda. Den slutgiltiga tolkningen lyckades sedan man insett att metalljoner ingick på speciella ställen i proteinkristallen. Sedan dessa lokaliserats kunde de fungera som hållpunkter vid analys av den röntgendiffraktionen som proteinmolekylen gav. År 1960 stod det klart att hämoglobinmolekylen bestod av fyra peptidkedjor. Aminosyrasekvensen kunde bestämmas med hjälp av Sangers teknik, vilken omnämns i samband med undersökning av insulinet (sid 55).^{1, 11}

Från att ha betraktat proteinerna som odefinierade klot eller fibrer hade man tack vare röntgenanalys och aminosyrasekvensbestämning nu en god bild av atomernas läge i proteinmolekylen. Därmed skapades förutsättningar för att behandla problem såsom enzymernas arbetssätt, hämoglobinet's syreupptagning eller proteinernas syntes.

Syntes av proteiner – RNA och DNA

På det sistnämnda området hade man redan tidigare konstaterat ett samband mellan nukleinsyror och proteinsyntesen. Nukleinsyror, av vilka DNA (desoxyribonukleinsyra) och RNA (ribonukleinsyra) är de viktigaste,

En testzon bildad av hämolyserat serum passerar en gelfilterkolonn (Sephadex) med stor diameter, utvecklad vid Biokemiska institutionen i Uppsala. Det linjära flödet är 12 cm/tim, varför kolonnen med annat filtermedium är lämplig för t ex separering av serumproteiner i stor skala.

fick namnet av att man tidigare trodde att de endast förekom i cellkärnorna. Denna uppfattning har numera reviderats, ty nukleinsyror har påträffats även utanför cellkärnorna.^{2, 11}

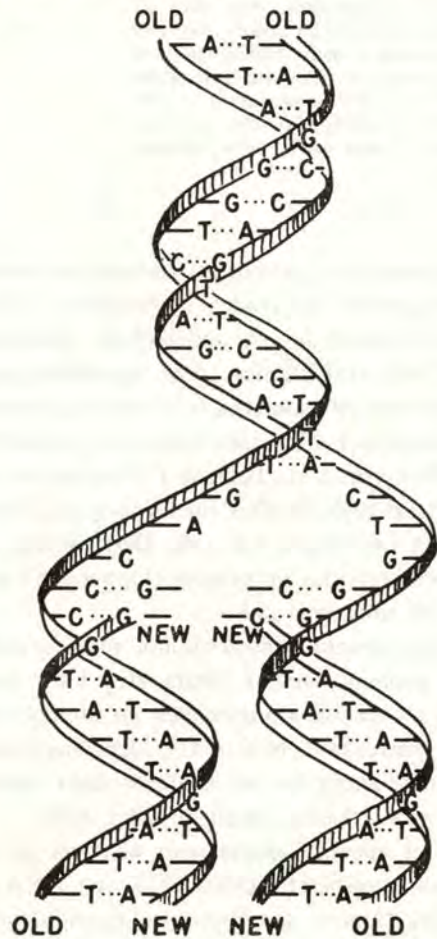
Tack vare utomordentligt detaljrika röntgendiffraktionsdiagram på DNA, tagna av M H Wilkins, och kemiska data av E Chargaff, lyckades J D Watson och F H Crick presentera den mycket eleganta tolkningen av DNA-strukturen som nu går under benämningen Watson-Crick-spiralen. Enligt denna slingrar sig två långa kontinuerliga kedjor av DNA runt varandra i en regelbunden dubbelspiral. På varje nivå i spiralen kan en nukleotid i den ena kedjan endast möta en viss annan nukleotid i den andra. Det finns fyra nukleotider och därför bara två tänkbara komplementära möten. Nukleotid är benämning på nukleinsyornas byggnadsenheter. Watson och Crick framförde 1953 hypotetiskt att dubbelspiralen genom sin kemiska form skulle kunna ge en förklaring till ärftlighetssubstanten. När G W Beadle och E Tatum lyckades visa att generna kontrollerade specifika steg i syntesen av kroppens beståndsdelar, blev hypotesen bevisad. Dvs DNA är det ämne i cellerna som bär upp arvsanlagen och som bestämmer hur proteinerna byggs upp.²³

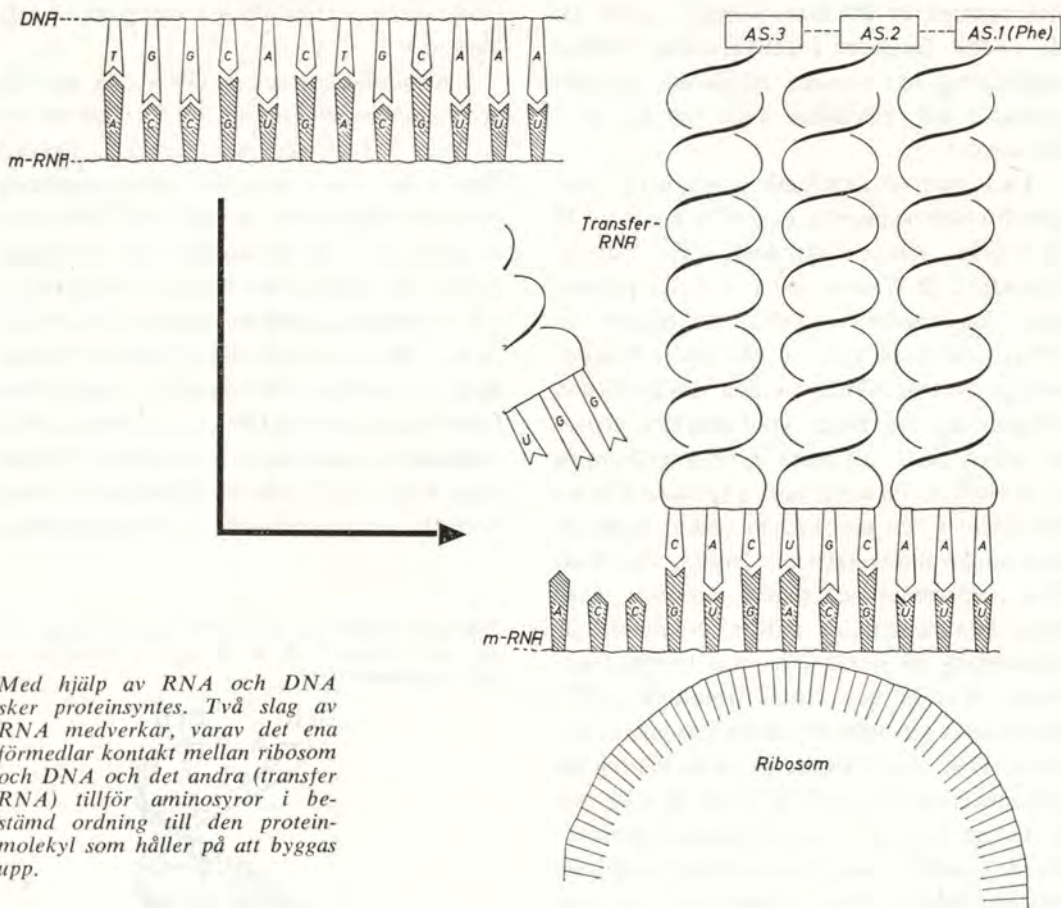
Tolkningen av den genetiska koden kommer att betraktas som en av de viktigaste vetenskapliga upptäckterna på lång tid. Koden bygger på de fyra nukleotiderna som sammansätts i grupper om tre. Nukleotiderna betecknas ofta som bokstäver och sammanställs till ord med vardera tre bokstäver. Dessa »ord» betecknar olika aminosyror och i enlighet med ordföljden i DNA-molekylen byggs proteinerna upp. Med fyra olika bokstäver och ord om tre bokstäver kan man totalt bilda 64 ord, vilket är tillräckligt för att beteckna de 20 aminosyror som ingår i de levande organismernas proteiner. Efter som antalet ord överstiger antalet syror kommer flera ord att beteckna samma syra. Tre ord motsvaras emellertid inte av någon aminosyra. Syntesen av proteiner försiggår

enligt direktiv från DNA-molekylerna i cellkärnan.²⁴

I förbindelsen mellan DNA och proteinsyntesen är nukleinsyran RNA av största betydelse. T O Caspersson och J L Brackett fann kring 1940 att celler som syntetiserar proteiner innehåller en hög halt RNA i sin cytoplasma. I elektronmikroskop fann man senare att dessa celler håller en hög halt av s k ribosomer, partiklar med ca 25 μm diameter. Dessa separerades genom centrifugering och analyserades kemiskt, varvid man fann att de består av RNA och protein. Med radioaktiva kolisotoper i aminosyror kunde man kring 1955 visa att ribosomerna medverkade vid proteinsyntesen. Experimentellt

DNA-nybildning där den ursprungliga kedjan tjänar som mönster. A, C, G och T betecknar de fyra nukleotiderna.





Med hjälp av RNA och DNA sker proteinsyntes. Två slag av RNA medverkar, varav det ena förmedlar kontakt mellan ribosom och DNA och det andra (transfer RNA) tillför aminosyror i bestämd ordning till den proteinmolekyl som håller på att byggas upp.

utfördes detta genom att radioaktivt märkta aminosyror injicerades i försöksdjur. Vävnader såsom levern undersöktes olika lång tid efter injektionen. Vid undersökningen isolerades ribosomerna från det övriga proteinmaterialet. Man fann härvid att de märkta aminosyrorerna var belägna i ribosomerna om kort tid förflutit efter injektionen och i proteinet om längre tid gått. Detta visade att peptidkedjorna vid syntesförloppet var bundna till ribosomerna.¹

Vid samma tidpunkt kunde man fastställa att proteinsyntesens första steg katalyserades av specifika enzym och att aminosyrorerna samverkade med ATP. Den energi som är nödvändig för att sammanbinda aminosyrorerna erhålles nämligen från ATP.¹

Det enorma arbete som nedlagts på att förstå samspelet mellan RNA och DNA på molekylärnivå, enzymernas aktiverande ver-

kan, ATP:s funktion m m har givit resultat. 1966 lyckades man genomföra RNA-syntes och två år senare DNA-syntes. Tolkningen av den genetiska koden kan betraktas som den största vetenskapliga upptäckten på de gångna 50 åren.

Virus

Virus har varit värdefulla modeller för att studera gener ty de förekommer i stora mängder. Tre fundamentala egenskaper hos generna uppvisas av virus, nämligen proteinuppbyggnad, reproduktion av värdcellen och benägenhet att mutera. De enklare virusarterna består endast av nukleinsyror och proteiner av vilka endast de förra kan ge upphov till infektion. Av särskilt stor betydelse är att virus själva inte kan omvandla energi. Genom att invadera en cell kan de emeller-

tid lägga beslag på cellens energi och hastigt föröka sig.

På 1930-talet visades med röntgendiffraktionsanalys att tobaksmosaikvirus är stavformat med en inre regelbundenhet. Med elektronmikrografi bekräftades på 1940-talet virusets storlek och form och dessutom upptäcktes en grodyngelliknande form hos ett bakterievirus. År 1954 visade Watson, Wilkins och R E Franklin att virus består av proteinmolekyler omslingrade med nukleinsyretrådar. 1956 lyckades man av virus framställa nukleinsyror fria från protein, varvid möjligheten att undersöka dessa avsevärt förbättrades.¹¹

Muskler

Som ett viktigt hjälpmedel vid bland annat studiet av ribosomer och virus nämndes elektronmikroskopet. Detta instrument har även givit bättre inblick i musklernas arbets-sätt, flimmerhårens rörelse samt nerv- och sinnescellernas byggnad.

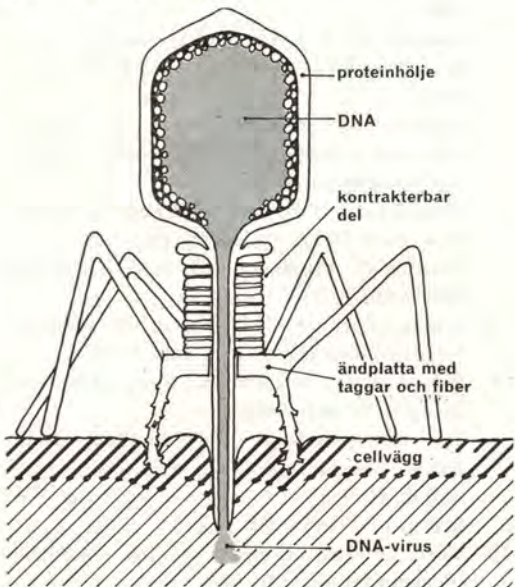
Musklernas sammandragning tillhör en del av fysiologin som kunnat studeras med elek-

tronmikroskop. En muskelfiber är uppbyggd av långa parallella trådar, som kallas myofibriller. Vid kontraktion av en muskel samverkar två olika underelement i fibrillerna; tjocka trådar, s k filament, som huvudsakligen består av ett protein, myosin, och tunna trådar av ett annat protein, aktin. Elektronmikrografier av olika stadier av muskelkontraktion uppvisar ett förändrat bandmönster i muskeln. Detta kan ställas i relation till förändringen i relativ position av myosin- och aktintrådarna. Det anses sannolikt att en av trådarna, troligen myosin, fungerar som ett energiomsättande enzym vid varje kontaktställe mellan trådarna. Studier av omvandlingen från kemisk till mekanisk energi i musklerna har framför allt utförts av J Huxley.²⁵

Flimmerhår

Flimmerhår, eller som de numera kallas cilier, har sedan elektronmikroskopets tillkomst varit ett av favoritobjekten. De har noga kartlagts hos olika organismer och deras omvandling av kemisk energi till mekanisk har jämförts med musklernas. Flimmerhårens betydelse för organismen är vi fortfarande ovetande om, inte heller kan vi förklara eller förstå iakttagna olikheter hos skilda celltyper.²⁵

De långa svansarna förmedlar överföring av DNA från ett bakterievirus till värdcellen, som därigenom angripes.



Nervcellers funktion och byggnad

Nervsystemet har sedan länge intresserat människan men år 1919 hade man ännu ingen förklaring till hur nervimpulserna överförs. Utan den moderna biokemin och biofysiken skulle det varit omöjligt att förstå de verksamma specifika strukturerna och processerna. Elektriska förstärkare visade åren efter 1926 att nervsignalerna är pulser med enhetlig styrka på potentialen men med skiftande frekvens. Genom undersökningar av nervimpulserna speciellt i hjärnan har de biologiska studierna fått stark anknytning till fysiken och elektroniken. 1928 uppmättes elektriska vågor mellan elektroder som

placerats på huvudet på en människa. Först 1952 kunde man hypotetiskt beskriva de mekanismer som reglerar impulsöverföringen.

På elektronmikrografier kan man se skillnader mellan den avsändande och den impulsmottagande delen av en nervcell. Den impulsavsändande delen innehåller vanligen flera mitokondrier, energigivande ämnen, än den mottagande delen, varför man kan anta att den senare kräver mindre energi.²⁶

Vidare har man påvisat en RNA-produktion och enzymökning i nervceller efter stimuli. Att nervcellerna syntetiserar RNA är ett fascinerande faktum, ännu vet man dock ej vilka proteiner som bildas. En intressant teori om minnesfunktionen har framlagts av H Hydén, som menar att RNA-molekylen i sig själv är den materiella basen för minnet.²⁷

Experiment som ligger till grund för detta har utförts t ex genom att lära vissa djur, råttor och hamstrar, att gå till utfodringsstället då en lampa lyser eller en klocka ringer. Dessa djur dödades därefter och RNA från hjärnan extraherades. Extraktet injicerades i olärda djur, vilka då visades ha mycket lättare att förstå ljus- eller ljudsignalens innebörd. Huruvida RNA i sig själv utgör minnesfunktioner eller om denna består av proteiner bildade genom proteinsyntes påverkad av RNA kan inte avgöras av undersökningen.

En annan variant som tyder på att RNA har med skeendet i hjärnan att göra är utförda försök att blockera RNA- eller proteinsyntes. Genom injektion av vissa ämnen i hjärnan på fiskar har dessa nämligen tappat bort sin lukttinstinkt.²⁸⁻³¹

Sinnesceller

I vissa sinnesorgan är sinnesceller mycket lika nervceller, de brukar kallas de primära sinnescellerna. I andra organ är likheterna små. Förr talade man om fem sinnen. Numera anses antalet vara större och exempelvis bör även balanssinnet räknas in.

Vid studier av sinnesorgan och deras på-

verkan har man gjort iakttagelser av en hel del djurarter. Bland annat har insekternas kommunikationssystem, som fungerar genom feromoner, varit föremål för intresse sedan mitten på 1950-talet. Dessa substanser har relativt låg molekylvikt och varje feromonimpuls betyder en social ordregivning för vederbörande art. Andra arter i yttrevärlden blir däremot oberörda. Myrors sociala mönster är baserat på åtminstone fyra kemiska substanser som betyder olika socialdirigerade order: attraktion till regeringen-honan i stacken, vägledning hem i allmänhet, signaler att ätbart finns och uttryck för aggression t ex om revirgränserna överträds.

Med tålmodigt kemiskt arbete har man klarlagt strukturen för ett 10-tal feromonsubstanser. Dessa är så lågmolekylära att de kan spridas som luft- eller vattenburna molekyler med tillräckligt ångtryck för att upptas som antennexciterande ämnen. De utgörs grovt sett av organisk-kemiska strukturer med åtta till tolv kolatomer med diverse adderade grupper och dubbelbindningar i olika positioner, ett mönster som ger möjlighet till otaliga variationer.^{11, 25, 27}

Litteratur

1. Scientific thought 1900-1960. A selective survey. Ed by R Harré. Oxford (Clarendon Press) 1969.
2. Bennett, Th P & Frieden, E: Modern topics in biochemistry. New York (Macmillan & Co) 1969.
3. Ericson, L-E: Biokemi, Del I. Vitaminernas kemi och biokemi. Sthlm (Tekniska Högskolans Studentkår) 1962.
4. Hendrickson, J B: The molecules of Nature. New York (W A Benjamin, Inc) 1965.
5. Dodson, G: Insulin in I-D. New Scientist 43 (1969) 663 p. 370-371.
6. Jewkes, J et al: The sources of invention. London (Macmillan & Co Ltd) 1960.
7. Bernal, J D: Science in history. Middlesex (Penguin Books) 1969.
8. The total synthesis of crystalline insulin. Kexue Tongbao 17 (1966) 6 p. 241.
9. Rydon, H N: First synthesis of a protein. New Scientist 30 (1966) 501 p. 766.
10. Rose, S: The chemistry of life. Middlesex (Penguin Books Ltd) 1966.

11. Karlson, P: Kurzes Lehrbuch der Biochemie für Mediziner und Naturwissenschaftler. Stuttgart (Georg Thieme Verlag) 1964.
12. Ewing, G W: Instrumental methods of chemical analysis. New York (Mc Graw-Hill Book Co Inc) 1960.
13. Weiner, A S: Blood groups with special reference to the Rh-Hr factors: Colloid Chemistry. Vol VII. New York (Reinhold Publ. Corp.) 1950.
14. Grubb, R: Immunologi: 20 års medicinsk forskning. Sthlm (P A Norstedt & Söners Förlag) 1965 p. 296-304.
15. Asimov, I: Kemins historia. Sthlm (Bokförlaget Prisma) 1966.
16. Något om antibiotika och kemoterapi »Noak». Sthlm (AB Kabi) 1964.
17. Malmgren, B: Introduktion till mikrobiologin. Sthlm (Natur och Kultur) 1961.
18. Batchelor, F R et al: Synthesis of penicillin: 6-aminopenicillan acid in penicillin fermentation. *Nature* 183 (1959) p. 257.
19. Ehrensvärd, G: Liv. Ursprung och utformning. Sthlm (Aldus/Bonniers) 1961.
20. Neujahr, H Y: Utvinning och upplagring av energi i biologiska system. *Svensk Kemisk Tidskrift* 73 (1961) 2 p. 49-58.
21. Tiselius, A: Akademisk forskning och industriell produktion. *Forskning och Framsteg* (1969) 4 p. 12-13.
22. Watson, I D: The double Helix. New York 1968.
23. Singer, M F: In vitro synthesis of DNA. A Perspective on research. *Science* 158 (1967) 3808 p. 1550-51.
24. Afzelius, B: Cellen. Sthlm (Wahlström & Widstrand) 1964.
25. Bonner, J T: Den moderna biologin. Sthlm (Wahlström & Widstrand) 1963.
26. Ouchterlony, Ö: Immunologisk geldiffusions metodik och dess betydelse. 20 års medicinsk forskning p. 270-281.
27. Taylor, G R: The biological time bomb. London (Thames and Hudson) 1968.
28. Ottoson, D: Luktsinnets fysiologi. 20 års medicinsk forskning p. 64-79.
29. Oshima K et al: Memory-blocking agents: Effects on olfactory discrimination in homing salmon. *Science* 165 (1969) 3888 p. 86-89.
30. Chemicals can reverse brain damage. *Science journal* 4 (1968) 8 p. 9.
31. Barondes, S: The recognition molecules of the brain. *New Scientist* 41 (1969) 635 p. 278-80.

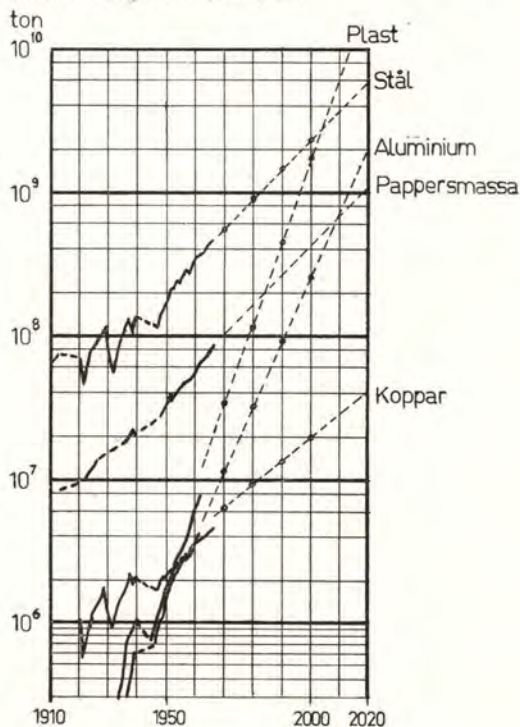
Tekniska tillämpningar

De tekniska prestationerna under den gångna femtioårsperioden har varit betydande på vilket område man än försöker sammanfatta dem. Det är helt omöjligt att i en kort rapport ge en bred redovisning av teknikens utveckling, utan det blir nödvändigt att välja ut några sektorer som kan anses vara av central betydelse. Tillgången på material och energi är fundamental för varje teknisk verksamhet. Transport och kommunikationer tillfredsställer likaledes grundläggande behov och vårt nuvarande samhälle förutsätter en kontinuerligt fungerande transportapparat även om detta är så nödvändigt att de flesta inte tänker därpå utan finner den vara helt självklar. Kanske datorerna ännu inte fått en lika central och nödvändig plats i det moderna samhället men deras betydelse är dock tydlig liksom de därmed sammanhängande metoderna för produktionsplanering och -styrning samt informationsbehandling. Redan finns det dock åtskilliga processer som inte kan utföras utan datorer och stora svårigheter skulle kunna uppstå vid defekter på större datorer. När en process automatiserats förlorar man erfarenheter och kunskaper av det tidigare förfaringssättet och efter viss tid kan man alltså inte gå tillbaka om detta skulle bli önskvärt. Tillämpningar av den biokemiska kunskapen på människans levnadsförhållanden har så stor betydelse för dessa att den även bör nämnas. Rymdprogrammen utgör det största tekniska och vetenskapliga projekt som någonsin har genomförts och har inneburit stora och svåra arbeten.

Material och materialprocesser

Utvecklingen inom materialområdet innefattar både framtagandet av nya material och nya processer för redan kända material. Bland annat med tanke på att den svenska

Världsproduktionen i ton av några viktiga material. Historiska data för stål, aluminium och koppar efter OECD, Industrial Statistics 1900-1962. Aluminium och koppar gäller världen utom Sovjetunionen och Folkrepubliken Kina. Pappersmassa efter NF- och FN-statistik. Plast efter OECD och några andra källor (siffrorna ej kompletta). Extrapolationer efter R Houwink: The Synthetics Age. Modern Plastics 43 (1966) 12.



industrin inom vissa materialområden har om inte fullständigt så i varje fall delvis styrt utvecklingen, har de olika materialområdena behandlats var för sig.

Tillverkningsprocesser för järn och stål^{1, 2}

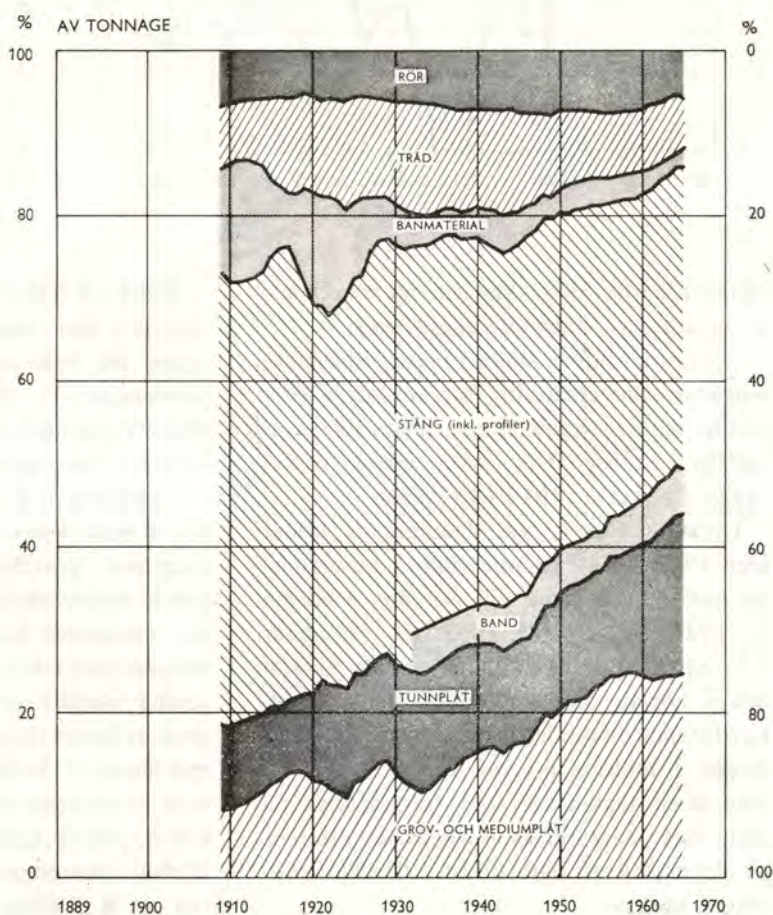
Från järnmalmen erhålls genom reduktionsprocesser järn som i allmänhet innehåller 4 % kol och 3 % andra ämnen, av vilka kan nämnas magnesium, kisel och fosfor. Genom en sänkning av kolhalten till omkring 0,8 % erhålls stål. Metoderna för framställning av stållegeringar är ungefär desamma som för stål om inte halten av legeringsmetaller är för stor.

Järntillverkning

Det järn som används för ståltillverkningen förekommer antingen i form av tackjärn, järnsvamp eller returstål (skrot).

En stor del av tackjärntillverkningen sker fortfarande liksom år 1919 i masugnar. Under perioden 1910–1920 byggdes flera moderna masugnsanläggningar i Sverige. I början av 1920-talet använde man fortfarande träkol både som bränsle och reduktionsmedel, men en koksmasugn var under uppbyggnad i Oxelösund. Träkolmasugnarna använde sig av sk Westmans rostugnar för en förbehandling av malmen i syfte att få en porösare malm med lägre svavelhalt. En av de viktigaste förändringarna vid träkolmas-

Stålkonsumtionens sammansättning. Ur Järnverksföreringen 75 år. Supplement 1966.



TUSEN TON



Tackjärnsprocessernas utveckling i Sverige under 1900-talet. Ur: Järnverksföreningen 75 år. Supplement 1966.

ugnarna under 1920-talet var att rostugnarerna ersattes av sintringsanläggningar.

Genom att införa sinter i masugnsbeskickningarna som ersättning för en större eller mindre del av styckemalmen sänker man kolåtgången kraftigt. Det första sintringsverket byggdes redan år 1915 i Degerfors.

Lyckade försök vid Domnarvet under åren 1907–09 att ersätta träkol i masugnarerna med elkraft ledde till att man i början av 1920-talet byggde elektriska masugnar (s k elhyttor) enligt Elektrometalls system och i början ökade produktionen snabbt. Fortfarande användes träkol som reduktionsmedel. I motsats till vad man väntade sig blev dock tackjärnet som framställdes på detta sätt på grund av de stigande priserna på elektrisk kraft dyrare fast träkolförbrukningen sänktes.

Priset på träkolet steg också och det blev mer och mer lämpligt att gå över till masugnar där koks användes som både reduktionsmedel och bränsle. De flesta kvalitetsstålverk använde dock den sura martinprocessen för sin ståltillverkning och denna kräver tackjärn med låga fosfor- och svavelhalter. Kokstackjärnet, som har en högre och ojämnare svavelhalt än träkolstackjärnet, kunde därför inte användas för dessa processer. Önskemål framkom då allt efter som träkolpriset steg om metoder för svavelrening utanför masugnen som skulle kunna göra kokstackjärnet likvärdigt med träkolstackjärnet. I början av 1930-talet började man svavelrena kokstackjärnet genom tillsats av soda i skänken. Den första billiga och effektiva metoden för svavelrening utvecklades av B Kalling. Enligt denna låter man

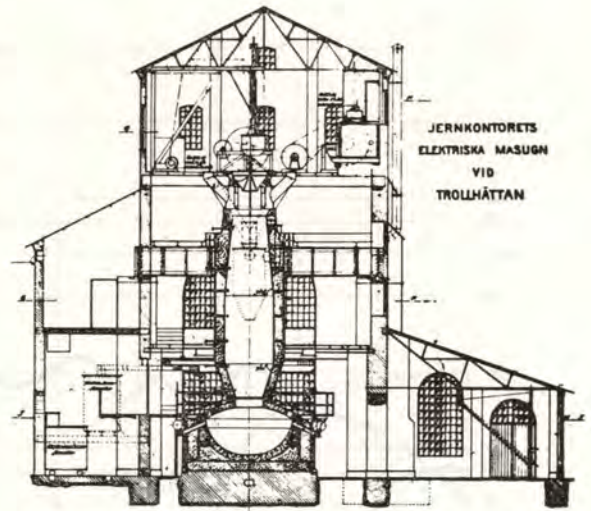
tackjärn hastigt rotera i en »trummel» med bränd kalk. De svenska kvalitetsstålverken kunde därefter även använda koksjärn för den sura martinprocessen. Kallings metod infördes därför vid de flesta av de masugnar som ombyggdes för användning av koks som bränsle. Senare har trummeln ersatts med en skakskänk.

Den elektriska tackjärnstillverkningen slog aldrig väl ut. Produktionen kom inte i nivå med kokstäckjärnet och stagnerade efter andra världskriget. Maximum tycks ha uppnåtts 1957. Elektrometalls masugn visade sig inte heller fungera väl med koks. För att den elektriska tackjärnstillverkningen i framtiden skall kunna konkurrera med tackjärnstillverkningen i en vanlig masugn måste man göra denna process effektivare genom att utnyttja den från ugnen bortgående koloxidrika gasen för malmens förreduktion. Sådana experiment har gjorts men problemet tycks inte vara väl löst ännu.

Inte förrän under andra världskriget nådde produktionen av kokstäckjärn upp till samma nivå som träkolstäckjärnet och successivt har alla träkolshyttor försvunnit. År 1966 nedlades, som den sista, masugnen i Svartå där man faktiskt tillverkade gjuteritackjärn till ett överpris eftersom det gav ett tätare och pålitligare gjutgods. Tackjärnet framställs nu till övervägande del i koksmasugnar. Även de få elektrohyttorna använder numera koks.

I och med att den sista träkolstäckjärnsmasugnen lades ned gick den epok ur tiden då träkolet utgjorde förutsättning för det svenska kvalitetsstålet. För att visa hur fastslagen denna tes var skriver M Wiberg i en översiktsartikel: »De utmärkta stålkataloger på diverse olika språk som de exporterande svenska kvalitetsstålverken gav ut på 1920-talet började därför i regel med en bild av en kolmila på första sidan och det framhölls att träkolet var den fasta grundvalen för det svenska stålets överlägsna kvalitet».³

För att få en med träkolstäckjärnet kvalitativt likvärdig produkt utan att använda träkol utvecklades från 1910–1920 s k järn-



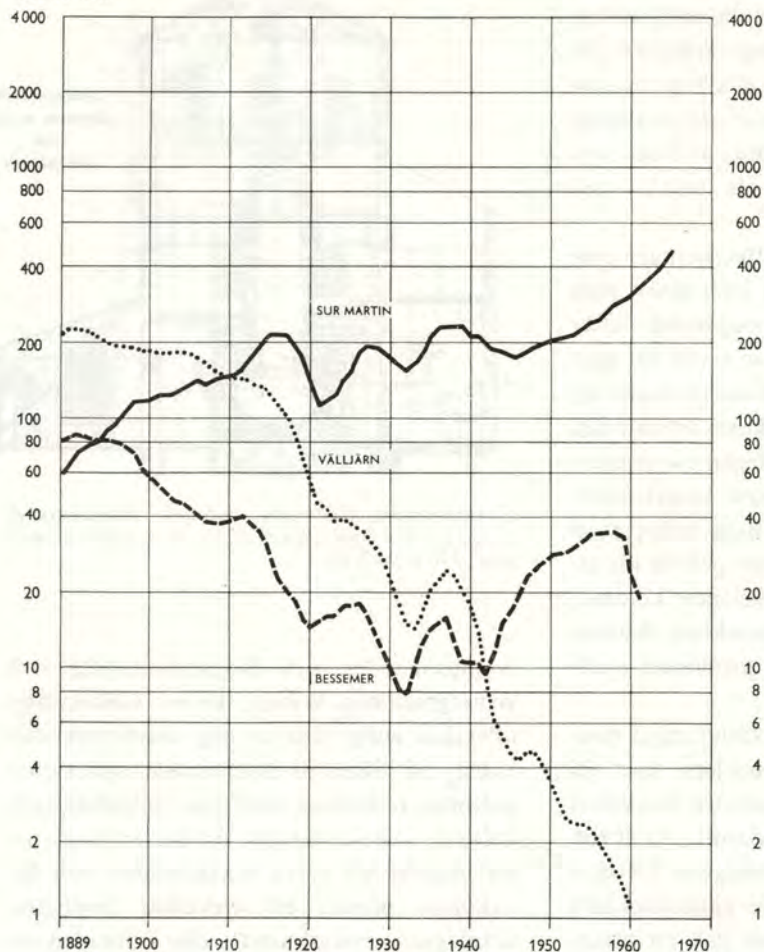
Elektrometalls elektriska masugn, Jernkontorets försöksverk i Trollhättan, 1910. Ur: Jernkontorets Ann. 150 (1966) 12.

svampmetoder, t ex Höganäsmetoden och Wibergmetoden. Wiberg skriver: »Järnsvamp tillverkas enligt den av mig utarbetade metoden, vid vilken rik styckemalm, sinter eller kulsinter reduceras med gas, huvudsakligen koloxid, i en schaktugn. En del av gasen uttas ungefär på halva schakthöjden och får cirkulera genom ett elektriskt upphettat kokslager i en karburator, där koloxiden regenereras och återförs till schaktets nedre del som reduktionsgas. Återstoden av gasen förbränns i schaktets övre del med luft för malmens upphettning till reduktionstemperatur». Den första försöksugnen enligt Wibergs metod byggdes år 1920 vid Woxna bruk. En kvalitativt högvärdig produkt med låga svavel- och fosforhalter erhålls således genom reduktion i fast fas. Produktionen av järnsvamp fick först under 1950-talet en större betydelse och vid den tidpunkten byggdes exempelvis järnsvampverket i Sandviken.

Ståltillverkning

Välljärnsproduktionen hade nått sitt maximum under slutet av 1800-talet och trängs i början av 1900-talet undan av götstålprocesserna: bessemerprocessen, basisk och sur martin, konvertermetoden samt elektrostål-

TUSEN TON



Göstålsprocessernas utveckling i Sverige. Den vid seklets början dominerande välljärnmetoden började snart trängas undan av göstålsprocesserna. Av dessa var först bessemerprocessen den viktigaste men även den blev snart undanträngd av sur martin. De basiska stålprocesserna thomas och basisk martin fick redan vid sekelskiftet

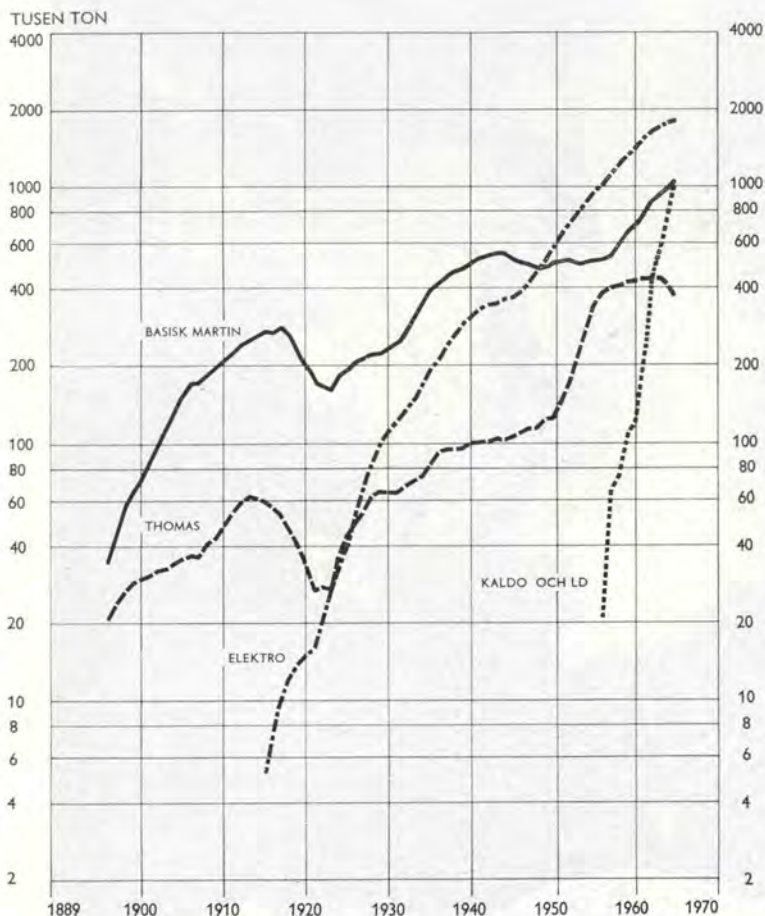
ugnar. Bessemerprocessen kom snart i sin tur att undanträngas av de andra metoderna.

Produktionen av martinstål har varit dominerande under nästan hela den gångna perioden. Under 1920-talet var de svenska martinugnarerna ganska små. De eldades med generatorgas från stenkol eller ved och deras beskickningsstorlek var i regel omkring 20 ton. Under 1930-talet gick man över till att smälta chargin i en ljusbågsugn. Då oljepriset senare efter världskriget blev billigare gick man över till oljeeldning. Mot slutet av 1940-talet började man påskynda färskningen i de sura martinugnarna genom att med en lans under en kort period blåsa in syrgas i badet. Martinugnarna har vuxit i storlek. Den basiska martinugnen vid Oxelösund ex-

empelvis har en beskickningsstorlek av 150 ton.

Vid tillverkning av mjukt stål från tackjärn med hög fosforhalt, ca 1,8 %, är konvertermetoderna att föredra. I Sverige var det thomasprocessen som kom till användning, exempelvis vid Domnarvet och Norrbottens Järnverk i Luleå. Thomasstålet är dock för vissa ändamål ej likvärdigt med exempelvis det basiska martinstålet på grund av högre kväve- och fosforhalt. Under 1940- och 50-talen försökte man därför förbättra thomasmetoden genom blåsning med syreanrikad blästerluft, eventuellt i kombination med tillsats av malm eller kalksten. Syreanrikad blästerluft infördes vid Domnarvets thomasverk 1951.

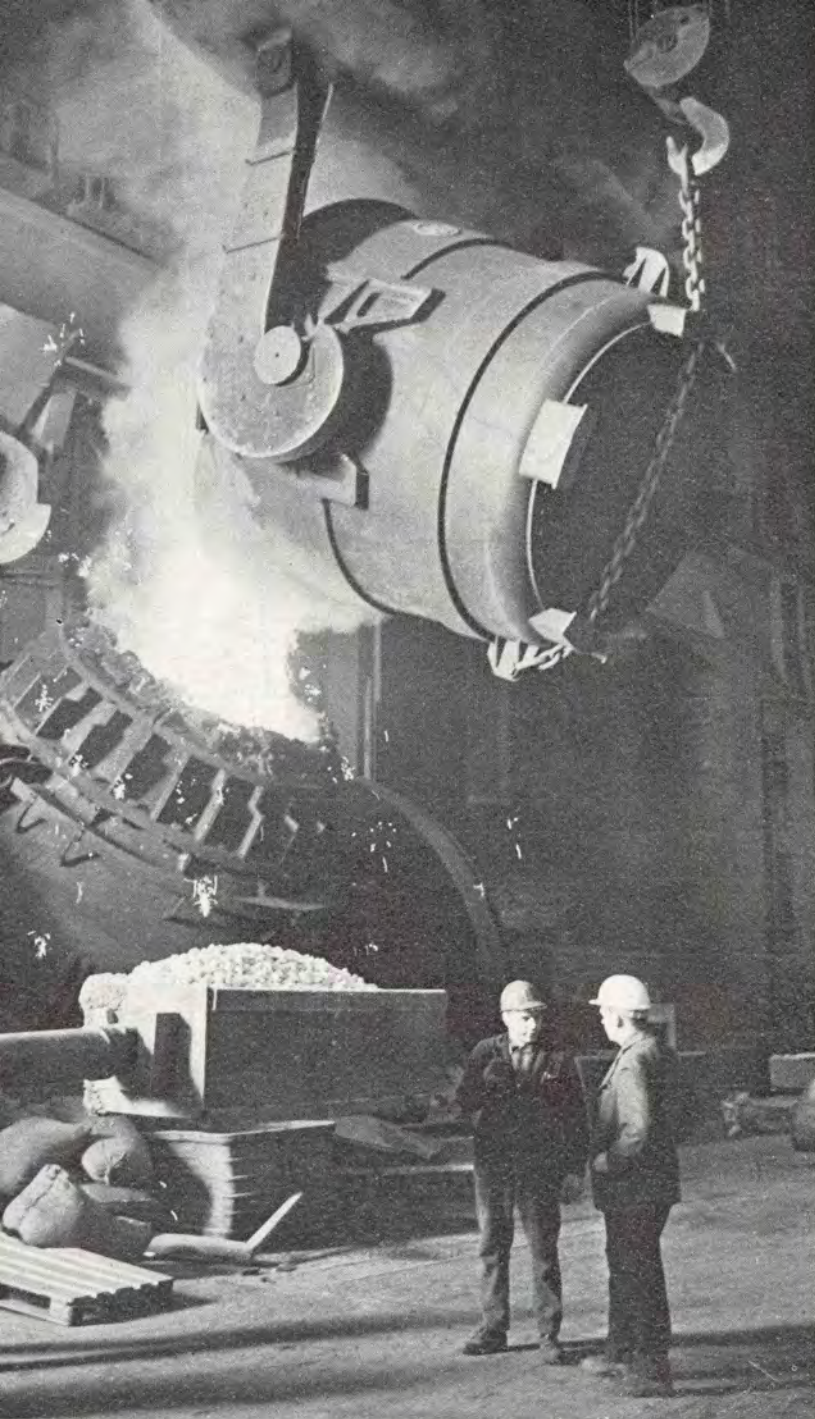
stor utbredning. Vid sekelskiftet producerades det första elektrostålgötet i Sverige och produktionen har därefter oavbrutet ökat. Ännu snabbare har emellertid syrgasstålprocesserna Kaldo och LD expanderat sedan de introducerades 1956. Ur: Järnverksförningen 75 år. Supplement 1966.



Andra konvertermetoder, i vilka man blåser in syrgas i stället för luft, är LD-metoden som utvecklades i Österrike i olika utföringsformer och som exempelvis användes vid Fagersta Bruk samt kaldometoden som utvecklades i Sverige av B Kalling. De första försöken med denna senare metod utfördes år 1948 i en horisontell roterande försöksugn, rymmande ca 3 ton. Sedan dessa metoder introducerades 1956 har produktionen av detta stål ökat kraftigt. Stålets kvalitet är fullt jämbördig med martinstålets. Vid låg kolhalt innehåller stålet 0,02 % fosfor, 0,002–0,003 % kväve och 0,01–0,02 % svavel. En svaghet med metoden är att den eldfasta ugnsinfodringen icke är speciellt hållbar. Om bättre keramiska material för dessa ugnar funnits tillgängliga skulle processen säker-

ligen fått större spridning men endast begränsade insatser har i Sverige gjorts för utveckling av keramiska material. Vid Metallurgiska forskningsstationen i Luleå pågår för närvarande en utveckling av en konvertermetod (Rotoverter) som bland annat kommer att minska förbrukningen av eldfast material.

Eftersom elektrostålugnar redan efter 1910 började byggas i rask takt i Sverige fanns det ett flertal redan i början av 1920-talet. Det blev ljusbågsugnar som dominerade. Vid kvalitetsstålverken är ugnarna ofta inte speciellt stora och dessutom försedda med ASEA:s omröringsspole under botten. För tillverkning av legerade stål, särskilt höglegerade sådana, föredras elektriska stålugnar framför martinugnar på grund av det bättre utbytet av vissa legeringsmetaller.

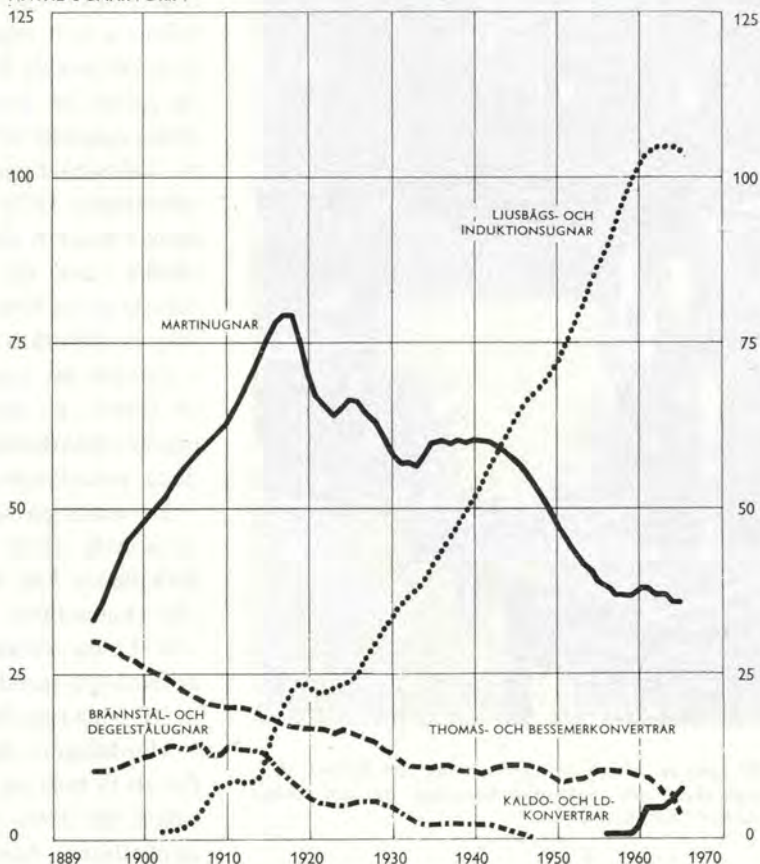


Kaldokonverter i Oxelösunds järnverk. Foto: Bo Trenter.

Andra elektriska ugnar har också utvecklats och redan på 1930-talet konstruerade ASEA s k högfrekvensugnar för stålmältning. Eftersom dessa i början hade en sur infodring kunde de närmast betraktas som

elektriska degelstålsugnar. De används huvudsakligen för tillverkning av höglegerade stål. För rostfritt stål med låga kolhalter är de särskilt lämpliga, emedan någon risk för uppkolning från elektroder ej föreligger.

ANTAL UGNAR I DRIFT



Utvecklingen av antalet stålugnar av olika slag återspeglar dels förskjutningen mellan olika processer som visas i figurerna sid 72 och 73, dels utvecklingen mot allt större enheter. Ur: Järnverksföreningen 75 år. Supplement 1966.

Högfrekvensugnar finns exempelvis vid Österby och Sandviken.

För att rena stål från gaser såsom väte och syre kan man låta stålet underkastas en vakuumbehandling. Ett flertal metoder utvecklades i industriell skala under 1940 och 50-talen. I Sverige utvecklades ASEA-SKF-processen under 1960-talet. För framställning av de mest högvärdiga stålen tillämpas smältning i högvakuum. Vakuumljusbågsugnar, vakuuminduktionsugnar och även elektronstråleugnar är i bruk vid flera stålverk. ASEA-SKF-metoden har modifierats till ASEA-ULF-metoden som innebär att man använder en ultralåg frekvens, 1,5 Hz. Medan antalet elektriska ugnar ökar minskar antalet andra ugnar, bland annat på grund av att storleken hos martinugnarna ökar.

Vid sidan av högvakuummetoderna har elektroslaggraffinering av stål under 1960-talets senare del vunnit insteg som en metod för framställning av extremt slaggrent stål. Vid Fagersta bruk installerades under föregående år en anläggning vars årskapacitet är ca 1 000 ton.

Inte förrän under senare tid har utsikterna för direkt framställning av stål från järnmalm blivit ljusa. Under 1920-talet utarbetades en del metoder, exempelvis Flodin-Gustafssons metod, som avsåg direkt framställning av stål i en elektrisk ljusbågsugn ur briketter av slig och träkolpulver med släckt kalk som bindemedel. Den höga kraftförbrukningen och den dyra briketteringen gjorde dock att metoden inte var lönsam.

Slutligen kan nämnas att under 1960-talet



50 tons skänkguvsanläggning hos AB Bofors, Kilstaverken, för vakuumbehandling av stål enligt ASEA-SKF-metoden.

har flera stålverk med enhetligt tillverkningsprogram infört stränggjutning av stål som innebär direkt gjutning av ämnen i kontinuerlig sträng. Höga utbyten och god kvalitet har erhållits.

Metaller och metallegeringar

Metallerna karakteriseras i första hand av sin elektriska ledningsförmåga. Bland övriga karakteristiska egenskaper kan nämnas hållfasthet, värmebeständighet samt förhållandet till korrosion.

Stål och ädelstål. Hårdmetall

Stål som legeras med tillräckligt mycket krom (över 9 %) uppvisar mycket högre motståndskraft mot korrosion, oxidation och rostning än normalt kolstål. I Sverige togs utvecklingen av rostfritt stål på allvar

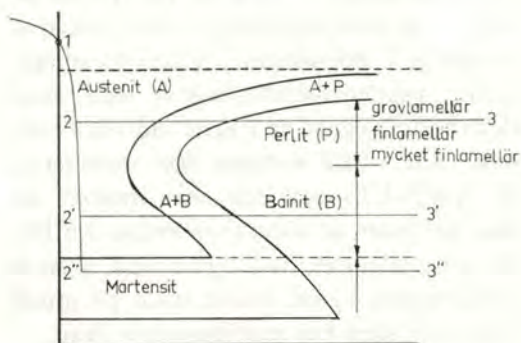
upp först i början av 1920-talet av A Ax:son Johnson som engagerade Kalling som forskare vid Avesta Järnverk. Där inriktade man sig främst på de mjuka rostfria kromnickelstålen speciellt för plåttillverkning. Den första diskbänksbeläggningen av rostfritt stål tillverkades 1924 och därmed började en ny epok i modern köksutrustning.⁴ Även austenitiska (med ett ytcentrerat gitter) rostfria och syrafasta kromnickelstål utvecklades och började tillverkas i större skala.

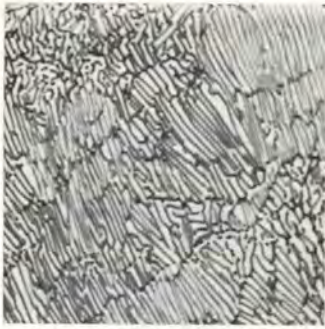
Genom att legera stål med små mängder av svavel och bly erhålls en metall som är mycket lättarbetad, det s k automatstålet och detta utvecklades också under 1920-talet.⁵

Beroende på hastigheten vid kylningen av ett kolstål erhålls olika slutprodukter. Detta förhållande kan åskådliggöras i ett s k TTT (tid—temperatur—transformation)-diagram. Vid hastig kylning erhålls martensit, som är hård och spröd. Värmebehandlingen i detta fall benämns därför härdning.⁶

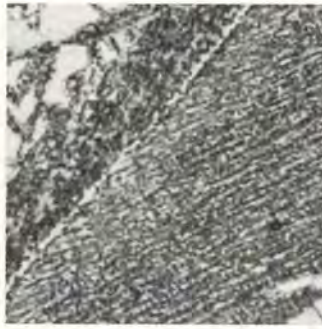
Härdningen minskar stålets seghet och för att få bort de egenspanningar som är orsaken till detta anlöper man stålet genom upphettning. Anlöpning vid hög temperatur kallas seghärdning. Sätthärdning innebär att ytskiktet i ett segt konstruktionsstål görs

Fullständigt men schematiskt TTT-diagram för ett kollegerat stål under förutsättning att kylningen först sker mycket hastigt och att temperaturen därefter hålles konstant. Om kylningen sålunda sker efter kurvan 1-2-3 erhålles perlit, efter 1-2'-3' bainit och efter 1-2''-3'' martensit.

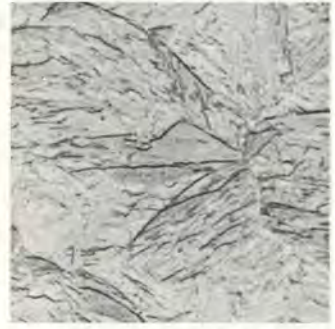




Grovlamillär perlit bildad vid isoterm värmebehandling vid 700° C. Olegerat kolstål med 0,85 % C (kol). Ljusoptiskt mikroskop 1 800 ×.



Bainit bildad vid isoterm värmebehandling vid 450° C. Olegerat kolstål med 0,5 % C. Ljusoptiskt mikroskop 1 800 ×. De ljusa partierna utgörs av oetsad martensit.



Martensit bildad vid härdning (släckning i saltvatten). Olegerat kolstål med 0,2 % C. Ljusoptiskt mikroskop 1 500 ×.

Från Institutet för Metallforskning. Foto: S och H Modin.

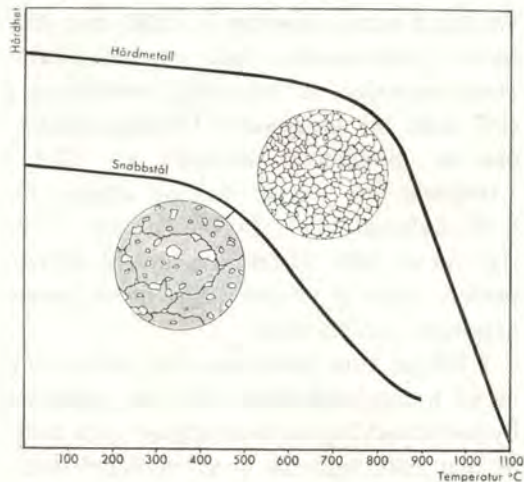
härdbart genom upphettning i kolavgivande ämne, efterföljd av härdning samt anlöpning i olja till 150–200°C. Seg- och sätthärdningsstålen utvecklades systematiskt med TTT-diagram under 1930-talet.

Under detta årtionde ersattes kolstålen i många fall av låglegerade stål, där legeringsmaterialet exempelvis utgjordes av krom, molybden och nickel. Tidigt på 1930-talet började man sålunda införa måttliga halter av kobolt och krom i snabbstålen för skärande bearbetning. Kraven ökades emellertid

och man fick därför byta ut järnet som basmaterial. Ett nytt material, stellite, som helt består av kobolt och krom med 15–20 % volfram kom sålunda till.

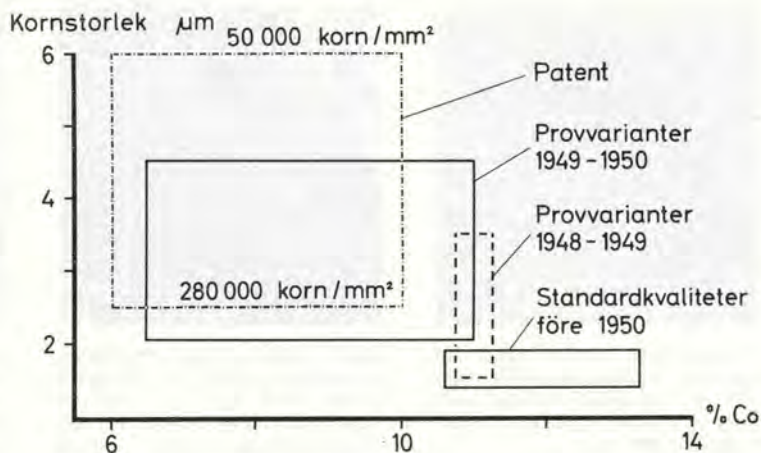
I början av 1920-talet lyckades man vid Osram ersätta diamant vid dragning av glödlampstrådar med volframkarbid genom att införa en metall ur järngruppen som tillsats. På denna idé bygger hårdmetallen. Denna består sålunda av hårda svämsmälta metallföreningar företrädesvis karbider av volfram och titan sintrade med hjälp av en mjukare bindemetall såsom kobolt. Den första hårdmetallen i Sverige framställdes vid Fagersta Bruk år 1931 av M Tigerschiöld och salufördes fortfarande under namnet SECO-metall (seco = jag skär). Den fick i första hand sin tillämpning inom området skärande bearbetning. I början av 1940-talet utvecklade Luma och Sandvikens Jernverk en hårdmetall, i första hand för bergborrning. Genom Sandvikens Jernverk och Fagersta Bruk är Sverige en av de ledande tillverkarna av hårdmetall.^{4, 7, 8}

Snabbstålens hårdhet börjar ge vika vid 500°C, hårdmetallerna tål 900°C. Ur: Fagersta Seco handbok. Fagersta 1945.



De höghållfasta stålen med brottgräns 1,5 GN/m² (150 kp/mm²) började utvecklas under 1940-talet. Låglegerade stål kan nämligen göras höghållfasta genom att händas och anlöpas vid låg temperatur. Genom fortsatta systematiska undersökningar av värmebehandlingsmetoderna gavs möjlighet till en sådan anlöpning.

Svenska forskare har på ett avgörande sätt bidragit till utvecklingen av hårdmetallsorter för bergborrning. De viktiga parametrarna, karbidkornstorleken och kobolthalten har utsatts på den lodräta och vågräta axeln i diagrammet. Av detta framgår utvecklingen av hårdmetallsorter från koboltrika-finkorniga till kobolfattiga-grovkorniga. Omkring 1955 började de första standardkvaliteterna i området »provvarianter 1949-1950» att tillverkas. De standardkvaliteter, som nu tillverkas ligger också i detta område och har en kornstorlek på 3-4 μm och en kobolthalt på 8-11 %. I diagrammet har också markerats det område som svarar mot det patent på grovkornig hårdmetall för bergborrning som Sandvikens Jernverk sökte år 1950 och erhöll år 1964. Sandvikens Jernverk, Coromantfabriken.



I diagrammet har också markerats det område som svarar mot det patent på grovkornig hårdmetall för bergborrning som Sandvikens Jernverk sökte år 1950 och erhöll år 1964. Sandvikens Jernverk, Coromantfabriken.

Mjuka ståls hållfasthet och seghet kan också höjas genom s k mikrolegering, som innebär att små mängder titan, zirkon, vanadin, niob eller bor tillsätts. En tillsats av exempelvis 0,001 % bor till ett kolstål med ca 0,45 % kol ökar hårdheten lika mycket som 0,25 % krom. Mikrolegeringarna framkom under 1950-talet. I Förenta staterna ökade sålunda produktionen av borstål på grund av Koreakrisen från ca 10 000 ton år 1950 till 350 000 ton år 1951.⁹

Urskiljningshårdade rostfria stål och legeringar kommer också fram under 1950-talet, såväl som de dispersionshårdade legeringarna, om vilka IVA:s rapport för 10 år sedan meddelar: »I sammanhanget må nämnas ett egendomligt material, som fått namnet SAP. Det är i princip en pulvermetallurgisk produkt, där man genom raffinerad teknik lägger in mikroskopiska partiklar av aluminiumoxid i korngränserna. Härigenom hindras flytning och rekristallisation, varför SAP har goda hållfasthetsegenskaper även efter glödning».⁴

Med syfte att erhålla ett stål som både är höghållfast och har en god seghet kan man under samtidig omvandling utsätta ett stål för en specifik deformation. Detta är ett exempel på termomekanisk bearbetning. Även om vissa termomekaniska metoder, såsom pa-

tentering av kolstål, utvecklades redan under 1930-talet, lyckades man dock inte lösa problemet med dessa metoder tillfredsställande förrän under 1960-talet.

Aluminium

Genom ett missöde råkade H von Kantzow vid Degerfors stålverk komma på sammansättningen av högtemperaturmotståndsmaterialet kanthal. Detta missöde ledde till idén att genom legering med aluminium få fram ett elektriskt motståndsmaterial med högre värmebeständighet är dittills kända legeringar. Det dröjde dock ända till 1925 innan utvecklingsarbetet började på allvar.⁴

Processen för reduktion av aluminiumoxid var känd redan omkring år 1890 men inte förrän generatorerna fick sitt genombrott kunde metoden att framställa aluminium i stor skala bli ekonomisk. Världsproduktionen av aluminium räknades år 1919 i 1 000-tals ton, medan den nu uppgår till 8-10 miljoner ton.¹⁰ Förbrukningen i Sverige var år 1968 94 500 ton, dvs ca 12 kg/person, vilket är mycket högre än det internationella genomsnittet.¹¹

I början kom aluminium till användning inom transporttekniken och det moderna flygets utveckling hade knappast varit möjlig utan detta material även om magnesium-

Aluminiumkonsumtionens fördelning i Sverige och andra länder:

	Sverige 1968 i %	Italien 1967 i %	Japan 1966 i %	Förenta staterna 1967 i %	Kanada 1967 i %	Indien 1966 i %
Elektriskt material	25	14	14	14	25	50
Hushållsredskap	9	6	20	9	7	20
Transportmedel	13	46	24	21	19	10
Förpacknings- material	5	10	2	10	8	5
Byggnadskonstruk- tionsmaterial	25	11	12	21	29	4
Övrigt	23	13	28	25	12	11
Totalt	100	100	100	100	100	100

Källa: Aluminium 45 (1969) 1. p. 23. Siffrorna rörande Sverige har uppskattats.

legeringar så smått börjar göra sitt intåg för användning inom flygplansindustrin under 1930-talet. Under början av 40-talet var den dominerande magnesiumlegeringen magnesiumaluminiumzink.¹²

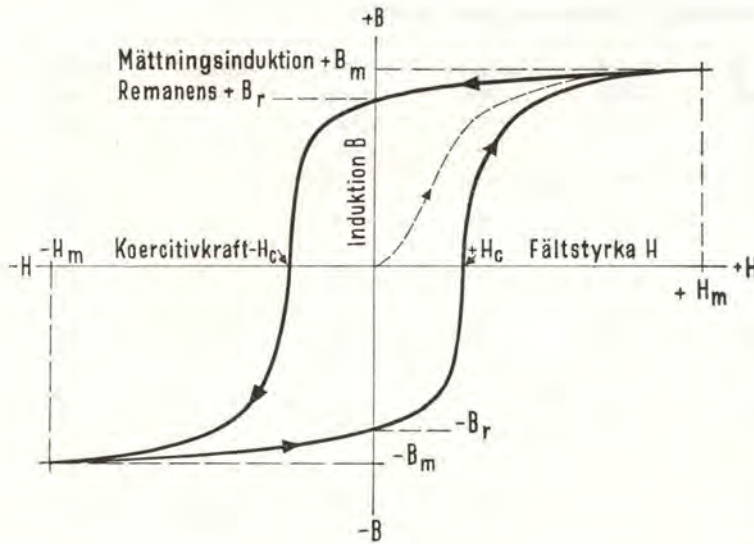
Aluminium kom också ganska tidigt att spela en stor roll inom elektrotekniken.¹³ I första hand var det luftledningar som tillverkades av aluminium men i IVA:s årsöversikt 1955 finner man att: »Sieverts Kabelverk meddelar, att man ägnat stor uppmärksamhet åt möjligheter att sänka materialkostnaderna som visar tendens att stiga snabbare än den allmänna prishöjningen. Man har därför i flera fall övergått till aluminium i stället för koppar även i kablar, i likhet med vad som tidigare skett för luftledningar».¹⁴

Nu överförs praktiskt taget all högspänd ström genom aluminiumledningar och en stor del av förpackningstekniken är baserad på aluminiumprodukter. Aluminiumtillverkningen är starkt beroende av tillgång till elektrisk energi och världens aluminiumindustri förbrukar ungefär tre gånger den totala svenska kraftproduktionen. Hur

aluminiumet fördelar sig på olika förbrukningsområden framgår av tabellen ovan.

Koppar

Den största förbrukningen av koppar sker i den elektriska industrin. Här konsumeras ca 36 % av den totala mängden koppar i hela världen medan byggnadsindustrin svarar för 20 %, industrimaskiner och -utrustningar för 17 %, allmän konsumtion för 16 % och transportindustrin, huvudsakligen bilindustrin för 11 %.¹⁵ Inom starkströmstekniken har koppar således varit den helt dominerande metallen även om, som tidigare nämnts, koppar under senare år i de stora starkströmsledningarna ersatts med aluminium. I många elektriska användningar, tex i transformatorer, är dock koppars egenskaper så överlägsna att det för närvarande inte är aktuellt att byta ut den mot aluminium ens om detta var gratis. Om som nu förefaller troligt kopparpriset kommer att stiga ännu högre i förhållande till aluminiumpriset, kommer koppar att reserveras för de användningar där materialkraven mäs-



Hysteresslinga. Beskriver sambandet mellan den magnetiska fältstyrkan H och induktionen (flödestätheten) B för ett material under statiska förhållanden. Vid första magnetiseringen stiger induktionen med stigande fältstyrka enligt den streckade jungfrukurvan. Produkten BH är ett uttryck för den magnetiska energitätheten. Det maximala värdet av BH benämnes $(BH)_{max}$ eller här »magnetisk energitäthet». Förhållandet B/H anger magnetens ledningsförmåga, permeabiliteten. Ur: Sura Permanentmagneter. Surahammars bruk.

te ställas högt.¹⁵⁻¹⁷ Dit kommer sannolikt att höra svagströmsutrustning där materialmängden är låg och där priset betyder mindre. Däremot kan det vara osäkert om man i framtiden kommer att ha råd att använda koppar för takbeläggning och takrännor.

Superlegeringar och sällsynta metaller

Under 1940-talet utvecklades extra värmehärdiga metaller i form av högtemperaturlegeringar på nickelbas, s k superlegeringar, medan under 1950-talet högtemperaturlegeringar på koboltbas kom fram. Dessa material visade sig få stor betydelse när senare överljudsflyg och raketer kom att ställa exceptionella krav. Under 1950-talet blev också titan och titanlegeringar aktuella. Titan är ju en lättmetall och kan alltså ersätta aluminium där högre värmebeständighet behövs (upp till 400°C).⁴ I IVA:s årliga rapport 1955 uppges: »Titan som börjar bli en stor handelsvara, kräver behandling i vakuum för att ej ta upp kväve, som sänker dess hållfasthet».¹⁴

De sällsynta metallerna har kommit att få en ganska omfattande användning inom reaktorindustrin. Sålunda började man redan under 1950-talet att använda zirkon-aluminiumlegeringar i detta sammanhang och

Sandviken började tidigt arbeta med att få fram tillverkningsmetoder för dylikt material. Särskild uppmärksamhet ägnade man metallurgin hos zirkon och dess legeringar. Utvecklingsarbetet har resulterat i en produkt, som har rönt stort intresse på världsmarknaden, bland annat i Förenta staterna, där Sandviken nyligen har uppfört en anläggning för tillverkning av rör av zirkonlegeringar.⁸

Magnetiska material

De normala magnetiska materialen indelas i hårda och mjuka material.¹⁸ De hårda är svåra att magnetisera, eftersom de har bred hysteresslinga, medan de mjuka som har smal hysteresslinga, är lätta att magnetisera.

Permanentmagneterna utgörs av hårda material. För att få dem lätta och mindre utrymmeskrävande har utvecklingen gått i riktning mot material med större koercitivkraft och »magnetisk energitäthet». Större koercitivkraft tillåter också större luftgap.

Före första världskriget utgjordes de permanenta magneterna helt och hållet av härdade krom-, volfram- och koboltstål, där de senare har en koercitivkraft på 10-20 kA/m och en »magnetisk energitäthet» på ca 5 kJ/m³.

Egenskaper hos magneter av olika typer med ungefär samma storlek

Typ	Fältstyrka kA/m	Effekt kW	Kylning	Ungefärlig kostnad för ca 10 timmars drift
Permanent magnet	40	0	0	0
Elektromagnet med järnkärna	2 500	10	10 l vatten/min	5 kr
Elektromagnet (solenoid)	20 000	16 000	8 000 l vatten/min	8 000 kr
Supraledande magnet f n	10 500	0	ca ½ l flytande helium/timme	200 kr

År 1931 upptäckte japanen Mishima att en legering av järn, nickel och aluminium gav en betydligt högre koerctivkraft än de tidigare materialen. Under 1930-talet utvecklades i första hand i Japan de sk Alnicomaterialen. Dessa förbättrades vidare under 1950-talet genom nya behandlingsmetoder, först värmebehandling och därefter kristallorientering i samband med gjutningen. Härvid kan »magnetiska energitätheter» på upp till 70 kJ/m^3 erhållas. De bästa Alnicomagneterna kan vidare ha en koerctivkraft på 160 kA/m . Det normala värdet är dock 80 kA/m .

I Sverige tillverkas magnetmaterial av Sandviken och Fagersta Bruk. Sura 500 A (Surahammar) och Ticonal (Fagersta m fl) är exempel på dessas produkter.

Ferritmagneterna, i första hand bariumferriterna, har blivit nästa steg i utvecklingen av de permanenta magneterna. De har ett något mindre värde på den »magnetiska energitätheten» och i allmänhet en koerctivkraft på ca 160 kA/m .

Genom att de är ungefär hälften så billiga som Alnicomagneterna konkurrerar de kraftigt med dessa. Alnicomagneterna är emellertid mycket temperaturstabilare än ferritmagneterna och i mätinstrument o dyl har de därför sin givna plats. En intressant tillämpning för ferritmaterialen är som stator i lik-

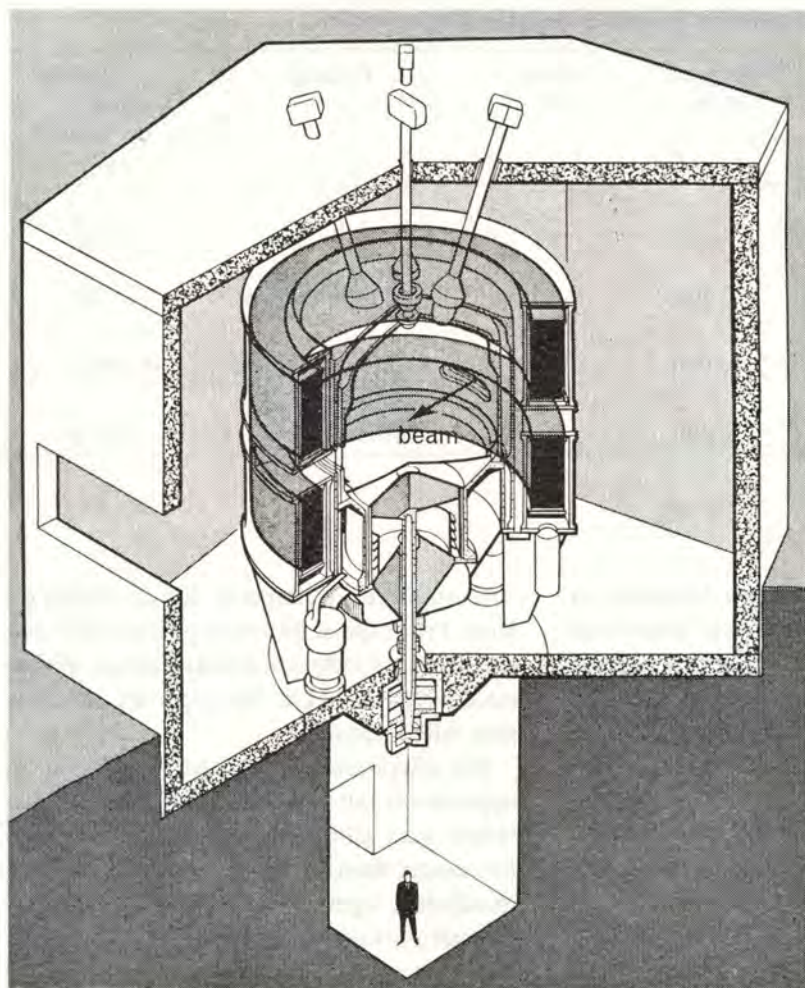
strömsmotorer, exempelvis för användning i bilar. Priset spelar här en avgörande roll men däremot inte temperaturkänsligheten. Ferritmaterialen är också lämpliga att använda som relämaterial.

För närvarande tycks stora svårigheter ha uppkommit att utveckla magnetmaterialen vidare utan alltför höga kostnader och därför vänder man sig till de sällsynta jordartsmetallerna, legerade med kobolt. En koerctivkraft på upp till $2 500 \text{ kA/m}$ kan erhållas och en »magnetisk energitäthet» av 300 kJ/m^3 .

Permeabiliteten för de mjuka materialen bör i de flesta fall vara hög och i krafttekniska sammanhang bör dessutom priset och förlusterna vara låga.

I början av 1900-talet rapporterade R Hadfield med medarbetare att järnet erhåller starkt förbättrade egenskaper om kisel tillsätts. Den varmvalsade kisellegerade järnplåten, elektrostål, med kiselhalter som ej överstiger $3,5 \%$, blev det viktigaste magnetmaterialet. Avmagnetiseringsförlusten vid 1 Wb/m^2 var ungefär 2 W/kg .

I början av 1930-talet utvecklades metoder för att rena materialen, vilket man vid den tidpunkten hade fått klart för sig var nödvändigt. Genom glödgnung under skyddsgas (eller vakuum) erhöles avsevärda förbättringar.



Supraledande magneter i en bubbelkammare från CERN med en kamardiameter på 3,6 m. Bubbelkammare av denna storlek är de första exemplen på användning av supraledande magneter i stor skala. För kylning av magneterna i CERN:s bubbelkammare kommer att användas omkring 30 m³ flytande väte.

Den stora förändringen skedde dock då varmvalsningen ersattes med kallvalsning, varvid materialet erhöles i bandform. Denna utveckling ledde till att man i slutet av 1930-talet kunde sänka avmagnetiseringsförlusterna till ca 1 W/kg.

Nästa steg i utvecklingen blev att kristallorientera materialet speciellt för användning i transformatorer. Metoden för detta utvecklades i Förenta staterna i början av 1940-talet och började användas i stor skala i Sverige först år 1959 vid Surahammars bruk, som idag producerar ca 25 000 ton/år av detta material. Utvecklingen inom de icke kristallorienterade materialen har speciellt varit inriktad på produktionsförbättringar,

medan inga direkta magnetiska framsteg har gjorts.

Utvecklingen av de mjuka magneterna i samband med starkströmstillämpningar koncentrerar sig på att försöka framställa dubbelorienterade material där magneterna alltså skall ha samma magnetiseringsegenskaper i de båda riktningarna.

Parallellt har magnetmaterial för svagströmstekniska ändamål utvecklats och under 1920- och 30-talen framkom sålunda nickellegeringar för detta ändamål. Här strävar man efter en hög permeabilitet och en låg koercitivkraft. Denna utveckling kulminerar med materialet supermalloy för vilket den maximala permeabiliteten är 100 000

och koercitivkraften är 0,3 A/m, medan normalt permalloy har en permeabilitet av 105 000 och en koercitivkraft av 7 A/m. De mjuka ferriterna har också kommit att spela en mycket stor roll speciellt i kärnminnen där man utnyttjar deras egenskap att ha en mycket brant magnetiseringskurva.

De supraledande materialen kan delas in i två grupper: typ I till vilken de rena grundämnena hör och typ II som består av ett antal legeringar.¹⁹ Ledarna av typ I visar full Meissnereffekt vid en bestämd magnetisk fältstyrka (se sid 34). Bland supraledande metaller kan nämnas bly, kvicksilver, tenn, aluminium och volfram och bland de supraledande legeringarna kan nämnas niob-tenn, vanadinkisel m fl. Det är de senare som är tekniskt viktiga eftersom de kan användas som trådmateriäl i starka magneter.

Halvledande material

I IVA:s årliga rapport 1948 kan man läsa: »En av de märkligaste nyheter som framkommit under senaste tiden är den av Bell Laboratories konstruerade miniatyrförstärkaren, den s k transistor. Transistorn består väsentligen av en liten kristall av germanium, som är försedd med två kontaktrådar av volfram eller fosforbrons, en som motsvarar gallret och en som motsvarar anoden. Någon fullständig teoretisk förklaring föreligger icke men man vet att förändringarna i germaniumkristallens elektronfält fortskrider utefter kristallen med ändlig hastighet, så att det tar en viss om än mycket kort tid innan inspänningen förmår utlösa strömmen i utkretsen. Det anses att transistorns princip icke är bunden enbart till germanium utan att man för samma ändamål skulle kunna använda andra halvledande kristalliniska kroppar, exempelvis kisel.²⁰ År 1950 kan man läsa: »Man har nämligen funnit att det germanium, som skall användas i transistorer, måste vara oerhört rent. Redan halter av föroreningar på 1 000-dels procent förändrar germaniums egenskaper i så hög grad att det blir oanvändbart för dylika

ändamål».²¹ Och redan året därpå kan man meddela »att en ny transistortyp, som i flera avseenden är väsentligt bättre än den för några år sedan konstruerade punktkontakt-transistorn, har utförts vid Bell Telephone Laboratories. Den nya typen kallas 'p-n junction transistor'».²² Germanium och kisel, som har valensgitter kommer därför att få ett stort intresse för materialforskarna.

Polymerer

Utvecklingen på polymerområdet under de gångna femtio åren har varit mycket snabb. Begreppet *makromolekyl* (polymer är liktydigt och senare allt vanligare) skapades omkring år 1920, dvs vid samma tid som IVA tillkom. De första syntetiska polymererna (fenolhartser med varunamnet Bakelit) började framställas industriellt år 1909 i Förenta staterna och under 1910-talet i Väst-europa (i Sverige av Perstorp AB).

Råvaruförsörjningen tillgodosågs i början genom användning av olika industriella biprodukter och biologiska material såsom alkohol och ättiksyra, framställda genom jäsnings av melass eller sulfitavlut, terpentin- och tallolja från sulfatprocessen och aromatiska kolväten från koksugnar och gasverk baserade på stenkol. Till dessa råvaror bör läggas de fetter, oljor och pyrolysisprodukter som utvinns ur växt- eller djurmaterial och endast delvis utgör avfallsprodukter samt de betydande mängder acetylen och generatorgas av kol som sedan länge framställts som organisk-kemisk råvara för en del viktiga ändamål.

Den gradvis ökade tillverkningen av syntetiska material har ställt nya och mycket stora krav på råvaruförsörjningen. Råvarubehovet för den organisk-kemiska industrin har i de stora industriländerna kunnat fyllas genom en successivt ökad användning av petroleumprodukter som utgångsmateriäl. Utvecklingen mot en petroleumbaserad organisk-kemisk industri startade i Förenta staterna på 1920-talet, spridde sig till Storbritannien, Tyskland, Frankrike, Italien, Ja-

pan och Sovjetunionen på 1940-talet och till Holland, Belgien, Österrike, Australien, Danmark, Indien m fl länder under 1950-talet. I Sverige kom en petrokemisk industri igång under 1963 och påbörjade en tillverkning som i stora och små industriländer startat många år tidigare.

Orsakerna till att Sverige kom så långt efter andra länder på detta område var att till en början produktionen inom den petrokemiska industrin i Förenta staterna baserades dels på avgaser från de stora raffinaderierna, dels på naturgas. Sverige saknade egen naturgas och endast en mindre del av dess förbrukning av petroleumprodukter raffinerades inom landet. Ett annat skäl till att en petrokemisk produktion inte tidigare inletts i Sverige har varit den förhållandevis rikliga tillgången på organisk-kemiska råvaror från cellulosaindustrin, såsom sulfitsprit, tallolja, terpentin och andra biprodukter. Härtill kommer tillgången på billig vattenkraft inom landet, som har möjliggjort produktion av acetylen över karbid. Exempelvis har tillverkningen av eten ur industrisprit först på de senaste åren konkurrerats ut av den som erhålles vid krackning.

En för Sverige mycket viktig förskjutning i det petrokemiska råvarornas utnyttjande har ägt rum på senare år. Det är inte längre nödvändigt att basera produktionen på lätta raffinaderigaser. Utvecklingen av mer effektiva ångkrackningsmetoder har gjort det möjligt att ekonomiskt utnyttja också flytande sk naftafraktioner (kokpunkt 50–150°C och 150–220°C), mer högkokande sk gasolfraktioner (kokpunkt 220–300°C) och t o m råolja för framställning av petrokemiska mellanprodukter.

Petroleumkolväten är en värdefull råvara för praktiskt taget all organisk-kemisk industri. Deras användning till framställning av plaster har emellertid varit av avgörande betydelse för materialtillgången.²⁴

Bakelit har tidigare nämnts som den första industriellt tillverkade plasten. Senare tillkom flera av de nu vanligaste plasterna, bland annat polyvinylklorid, polystyren och

polyakrylater som plastmaterial, styrenbutadien-sampolymerer och polykloropren som syntetgummi och polyamider (nylon) som syntetfibrer.

Under de tre första decennierna av 1900-talet fick plasterna ett relativt begränsat användningsområde. Däremot framlades under denna tid viktiga arbeten över metoder att kemiskt definiera de polymera molekylerna och att bestämma deras fysikaliska egenskaper.

Först genom andra världskriget kom plasternas verkliga genombrott. Upprustningen medförde många gånger extrema fordringar på konstruktionsmaterial. Plasterna kunde där ofta ge långt bättre lösningar än de konventionella materialen. Icke sällan skulle konstruktioner vara helt omöjliga att utföra utan plaster. Plasternas många gånger goda mekaniska egenskaper parad med låg specifik vikt, resistens mot saltvatten och atmosfäriskt inflytande, isolationsförmåga för värme och elektricitet, transparens och icke minst relativa lätthet att bearbetas till färdiga produkter skaffade dem snabbt allt större och nya användningsområden. Detta medförde icke blott en ständigt ökad förbrukning av plaster. Det medförde också en teknisk och vetenskaplig forskning på nya produkter och nya användningsmetoder i en omfattning och en snabbhet som ännu inte stagnerat.

Bland nya produkter kan nämnas polyeten, polyestrar, polyakrylnitril, polypropen, polytetrafluoreten och en hel rad nya gummi-material. Några av dessa har framtagits genom systematisk forskning, andra har kommit till mera av en slump. Bland de senare kan nämnas polyeten som upptäcktes vid studier av hur höga tryck påverkar kemiska reaktioner. Till en början ansågs denna polymer ha rent akademiskt intresse och först flera år efter dess framställning togs den i bruk som elektriskt isoleringsmaterial. Senare har man lärt sig framställa den på olika sätt och därigenom fått flera kvaliteter med skilda användningsområden.

Även polytetrafluoreten bildades av en



Vid cellulosafabrikerna lagras numera råvaran i form av flis i stället för som hela stockar. Genom kontinuerlig tillförsel och uttag från en ringformig hög, såsom här vid Domsjö Sulfütfabrik, enligt Jerfveds Mekaniska Verkstads system, erhålls en jämn uppehållstid och en enhetlig råvara i fabriken.

tillfällighet vid framställning av gasformig tetrafluoreten. Denna polymer vållade mycket bekymmer, då den visade sig vara olöslig i såväl starka syror som baser och dessutom mycket termiskt stabil. Den befanns också ha mycket låg vidhäftning till andra ämnen. När man väl lärde sig att handskas med denna polymera substans blev den ett mycket värdefullt material just på grund av de ovannämnda egenskaperna.

Under 1940-talet utvecklades även mätmetoder och teori för makromolekyler i lösning. Under 1950-talet gjordes de största vetenskapliga framstegen inom polymera bulkfasers struktur och egenskaper. Under 1960-talet har huvudintresset gällt syntesen av nya polymerer med extrema egenskaper beträffande värme- och strålningsbeständighet och kemisk resistens.^{25, 26}

Kompositmaterial

Under 1960-talet gör kompositmaterialen sitt intåg. Efter att tidigare ha betraktats som en kombination av två material erkänns nu kompositmaterialen som en egen klass av material med sin egen teknologi. Då kompositmaterialen bedöms få en mycket stor betydelse i framtiden behandlas principerna för dem närmare i framtidsperspektivet.

Det vanligaste kompositmaterialet hitintills har varit fiberarmerad plast där fibern har bestått av E-glas, ett i det närmaste alkalifritt borsilikatglas. De fiberarmerade båtarna utgör ett exempel på detta materials tillämpning. Omfattande försök att framställa andra kontinuerliga fibrer än E-glas har gjorts och den kolfiberarmerade plasten, som har använts av Rolls-Royce bl a för kompressorbladen till turbofläktmotorn RB 211 till Lockheed är ett gott exempel på att dessa försök har lyckats.²³

Cellulosa- och papperstillverkning

Utvecklingen på cellulosa- och pappersområdet under de senaste femtio åren har karakteriserats av en lång serie förändringar och förbättringar, bland annat för att bättre utnyttja skogens fiberresurser, för att effektivare och snabbare omvandla vedråvaran till färdigt papper, för att bättre hushålla med vatten och energi samt för att erhålla nya och bättre egenskaper hos slutprodukten. En ofta hård utländsk konkurrens har under hela perioden tvingat svensk skogsindustri att mekanisera och automatisera tillverkningen och att snabbt omvandla lyckade laboratorieförsök till industriell produktion.

Under 1919–1969 har det inte framkommit något nytt revolutionerande fibermaterial som i större utsträckning kunnat ersätta de naturliga fibrerna ur ved för tillverkning av tryckpapper eller för papper för emballage. Inte heller har nya system för informations spridning (t ex radio och TV) eller för emballering (t ex plast) medfört att pappersförbrukningen nedgått. Tvärtom har denna stadigt ökat och är i dag totalt 13 gånger större i Sverige än 1919.

Nya syntetiska material har utvecklats på senare år för tillverkning av exempelvis nya förpackningsmaterial. Dessa material torde få ökad betydelse under kommande halvsekel som komplement till papper.

Situationen 1919

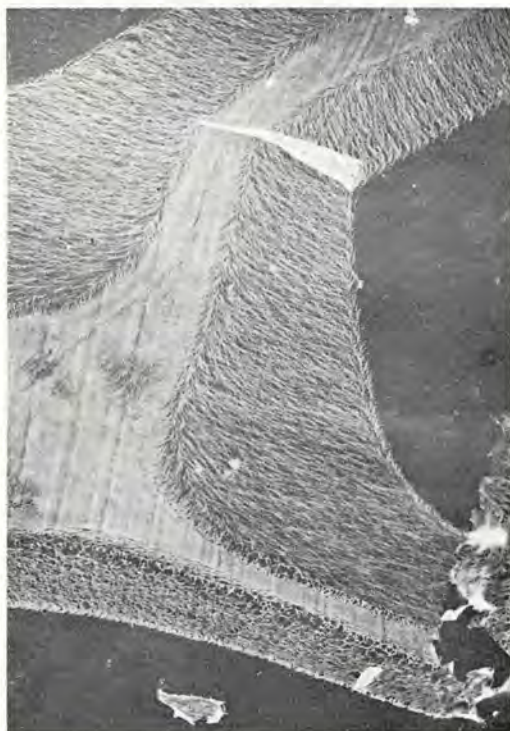
Basprinciperna för framställning av cellulosa ur ved var kända långt före 1919. På kemisk väg kunde man efter två olika huvudmetoder ur veden lösa ut de substanser vilka höll fast fibrerna i veden. På detta sätt erhöles fria fibrer vilka kunde dispergeras i vatten och sedan efter torkning bilda massaark. I den ena metoden, den s k sulfitmetoden, behandlades ved i flisform under tryck och förhöjd temperatur med kalciumbisulfid i sur lösning och i den andra metoden, den s k sulfatmetoden, skedde behandling med en alkalisk lösning av natronlut och natriumsulfid. Nackdelarna med metoderna var att en stor del av veden ej kunde nyttiggöras utan »försvann» i fabrikenas avlopp. Utbytet för båda processerna låg under 50 %. Sulfitmetoden var i början av seklet den dominerande kemiska metoden för framställning av massa. Återvinningen av kokluten krävde nämligen vid den konkurrerande metoden stora mängder bränsle och gjorde denna för dyr i jämförelse med sulfitmetoden. För att erhålla högre utbyte hade man också före 1919 utvecklat metoder att genom mekanisk behandling (slipning) erhålla fibrer och fiberfragment, vilka kunde dispergeras i vatten för att sedan efter torkning bilda ark. Denna metod gav dock betydligt svagare massa (slipmassa), eftersom många

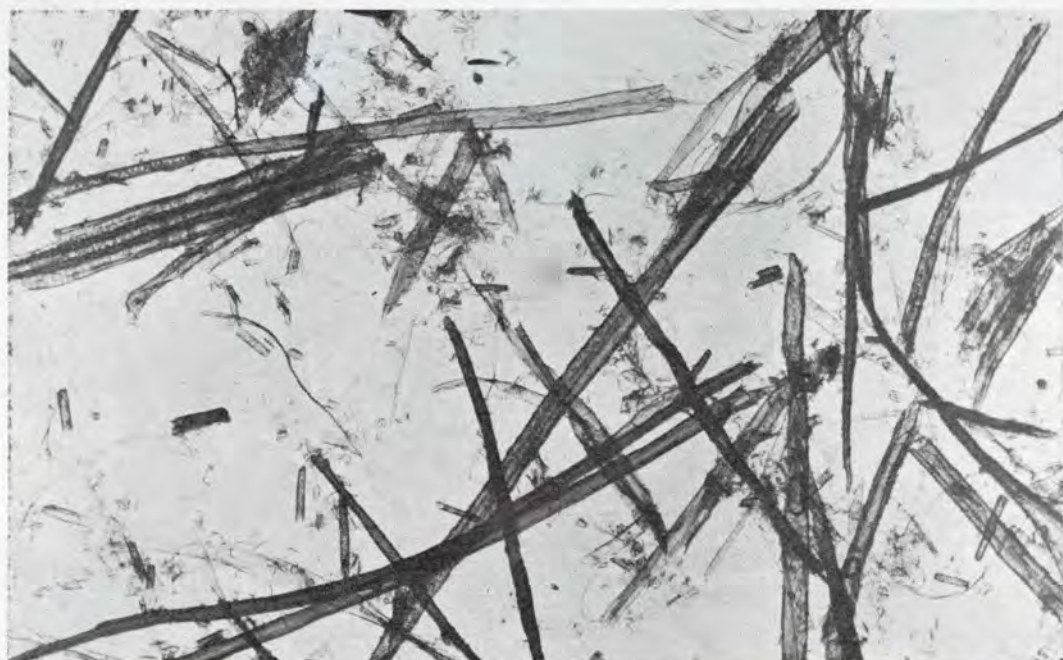
fibrer fragmenteras genom den mekaniska behandlingen.

Tillverkning av papper ur massan tillgick i början på seklet så att man efter givna recept löste upp och blandade ett par massatyper, defibrerade och malde dem så att fibrernas yta deformerades i den utsträckning som krävdes för att få önskade styrkeegenskaper. Därefter skedde tillsatser av hjälpkemikalier såsom lim (för att motverka för kraftig absorption av bläck o dyl) alun och lera.

Efter ytterligare vattenspädning formades pappersarket kontinuerligt på pappersmaskinen där det sedan avvattades och torkades. De snabbaste pappersmaskinerna i världen vid första världskrigets slut förde fram pappersbanan med en hastighet av 250 m/min. Dygnsproduktionen kunde uppgå till

Ligninskelett av tallved, 9 000 gångers förstoring. Vid kemisk kokning av ved för massatillverkning utlöses lignin liksom vissa andra produkter, så att utbytet underskrider 50 %. Förr gick ligninet direkt ut i avloppen. Idag förbränns det.





Termomekanisk massa. 75 gångers förstoring. Den termomekaniska massan har genomgått en mildare tillverkningsprocess än den mekaniska massan. Fibrerna är därför mindre skadade och medelfiberlängden är större. Bättre egenskaper torde därigenom erhållas.

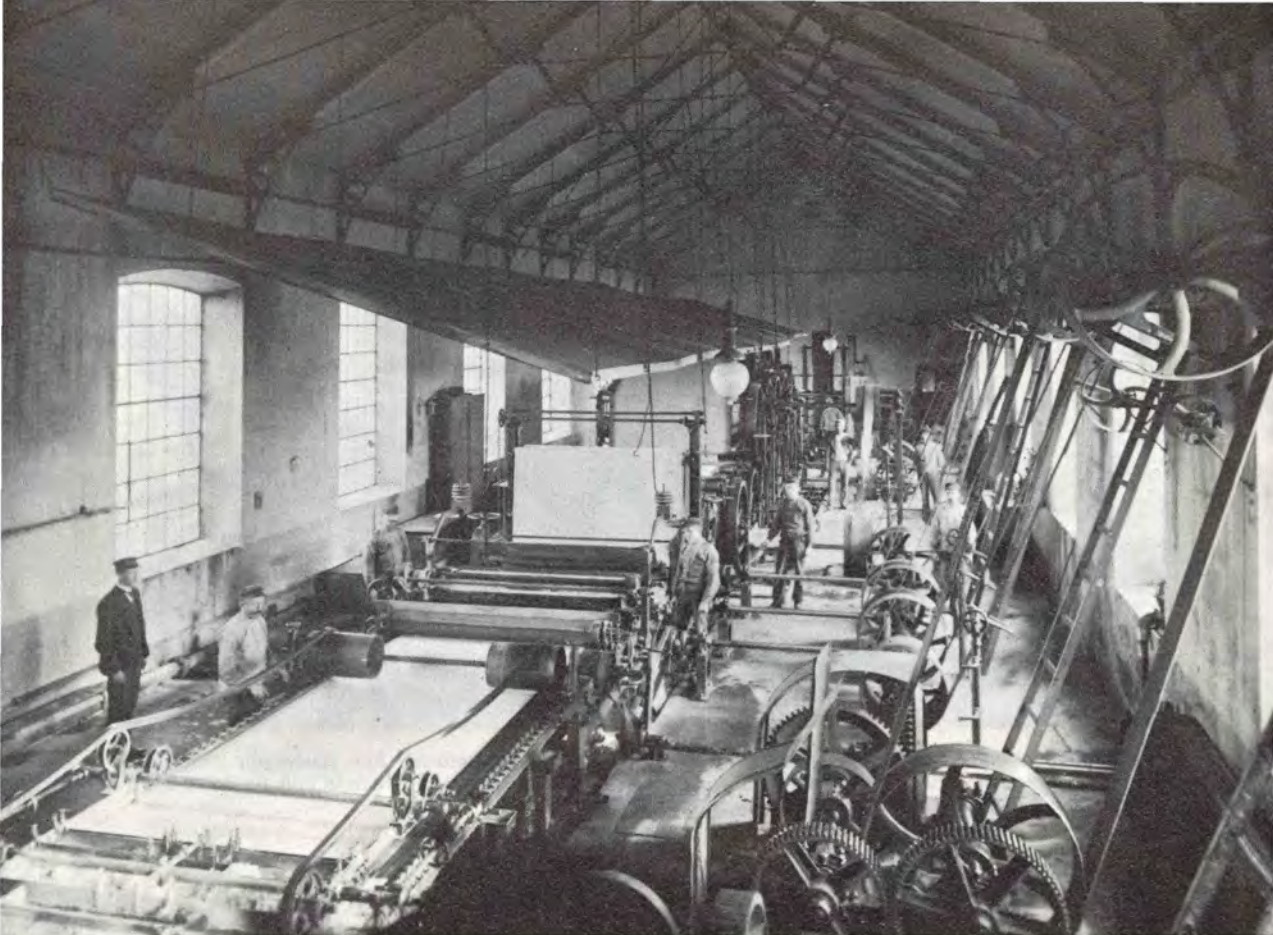
80 ton. I dag finns det pappersmaskiner som kan producera 500 ton/dygn.

Eftersom man vid tillverkning av massa och papper arbetar i vattenfas kunde denna tillverkningstyp tidigare och i större utsträckning än järn och ståltillverkning göras kontinuerlig. Detta har också under de senaste femtio åren gjort att flera fabriker har integrerat cellulos- och papperstillverkningen.

Cellulosatillverkning

I början av 1910-talet blev sulfatmetoden för tillverkning av massa intressant. Genom skickligt arbete av G Sundblad och S Sandberg utvecklades en metod att använda avfallsluten från sulfatkoket som energikälla. Vid förbränning av luten erhöles som rest en sodasmälta, som efter upplösning gick till fabriken kausticeringsystem. Vid den nya metoden erhöles per ton massa en energi-

mängd av i medeltal 2 300 kWh. Sulfatmetodens lönsamhet förbättrades på detta sätt och som följd av detta byggdes i slutet av 1910-talet och i början av 1920-talet inte mindre än sju sulfatfabriker med en produktion av mellan 12 000 och 24 000 ton per år i Sverige efter Sundblads ritningar. Sulfatmetoden tillät till skillnad från sulfitmetoden användning av tall, vilket sålunda betydde att en ny fiberråvara kunde användas för kommersiell tillverkning av massa. Ekonomin för sulfatmetoden förbättrades ytterligare på 1930-talet då den kanadensiske teknikern Tomlinson ytterligare utvecklade metoden genom att förlägga lutförbränningen till ångpannan. Härigenom kunde man öka energiutbytet med ytterligare 50 %. Redan på 1910-talet utvecklades sålunda en metod som innebar att våra fiberresurser togs bättre till vara samtidigt som utsläppet av föroreningar kraftigt minskades.^{27, 28}



Sveriges äldsta nu i drift varande pappersmaskin vid cirka 75 års ålder är 1907. Pappersbanans bredd var då 145 cm. Denna maskin används efter flera ombyggnader fortfarande i Klippans Pappersbruk för högvärdiga kvaliteter, t ex till frimärken.

Under mellankrigstiden byggdes fabriker för framställning av massa enligt sulfitsystemet främst för att tillverka den specialkvalitet som krävdes för viskosmassatillverkning. Denna massatyp förädlades ej till papper utan till konstsilke.

Under 1930- och 1940-talen försökte man finna lämpliga processer för att kunna använda björk som fiberråvara. Norrlands skogsbestånd bestod 1945 till hela 15 % av björk. Lövvedsfibern är emellertid kortare än barrträdsfibern och ger därför något sämre styrkeegenskaper. Björkmassa borde därför främst användas för sådana papper där

styrkan inte var ett väsentligt krav, t ex som komponent i skriv- och tryckpapper. För denna användning måste björkmassan kunna blekas till hög ljushet. Men det dröjde ända till 1940-talet innan man fann blekemetoder – klordioxidblekning – vilka gjorde det möjligt att tillverka blekt björkmassa av god kvalitet. Numera är björkmassa allmänt accepterad som bas för tillverkning av skriv- och tryckpapper. Det nya blekschemat med klordioxid medförde också att sulfatmassa kunde blekas till samma höga ljushet som sulfitmassa, vilket tidigare ej var möjligt.

Under de senaste 25 åren har sulfitmeto-

den modifierats på flera sätt. Tekniska metoder har sålunda genom öppet samarbete mellan svenska sulfitfabriker, under ledning av S Ulfspärre, lett till metoder för indunstning och förbränning av sulfitlut. Sådana anläggningar byggdes i slutet av 1940-talet vid flertalet sulfitfabriker i Sverige.²⁹

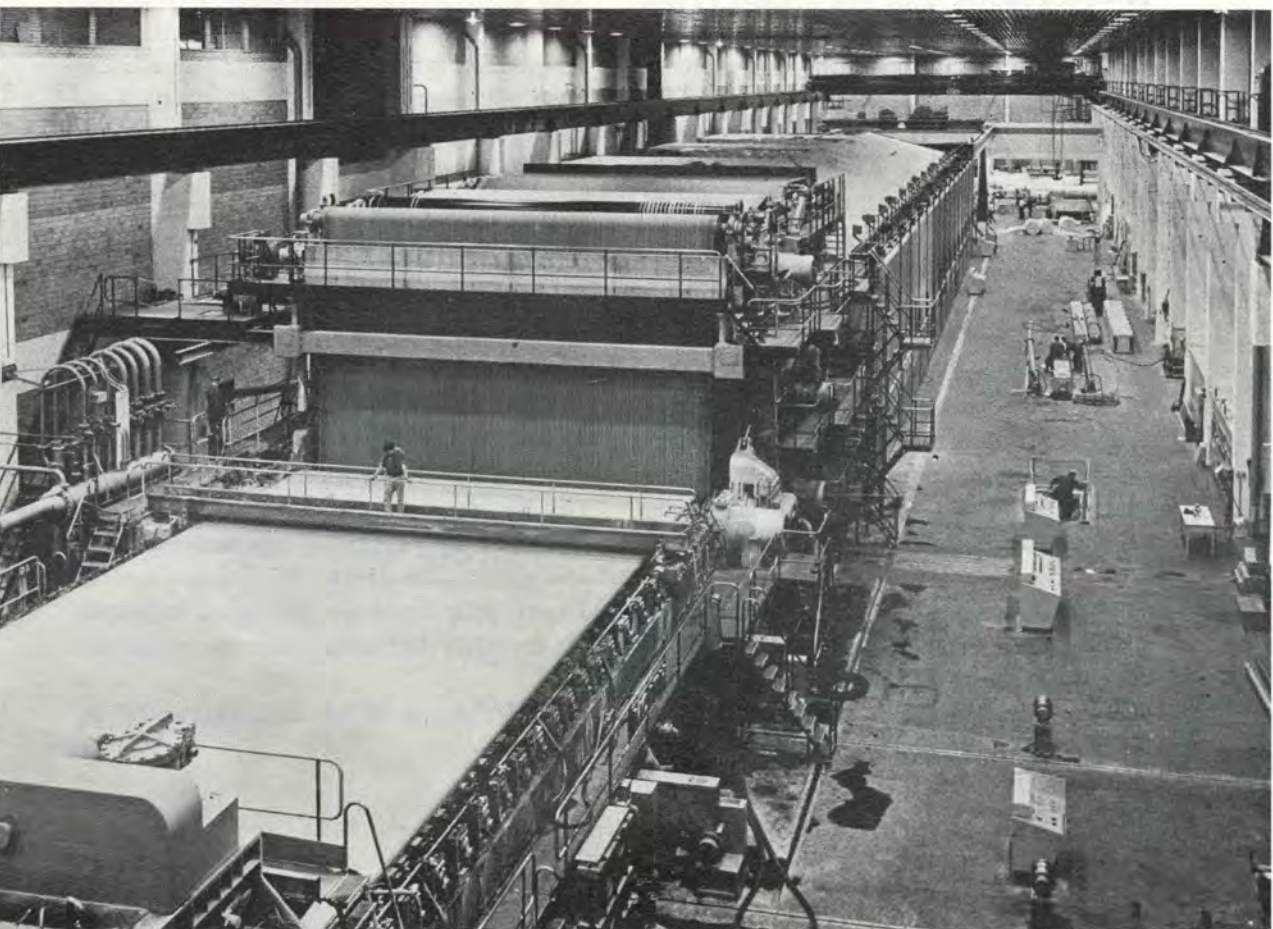
Kokning med lösliga baser har under 1950-talet gett ekonomiskt intressanta möjligheter till kemikalieåtervinning och sålunda minskat utsläpp av vattenföroreningar. Genom att koka i två steg kan tall användas för sulfitkok samt utbytet ökas med några procent. De nya metoderna har gjort att några helt nya sulfitfabriker har tillkommit de senaste 20 åren, men den största expansionen har trots allt skett av tillverkning av sulfatcellulosa.

Under hela 1900-talet har processer efter-

strävat som utnyttjade en större del av råvaran för papperstillverkning utan att papperets kvalitet väsentligt sänkts. Som tidigare nämnts erhålls betydligt bättre utbyte vid de mekaniska metoderna än med de rent kemiska. Samtidigt blir dock flera väsentliga egenskaper, t ex styrkan, sämre. Under de senaste 20 åren har mycket arbete satts in på att utveckla en högutbytesmassa, som i större utsträckning än den konventionella mekaniska massan kan användas för papperstillverkning. Först utvecklades en halvkemisk metod som innebar en förbehandling med kemikalier i betydligt mindre mängd än vid sulfatkoket samt en därpå följande mekanisk behandling. Denna metod används numera industriellt bland annat för tillverkning av fluting, mellanskiktet i wellpapp.

Defibrator under ledning av A Asplund

Tidningspappersmaskin, som 1967 togs i bruk i Hallstaviks pappersbruk med 8,5 m pappersbredd, hastighet 700 m/minut och en årsproduktion av 140 000 ton.



utvecklade behandlingsmetoderna ytterligare och kunde i början av 1968 presentera en termomekanisk metod. Enligt denna behandlas flisen med värme under förhöjt tryck men utan tillsats av kemikalier före den mekaniska bearbetningen. Mittlamellen i vedcellen blir plastisk vid förhöjd temperatur (140–160°C). Defibrering i det ögonblick då flisen innehåller plastiska delar innebär givetvis att fibern skadas mindre och att sålunda styrkeegenskaperna förbättras. Våtstyrkan hos den termomekaniska massan motsvarar en blandning av 80 % slipmassa och 20 % kemisk massa. Eftersom utbytet vid tillverkning av den termomekaniska massan ligger kring 96 % – att jämföra med de knappa 50 % som den kemiska massan ger – syns den nya massatypen bli av stort intresse. Produktion har påbörjats vid Rockhammars Bruk och där har man förutom bättre styrkeegenskaper kunnat konstatera väsentligt minskad spethalt i den färdiga massan.

De tekniska processerna har givetvis förändrats sedan 1919. Då skedde kokningsprocessen satsvis. Tvätt och blekning gjordes genom passage av ett stort antal bad. På senare år har alltmer en övergång skett till kontinuerliga processer. Kamyrtidigt byggde kontinuerliga blekningsanläggningar i flera steg utvecklade i slutet av 1940-talet en kontinuerlig process för sulfatkokning, vilken har haft stor framgång över hela världen. På 1960-talet har Kamyrtidigt gått vidare och fått fram även processer för kontinuerlig sulfatkokning samt utrustning för kontinuerlig tvättning efter kokning och blekning.

Under perioden har storleken för enheterna för cellulosatillverkning kraftigt vuxit. År 1919 byggde man inte gärna större sulfatfabriker än om 20 000 ton. I dag är den optimala storleken 250 000 ton/linje.

Papperstillverkning och pappersegenskaper
Processen att utgående från massa tillverka papper har inte radikalt förändrats under den senaste 50-årsperioden men så gott som

samtliga delprocesser: defibrering, malning, silning, arkformning, pressning och torkning har kontinuerligt och speciellt under den senaste tiden snabbt förbättrats. Papper kan därför nu tillverkas med bättre egenskaper och förhållandevis lägre pris än tidigare.

Liksom för cellulosatillverkningen har efter hand övergång skett till mer kontinuerliga processer. Sålunda har exempelvis diskontinuerliga malorgan såsom kollergångar och holländare ersatts av kontinuerliga, t ex Jordan- och Joneskvarnar.

För att få bästa möjliga arkformning och minsta möjliga risk för banbrott och skador på arkformningsduk (vira) och filter har helt nya typer av mäldrenare införts, t ex virvelrenare, liksom helt nya former för inloppslådor, vilka numera i regel är slutna och ligger under tryck.³⁰

Hastigheterna på pappersmaskinerna har ökat mycket kraftigt, från maximalt 200 m/min i början av seklet till maximala hastigheter av över 1 000 m/min i dag. En viktig förutsättning för denna utveckling har varit att man har kunnat förenkla och i viss mån automatisera överföringen av det mycket våta papperet från den löpande arkformningsduken (viran) till pressarna och sedan fram till upprullningen av papperet. Pappersmaskinernas produktion har också kunnat ökas kraftigt genom att maskinerna idag görs två-tre gånger bredare än för femtio år sedan. De största maskinerna har i dag en arbetsbredd av drygt tio meter.

För utveckling av pappersmaskinprocessen liksom av de flesta andra tillverkningsmetoder har utveckling inom mekaniken betydligt oerhört mycket. Kullager, bättre utrustning för överföring av rörelsemoment, bättre konstruktion av väsentlig processutrustning, t ex för pappersmaskiner, dess inloppslåda, dess pressparti och dess upprullningsdel, visar hur maskintekniken har främjat utvecklingen. Stor betydelse har också införande av tryckluft för olika delar av processen haft.

Under senare år har utvecklingen på in-

strumentsidan gjort det möjligt att kontinuerligt följa och styra pappersproduktionen på ett helt annat sätt än tidigare. Metoder för kontinuerlig mätning av fukthalt och ytvikt på pappersbanan före upprullning har utvecklats. På detta sätt kan fel i produktionen snabbare upptäckas och rättas till, vilket blir av allt större betydelse ju högre produktionen per tidsenhet blir. Under senare år har system också börjat utvecklas, varigenom fel i exempelvis fukthalt automatiskt påverkar ångtillförseln till torkpartiet och motverkar felet. År 1966 började Billerud använda en processdatamaskin för att koordinera styrningen av en nyinstallerad pappersmaskin. Flera andra svenska skogsindustrier har följt Billeruds exempel.

Liksom annan tillverkning har papperstillverkningen under de senaste 50 åren i ökad utsträckning blivit marknadsorienterad, dvs man har sökt tillverka produkter som passar in på kundens speciella problem. Pappersforskaren i dag får i stor utsträckning sätta sig in i hur papperet används hos kunden för att sedan med hjälp av inhämtade kunskaper komponera ett bättre papper. Många variabler skall kombineras för att skapa önskat papper, t ex fibertyp, massaprocess, malgrad, kemikalietillsats. Av det stora antalet variabler följer att papper kan tillverkas med mycket varierande egenskaper. Det kan vara mjukt eller hårt. Det kan vara tätt men också högabsorberande etc. Sedan kriget har flera av de stora bruken skaffat laboratorier för forskning och utveckling där man bl a i mindre skala har kunnat prova sig fram till lämpliga betingelser för framställning av viss papperstyp.

Som ett gott exempel på kvalitetsutveckling kan nämnas toalett- och hushållspapper. För 20 år sedan användes som sådant papper i regel oblekt, hårt och glatt sulfitpapper. I dag är dessa pappersprodukter mjuka och högabsorberande.

På senare år har man sökt att förbättra vissa egenskaper hos papperet genom att kombinera det med andra material. Sålun-



Papper-plast flaska för kolsyrade drycker. Genom sin unika kombination av hög styvhet, miljövänlighet, låg vikt och lågt pris finner papper idag, liksom i morgon, nya marknader, som exempelvis för förpackning av drycker, där nödvändiga barriäregenskaper erhålls genom ett tunt plastskikt.

da har man för att få bättre tryckegenskaper hos papper vid flertalet journalpappersbruk skaffat anläggningar för att bestryka papper med lera och latex. För att få bättre barriär- och våtstyrkeegenskaper exempelvis för förpackningsmaterial har man funnit det vara fördelaktigt att plastbelägga papper. Det mest kända exemplet på detta utgör den förpackning, som Tetrapak utvecklade för mjölk och som kom att revolutionera mjölkdistributionen i Sverige under senare delen av 1950-talet.

De egenskaper som emellertid har gjort att papperet i dag har en så central ställning är hög styvhet, låg täthet, god absorption. Denna kombination av egenskaper kan nya materialtyper ännu knappast prestera till attraktiva priser.

Litteratur

1. Wiberg, M: Järn- och ståltillverkningens utveckling i Sverige under åren 1817–1967. Jernkontorets annalers jubileumshäfte 150 (1966) 12 p. 849–890.
2. Järnverksföreningen 75 år. Jubileumsbok (Antonson-Avery AB) 1964.
3. Wiberg op cit p. 870.
4. Velander, E: Tekniskt nytt under 40 år. TVF 31 (1960) 4 p. 137–172.
5. Rapatz, F: Die Edelmehle. Berlin 1962.
6. Houdremeont, E: Handbuch der Sonderstahlkunde. Berlin 1956.
7. Fagersta SECO handbok. Fagersta 1945; Fagersta Bruk AB. Informationsbroschyrer.
8. Sandvikens Jernverk AB. Informationsbroschyrer.
9. Boron steels. Production and use. OEEC Technical Assistance Mission No 124. Paris 1954.
10. Porro, G: Entwicklungstendenzen für Aluminium, Blei, Zinn, Nickel, Zink und Kupfer. Metall 22 (1968) 5 p. 509–512.
11. Aluminium 45 (1969) 1 p. 37.
12. Mc Graw-Hill: Encyclopedia of science and technology. New York (Mc Graw-Hill) 1960.
13. Aluminium in der Elektrotechnik. Aluminium 41 (1965) 2 p. 86–127.
14. Framsteg inom forskning och teknik 1955. TVF 27 (1956) 2 p. 47–63.
15. Hall, J G: Kupfer und seine Zukunftsaussichten. Metall 23 (1969) 1 p. 73–76.
16. Page, P G: Aussichten für Kupfer. Metall 23 (1969) 1 p. 77–78.
17. Schultze, R: Die NE-Metallindustrie vor neuen problemen. Metall 23 (1969) 5 p. 473–477.
18. Källbäck, O: Elektroteknisk materiallära. (Föreläsningar vid CTH 1962. Se även Wert & Thomson: Physics of solids. 1964.)
19. Claesson, T & Lundqvist, S: Supraleitung. Svensk Naturvetenskap. Stockholm 1968 p. 50–68.
20. Framsteg inom forskning och teknik 1948. IVA 19 (1948) 6 p. 253–296.
21. Framsteg inom forskning och teknik 1950. IVA 22 (1951) 2 p. 30–45; 3 p. 69–88.
22. Framsteg inom forskning och teknik 1951. IVA 23 (1952) 3 p. 107–141.
23. Gunston, W T: Carbon fibres. Science Journal 5 (1969) 2 p. 39–49.
24. Rånby, B: Aktuella perspektiv inom svensk organisk-kemisk industri. TVF 33 (1962) 6 p. 249–259.
25. Billmeyer, F W: Textbook of polymer science. New York (Interscience Publisher) 1965.
26. Rånby, B: Nya syntetiska polymerer – struktur och egenskaper. Kemian Teollisuus 25 (1968) 1 p. 20–25.
27. Sundblad, G: 50 år med cellulosa-industrien. Svensk Papperstidning 61 (1958) 8 p. 238–245.
28. Brahmer, H: Den röda tråden. Gunnar Sundblad 70 år. Festskrift Sthlm 1958. p. 13–16.
29. Ulfsparré, S: Evaporation and burning of sulfite waste liquor. op cit p. 213–220.
30. Thiesmeyer, L R: Paper in the seventies. Canadian Pulp and Paper Industry 22 (1969) 4 p. 39–41, 64, 65.

Energiförsörjning

Tillgången till energi har varit grundläggande för utvecklingen av det industrialiserade samhället. Industrialiseringen från mitten av 1700-talet byggde på tillkomsten av den nya kraftkällan, ångmaskinen, och som en väsentlig orsak till de förändringar i samhället som ägt rum under det gångna halvseklelet måste tillgången på billig energi betraktas. Tillgång på stora mängder billig energi är en förutsättning för en fortsatt förbättring av levnadsförhållandena och många av de problem framtiden kommer att uppvisa kommer med säkerhet att kunna lösas om endast denna förutsättning är uppfylld.

År 1919 hade vatten fortfarande stor betydelse som svensk energikälla. Den utgjorde det vanliga bränslet i hemmen utom i vissa städer, där stadsgas i viss utsträckning användes. Träkol var fortfarande det dominerande bränslet i masugnarna och behöll som närmare beskrivs i »Material och materialprocesser» (sid 69) sin ställning ännu någon tid, även om det börjat ersättas av koks. Vattenkraften hade börjat byggas ut och de lättillgängligaste vattenfallen hade redan utnyttjats. Den helt övervägande delen av vattenkraftutbyggnaden låg dock i framtiden och först 1967 uppnåddes den maximala installerade vattenkrafteffekten under ett år, 800 MW.

År 1966 utgjorde ett anmärkningsvärt avbrott i det traditionella mönstret för den svenska kraftutbyggnaden genom att för första gången större värmekraft- än vattenkraft-effekt togs i drift, nämligen 320 mot 180 MW. Redan följande år hade dock vattenkraftinstallationerna ökat väsentligt men tendensen att värmekraften kommer att stå för den väsentliga framtida utbyggnaden kommer att snart åter göra sig gällande.¹

Även om andra energikällor varit av stor betydelse och man inte får bortse från ved, kol och olja, har dock tillgången på vattenkraft och därigenom på förhållandevis billig elkraft varit ett karakteristiskt drag för den svenska energiförsörjningen. Detta har varit av avgörande betydelse för den svenska industrin både genom tillgången på en fördelaktig energikälla och genom den impuls som uppstått till teknisk utveckling av utrustning för generering och överföring av elkraft. Vi har också så långt möjligt utnyttjat fördelarna så att under 1960-talet to m nationalparker byggts ut för kraftproduktion.²

Sverige har därvid lag intagit en särställning i förhållande till de flesta andra länder.^{3, 4} Över 95 % av elkraften har producerats i vattenkraftverk medan t ex i Förenta staterna andelen från cirka 40 % nu sjunkit till under 20 % och i många andra länder är ännu lägre. Produktionen av elkraft i Sverige har under det gångna halvseklest stigit kraftigt från 2,6 TWh 1920 till 56 TWh 1968 varav 46 TWh i vattenkraftverk. Samtidigt har skett en sänkning av kostnaden för elektrisk energi från 50 öre/kWh vid detaljdistribution i Stockholm 1919 till 11 öre 1969. Bränslekostnaden för ångalstrad elkraft i Stockholm utgjorde 20–25 öre/kWh 1919 mot 1,7–1,8 1969. Den genomsnittliga förbrukningen per innevånare har alltså stigit från 190 kWh/år under 1919 till ca 4 000 kWh/år 1969.

Ungefär år 1970 inträder därför en vändpunkt i den svenska energiförsörjningen. Det snabbt stigande behovet av elkraft kommer att tillgodoses på andra och för Sverige nya

vägar. Under 1970-talet kommer värmekraft att byggas och produceras i Sverige i en utsträckning som inte funnits motsvarighet till tidigare. I någon mån kommer denna produktion att utnyttja olja men framför allt kommer kärnkraftverken att utgöra nya inslag i energisystemet. Redan pågår arbete på de första kommersiella kärnkraftverken.⁵⁻⁷

Den första produktionen av kärnkraft skedde i den halvattsreaktor som startades 1942 i Förenta staterna och de potentiella möjligheterna till kraftutveckling demonstrerades med mer än önskvärd tydlighet 1945, men att åstadkomma en reglerad process visade sig långt svårare än man först förutsåg. Kärnkraftutvecklingen har drivits med stora statliga anslag i de flesta industriländer. Det svenska kärnkraftprogrammet är det största utvecklingsprojekt som över huvud taget har genomförts i landet. Bedömningen av kärnkraftens möjligheter har visat tvära kastningar mellan uppflammande optimism och markerad försiktighet. Efter 25 års utvecklingsarbete är kärnkraftproduktionen fortfarande liten i alla länder även om man kan förutse en kraftig ökning under de närmaste åren. Den slutgiltiga bedömningen av kärnkraftens ekonomi får anstå tills man kan redovisa erfarenheter från längre tids drift.

Utom elkraften har naturligtvis de fossila bränslena varit av avgörande betydelse för energiförsörjningen. Tidigare var kol och koks av dominerande betydelse för att under 1950-talet till stor del undanträngas av olja. Förbrukningen av stenkol och koks var 1919 nedpressad på grund av kriget men översteg redan i början av 1910-talet 5 Mton per år. Den steg mot slutet av 1930-talet till över 6 Mton och var av samma storlek i början av 1950-talet för att sedan sakta avta till ca 3 Mton. I stället började brännoljaförbrukningen att stiga från knappt 2 Mton 1950 till mer än fyra gånger så mycket 1960. Förbrukningen har sedan mer än fördubblats under 1960-talet och olja och oljeprodukter svarar nu för mer än halva energiförsörjningen medan kol och koks inte utgör mer än 5 % därav.⁸



Elspisen har alltmör trängt ut vedspisen med början år 1916 då denna Sveriges första elspis tillverkades. Bild från Stockholms stadsmuseum.

Oljan fick mycket snabbt en stor marknadsandel på grund av att den är lättare att hantera samt på grund av dess låga pris. Denna fördel berodde delvis på att man använde eldningsolja med hög svavelhalt, vilket även gynnades av samhället med hänsyn till de prismässiga fördelarna för konsumenterna. Först under senare år har man uppmärksammat svavelhaltens konsekvenser och börjat att tänka om.

För uppvärmning har veden trängts undan av koks och denna som ovan nämnts i sin tur ersatts av olja. Under senare år har som en ny möjlighet i tätorter kommit till fjärrvärme, dvs uppvärmning med varmvatten som distribueras från en central värmeanläggning där även elkraft genereras. I flera städer har man byggt ut eller planerar sådana anläggningar och som ett exempel kan nämnas Västerås som tidigt började använda fjärrvärme och sedan fortsatt att bygga ut systemet.

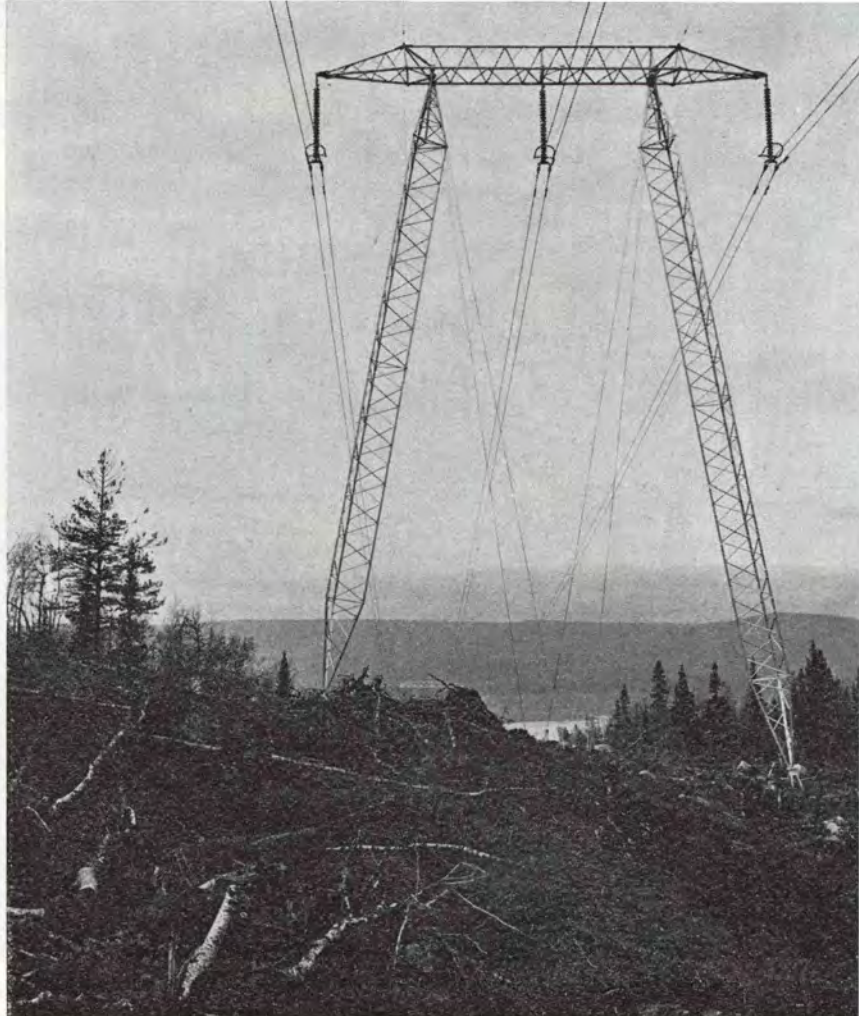
Som en alternativ uppvärmningsmetod har under 1960-talet elvärmerna framträtt.⁹

Den ger billigare byggnadskostnader men högre energipris och har fördelen att ett ledningsnät för eldistribution i alla fall måste byggas ut. I nya bostadsområden som från början planerar för elvärmning uppges den kunna vara ekonomisk. Åsikterna om för- och nackdelarna med skilda uppvärmningssystem har dock varit starkt delade.

Genom att den svenska energiförsörjningen i så hög grad baserats på vattenkraft som legat långt från förbrukningsorterna har system för kraftöverföring fått stor betydelse i det svenska energisystemet och svenska företag har blivit pionjärer på detta område. I första hand byggdes den svenska vattenkraften ut i södra Sverige men senare måste även de betydligt större resurserna i norra delen av landet utnyttjas. För att sänka överföringsförlusterna har man använt allt högre spänningar. I mitten av 1930-talet byggdes av Krångede AB den första 200 kV-ledningen från Indalsälven till Horndal i södra Dalarna. Under 1940-talet byggdes sedan ytterligare fem linjer från mellersta Norrland till Mellansverige. Det krävdes emellertid ytterligare överföringsmöjligheter, och under 1950-talet började ett nät för 400 kV byggas upp.^{10, 11} Den första ledningen med denna spänning togs i bruk 1952 för sträckan HarSprånget-Hallsberg. Under 1969 har den sjätte 400 kV-linjen tagits i bruk. För Sverige har 400 kV ansetts täcka behoven men i andra länder har man gått upp till över 900 kV.

Genom utvecklingsarbete som pågick ett par decennier och flera gånger föreföll utsiktslöst och var nära att läggas ned lyckades ASEA i mitten av 1950-talet utveckla sin metod för överföring av högspänd likström. 1957 togs den första överföringen av 20 MW vid 100 kV från fastlandet till Gotland i bruk.¹² Sedan har flera andra överföringar enligt samma princip men för betydligt högre effekter byggts. Det lyckade resultatet byggde på ett samarbete mellan Vattenfallsstyrelsen som stod för ledningssystemets utbyggnad och industriföretaget. Ett sådant samarbete var nödvändigt för att den

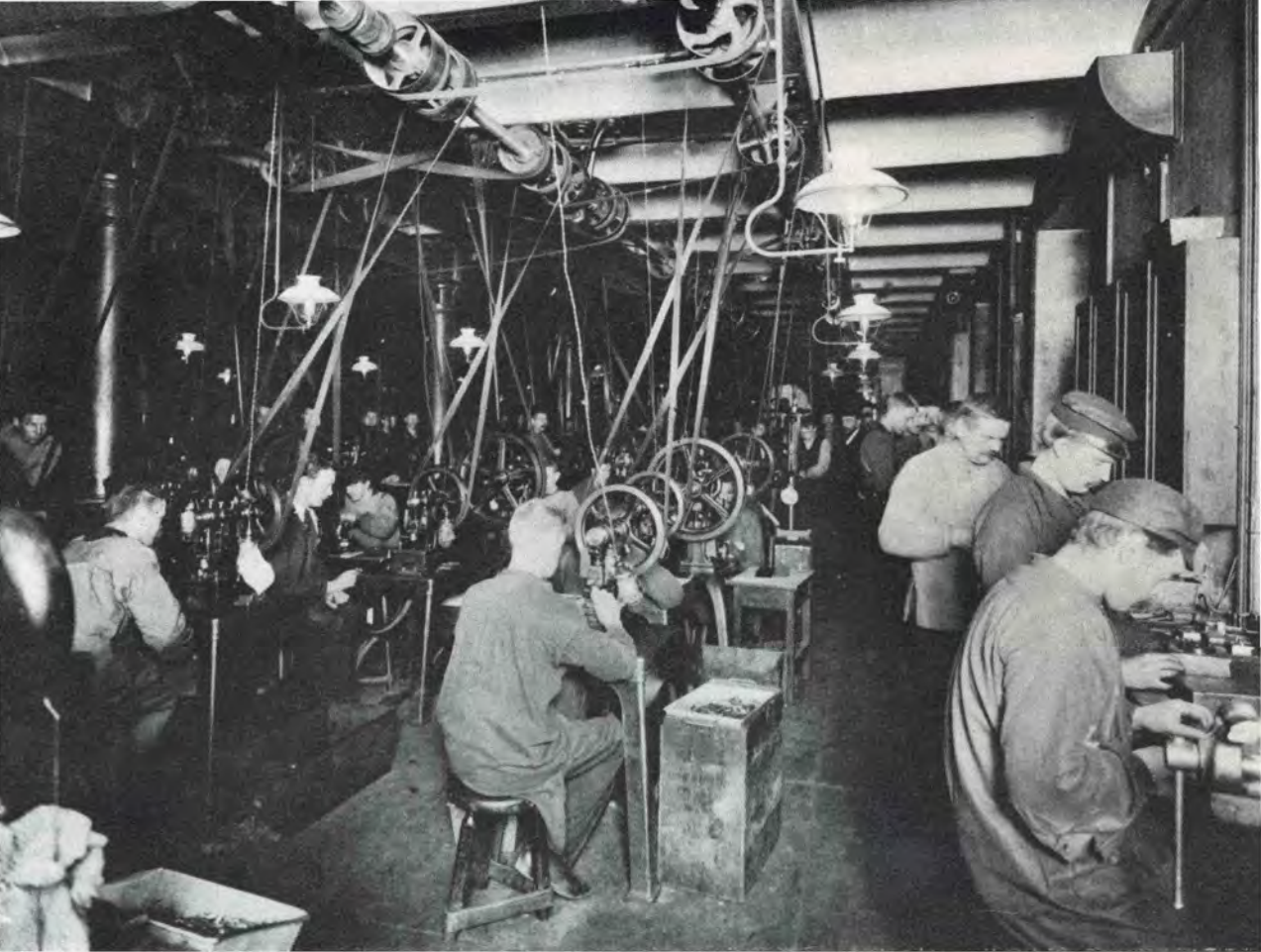
Högspänningsledning för 400 kV. Statens Vattenfallsverk.



nya konstruktionen skulle kunna prövas och visa sig användbar. Ett sådant samarbete torde även i fortsättningen vara nödvändigt för att svenska industrier skall kunna hävda sig i internationell konkurrens.

En del av energikonsumtionen som under 1950-talet steg snabbt var drivmedelsförbrukningen till den på annat ställe i rapporten behandlade biltrafiken (se sid 115). Under 1960-talets senare del har betydelsen av avgasutsläppen från bilarna ägnats stor uppmärksamhet och intresse visats för andra typer av motorer utan att dock några sådana fått användning.

Utvecklingen av utrustning för energitransport och energianvändning har pågått under hela perioden och varje enskild detalj av det totala systemet har förbättrats. Ett påtagligt exempel utgörs av de elektriska motorerna som blivit allt mindre och lätthanterligare för samma effekt. Som exempel kan nämnas att en 5 hk asynkronmotor från ASEA vägde 130 kg vid seklets början men inte mer än 30 kg i början av 1960-talet. Denna utveckling har i sin tur påverkat möjligheterna att använda elmotorer som kraftkälla och fått stort inflytande på bland annat industrins planering och organisation.



Typiskt för fabriksbilder från början av 1900-talet, här från en mekanisk verkstad i Stockholm, är anordningarna med remskivor och remmar för att överföra kraften från en central kraftkälla till de enskilda arbetsmaskinerna. Bild från Stockholms stadsmuseum.

För 50 år sedan hade de elektriska motorerna relativt nyligen blivit den vanliga drivkraften i industrin med de fördelar det innebar att varje arbetsmaskin kunde ges en separat motor. Möjligheterna att planera produktionen blev betydligt större när detta skedde och reglering av varje maskin blev möjlig på ett helt annat sätt. Tillgången till små lätta och billiga elektriska motorer utgör också förutsättningen för användningen av ett stort antal hjälpmedel i hemmen, där den elektriska drivkraften under de gångna 50 åren gjort

sitt intåg så som de moderna regleringsanordningarna säkert kommer att göra under den kommande perioden.

Intresse har tidvis förekommit för okonventionella kraftkällor men någon större betydelse har dessa hittills inte fått. Under 1940- och en del av 1950-talet utnyttjades de svenska skiffarna för en begränsad produktion av olja som hade betydelse under krigsårens avspärning men därefter inte kunde hävda sig ekonomiskt och därför nedlades.

Litteratur

1. Optimal avvägning mellan vatten- och värmekraft i det statliga kraftsystemet. Stockholm (Kungl Vattenfallsstyrelsen) 1960.
2. Ångdag 1964. Föredrag och diskussioner. Stockholm (Ångpanneföreningen) 1965.
3. Sveriges Kraftförsörjning. En översikt utg av Kungl Vattenfallsstyrelsen i samarbete med Sv Elverksföreningen och Sv Vattenkraftföreningen. Göteborg 1947.
4. The Swedish State Power Administration 1909–1959. Stockholm (Kungl Vattenfallsstyrelsen) 1960.
5. Rapport rörande Sveriges Energiförsörjning 1955–1985 avgiven av Energikommittén. Stockholm 1967. (Finansdepartementet 1967: 8).
6. CDLs kraftbalansstudie år 1962. Del I :Utlåtande. Del II: Bilagor. Stockholm (Centrala Driftledningen) 1962.
7. Elförsörjningen under 1970-talet. Stockholm (Centrala Driftledningen) 1967.
8. Oljeåret. Svenska Esso AB. 1 (1946)–.
9. Elvärme i småhus. Stockholm (Statens Vattenfallsverk) 1964.
10. The Swedish 380 kV Transmission System. Stockholm (Swedish State Power Board) 1952.
11. High voltage transmission developments in Sweden. Stockholm (Kungl Vattenfallsstyrelsen) 1955.
12. Likströmsöverföringen från fastlandet till Gotland. Stockholm (Kungl Vattenfallsstyrelsen) 1956.

Datorernas utveckling

Databehandlingsteknikens utveckling under tiden efter andra världskriget har varit en viktig del av den tekniska utvecklingen av tre skäl:

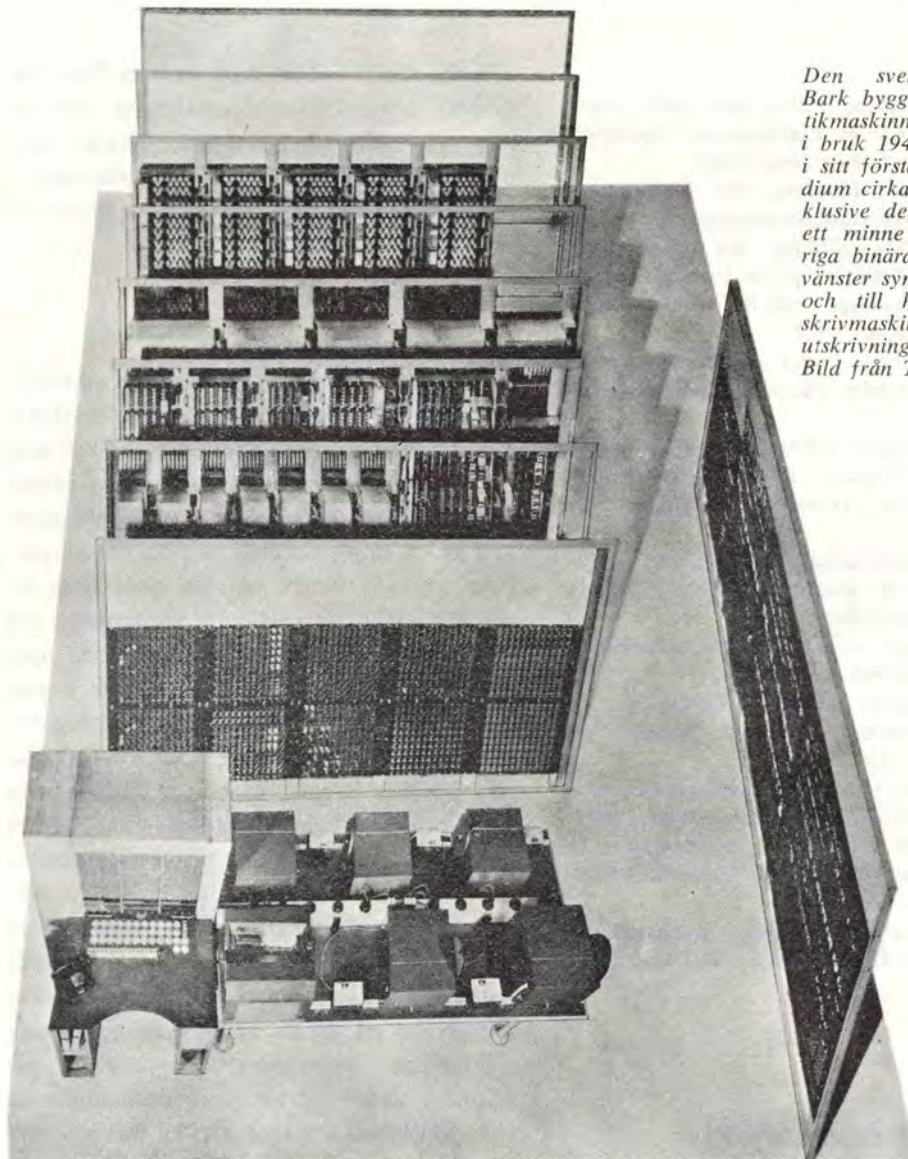
1. Tekniken i sig själv är ytterligt avancerad och har medfört krav på och resultat i framtagning av ständigt nya komponenter och systemlösningar.
2. De moderna datorerna har varit en förutsättning för många tekniska och vetenskapliga bedrifter under tidsperioden.
3. Förändrade förutsättningar har uppkommit för näringslivets, förvaltningens och de enskilda människornas dagliga verksamhet.

I det här avsnittet skall i första hand beskrivas den tekniska utvecklingen som sådan och endast med exempel belysas vissa utvecklingsmöjligheter under punkterna 2 och 3, vilka i övrigt behandlas i andra avsnitt av rapporten.

Datorernas tillkomst

På 1830-talet angav Ch Babbage riktlinjer för vad han kallade en »analytisk maskin». I rudimentär form innehöll hans beskrivning de flesta av de logiska begrepp som senare återupptäcktes i samband med uppbyggnaden av de moderna elektroniska datorerna.¹ Han arbetade vidare på sina idéer fram till sin död 1871, då maskinen fortfarande inte hade kommit till fullständigt utförande. Inte förrän 1937 startades ett nytt arbete i samma riktning, då vid Harvard University den sk »Automatic Sequence Control Calculator» började byggas. Maskinen fullbordades 1944 och den hade då 60 konstanta register och 72 additionsregister, vilket tillsammans med elektromekaniska tabeller för logaritmer, exponentfunktioner och sinusfunktioner gav den möjligheter att utföra vissa enklare kalkyler. Harvardgruppen började därefter konstruera ytterligare en kalkylator, där alla aritmetiska operationer och överföringar utfördes med hjälp av elektromekaniska reläer. Maskinen var färdig 1947 och innehöll 13 000 reläer. Den kunde lagra 100 st 10-siffriga decimala tal och hade en multiplikationstid på 700 ms.

Bell Laboratories inledde 1938 ett parallellt arbete för utveckling av reläkalkylatorer. Den första blev färdig 1940 och efter ytterligare några maskiner för speciella användningar byggdes 1944 en allmän beräkningsmaskin. 9 000 telefonreläer och ett stort antal teletypmaskiner ingick i denna apparat, vars typiska karakteristika framgår av multiplikationstiden 1 s och tiden för att ta kvadratroten ur ett tal, 4,3 s. Ytterligare ett antal stora relä- eller elektromekaniska datamaskiner byggdes under 1940-talet, varav den svenska maskinen Bark var en.



*Den svenska maskinen Bark byggdes av Matematikmaskinnämnden och togs i bruk 1947. Den innehöll i sitt första utbyggnadsstadium cirka 5 000 reläer inklusive dem som ingick i ett minne för 50 32-siffriga binära tal. Längst till vänster syns kontrollbordet och till höger om detta skrivmaskinen för resultatutskrivning.
Bild från Tekniska museet.*

Men det är ju inte relämaskinerna utan de elektroniska datorerna som har kommit att få stor betydelse. En återblick på dessa maskiners utveckling avslöjar en del överraskande fakta. Behovet av stora kalkylatorer fanns inom astronomin redan på 1800-talet och det aktualiserades inom kvantkemin på 1930-talet. I och med att Babbage angett sina principer för uppbyggnad av stora kalkylatorer, fanns den teoretiska grunden för datorernas utveckling. Många anser att även tekniken i stor utsträckning fanns tillgänglig långt före 1940, då det första stora utvecklingsprojektet sattes i gång. Den grund-

läggande upptäckten inom elektronikområdet, efter framställningen av treelektrodröret, gjordes redan 1919, då Eccles och Jordan visade hur två trioder kunde sättas samman till en krets med två stabila tillstånd. De grundläggande idéerna för magnetisk data-lagring gavs på 1880-talet och en magnetisk registreringsutrustning fanns snart därefter tillgänglig.

Den första elektroniska maskinen var Electronic Numerical Integrator and Calculator (ENIAC), tillkommen som ett led i de amerikanska krigsansträngningarna. Den var avsedd speciellt för att beräkna omfattande

ballistiska tabeller men kunde användas även för många andra typer av beräkningar. ENIAC innehöll ungefär 18 000 rör, den var 30 m lång och förbrukade 100 kW. Multiplikationstiden var ca 2,3 ms.

Bland alla dem som bidrog till utvecklingen av denna maskin är J von Neumann, den ungerskfödde matematikern, den mest kände.² von Neumanns vetenskapliga intresse var mycket vidsträckt. Hans publikationer ligger inom området kvantumteori, matematisk logik, kontinuerlig geometri, problem beträffande algebraiska ringar osv. I slutet av 1930-talet blev han intresserad av frågor inom den teoretiska hydrodynamiken, särskilt av svårigheterna att få analytiska lösningar till partiella differentialekvationer. Under krigsåren sysslade han alltmer med den tillämpade matematiken och fysiken och koncentrerade sig speciellt på stötvågor, som var av mycket stort intresse i försvarssammanhang. I samband med de väldiga mängder beräkningar som behövdes inom detta område kom von Neumann i kontakt med utvecklingsarbetet på ENIAC. Han blev omedelbart intresserad av dessa problem och började arbeta med den matematiskt-logiska konstruktionen av maskinen, och hans intresse för den grundläggande teorin för datorer, eller automatateorin som den har kommit att kallas, var därmed väckt. von Neumann fortsatte att arbeta inom detta område under sin återstående livstid.

Efter krigsslutet startade många utvecklingsprojekt på området. Enligt riktlinjer som von Neumann angav siktade man i allmänhet till maskiner med minneskapacitet på ca 4 000 ord, där både instruktioner och rena tal kunde lagras i samma enhet. Mycket arbete lades ned på att utveckla lämpliga minnesmedia för denna maskinstorlek. Elektronrören har i och för sig stor förmåga att utföra räkneoperationerna snabbt och man ville ha fram minnesmedia för lagring av indata, mellanresultat, slutresultat och program som kunde fungera med motsvarande hastighet. Akustiska fördröjningsledningar med kvicksilver som minneselement, katod-

strålerör, magnetiska trådminnen, magnetiska trumminnen, var några av de media man arbetade med. Så småningom stannade så gott som alla för lösningen med magnetiska kärnminnen. Trumminnena blev kvar som perifera enheter och kompletterades så småningom med magnetband.

De tre datorgenerationerna

Man brukar som bekant numera indela datamaskintekniken i två delområden, programvara och maskinvara. En snabb utveckling av maskinvaran har skett över i princip tre generationer av datorer.³ Omkring år 1954 kom den första generationens kommersiella datorer ut på marknaden. De var baserade på rörteknologi och ett typiskt system hade 2 000 logiska kretsar i den centrala processenheten med en genomsnittligt förhållandevis kort tid mellan fel. Apparaterna var utrymmeskrävande, använde mycket elkraft och behövde därför omfattande kylutrustning samt hade tämligen låg tillförlitlighet.

I slutet av 1950-talet kom andra generationens datamaskiner, där införandet av transistorer hade medfört förbättringar på samtliga dessa punkter. En särskilt viktig sak var att felfrekvensen hade nedbringats så kraftigt att antalet kretsar man kunde inkludera i maskinen kunde göras mycket större än tidigare, utan att tillförlitligheten blev orimligt låg.

Nästa generation av datamaskiner kom som bekant i mitten på 1960-talet. Här hade man gått ytterligare ett steg genom att införa sk integrerade kretsar. Genom utnyttjande av halvledarteknik kunde man i ett stycke framställa en hel logisk krets med mycket små dimensioner. Tidigare hade logiska kretsar måst framställas genom sammansättning av förfabricerade aktiva och passiva komponenter.

Konstruktionsmetoderna för datortillverkning har under denna utveckling naturligtvis förändrats kraftigt. Grundprinciperna har emellertid hela tiden varit desamma. Den enkla logiska kretsen har varit det grund-

läggande element som varit tillgängligt för datorbyggaren. Successivt har principerna för sammansättning av allt större maskin- heter utvecklats och samtidigt har sättet att bygga upp maskinernas styrsystem förbättrats på många punkter.⁴

Parallellt med utvecklingen av nya typer av processenheter har även maskinernas minnesutrustning förbättrats. Såväl de centrala, snabba ferritkärnminnena som de perifera enheterna magnetband, trum- och skivminnen, har gjorts större, snabbare och tillförlitligare.

Programmeringsteknik och integrerade kretsar

Under de senaste två åren har en ny teknik kommit fram som har betydelse både för utvecklingen av processenheter och minnen. Genom att arbeta vidare från begreppet integrerade kretsar här man kommit fram med begreppet »Large Scale Integration» (LSI).⁵⁻⁷ Tekniken avser framställning av enheter som innehåller 100 eller flera sammanbundna logiska enheter i ett mycket litet stycke kisel med tex dimensionerna 2 × 2 mm.

För datorteknikens utveckling kan denna teknik få mycket stor betydelse av ett flertal olika skäl. För att något förklara i vilka avseenden så kan bli fallet skall vi utgå från utvecklingen inom programmeringstekniken för datorer. På den lägsta programmeringsnivån accepterar datorerna i allmänhet program som består av följder av ettor och nollor, vilka påverkar fysiska komponenter i maskinen och ser till att dessa exekverar de följder av instruktioner som programmeraren har bestämt sig för. Det fordras mycket stort arbete för att programmera denna lägsta nivåns språk. Emellertid startade tidigt en utveckling av språk på s k högre nivå. Dels konstruerades lättkodsspråk, i vilka datoranvändarna på ett enkelt sätt kan uttrycka vilka beräkningar de vill att maskinen skall utföra, samt vilka indata som skall användas och från vilka minnesenheter dessa skall läsas. Dessutom har speciella anpassnings-

program konstruerats, som översätter dessa högre nivåers språk till maskinprogram. Dessa system byggs in i maskinen i form av s k kompilatorer. Bland språken på högre nivå skiljer man numera mellan de s k assembler-språken och de procedurorienterade språken. De vanligaste i den senare gruppen är FORTRAN, ALGOL och COBOL.

I och med att de procedurorienterade språken utvecklades uppkom ytterligare ett problem. För varje procedurorienterat språk och för varje dator, till vilken man vill ha språket anpassat, behövs en särskild »översättare» till maskinspråket. Inte nog med detta, utan för varje dator brukar även ett stort antal typer numera utvecklas, som något skiljer sig från varandra. Resultatet blir att mycket tid och pengar har åtgått för framställning av översättarna, de s k kompilatorerna. Många olika metoder har provats för att förenkla och effektivisera framställning av dessa programsystem. På senare tid har en ny teknik börjat utvecklas, som i själva verket avser programmering på ännu lägre nivå än maskinprogrammeringen. En instruktion i ett maskinprogram omfattar utförande av flera olika fysiska operationer i olika elektroniska kretsar i maskinen. Hur dessa utförs och hur data flödar inom maskinen på grund av maskininstruktionen bestäms av systemkonstruktören, som skriver de interna specifikationerna för maskinen. För att kunna göra detta använder han beskrivningar av elementen i maskinen som ligger på en lägre nivå än maskinspråkets och man skulle kunna kalla denna nivå mikroprogramnivån.⁸ Han befinner sig sålunda i samma situation som en »maskinprogrammerare», vilken bara behöver veta definitionen på sitt eget maskinspråk, var maskinen kan lagra data och vilka instruktioner den kan exekvera, dess syntax och semantik, men inte behöver veta hur datalagringsenheterna verkligen är konstruerade i maskinen och inte heller hur maskininstruktionerna utförs i detalj.

Varje elementärt steg då man utför en maskininstruktion kontrolleras av ett kon-

trollord, som kallas mikroinstruktion. Det består av ett visst antal kontrollenheter. Den sekvens av steg som behövs för en maskininstruktion kallas ett mikroprogram och samtliga mikroprogram för alla maskininstruktionerna tillsammans är den mikroprogrammerade översättaren från maskinspråket i fråga till kretslogiken i maskinen. Mikroprogrammering är således ett systematiskt sätt att angripa maskinkonstruktionsproblemet. Eftersom mikroprogrammen för ett givet maskinspråk alltid tolkas som samma instruktioner kan mikroprogrammet vara fast och lagras i ett minne, från vilket enbart läsning kan ske sedan det väl konstruerats, ett s k »read-only storage».

Sådana minnen har länge existerat; det mest kända och enklaste är den s k diodmatrisen. I moderna datorer, t ex en del av de mindre typerna i IBM:s system/360, finns mikroorden på speciella hålkort på vilka även en del elektroniska komponenter finns fastsatta. Mikroprogrammen för dessa datorer är relativt fasta men man kan byta ut minnesmedia mekaniskt.

I vissa nyare datorer används en del av det vanliga centralminnet för att lagra mikroprogram, och här har man nått fram till ett mycket snabbt byte av mikroprogram, vilket gör att maskinerna åtminstone ideellt sett kan vara mycket flexibla. Det är bland annat i detta sammanhang som LSI blir av intresse. Som ett exempel på ett lovande utvecklingssteg inom den tekniken kan beskrivas en produkt från ett japanskt elektroniklaboratorium. Man har där år 1969 framställt en integrerad krets som kan lagra 128 binära tecken. In- och utläsning av enhetens information går mycket snabbt och den kan därför med fördel användas vid uppbyggnad av buffertminnen mellan datamaskinens beräkningsenhet och vanliga centrala minne. Beräkningsenheterna är nämligen numera snabbare än minnesenheterna. Men dessutom skulle kretsen kunna användas just för att lagra mikroord av den tidigare beskrivna typen och en lämplig byggbit för en flexibel kontrollenhet har därmed erhållits.

Alternativet vad gäller minnesenheternas hastighet är att söka få fram snabbare stora minnen, t ex tunnfilmminnen. Även på dessa teknikområden pågår utveckling.

Vad å andra sidan avser lagringsenheter för mikroprogram är LSI-tekniken mycket intressant, eftersom den erbjuder komponenter med extremt små energi- och utrymmesbehov.⁹ Därmed kan miniatyriseringen inom elektronikområdet – som ju även hittills varit ett utmärkande utvecklingsdrag – drivas vidare. Dessutom skulle man genom att bygga upp maskinerna med sådana här komponenter i kontrollenheten och utveckla en effektiv och systematisk metod att programmera en stor mängd tillämpningar, kanske kunna få en ekonomisk lösning på problemet att framställa datorer i små serier för speciella tillämpningar. Därmed vore fältet öppet för mängder av nya tillämpningar av datatekniken, som vi nu bara kan göra oss en vag föreställning om. Många diskussioner har under senare år förts om på vilka områden, t ex i hushållens dagliga liv, som datatekniken kan komma att utnyttjas i framtiden.¹⁰ För närvarande har man stora förhoppningar att den skall möjliggöra en kraftig expansion av möjligheterna till kommunikation mellan individerna och till förbättrad och förenklad nyhetsförmedling. Vidare förs tanken ofta fram att ett system av datorer med terminaler av något slag i alla hem skulle kunna utnyttjas för en utbyggnad av det demokratiska beslutssystemet. Maktthavarna skulle kunna organisera direkta omröstningsförfaranden över ett sådant datornät, och många föreställer sig nu att man därmed skulle kunna försäkra sig om ett medborgarinflytande i viktiga frågor. I och för sig finns redan i dag komponenter för att börja bygga upp system av den typen, men kostnaderna skulle bli enorma och kapaciteterna ej särskilt stora. Automatiska produktionsprocesser som framställer och programmerar mängder av de nya typer av små datorer som LSI-tekniken möjliggör, skulle kunna ändra på förhållandena. Fortfarande gäller emellertid att det centrala

problemet i uppbyggnaden av ett sådant nät återstår. För närvarande förhåller det sig otvivelaktigt så att begränsningarna i planeringen för utbyggnad av datorkommunikation i Sverige utgörs av knappheten på förbindelseledningar mellan och inom olika orter. Att helt eliminera denna knapphet vore förmodligen omöjligt, eftersom de ledningstyper som är aktuella är mycket dyrbara och komplicerade, men utbyggnaden måste forceras.

Tillämpad matematik, systemteori och processreglering

Parallellt med utvecklingen av allt större och effektivare datorer har en kraftig utveckling ägt rum inom matematikens område. Inom matematiken arbetar man med abstrakta begrepp och tankelagar. Ämnets allmänna betydelse beror på att de studerade begreppen och sambanden mellan dem ofta korresponderar mot fysikaliska, tekniska och samhällliga skeenden. Man talar i så fall om matematiska modeller av de åsyftade företeelserna. De delar av matematiken som växer fram i avsikt att konstruera sådana modeller, brukar ofta kallas tillämpad matematik. Under vårt århundrade utvecklades matematiken till en början väsentligen som en självständig vetenskap. Avståndet ökade mellan teoretiska resultat och tillämpningar. Därmed bröts en utveckling som pågått ända från 1600-talet och karakteriserats av att de matematiska forskarna regelbundet hämtat sina problem och begrepp ur naturen. Resultaten av den logiska analysen användes för att lösa t ex fysikaliska, kemiska och astronomiska problem. Under senare år har tillämpad matematik fått en ny dimension genom de matematisk-statistiska metoder som brukar kallas operationsanalys och betydelsen av dessa har varit i starkt växande. Detta är bara en av de utvecklingslinjer efter vilka avståndet mellan teori och tillämpning har minskat. Även då det gäller behandling av stora beräkningsproblem inom den matematiska fysiken, astronomin och andra vetenskapsgrenar har speciellt dator-

tekniken och den numeriska analysen i samverkan åstadkommit stora förändringar.

Ett annat område där väsentliga framsteg har gjorts är inom den automatiska kontrollen av produktionsprocesser. Med detta avsåg man ursprungligen styrningen av fysikaliska processer som sådana. Med utnyttjande av erfarenheter inom regulator teorin, som utvecklades kraftigt under 1930- och 1940-talen, började man i slutet av 50-talet bygga system, där datorer ingick som komponenter, med uppgifter att samla in, registrera och bearbeta mätvärden från processerna samt generera lämpliga styrsignaler för dessa.

Så småningom tillkom ett nytt element i begreppet processkontroll genom att man sökte utveckla även system för informationsbehandling i vidare mening än den som är nödvändig för processens optimala styrning. Man siktar på att få en integrerad företagsstyrning, där den direkta processtyrningen bara är en nivå med en hierarkisk struktur av styrsystem, som automatiskt omsätter kundernas orderflöde till produktionsplanering, produktionsstyrning och leveransadministration. I dag pågår på detta område en mycket snabb och intensiv utveckling, där begreppet »management information systems» ytterligare tillförts. Med detta avser man att försöka utforma sådana datainsamlingsrutiner och rapportsystem att var och en i företaget lätt och snabbt skall kunna få tillgång till den information just han behöver. Alltsedan datorerna började användas som administrativa hjälpmedel har många företags dataavdelningar levererat mycket stora mängder information till företagsledning och andra beslutsfattare inom företaget utan att dessa har någon som helst möjlighet att tillgodogöra sig informationen ifråga och inte heller behov därav. Förhållandet, som egentligen är en aspekt på informationsexplosionen i samhället, har uppkommit på grund av att dataavdelningarna i alltför hög grad varit inriktade på att framställa informationsbanker, där lätt åtkomlig information lagras och vidare distribueras. Alltför liten uppmärksamhet har ägnats ana-

lys av företaget med sikte på att fastställa vilken information som verkligen behövs på olika nivåer. Detta beror i sin tur på att organisations- och planeringsteori är mycket dåligt utvecklade vetenskapliga discipliner. För närvarande finns emellertid mycket stort intresse både inom företagen och på forskningsinstitutionerna för att driva fram en verksamhet på dessa områden, och under de närmaste decennierna kan en helt annan typ av informationssystem för företag komma att utvecklas. Dessa kommer att vara inriktade på att samla, bearbeta och presentera sådan information som är av betydelse för företagets framtid, och en »modellbank» kommer att vara av minst lika stor betydelse som den »informationsbank» som nu ägnas så stor uppmärksamhet.

Inom processindustrin har sedan flera år en höggradig automatisering av produktionsprocesserna kunnat genomföras. Den mekaniska industrin har inte kunnat automatiseras i samma utsträckning, eftersom produktionsprocessen här traditionellt är av avsevärt mycket mer diskontinuerlig natur. Transporterna mellan de olika operationsstegen i tillverkningsprocessen har alltid tagit lång tid, produktionsplaneringen har varit komplicerad på grund av de stora samordningskraven mellan olika produkttyper och endast marginella förbättringar har på senare tid nåtts av dessa förhållanden. Forskningen går vidare, speciellt med studier av hur de nya numeriskt styrda verktygsmaskinerna kan fogas in i en process med högre automatiseringsgrad. De utvecklingstendenser som här i all korthet refererats ingår alla i tillväxten av vad som populärt kommit att kallas »systemtänkandet».

Under andra världskriget, brukar man säga, växte intresset för kvantitativ analys och beslutsrationalisering, särskilt i militära kretsar, där den s k operationsanalysen började vinna insteg. Fysiker och matematiker fick ägna sig åt att analysera stridsförlopp, transportproblem och andra liknande frågeställningar efter analogier till den vetenskapliga metodik de vant sig vid att använda.

Efter krigsslutet fortsatte många av dessa forskare sitt arbete på liknande områden inom den civila verksamheten och en omfattande metodutveckling beträffande kvantitativ analys av stora datamängder började komma till stånd.

Linjärprogrammeringen, dvs metoden att söka det största värdet av en linjär funktion av flera variabler under ett antal bivillkor i form av linjära likheter eller olikheter, angavs enligt ryska källor av en rysk matematiker under 1930-talet. Metoden innebär emellertid mycket stora räknemängder, och då väckte inte denna ansats något större intresse. Den betraktades som ett led i den teoretiska utvecklingen inom ekonometrin. 1947 fanns emellertid tillgänglig dels en väl utvecklad teori för linjär programmering, dels en algoritm – dvs ett beräkningsschema för att lösa problemet –, dels en beräkningsmaskin, nämligen den första elektroniska datorn. Därefter har utvecklingen gått mycket snabbt. Allt större linjärprogrammeringssystem har utvecklats, parallellt med utvecklingen av större och snabbare datorer, och numera kan man lösa problem med tusentals variabler och tusentals bivillkor med beräkningstider på några minuter och till rimliga kostnader. Samtidigt har möjligheter att behandla även olika typer av icke-linjära programmeringsproblem utvecklats kraftigt och numera har matematiska programmeringsmetoder – dvs sammanfattningen av linjär och icke-linjär programmering – blivit rutinmässiga verktyg i olika delar av företagens resursplanering och långsiktiga studieverksamhet.

Även andra delar av operationsanalysen har utvecklats starkt. Främst gäller detta kanske den s k simuleringstekniken, dvs konsten att med utgångspunkt i en mer allmän matematisk modell av den studerade processen än matematisk programmering tillåter i upprepade körningar med dator söka efterlikna denna och kartlägga dess egenskaper vid olika driftförhållanden.

Den generation av forskare som genomförde denna nydaning inom planeringsteo-

rin har sedan genomgått en intressant utveckling. De nöjde sig mycket kort tid med att studera de förhållandevis begränsade problem som transportplanering, produktvalsproblem och liknande utgör. Begränsningen är där främst att man i stort sett rör sig med en given struktur, eventuellt några alternativa strukturer, där man helt enkelt kan utvärdera dessa strukturers egenskaper men inte egentligen skapa några nya alternativ.

Många av dessa forskare började ägna sig åt s k systemanalys i stället. Därmed brukar man avse konsten att med utgångspunkt i givna specifikationer av vilka funktioner som man önskar genomförda och vilka komponenter som finns tillgängliga för att bygga en apparat, som löser dessa funktioner, genom att använda vetenskaplig metodik systematiskt arbeta fram den i någon mening bästa lösningen på problemkomplexet, dvs det optimala systemet.

Rand Corporation i Förenta staterna, liksom många andra s k uppdragsforskningsinstitut, inrättades för att man skulle få möjligheter att angripa de svåra problem inom dessa områden som konstruktion av de alltmer komplicerade militärtekniska systemen kom att innebära. Som ett led i arbetet där kom bland annat de mycket viktiga nya projektledningsmetoderna nätverksplanering och programbudgetering att utvecklas under 1950- och 1960-talen.

Under 60-talet har sedan ytterligare ett steg tagits mot »högre systemnivåer». Flera av de mest erfarna forskarna har lämnat Rand Corp. för att bygga upp nya forskningsinstitut, där de angriper problemen från nya utgångspunkter. Medan systemanalysen handlar om hur man på bästa sätt skall nå fastställda mål, ägnar sig de nya framtidsstudieinstituterna enkelt uttryckt åt frågan, vilka mål vi bör fastställa för den tekniska utvecklingen och för samhällsutvecklingen i stort, och hur samhället organisatoriskt skall utformas för att vi skall kunna genomföra våra önskemål. Det skulle här föra för långt att i detalj gå igenom de kunskapsteoretiska konflikter som man kan se bakom dessa per-

soners byte av forskningsområde, men låt oss göra den kanske något vågade jämförelsen att detta är systemanalysens »drop-outs» likaväl som de unga radikalerna brukar kallas »samhällets drop-outs».

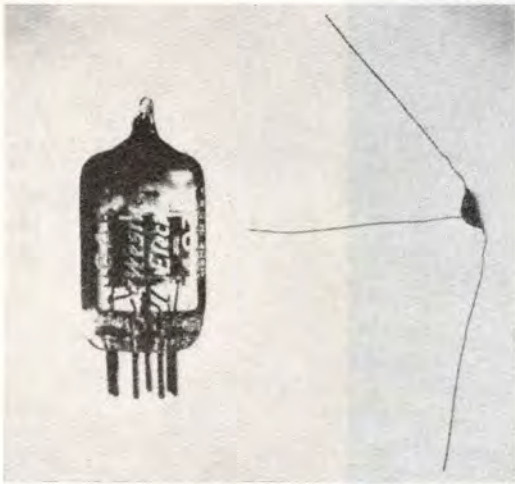
Litteratur

1. Booth, A D & Booth, K H V: Automatic digital calculators. London 1965.
2. von Neuman, J: The computer and the brain. New Haven Conn. 1958.
3. Florez, I: Computer design. Englewood Cliffs, N J 1967.
4. Triebwasser, S: Large-scale integration and the revolution in electronics. *Science* 163 (1969) 3866 p. 429-434.
5. A revolution in microelectronics. MOS Monolithic subsystems. Philco-Ford Corp. Santa Clara, Calif. 1966.
6. Hibberd, R G: The ever increasing complexity of integrated circuits. Texas Instruments Ltd, Bedford 1969.
7. Wickes, W E: LSI The practical approach. Texas Instruments Inc. Dallas, Texas 1969.
8. Weber, H: Microprogramming. International Summer school on fundamental aspects and current developments in computer science. IBM Development Laboratory, Boeblingen (Germany).
9. High-speed bipolar LSI memory. *Japan Electronic Engineering* (1969) 31 p. 94.
10. Sackman, H: Computers, system science and evolving society. The challenge of man-machine digital systems. New York (John Wiley & Sons) 1967.

Transporter och kommunikationer

Trådbunden och trådlös kommunikation

De gångna 50 åren har inneburit en ytterst kraftig utveckling inom hela det elektriska området, men svagströmstekniken har visat en alldeles särskilt kraftig utveckling.¹ På 1920-talet kom elektronröret och med detta förutsättningarna för rundradio och en vidare användning av förstärkarteknik, exempelvis inom telefonins område. Under det andra världskriget utvecklades radartekniken och därmed helt nya möjligheter att navigera



Pnp-transistor (diameter = 4,5 mm) jämförd med ett elektronrör med liknande prestanda.

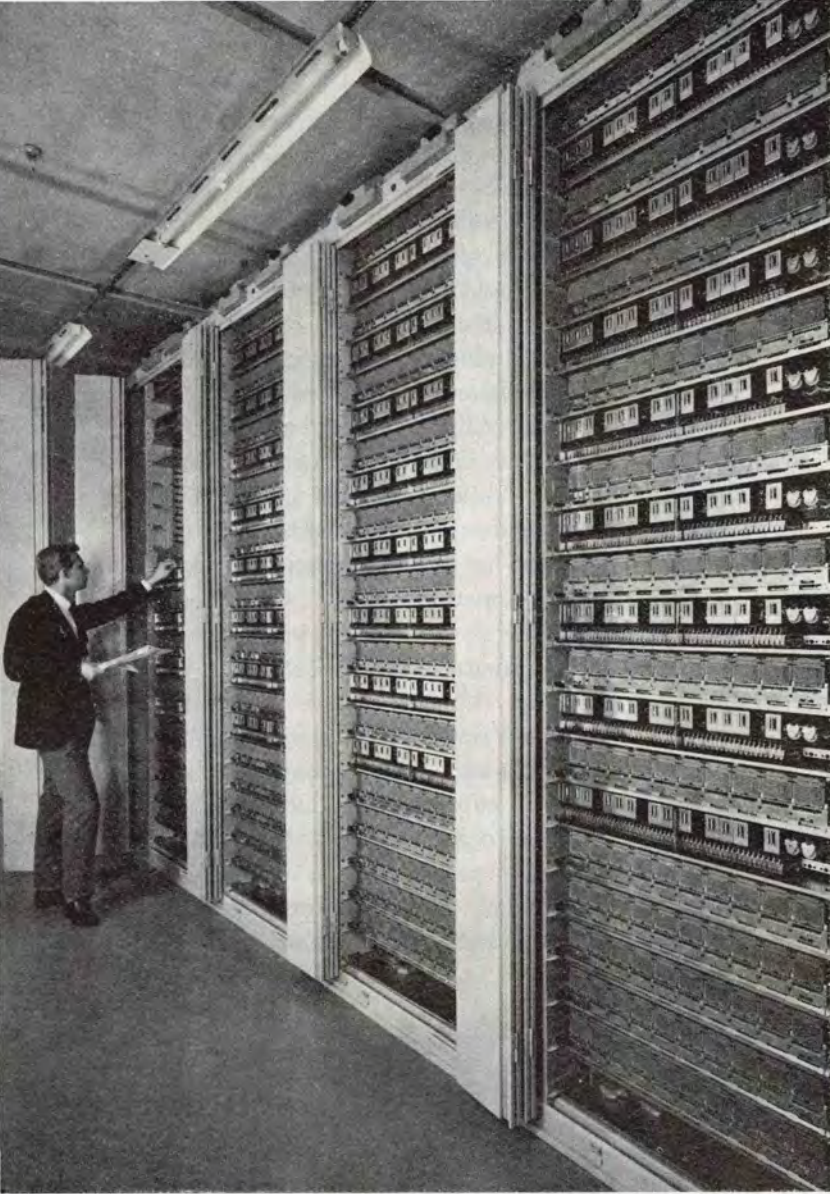
till lands, till sjöss och i luften. Tiden efter andra världskriget har framförallt präglats av utvecklingen inom halvledartekniken och upptäckten av transistorn 1948. Denna har medfört en revolution inom teletekniken och möjliggjort den snabba utvecklingen av exempelvis elektronisk databehandling.

En stor del av den teletekniska utvecklingen har ägt rum inom områdena telegraf,

telefon, telex, radio och television.² Telefonapparatens utveckling ur teknisk synpunkt har inneburit en förbättring av ljudkvalitén, en förbättrad verkningsgrad, dvs man har konstruerat mikrofoner som lämnar högre spänning och alltså förmår omvandla ljudenergin till kraftigare elektriska signaler än tidigare. Man har likaledes förbättrat hörtelefonens känslighet, vilket innebär att telefonen förmår omsätta svagare signaler än tidigare till hörbart tal. Telefonapparatens grundkonstruktion har inte ändrats så mycket under de gångna 50 åren. Man har övergått från användning av plåt till plast och har gjort den lättare och formgiven i enlighet med tidens krav. Ofta har utvecklingen av de svenska telefonapparatyperna skett i samarbete mellan Televerket och LM Ericsson. Allmänt känd är också den nya fontentyp som LM Ericsson utvecklade under 1950-talet under namnet kobran. LM Ericsson utförde genom att bygga samman mikrofon och hörtelefon till en handmikrofon en pionjärsats. I Förenta staterna behöll man i det längsta konstruktionen med separat hörtelefon och mikrofon.

Enskede telefonstation på 1920-talet. Bild från Tele-museum.





År 1968 öppnades i Tumba landets första datorstyrda automatväxel som byggts av L M Ericsson. Bilden visar växelns abonnentsteg.

Förstärkartekniken har möjliggjort konstruktion av högtalande telefoner, även om dessa ännu inte fått särskilt stor utbredning. I samband med 50-årsjubileet hos Televerkets verkstad i Nynäshamn 1963 demonstrerades nya automattelefoner där fingerskivan ersatts med en knappsats.

Utvecklingen inom telegrafområdet har för den stora allmänheten naturligtvis inte varit särskilt iögonfallande. Den gamla väl-

bekanta morsetelegrafan fanns i drift i Sverige ännu en bit in på 1940-talet och hade ur teknisk synpunkt inte utvecklats mycket sedan den först konstruerades. Däremot har utvecklingen mot fjärrskriftapparater (telex) varit kraftig och även om tillverkning av sådana apparater inte förekommer i Sverige har utbyggnaden av telexnätet gått mycket snabbt. Telexapparaterna infördes i början på 1930-talet och medförde en rationalise-

Det första Morsetelegrafibordet i Sverige, använt på linjen Stockholm-Uppsala 1853. Bild från Telemuseum.



ring genom att de kan betjänas av skrivmaskinskunnig personal och alltså ej fordrar speciellt utbildade telegrafister. Genom att

Fjärrskriftapparaten (Telex) i 1960-talets utförande.



placera telexapparaterna direkt hos abonnenter har man sluppit mellanhänder och mellanled i telegramtrafiken.

Sverige har alltid legat bland de allra främsta nationerna i fråga om telefontäthet. Om man räknar antalet apparater per invånare ligger vi närmast efter Förenta staterna. Räknar man efter antalet individuella abonnentledningar är Sverige främst i världen. Televerket bildades 1920. Detta innebar en möjlighet till strukturrationalisering och införande av enhetliga principer för telefonnätet i hela landet, vilket torde vara en förutsättning för att telefontekniken i ett land skall kunna utvecklas snabbt och effektivt, då man givetvis är bunden av en hård standardisering. Redan 1915 inkopplades den

första automatväxeln i landet; den byggde då på utländska konstruktioner men svenska telefontekniker startade tidigt att utveckla nya system. Därvid torde den över hela världen kända 500-väljaren av LM Ericssons fabrikat varit banbrytande. 1924 togs den första 500-väljarstationen i drift i Stockholm. Men redan år 1919 började vid Televerkets utvecklingsavdelning arbetet att ta fram en automatväxel konstruerad enligt den s k koordinatmetoden, vilken numera är allmänt accepterad över hela världen genom stor driftsäkerhet och snabbhet i kopplingsförfarandet och genom en enkel konstruktion. Det i Sverige utvecklade och nu allmänt accepterade sidvägssystemet med koordinatväljare har varit av mycket stor betydelse även om det inte uppmärksammats så mycket av allmänheten.

Slutligen bör också nämnas att Televerket och LM Ericsson i samarbete under 1950- och 1960-talen utvecklat och konstruerat elektroniska telefonväxlar och att den kommande generationens nya växelsystem satts i försöksdrift i Tumba och Nacka under 1968–69.

Kopplingstekniken har utvecklats kraftigt men dessutom bör man notera övergången från blanktrådsförbindelser på stolpar till nedgrävda kablar. Med blanktrådsförbindelser av järn kan tal överföras hörbart ca 200 km. Med grova kopparledning kan detta avstånd ökas till 1 800 km men med kablar blir överföringsavståndet väsentligt kortare, vilket sammanhänger med kablarnas signal-dämpande egenskaper. Man kan jämföra dem med en kapacitans som hela tiden läcker till jord. Kablarnas kapacitans kan delvis kompenseras med hjälp av serieinduktanser i ledningarna, den s k pupiniseringsen, och när denna infördes ökades räckvidden från ca 50 km till 200 km. Det var emellertid först elektronrören och förstärkartekniken som gjorde kablarna verkligen användbara.

Europas första långdistans-kabel lades ned år 1923 av Televerket mellan Stockholm och Göteborg. Kabeln hade pupinisering och var försedd med förstärkare inkopplade på re-

gelbundna avstånd längs ledningen. I ett land som Sverige med stora avstånd och i regel låg befolkningstäthet har givetvis fjärrförbindelseteknikens utveckling varit av enorm betydelse. De lyckade erfarenheterna ledde till en snabb ökning av kabelnätet. Ofta har kablarna lagts i anslutning till vägar och järnvägar. Även järnvägs elektrifieringen har indirekt befrämjat kabelutvecklingen, eftersom en blanktrådsledning påverkas kraftigt av störningarna från höga växelspanningar och strömmar i kraftledningar. De i marken nedgrävda kablarna blir genom sin skärmning okänsliga för sådana störningar.

En kabelförbindelse är en kapitalkrävande investering och forsknings- och utvecklingsarbetet inriktades därför på att öka utnyttningen av befintliga kabelnät. Elektronrören, förstärkartekniken och den radiotekniska utvecklingen ledde till den s k bär-frekvenstekniken, dvs att genom modulering på sändarsidan flytta det låga talfrekvensbandet upp till ett högre frekvensområde, den s k bärfrekvensen. Genom modulering av olika bärfrekvenser förflyttas de olika primära frekvensbanden till högre frekvensområden och placeras där så nära varandra som möjligt. Man har på så vis åstadkommit ett frekvensbandpaket som överförs på ledningen med hjälp av förstärkare. På mottagsidan sker sedan en separering genom olika filter och demodulationsförfaranden, så att man på nytt erhåller de individuella samtalen.³ Även här har de senare årens utveckling av transistor- och halvledarteknik, förstärkarteknik och framförallt filterteknik betydligt ökat och efter andra världskriget har bärfrekvenstekniken utvecklats ytterst kraftigt och Sverige intagit en ledande plats. Härigenom har det blivit möjligt att överföra ett stort antal samtal på ett givet frekvensområde.

År 1924 installerades ett enkanalsystem för bärfrekvenstelefoner på blankledning mellan Örebro och Sundsvall, men redan 1922 hade en tysk anläggning provats mellan Stockholm och Malmö. LM Ericsson utvecklade ett 3-kanalsystem som 1927 och 1929

levererades till Mexico. När man i bärfrekvenstekniken går mot allt högre frekvenser måste förstärkarna placeras allt tätare längs linjen, vilket naturligtvis är ett problem. 1940 infördes ett bärfrekvenssystem med 12 telefonkanaler på en speciell kabel mellan Göteborg och Malmö och 1935 års kabel mellan Stockholm och Göteborg kunde 1944 byggas om till ett bärfrekvenssystem som möjliggjorde överföring av tio 8-kanalsförbindelser.

Under andra världskriget utvecklades koaxialkabeltekniken och 1949 kunde man med hjälp av koaxialkablar öka kapaciteten på ett tubpar till 600 telefonkanaler. 1951 togs en sådan anläggning i drift mellan Stockholm och Göteborg. De 960 förbindelser som kunde etableras per tubpar var då världsrekord och Televerket har sedan dess fortsatt att vara ledande. 1962 togs ett koaxialkabelsystem för 2 700 förbindelser per tubpar i drift mellan Västerås och Örebro. Den högsta överförda frekvensen i detta system är 12 MHz. Arbete pågår för närvarande med tillverkning av ett nytt koaxialkabelsystem som skall överföra 10 800 telefonkanaler per tubpar med övre frekvensgränsen 60 MHz.

Fjärrförbindelsetekniken har också utvecklats genom användningen av radiolänkar och det första radiolänksystemet togs i drift på 1950-talet mellan Västervik och Gotland. Det var en förbindelse på ultrakortvåg med maximalt 48 förbindelser. Övergången till allt högre frekvenser och mikrovågsteknik, arbetande vid ca 6 GHz, har förbättrat överföringssäkerheten och dessutom ökat förbindelsekapaciteten till ca 600 kanaler. En sådan anläggning togs i bruk i slutet av 1950-talet mellan Falun och Mora. Den har sedermera följts av flera liknande anläggningar över hela landet såväl för telefontrafik som för överföring av TV-program och FM-radioprogram, det s k radiolänksystemet. Detta torde ha blivit ett uppmärksammat inslag i terrängen med alla de höga länktorn och master som överför radio- och TV-program, telefonsamtal, telex, data osv. I ett land som Sverige med långa avstånd och ofta svårtillgänglig terräng har radiolänktekniken varit gynnsam och genom att integrera teletrafikens olika grenar till ett gemensamt överföringssystem har ekonomin ytterligare förbättrats.

Radiotekniken har som tidigare nämnts utvecklats praktiskt taget helt och hållet un-

Tillgången på arbetskraft var god under 1930-talet, t ex vid denna läggning av telefonkabel i Huvudsta 1932. Bild från Stockholms stadsmuseum.



Klenkoaxialkabel med bärlina. Innerledaren utgörs av en koppartråd med ca 1 mm diameter och isoleras från ytterledaren av ett polyetenrör med 0,4 mm vägg tjocklek. Röret och innerledaren fixeras genom punktformiga hoptryckningar med jämna mellanrum. Ytterledaren formas kring polyetenröret av ett 0,15 mm tunt kopparband till ett cirkulärt rör. Ytterrörets innerdiameter är ca 4,4 mm. På kabeln kan överföras 120 telefonförbindelser. Kabeln har yttermåtten ca 10×16 mm och väger 19 kg/100 m.



der den gångna 50-årsperioden. 1919 fanns ett fåtal gnistradiosändare för kontakter mellan fartyg och land och mellan olika fartyg, vilket betydde mycket för trafiksäkerheten till sjöss. Den bekanta SOS-signalen infördes. Användningen av radioteknik i större omfattning krävde också internationellt samordnande och samarbete eftersom radiovågornas utbredning inte känner några nationella gränser. Kontakterna med utlandet växte i betydelse och det dröjde inte länge förrän radio började användas för förbindelse mellan kontinenterna. Telegramtrafik gick på långvåg över Atlanten och för sändningen av telegram togs 1924 Grimetons (Varberg) långvågsstation i drift. Den var en extrem långvågssändare med 18 000 m våglängd. Sändarantennen var hela 2,2 km lång. Mottagarantennen var 13,5 km. Till en början trodde man att det endast var dessa långa vågor som kunde användas men så småningom kom kortvågstrafiken, till mycket stor del tack vare radioamatörer som började arbeta med allt kortare våglängder och som därvid upptäckte att dessa spreds även på mycket långa avstånd. Övergången till kortvågstrafik, utveckling av elektronrör för högre frekvenser och större effekter jämte ökade kunskaper om vågutbredning och antenntillverkning, införandet av skiktantenner för sändning och mottagning, samt möjligheten att på mottagarsidan förstärka ytterst svaga signaler har gjort att radioförbindelserna fått allt större betydelse trots sin känslighet för störningar.

År 1922 på hösten utbröt radiofebern i vårt land då Svenska Radioaktiebolaget och Televerket började sända program. 1925 inledde Radiotjänst sin programverksamhet. Programdistributionen och utsändningen har ombesörjts av Televerket. Från att till en början ha överfört radioprogrammen på långvåg övergick man till en alltmer ökad användning av mellanvågsändare. Mellan de olika sändarna skedde distributionen av programmaterial via kablar eller blanktråd. Utbyggnaden av radionätet över hela världen visade emellertid att störningarna mellan



De regelbundna radioutsändningarna påbörjades av AB Radiotjänst i början av 1925 med den utrustning som visas på bilden. Bild från Stockholms stadsmuseum.

och av olika sändare kom att bli mycket betydande och det blev absolut nödvändigt att dela upp frekvensområdet och effekterna geografiskt och på andra sätt, t ex genom riktantenner, minska störningarna. Ett annat sätt att undvika störningarna var att införa trådradio, dvs använda telenätet för att genom ett bärfrekvenssystem överföra radioprogrammet i sådana områden där störningarna var besvärande.

Genom att ta i anspråk våglängdsband omkring 3 m har man kunnat utöka antalet sändare och mottagare över hela landet. Inom detta frekvensområde är räckvidden begränsad och man är beroende av fri sikt mellan sändare och mottagare. Detta gör det möjligt att låta ett stort antal sändare arbeta på samma frekvens om dessa

blott placeras i olika delar av landet. Skall man täcka ett större antal mottagare måste å andra sidan både sändar- och mottagarantennerna placeras ganska högt. Vi har därför i vårt land med den låga befolkningstätheten och skiftande topografiska förhållanden helt andra problem att lösa än de som gäller för flacka områden t ex i Holland och Danmark.

Användningen av ultrakortvågsbanden har också gjort det möjligt att införa ett nytt moduleringsystem, den s k frekvensmoduleringen FM, vilken har gjort att man får förbättrade mottagningsförhållanden ur störningssynpunkt. Även här har utvecklingen av elektronrör och sedermera dioder och transistorer varit av mycket stor betydelse. Eftersom mottagare med halvledare kräver

mycket mindre ström och har små dimensioner har batteridrivna radiomottagare fått en mycket stor spridning under de senaste åren. Mottagartillverkningstekniken har utvecklats bl a genom sk tryckta kretsar, och genom att stora serier kunnat tillverkas har mottagarpriset visat en gynnsam utveckling i förhållande till levnadskostnaderna i allmänhet.

År 1947 bildades på initiativ av H Sterky Nämnden för televisionsforskning med uppgift att studera de tekniska problem som kunde väntas uppstå i samband med införandet av TV i Sverige. Redan 1948 hade nämnden sin första försökssändare färdig på Tekniska högskolan i Stockholm och det dröjde inte länge förrän frågan om television i Sverige var ur teknisk synpunkt utredd, och man borde ha kunnat starta reguljära TV-sändningar i åtminstone stora delar av landet. Men först 1956 kunde svenska folket börja se reguljära TV-program. Det uppdämda behovet och efterfrågan av TV-apparater var så stark att alla prognoser om utvecklingen vida överträffades och även på sändarområdet skedde en mycket snabb uppbyggnad.

Transporter

Sveriges utveckling till ett industriland med hög produktivitet har uppnåtts genom en allt längre driven mekanisering och specialisering, längre produktserier samt möjligheterna att föra arbetskraft och råvaror till fabriker och att distribuera de färdiga produkterna därifrån.

En anmärkningsvärt stor del av vår bruttonationalprodukt går åt till transporter, vilkas art är mycket varierande. Här ingår givetvis de vanligaste transportmedlen, tåg, bil, båt och flyg men även hissar, transportörer, ledningar för vatten, gas, avlopp och el kan räknas in, även om de inte alltid är lika påtagliga för alla och envar. Även hanteringen av transporterat gods och hjälpanordningar som lastapparater, truckar etc kan anses falla inom transportområdet.

Under de gångna 50 åren har våra transportmedel utvecklats kraftigt.⁴ År 1919 transporterades mycket fortfarande med häst och vagn, man cyklade och började åka motorcykel. Under 50-årsperioden kom personbilarna i växande antal, lastbilar och bussar utvecklades, spårvagnar gick, tunnelbanor byggdes, tågen fick annat utseende, andra



Innan bilen blev allmän fyllde bussarna en betydligt större uppgift som kommunikationsmedel på landsbygden och i städernas förortsområden. Denna buss trafikerade 1923 Stockholms södra förorter. Bild från Stockholms stadsmuseum.



Omkring år 1915 tillverkade Scania-Vabis denna lastbil för oljedistribution. Bild från Stockholms stadsmuseum.

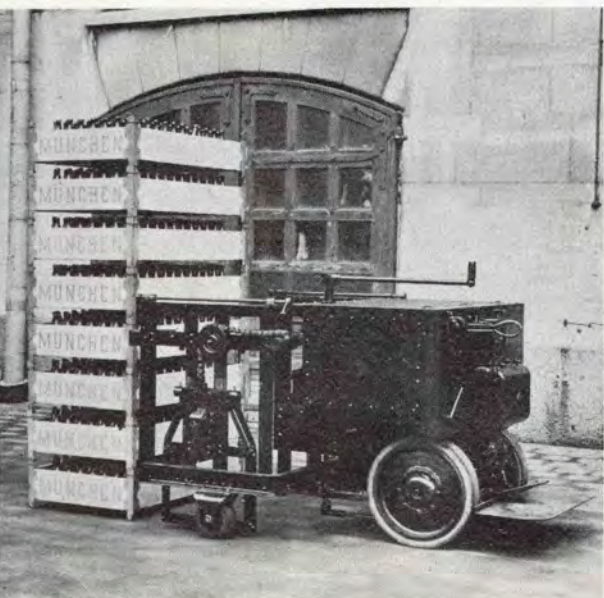
hastigheter och många järnvägar lades ned, flyget kom och utvecklades enormt, kanalerna i Sverige miste sin betydelse i stort sett, fartygen blev större och större och utrustades med nya maskinerier. Vi fick högspänningsledningar och vi har börjat planera stora underjordiska vattenledningar för försörjning av de landsändar där vattnet på grund av en ändrad befolkningsfördelning inte längre räcker till.

En avsevärd förändring och förskjutning mellan olika transportmedels roll i transportarbetet kan konstateras. Tågfrakt har i många fall ersatts av lastbilsfrakt, persontransporter på tåg har ersatts med individuella personbilsresor. Med all säkerhet kommer omstruktureringen att fortsätta. Sannolikt kommer de långa tågen med tankvagnar och tankbåtarna i kustsjöfart att ersättas av rörledningar. Flygtrafiken ger nya möjligheter att transportera gods både inom och utom landet. Kanske kommer flyget som godstransportmedel för Sveriges del att betyda ännu mer när de tunga basindustrierna, trä, cellulosa, papper, järn och stål inte längre intar samma dominerande plats i vår utrikeshandel utan ersätts av allt mer hög-

förädlade tekniska produkter med en vikt och ett värde som gör dem lämpliga att distribueras med flyg till en växande världsmarknad utan vilken vår industri inte kan få de kvantiteter och tillverkningsserier som fordras i den allt hårdare världskonkurrensen.

Lastbil från Scania-Vabis med sexcylindrig fyrtakts dieselmotor på 275 hk försedd med avgasdriven turbinkompressor.





Användning av gaffeltruckar i förening med lastpallar har inneburit en avsevärd arbetsbesparing och minskning i tidsåtgången vid lastning och lossning av gods. Gaffeltruck från 1920.

Den industriella utvecklingen är motivet och förutsättningen för en uppbyggnad av transportapparaten. Råvaror skall föras fram till fabrikena, färdiga produkter skall spridas därifrån, men persontransporten har utvecklats samtidigt med industrialiseringen. De varor som produceras skall säljas och försäljningsproceduren kräver medverkan av många människor och många personliga kontakter. Hela vårt samhälle är grundat på ett väl utvecklat transportsystem och allt eftersom befolkningstillväxten framskrider kommer transporter och kommunikationer att bli än mer betydelsefulla. Måhända kommer datateknik och teletekniska hjälpmedel att ge oss möjligheter att bättre analysera rörelsemönstret och dess inverkan på olika delar av samhället, vilket kan ge oss nya värderingar och kanske även en annan syn på hur kommunikationerna i vid bemärkelse bör vara organiserade i ett effektivt och mil-

Batteridrivna gaffeltruck för maximalt 1 500 kg från 1969.





Den första helsvenska serietillverkade personbilen lämnade Volvos monteringslinje den 14 april 1927. Modellen, som gjordes i 205 exemplar, var treväxlad och drevs av en fyrcylindrig motor på 28 hk.

jövänligt samhälle. Många resor kommer att ersättas av andra möjligheter till kontakt, kanske kommer våra kanaler att på nytt utvecklas därför att miljöförstöring genom avgaser, trafikolyckor etc påverkar vårt tanke-sätt och vår bokföring av dessa kostnader.

Bilen är kanske det fortskaffningsmedel som betytt mest under den gångna 50-årsperioden. Bilen har som grundkonstruktion ur teknisk synpunkt inte ändrats mycket under denna tid, men den har kunnat framställas med nya metoder och till sådana priser att den blivit överkomlig för allt fler människor. Den har också fått förbättrade kör- och vägegenskaper, högre driftsäkerhet samt anpassats så att den kan hanteras av alla. Bilens betydelse för samhället och dess inverkan på samhällets utveckling och människornas livsvillkor har inte kunnat förutses. De prognoser om bilismens utveckling som gjordes efter andra världskriget har vida

Under avspärningen i början på 1940-talet hölls ett begränsat antal bilar igång genom användning av gengasaggregat eldade med ved. Bilden visar slagning av ett sådant år 1941. Bild från Stockholms stadsmuseum.



Personbilar i bruk tiden 1923—1968

År	Antal bilar	Invånare per bil
1925	59 122	102
1930	103 644	59
1935	109 096	57
1940	34 646	184
1945	50 108	133
1950	252 503	28
1955	636 543	11
1960	1 193 913	6,3
1965	1 792 671	4,3
1968	2 071 303	3,8

överträffats. Men svårigheterna att förutse utvecklingen har också medfört att bilens följdinvesteringar, såsom vägar, parkeringsmöjligheter, service- och underhållsverkstäder, inte heller kunnat förutses och planeras. Bilarnas försörjning med drivmedel har givetvis påverkat handelsbalansen.

Vägens utveckling karakteriseras främst genom ökad bredd och bärighet samt permanent beläggning. Ett växande antal fordon och krav på ökad säkerhet har medfört att vägbyggandet har präglats av ett systemtänkande, ett samspel mellan väg och fordon, och gett till resultat nya normer för vägsträckning och kurvor och principer för planering av korsningar. Anläggningstekniken och produktionshastigheten har också förbättrats genom en starkt ökad mekanisering. År 1918 fanns 64 000 km landsväg, 1939 84 000, 1959 93 000 km varav 12 % belagd väg. 1968 var vårt totala vägnät 97 000 km, varav 25 % belagda. Inom städerna och framför allt storstäderna har gatubyggandet måst kompletteras med stora anläggningsarbeten för trafikleder, vilket krävt mycket

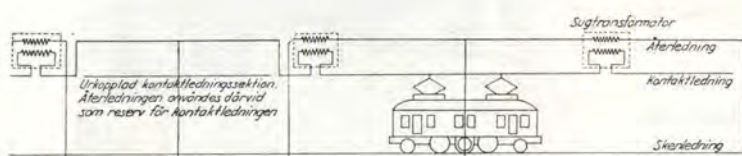
stora insatser av kapital och markutrymme.

Lastbilstrafiken ställer krav framför allt på trafikledernas bärighet, medan personbilstrafiken i huvudsak kräver kapacitet, hastighet och säkerhet. Den växande fordonsströmmen och bristande kapacitet hos gatunätet har medfört att i städerna måst byggas stora trafikregleringssystem med ljussignaler. Försök att med datorer ytterligare höja kapaciteten och minska köer och väntetider har inletts. Genom uppbyggnad av flera mindre datorstyrda trafiksignalsystem som mäter trafikflödets olika variabler och som styrs genom ett centralt datasystem önskar man uppnå ett balanserat trafikflöde genom de olika stadsdelarna med maximal kapacitet och minsta möjliga tidsförluster.

Järnvägs elektrifiering

År 1905 inleddes de första försöken med elektrisk drift på svenska järnvägar.⁵ 1915 elektrifierades bandelen Kiruna-Riksgränsen för att vinna erfarenheter. För 50 år sedan provades alltså med, som det visade sig, gott resultat elektrisk järnvägsdrift på en sträcka med avsevärda stigningar, med hårt klimat och tung trafik, en teknik som sedermera på ett genomgripande sätt skulle förändra huvuddelen av vårt järnvägsnät. Elloken drog dubbel last, gick dubbelt så fort i uppförbackarna och visade lägre driftskostnader. Under 1920- och 1930-talen elektrifierades över 3 000 km. År 1942, när materielknappheten under andra världskriget satte in, hade 30 % av järnvägsnätet eller 4 400 km elektrifierats. 1948 hade den elektrifierade sträckan stigit till 5 900 km.

Elektrisk drift av långa järnvägssträckor blev praktiskt och ekonomiskt genomförbar sedan man utvecklat möjligheterna att över-



Genom användning av sk sugtransformatorer och separat återgångsledning kunde bandriftens störningar på telefonnätet minskas väsentligt. Ur: Elektroteknisk handbok. Band 3, Stockholm (Natur och Kultur) 1950.



Tågens rörelser styrs och övervakas genom fjärrmanövrering av växlar och signaler inom stora områden från centralt placerade ställverk. Bilden visar ett CTC (Centralized Traffic Control) ställverk i Ånge.

föra högspänd växelström. Transformortekniken, låga överföringsförluster samt växelströmsmotorns driftsegenskaper och goda verkningsgrad var här avgörande.

Med de goda erfarenheter som vunnits i norr beslöt Statens järnvägar några år senare att elektrifiera västra stambanan. Man avsåg därvid att liksom mellan Kiruna och Riksgränsen själv svara för generering och distribution av erforderlig kraft. Häremot reagerade Vattenfallsverket. Även Telegrafverket och teleteknikerna motsatte sig elektrifiering med högspänd, enfas växelström, då detta system visat sig vålla störningar på telegraf och telefonförbindelser. Teleteknikerna önskade därför strömförsörjning med 3 kV likström.

För att slita tvistigheterna tillsatte Kungl Maj:t 1920 två kommittéer som 1923 enhälligt föreslog drift med $16\frac{2}{3}$ Hz enfas växelström vid 16 kV. De teletekniska störningarna hade kunnat minskas effektivt med hjälp av sugtransformatorer och återledning. Elkraften skulle erhållas genom anslutning till det allmänna kraftnätet och inmatas till spårledningen via omformare, placerade på lämpliga punkter längs linjerna. Stora fördelar vanns genom detta. Särskilda genera-

torer och långa överföringsledningar behövdes ej och strömförseln blev pålitlig genom matning från ett stort antal samkörande kraftverk. Omformarna medverkade till konstanthållning av spänningen vid lastvariationer samt förbättrade verkningsgraden och överföringsförmågan hos både det allmänna trefasiga nätet och det enfasiga förbandriften. Användningen av roterande omformare mellan de båda näten skilde dem elektriskt och reducerade därigenom spridning av störningar från bandriften.

År 1926 öppnades västra stambanan för eldrift. Efter ytterligare fem års prov och värderingar beslöt statsmakterna 1931 att fortsätta elektrifieringen i ökad omfattning. Genom världshändelserna 1939 med avspärning, brist på olja och bensin och ökat transportbehov kom järnvägelektrifieringen att bli än mer betydelsefull för den svenska samhällsekonomin och insatserna gjorde Sverige till en ledande nation på banelektrifieringsområdet.

Liksom på många andra områden av allmännyttig karaktär uppnåddes det goda resultatet genom intimt och för båda parter stimulerande samarbete mellan i detta fall Statens Järnvägar och företaget som ASEA,

Svenska Järnvägsverkstäderna, Motala Verkstad och Nydqvist & Holm.

Järnvägselektrifieringen har utan tvekan inneburit en genomgripande förändring av vårt kommunikationsnät och utvecklingen av systemet med elektrisk drift har fortsatt. Exempel härpå är införandet av tyristorstyrda lok med likströmsmotorer, snabba elektriska motorvagnståg med drivkraften fördelad på flera axlar och flera parallellt arbetande och fjärrstyrda motorer. Den har även omfattat byggande av stora teletekniska nät för kommunikationsändamål och elektriska signal- och säkerhetssystem. Ställverk, växlings- och rangeringsarbete har automatiserats. Det s k CTC-systemet (Centralized Traffic Control), har införts och präglar 1950- och 1960-talens elektrifieringsarbeten. Dessa decennier har även präglats av den s k dieselifieringen av bansträckor med mindre trafikunderlag varigenom mindre lönsam drift med ånglok ersatts med dieleldrivna lok och motorvagnståg.

I framtida järnvägsdrift kommer på de tra-

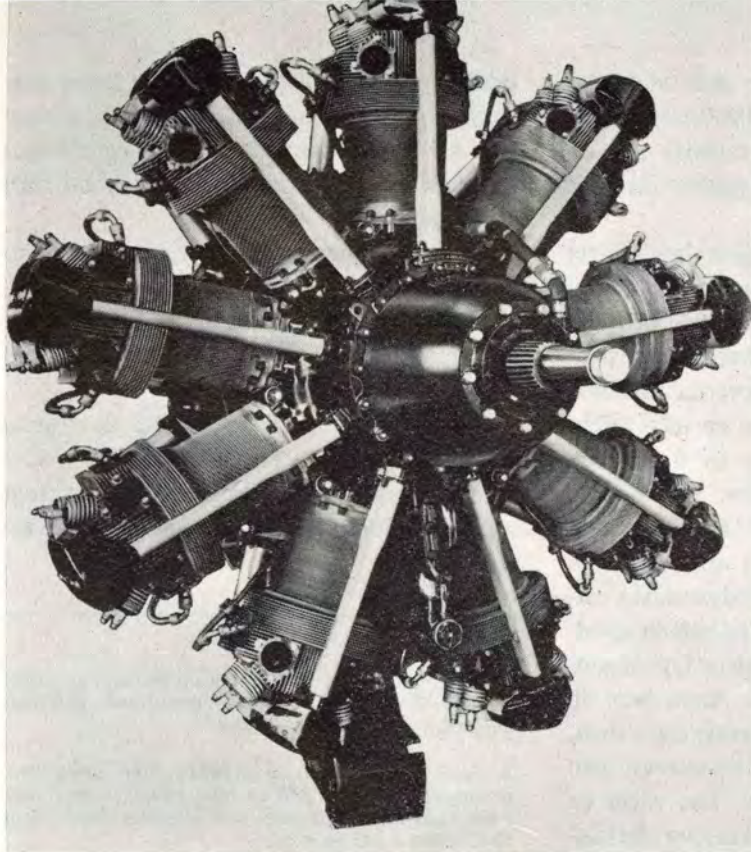
fikintensiva bandelarna automatisering, styrning och reglering med hjälp av datorer och överföringssystem för styrsignaler direkt till lokmaskineriet att möjliggöra ökade hastigheter, större säkerhet och högre utnyttjande av spårssystem och vagnspark. Innan 1970-talet är till ända bör kontinuerlig trådlös förbindelse mellan ellokens förare och trafikcentralerna ha införts liksom styrning av tågen direkt från en dator med vidsträckt överblick och kapacitet att övervaka, styra och snabbt lösa uppkomna störningar i det komplicerade system med många variabler som järnvägsbefordran av gods och människor utgör.

Flyg

År 1919 genomfördes den första flygningen över Atlanten av det engelska luftskeppet R 34. 1929 flög Graf Zeppelin jorden runt. 1919 inrättades för första gången regelbunden lufttrafik i Europa, nämligen mellan London och Paris, och samma år bildades

Ballongen förlorade under början av 1900-talet sin plats som kommunikationsmedel. Bilden visar en ballong förd av F Catti efter landning vid Gnesta. Bild från Stockholms stadsmuseum.





1933 levererade NOHAB Flygmotorfabriker AB, föregångare till Svenska Flygmotor AB, det första exemplaret av en på licens från Bristol byggd niocyndrig stjärnmotor på 600 hk. Vikt 440 kg.

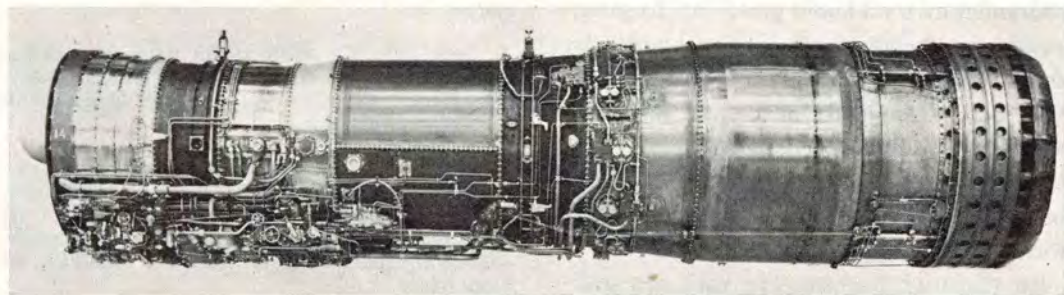
Svenska Lufttrafik AB som under ett par år försöksvis bedrev luftposttrafik.⁶

AB Aerotransport (ABA) bildades 1924 och 1927 flög Charles Lindberg ensam över Atlanten. 1929 genomfördes många märkliga flygarbragder. R E Byrd flög från Spetsbergen till Nordpolen och tillbaka, samt gjorde andra anmärkningsvärda flygningar mellan

Kalifornien och Australien, England och Indien, Australien och England. Svensken G André genomförde i oktober 1929 en flygning från Stockholm till Kapstaden. Samma månad flög på ett dygn Byrd, Balchen och McKinley från Södra Ishavet till Sydpolen och tillbaka. Det var det årets rymdfärder!

Sveriges flygvapen skapades 1925 genom

Av Svenska Flygmotor AB i samarbete med Pratt & Whitney utvecklad reamotor för flygplan 37 "Viggen".



sammanslagning av arméns och marinens flygväsen. Under 1920- och 1930-talen skedde en uppbyggnad av både militära och civila flygresurser. Bromma flygplats invigdes 1936.

Det första svenska reguljära trafikflyget använde sjöflygplan tillverkade i Tyskland av Junkers. 1932 insattes den sedermera så berömda typen JU-52, ett tremotorigt plan helt byggt i lättmetall. Motorerna var luftkylda stjärnmotorer och hade en total effekt av 1 300 kW. Planet vägde ca 9 ton och marschfarten var 215 km/tim. JU-52 hade två mans besättning och tog 16 passagerare. År 1937 kom Douglas DC-3, vilken typ blev banbrytande genom sin aerodynamiska utformning. Den fick en livslängd och en spridning som sannolikt ingen annan typ någonsin mer kommer att uppnå. Ännu mer än 30 år senare finns plan av denna typ i drift. DC-3 har två luftkylda stjärnmotorer med en total effekt av 1 500 kW. Det väger ca 11 ton och flyger med 300 km/tim. Besättningen är fyra-fem man inkl flygvärdinnan och planet tar 21 passagerare.

År 1939 förändrades möjligheterna för civilflygets utveckling radikalt, men den våldsamma utveckling som skedde på militärflygets område visade vilka möjligheter som skulle öppnas för en fredlig användning av ett av de vapen som präglade andra världskriget.

Speciellt vanns erfarenheter av tunga transporter på långa avstånd och över oceaner. Flygplanens driftsäkerhet ökades samtidigt som nya radio- och radarkonstruktioner samt instrument- och navigeringsutrustning gjorde flygning allt mindre väderberoende och tillät flygning i och genom moln. Införandet av tryckkabin gjorde att flygningar utan hindrande syrgasmasker kunde ske på allt högre höjder där luftmotståndet är lägre och väderleksförhållandena är gynnsamma och stabila. Utveckling av servosystem för styrning och reglering av motorer, roder och landningsställ möjliggjorde allt större plan och högre hastigheter.

Ett väsentligt framsteg har varit den ställ-

bara propellern varigenom de allt högre motoreffekterna kunnat utnyttjas bättre i relation till propellrarnas varierande egenskaper på olika höjder vid olika farter och vid start och landning.

Högt propellervarvtal plus hög flyghastighet i närheten av ljudets gav allt sämre verkningsgrad för propellerdriften vilket ledde till reaktionsmotorn, vars verkningsgrad växer vid stigande hastighet.

I slutet av augusti 1939 flög det första reaktionsflygplanet, en Heinkel 178. Under kriget utvecklades reatekniken ytterst kraftigt av de krigförande länderna, särskilt i Eng-

1. Saab 17. Saabs första egenkonstruerade plan. Levererades 1940–1944 såsom störtbomb- och spaningsplan i över 300 exemplar.

2. Saab 18. Ett lätt bombplan med jaktplansprestanda. Var med 570 km/tim på sin tid världens i sin klass snabbaste plan och byggdes under åren 1942–1948 i 245 exemplar.

3. Saab 21. Det första svenskbyggda reoplanet. Byggdes under åren 1949–1951 i ett sextiotal exemplar.

4. Saab 29. "Flygande Tunnan". Provflögs första gången 1948 och levererades i nära 700 ex under åren 1951–1956. Västeuropas första jaktplan med pilvingar. Konkurrerade i prestanda med bla det ryska jaktplanet Mig 17 och det amerikanska Sabre. Maxhastighet 1 060 km/tim. Planet hade utomordentliga flygegenskaper och var mycket omtyckt i flygvapnet. Togs ur tjänst 1967.

5. Saab 32 "Lansen". Attack- och jaktplan med ljudhastighet. Provflögs 1952 och levererades i nära 450 ex under åren 1955–1957.

6. Saab 5 35 "Draken". En avancerad pionjärkonstruktion med dubbel deltagning och med överljudsfart. Provflögs 1955 och tillverkas fortfarande i jakt- och spaningsversioner. Ingår som en viktig länk i det svenska försvarssystemet Stril 60. "Draken" anses vara ett av Europas effektivaste vapensystem.

7. Saab 105. Ett skolflygplan med stor mångsidighet från 1963. Användes av Flygvapnet under beteckningen Sk60 och kan vid behov kompletteras till ett lätt attackplan.

8. Saab 37 "Viggen". Provflögs första gången den 8 februari 1967. Skall bilda stomme i 1970-talets svenska luftförsvar. Konstruerat med tanke på mångsidig användning som attack-, jakt-, spanings- och skolflygplan och för start och landning på korta banor.



land där F Whittles reaktionsmotor med gasturbindriven kompressor blev grundläggande för readriftens enorma utveckling och dominans efter kriget. Sedan många materialproblem vid de höga gasturbintemperaturerna om 700–900°C lösts, utvecklades reamotorn som har ett fåtal roterande delar till en mycket driftsäker och slitstark konstruktion.

Flygplanens krav på fria utrymmen, långa start- och landningsbanor med hög bärighet och jämnhet har gjort att man sökt utveckla flygplan med förmåga att starta och landa vertikalt, att stå stilla i luften över en viss punkt och att förflytta sig i olika riktningar inom små områden.

Resultaten har blivit autogiron och helikoptern medan senare konstruktioner av STOL- (short take-off and landing) och VTOL- (vertical take-off and landing) plan ännu ej syns färdigutvecklade och utprovade.

På La Ciervas autogiro ersattes vingarna av en rotor som drevs av fartvinden och av den propellerförsedda motorn vid start. Helikoptern fick sitt genombrott under andra världskriget och utnyttjar ett eller flera motordrivna rotorblad. Den har utvecklats till ett värdefullt militärt och civilt hjälpmedel för spanings- och räddningstjänst och för transporter av passagerare och gods korta sträckor och vid för vanliga flygplan olämpliga terrängförhållanden då den har små anspråk på landningsplatsen.

För närvarande syns tendensen i utvecklingen även inom flyget gå mot allt större enheter med en lastförmåga av 500 passagerare eller motsvarande. Boeing 747 Jumbojet är ett sådant plan som skall sättas i trafik inom de närmaste månaderna. Sovjetunionen har provflugit ett överljudsplan TU 144 och det motsvarande fransk-brittiska samarbetsprojektet Concorde, ett överljudsplan som väger 150 ton och skall ta ca 120 passagerare, är under utprovning.

Överljudsplanens berättigande är föremål för en intensiv debatt, och man kan förutse att även flygsäkerhetsfrågorna kommer att bli mycket uppmärksammade när jättejet-

planen sätts i reguljär trafik under det kommande året.

År 1943 bildades Svensk Interkontinental Lufttrafik AB (SILA) och avtal träffades med ABA om ett intimt samarbete, varigenom ABA skulle svara för den europeiska trafiken och SILA för den interkontinentala. 1945 öppnade SILA trafik mellan Stockholm och New York med ombyggda »flygande fästningar», Boeing B-17. Genom ett avtal mellan de nordiska ländernas flygbolag ABA, DDL och DNL bildades 1950 Scandinavian Airlines System (SAS) såsom en direkt utveckling och effektivisering av det samarbete som SILA, DDL och DNL inlett 1946. SAS verksamhet, och därigenom en samfällid nordisk insats på lufttrafikens område, har varit en förutsättning för de nordiska ländernas exploatering av den exceptionellt snabbt växande flygtransportmarknaden, där nya och större och förbättrade flygplanstyper avlöst varandra i snabb följd och tekniska resurser krävt stora kapitalinvesteringar. Även om utvecklingen i olika länder från tid till annan visat tendenser till protektionism och favorisering av nationella intressen är det internationella flyget ett gott praktiskt exempel på internationell samordning och samarbete, vilket möjliggör hög utnyttjning av dyrbara markanläggningar och ett tillhandahållande av tjänster vilket gjort flyget till ett kommunikationsmedel med sådan kapacitet att dagens människa är praktiskt taget obunden till tid och rum. Jordklotet har krympt och tidigare restider på månader och veckor har minskats till timmar.

Under åren 1909–1929 var svensk flygplantillverkning av ringa omfattning, men förekom på flera platser i landet.⁷ 1930 upp- tog AB Svenska Järnvägsverkstäderna (ASJ) i Linköping tillverkning av flygplan och under 1930-talet var även Götaverken och Flygvapnets centrala verkstäder i Malmslätt och Västerås flygplansbyggare.

ASJ och AB Nydqvist & Holm i Trollhättan bildade 1937 en flygindustri som två år senare omorganiserades till Svenska

Aeroplanaktiebolaget (SAAB) i Linköping och Trollhättan. SAAB åtog sig att täcka flygvapnets behov av maskiner under beredskapstiden och växte på kort tid till ett företag med en efter svenska förhållanden ansenlig teknisk kapacitet och med konstruktioner av hög internationell klass.

Svävare

Farkoster har utvecklats vilka svävar ovan marken på en luftkudde som alstras genom en gasturbindriven fläktanordning. Framdrivningen sker med propeller. En svävfarkost kan ta sig fram över mjuka eller halv-hårda ytor som vatten, träsk, mindre buskvegetation etc, där spår och vägar ej kan anläggas till rimlig kostnad eller där farleds-djupet ej tillåter fartygstrafik.

Svävare transporterar sedan 1965 passagerare, bilar och frakt över Engelska kanalen med 2-5 gånger högre hastighet än fartygen. Lastförmågan är ett par hundra passagerare och ca 30 bilar.

Svävare bör kunna bli en tänkbar lösning för skärgårdstrafik året runt och för färjetrafik på medellånga distanser, där hastigheter omkring 150 km/tim kan tidsmässigt avsevärt krympa avståndet, exempelvis till Gotland.

Rederierna Svenska Lloyd och Svenska Amerika Linien har engagerat sig i svävartrafik över Engelska kanalen. Företrädare för svävar-tekniken anser, att framsteg på området kommer att göra förslag till tunnel under eller bro över Engelska kanalen inaktuellt.

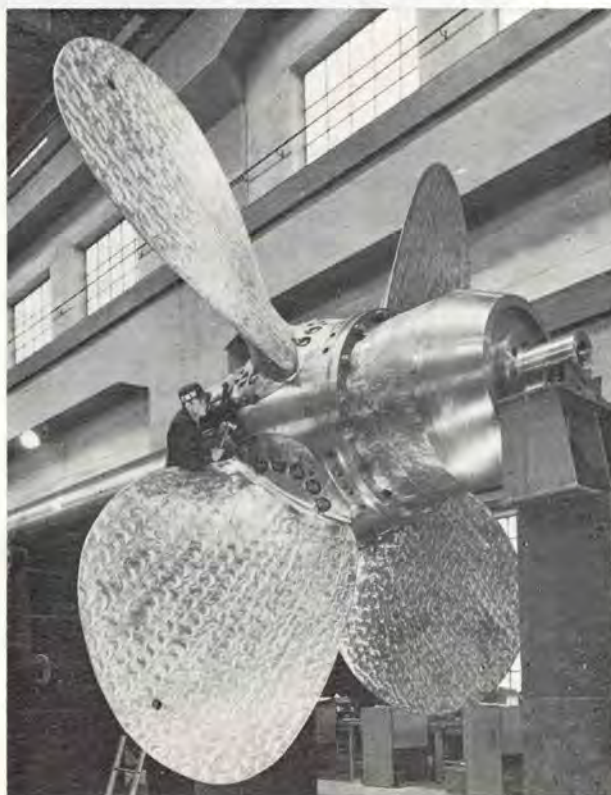
Svävar-tekniken med en luftkudde mellan fordon och underlag har också på försök använts för spårbunden trafik i Frankrike och anses kunna bli ett lämpligt kommunikationsmedel i storstadstrafiken. Svävtågets möjligheter begränsas dels av spårets ofullkomligheter och ojämnheter, dels av svårigheten att utforma en luftkudde som förmår uppta krafter av varierande storlek i olika riktningar. Sedan styr- och reglersystem för kompensering av dessa variationer utveck-

lats anser experter den maximala hastigheten hos ett svävtåg ligga omkring 500 km/tim med drivkraft som blott är en femtedel av den som ett flygplan kräver. Slitaget på banan, som placeras på betongpelare, anses dessutom bli mycket lågt.

Fartygsutvecklingen

Även om år 1919 ett par fullriggare byggdes i Göteborg och segelfartygen fortfarande var fler än ång- och motorfartygen, hade deras betydelse definitivt försvunnit. Ångfartygen dominerade sjöfarten och tendensen var då, liksom nu, allt större och snabbare fartyg. Skeppsbyggeritekniken utvecklades genom bättre möjligheter att hantera tyngre material och genom ny sammanfogningsteknik. Helsvetsade fartyg levererades från slutet av 1930-talet och nitningen försvann successivt från varven. Framdrivningsmaskinerna utvecklades. Kunskapen om propellerns egen-

KaMeWa-propeller med 6,6 m diameter, en av världens största propellar med ställbara blad, avsedd för M/S Nuolja (72 500 ton dödvikt 1966) och tillverkad vid Karlstads Mekaniska Werkstad i Kristinehamn. Med ett reglage på bryggan kan propellerbladstigning och varvtal varieras steglöst.





Innan tekniska långtidsprognoser blivit aktuella lämnade författare sina beskrivningar av framtida teknik och tecknare sökte åskådliggöra dessa i bild. Denna version av ubåten Nautilus är hämtad ur den av G Nordenskiöld redigerade svenska Jules Verne-utgåvan från 1893.

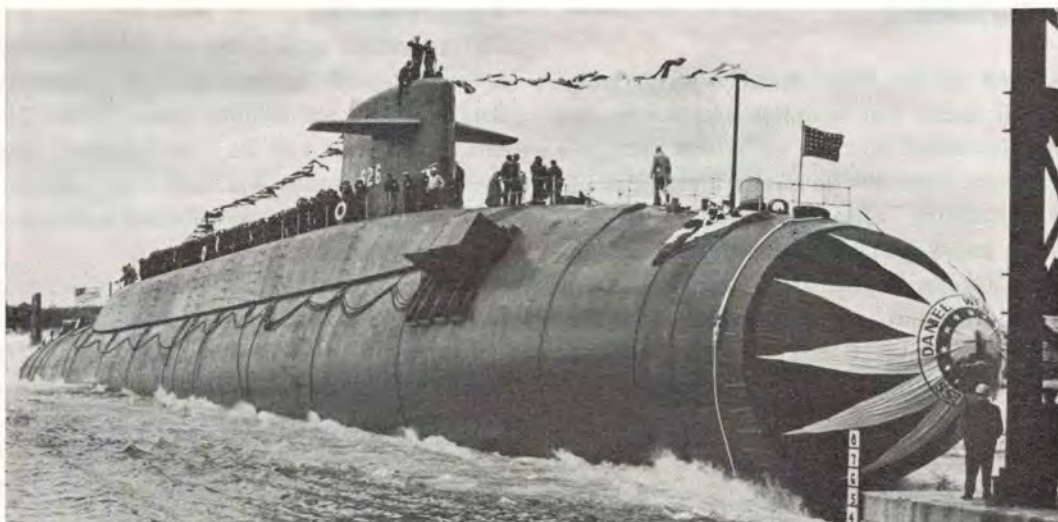
skaper och möjligheterna att mäta och analysera skrovutformningens inverkan på vattenmotståndet har varit betydelsefulla led i utvecklingen, och bland annat gett till resultat den s k bulbstäven. Det dominerande framdrivningssättet är och har varit dieselmotorer, men allt eftersom fartygens storlek ökat och anspråken på hastighet vuxit har ångturbindriften blivit praxis för större enheter som tankfartyg.⁸

I en del fall har turboelektriska eller dieselektriska system använts, dvs propellarna drivs av elmotorer, vilka får sin kraft från turbin- eller dieseldrivna generatorer. Dessa kombinationssystem ger goda möjlig-

heter att styra och reglera propellarna, vilket är av stor betydelse för exempelvis isbrytare.

Under 1930-talet utvecklades den s k KaMeWa-propellern, en propeller med vridbara blad som regleras på hydraulisk eller mekanisk väg. Den har fått stor betydelse genom sin möjlighet att finreglera drivkraftens storlek och riktning, i början för mindre fartyg men numera även för stora.

Det alltmer växande behovet av olja över hela världen har verkat pådrivande på storleksutvecklingen och genom Suezkriserna 1956 och 1967 påskyndades denna utveckling.



Kärnkraft för fartyg har med undantag av försöksdrift på handelsfartyg hittills endast utnyttjats inom marinen. Bilden visar Förenata staternas 44:e kärnkraftdrivna undervattensbåt Daniel Webster. Bild från Amerikanska ambassaden.

Även om det ur byggnadsteknisk synpunkt inte finns någon gräns uppåt sätter dock varvens storlek och belägenhet och farledernas och hamnarnas vattendjup gränser.

Förutom ökningen av fartygens storlek, främst för tankfartyg, har tendensen varit att åstadkomma fraktfartyg med långt driven specialisering som kan underlätta lastning och lossning. Man har strävat att integrera fartygen i hela transportsystemet och åstadkomma kollin som har enhetlig storlek och lättare kan hanteras. Detta har lett till konstruktion och byggande av sk containerfartyg.

En annan strävan har varit att automatisera fartygsdriften och reducera besättningen samtidigt som navigerings- och driftsäkerhet höjts och underhållskostnaderna minskats genom optimalt utnyttjande av maskineriets kapacitet.

Under 1950-talet ansågs kärnkraft erbjuda stora möjligheter även på det civila området och några handelsfartyg och isbrytare byggdes på försök. Det förefaller emellertid som om man ej uppnått önskad driftsekonomi och experter anser att kärnkraftdrift inte blir lönsam förrän effektbehovet uppgår

till 40 MW, ett värde som motsvarar behovet hos ett tankfartyg på 300 000 ton dödvikt eller ett containerfartyg på 30 000 ton och med farter kring 55 km/tim (30 knop).⁹

Litteratur

1. Specialnummer med 25-årig återblick. Tele 71 (1965) 4.
2. En del om el. Minnesskrift utgiven till Sveriges Elektroindustriförenings 50-årsjubileum 1968. Sthlm 1968.
3. Laurent, T: Frequency filter methods. Sthlm 1964.
4. Åström, T R: Till lands, till sjöss och i luften. »De 50 åren». Sthlm 1960 p. 107-164.
5. Statens Järnvägar hundra år, 1856-1956. Minnesskrift utgiven av Kungl Järnvägsstyrelsen. Sthlm 1956.
6. Fifty years of aeronautical research. Wash. D C (NASA) 1968.
7. Kindberg, N P A: Svensk flygindustri genom tiderna. Del I-III. Daedalus. Tekniska Museets årsbok 1965, 1966, 1967.
8. Rinman, T: Handelsflotta och sjöfart. Sverige på världshaven. Malmö (Allhem) 1956.
9. Oceanborne shipping: Demand and technology forecast - Part I-II. Litton Systems, Inc. Culver City, Calif. 1968. (Clearinghouse PB 179142, 179143).

Läkemedel

Av den tidigare tillbakablicken på de gångna 50 årens vetenskapliga upptäckter om livsprocesserna framgår att viktiga iakttagelser gjorts vilka lett till ökade kunskaper om organismernas uppbyggnad och funktion. Dessa kunskaper har bland annat tillämpats inom läkemedelsindustrin, sjukvården och livsmedelsindustrin. Utvecklingen inom medicin och sjukvård har medfört väsentligt bättre villkor för individ och samhälle.

Läkemedelstillgångar

En genomgripande förändring av tillgången på läkemedel har skett sedan 1919. Under 1950-talet registrerades i Förenta staterna mellan 40 och 50 originalläkemedel om året. Förenta staterna kan anses representativt för världsmarknaden när det gäller originalläkemedel – det är dessutom det enda land som för sådan statistik. Antalet visade en stigande tendens under årtiondet och 1959 registrerades inte mindre än 63 nya preparat. Inför 1960-talet förutspådde man därför fortsatta stora landvinningar inom läkemedelsområdet. Dessa prognoser slog i väsentlig utsträckning fel. 1960-talet kommer att stå långt efter 1950-talet när det gäller antalet nya originalprodukter. Antalet registrerade originalpreparat har sjunkit till mindre än hälften – fortfarande enligt den amerikanska statistiken. 1966 var siffran tom så låg som 14.

Före 1919 fanns endast ett begränsat antal medel mot infektionssjukdomar, såsom salvarsan, kinin och vissa färgämnen som användes mot stafylokocker. Under de gångna 50 åren har emellertid allt effektivare kemoterapeutiska ämnen upptäckts. Speciellt bör nämnas antibiotika av olika slag som normalt inte är skadliga för människorna och inte medför biverkningar. En fortsatt utveckling har skett genom upptäckten av de sk halvsyntetiska antibiotika som kom på marknaden under 1960-talet.¹

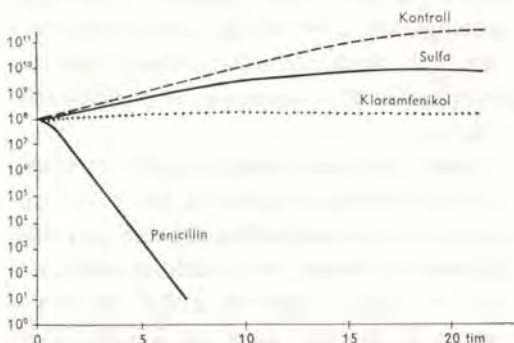
Kemoterapeutika

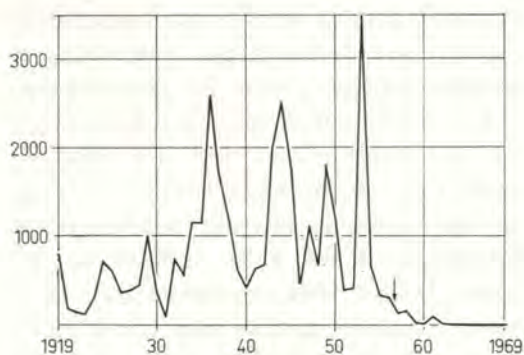
Enklast erhålls upplysning om effekten av en kemoterapeutisk substans genom studier av dess förmåga att hämma bakterieväxt. Sådana prov visar t ex att kloramfenikol, som sätts till en levande bakteriekultur, omedelbart hämmar dess tillväxt. Penicillin däremot har bakteriedödande verkan.

Landvinningarna har under de senaste decennierna varit mycket stora. Syfilis – tidigare en mycket svår sjukdom – kan nu effektivt behandlas. Dödligheten i tuberkulos har i en del länder nedbringats till en fjärdedel. Innan sulfa fanns var dödligheten i lunginflammation ca 30 %. Som följd av sulfonamidbehandlingen sjönk den till 6–12 % och är nu under 5 % tack vare penicillin. Dödligheten i hjärnhinneinflammation sjönk i och med sulfabehandlingen från 40–50 % till 4–10 %. Behandlingstiden för scharlakansfeber var före penicillintiden minst 6 veckor och svåra komplikationer var vanliga. Nu är scharlakansfeber oftast en beskedlig sjukdom.

Trots alla framsteg återstår många problem att lösa. Fortfarande saknas praktiskt användbara medel mot vissa bakteriella infektioner. Så finns t ex icke något tillförlitligt medel mot difteri, och salmonellainfektioner är svåra att bemästra med kemoterapi.

Effekten av substans med bakteriedödande (penicillin) och med bakterietillväxthämmande verkan (sulfa, kloramfenikol) i jämförelse med kontrollkultur utan inverkan av kemoterapeutikum. Vid försökets början innehöll kulturen 10^8 levande bakterier/ml. Ur: Något om antibiotika och kemoterapi "NOAK". Stockholm (Kabi) 1964.





Antal sjukdomsfall i polio sedan år 1919.

Urinvägsinfektioner orsakade av vissa bakterier är också svårbehandlade.²

Virussjukdomar och vaccinering

Forskningen är nu starkt inriktad på att finna medel mot virusinfektioner. Det är långt ifrån alltid som en sjukdom är lättare att förebygga än att bota. Profylax där sådan är möjlig är dock det mest rationella. Skilda slag av infektionsprofylax kan användas i olika situationer: smittskydd, kemo- och immunprofylax. Den sistnämnda metoden synes i ideala fall kunna ge det resultat som står som det slutliga målet – utrotande av både sjukdom och sjukdomsalstrare. Ett slående exempel utgör vaccinering mot polio. I Sverige har man framställt vaccin på ett sätt som skiljer sig från övriga länders. Resultatet blev ett vaccin som bättre bevarar den immunogena förmågan och således har ett bättre verknings sätt. Vaccinationsresultaten i vårt land har varit avsevärt bättre än på de flesta andra håll där annat vaccin använts.

Utvecklingen av poliovaccin skedde under den tid som här behandlas. Före 1919 fanns emellertid både smittkoppsvaccin och det pasteurska rabiesvaccinet. Vaccin mot gula febern kom på 1930-talet. Detta har gjort största nyttan i sådana områden, djungel och angränsande trakter, där insektskontroll ej kunnat genomföras. Gula feberns betydelse har signifikant reducerats.

Influensavaccin utvecklades på 1940-talet, men skyddsverkan har sällan överstigit 75–80 %. Då nya immunologiska virusvarianter ofta uppträder, måste vaccinets sammansättning varieras, vilket avsevärt minskar dess användbarhet.³

Hormonpreparat

Utvecklingen av hormonpreparat har varit förenad med mycket möda. Kortison te isolerades 1935, men syntetiserades för första gången 13 år senare ur en komponent i oxgalla. Processen utfördes i 36 steg och 40 oxar krävdes för att erhålla 100 mg kortison – den dagsdos en sjuk människa behöver. 1955 lyckades man framställa hormonet ur en avfallssubstans som erhöles vid beredning av sisalfibrer, varvid antalet processteg reducerades till 13. Redan året efter tillverkades kortisonet industriellt. Detta preparat har visat sig påverka en rad olika sjukdomar och har bland annat gett nya möjligheter att behandla ledgångsreumatism.⁴

Några hormon användes som botemedel långt innan deras kemiska sammansättning var bestämd. Ett exempel är insulin, som redan 1922 användes för behandling av diabetes. Biverkningar kan emellertid lätt inträffa om man använder icke rena hormonpreparat. Ett exempel som från svensk synpunkt kan vara intressant är hormonet sekretin, som reglerar magsaft, bukspott och galla vid matsmältning. Viktiga arbeten gjordes här i landet på 1930-talet av H Hammarsten, G Ågren, H Berglund och H Lagerlöf, vilket resulterade i en teknik att bestämma bukspottkörtelns sekretionsförmåga. Tekniken blev sedan tillämpad i Förenta staterna och ett visst intresse förelåg för provets kliniska införande. Men hormonet självt var svåråtkomligt. De sekretinpreparat som tidvis fanns gav icke önskvärda biverkningar.

Senare tiders kemiska teknik gjorde det på 1950-talet möjligt att eliminera förorenande proteinstanser genom kromatografi på jonbytare. Högaktiva preparat (aktivitet av 900 enheter/mg) erhöles av en grupp fors-

kare i Oxford, andra med en 5–8 gånger så hög aktivitet av E Jorpes och V Mutt i Stockholm. De senare lyckades 1961 med hjälp av en 60-rörs motströmsapparat er-hålla en av allt att döma kemiskt ren peptid, som hade en ganska överraskande hög aktivitet (20 000 enheter/mg). Den var 5 000–10 000 gånger starkare än de tidigare kliniskt använda preparaten.

På senaste tiden har det visat sig att ett sekretintest kan avslöja cancerceller som med vätskeströmmen spolats ut ur bukspottkörtelns gångar.⁵

Kunskaperna om de endokrina organen har möjliggjort behandling av en rad allvarliga sjukdomstillstånd. Diabetes har redan nämnts. Andra exempel är Addisons sjukdom, vilken behandlas med binjurebarkhormoner och dvärgväxt med hormoner från hypofysen. Fertilitetsrubbningar åtgärdas med sexualhormoner. Det har länge varit känt att några av sexualhormonerna kan förhindra ägglossning med sterilitet som följd. På grund av bland annat besvärande biverkningar kunde de naturliga hormonerna emellertid ej användas som antikonceptionsmedel. Intensiva forskningsarbeten under 1950-talet ledde till att en del liknande ämnen med mera renodlade deffekter kunde framställas. Antikonceptionsmedel, eller som de populärt kallas p-pillar, har blivit en stor produkt för läkemedelsföretagen under 1960-talet. Den första syntesen av steroidhormoner innebar en mängd komplicerade reaktionssteg och gjordes med en vegetabilisk steroid som utgångsmaterial av C Djerassi i sådan skala att produkten kunde få användning i läkemedelsindustrin.⁶

Psykofarmaka

Andra preparat som idag är mycket aktuella är nervmediciner eller psykofarmaka, som de vanligen kallas. Under de senaste 10 åren har tillkomsten av nya typer psykofarmaka avsevärt förbättrat möjligheterna att behandla nervösa rubbningar. Det är framför allt två typer av psykofarmaka, de lugnande och

de antidepressiva medlen, som utvecklats. De lugnande medlen skiljer sig från tidigare använda preparat genom att de kan dämpa även svåra former av oro och spänning utan att omtöckna medvetandet. De lugnande medlen har fått en utomordentlig betydelse vid behandling av allehanda svåra psykiska rubbningar, bland annat schizofrena tillstånd. De har förbättrat mentalsjukvården, vars institutioner nu efter hand kan omvandlas från asyler till moderna sjukvårdsanstalter i paritet med våra kroppssjukhus. I speciellt gynnsamma fall har patienter, som i årtal fört en miserabel tillvaro på mentalsjukhus, kunnat återföras till ett normalt, produktivt liv.

Vid lättare nervösa rubbningar (neuroser) har ovan beskrivna medel ej varit lika framgångsrika, då de ej är ångestlindrande i egentlig mening och dessutom kan nedsätta arbetsförmågan. Här har i stället kommit en rik flora av medel, ofta kallade »minor tranquillizers», som anges kunna mildra ångest och oro utan att ge nämnvärd däsighet. Meningarna om dessa medels värde är dock delade. För allmänheten har de ofta beskrivits som »lyckopiller» och det är bland annat i deras benägenhet att – i likhet med alkohol – hos därtill disponerade individer framkalla en inadekvat lyckokänsla (eufori) som deras begränsning ligger. Erfarenheten visar nämligen att alla medel som ger eufori innebär en fara för missbruk och kronisk förgiftning. Hur stor denna fara är kan ofta ej avgöras förrän åtskilliga år efter det att ett nytt medel blivit tillgängligt. Detta bidrar till att försvåra bedömningen av det kliniska värdet hos »minor tranquillizers».

De antidepressiva medlen har förmågan att motverka den uttalade nedstämdhet och initiativlöshet som karakteriserar många psykiska depressionstillstånd. De har kommit att bli ett alternativ och komplement till den tidigare helt dominerande elektrochockbehandlingen. Den medikamentella behandlingen är enklare och mera riskfri och används i allt större utsträckning.

Om sålunda de moderna psykofarmaka

på 10 år revolutionerat mentalsjukvården har deras betydelse ur teoretisk synpunkt varit minst lika stor – på lång sikt kanske större. De har kommit att utgöra en inkörsport för klarläggandet av fundamentala mekanismer i hjärnan, eftersom de påverkar omsättning och funktion i hjärnan. Detta har i sin tur utgjort incitament till forskning som givit helt nya inblickar i hjärncellernas byggnad och arbetssätt.⁷

Utveckling på nervmedicinernas område har idag givit oss sömnmedel som i flera fall är analoga med de ovan beskrivna lugnande medlen. Sömnmedel fanns emellertid redan före 1919. De bestod då av kloralhydrat, amider och ureider. På 1930-talet upptäcktes att barbitursyraföreningar verka sömngivande och de blev då nya bättre sömnmedel, med mindre biverkningar.

Smärtlindrande medel

För smärtlindring fanns 1919 egentligen endast aspirin och opiederivat. Lokalbedövningsmedlen dominerades av kloroform, kväveoxider, eter och etylklorid tills man upptäckte barbitursyraföreningarna, vilka injicerades. Xylocain, ett lokalbedövningsmedel som syntetiserades år 1943 av N L Löfgren, innebar ett utomordentligt framsteg vid jämförelse med tidigare tillgängliga bedövningsmedel. Xylocain säljs fortfarande som ett lokalbedövningsmedel på världsmarknaden. Vi har också fått fram allt bättre preparat som bedövningsmedel vid operationer. Även smärtfria förlossningar har blivit möjliga.

Blodterapi

Blodtransfusioner är idag oftast smärtfria och okomplicerade. Blodets koagulationssystem har blivit närmare känt, vilket möjliggjort rationell behandling av flera olika blödningstillstånd. Fraktionering av blod för att separera olika proteiner eller proteinpreparat, t ex gammaglobulin, har även skapat ökade möjligheter att påverka sjukdomstill-

stånd som har med blodets sammansättning att göra. Blodtryckshöjande och -sänkande medel har likaledes blivit kända och kan användas för att reglera in ett lämpligt tillstånd. Vidare har diuretika framställts, som kan medverka till att avlasta hjärtat.

Röntgenstrålning – fotografering och behandling

Möjligheten att fotografera skelettet i en levande varelse upptäcktes av W von Röntgen i slutet av 1800-talet. Denna teknik är fortfarande det indikerings sätt som används för skelettskador som arm- och benbrott, kotfel, tandskador m m. Röntgenstrålar utnyttjas numera även för fotografering av våra inre organ såsom lungor, hjärta, njurar, gallblåsa m m. Tex kan tuberkulos upptäckas på ett tidigt stadium, men även cancer i lungorna, allvarligare lunginflammation och hjärtfel syns på en röntgenbild.

Redan före 1919 hade ett annat viktigt användningsområde för röntgenstrålar uppmärksamats, nämligen cancerbehandling. I våra dagar är detta det oftast använda medlet mot vissa cancerarter och tumörer.⁸

Åtgärder mot bristsjukdomar

Undersökning av vitaminbrist utgör ett av de mest påtagliga områden där forskningsresultat bidragit till den kemisk-tekniska industrins utveckling. I utvecklade länder tillhör ödesdiga vitaminbristsjukdomar numera i stort sett historien. Vitaminerna tillverkas artificiellt och tillsätts våra näringsämnen. Exempelvis tillsätts margarin, som numera i hög grad ersätter smör, med A- och D-vitamin. Dessa har man också börjat tillsätta skummjölken, som blir allt vanligare på bekostnad av den fettrikare mjölken. Vårt mjöl är försett med B-vitaminer och i våra fruktprodukter ingår syntetiskt framställt C-vitamin.

För Sveriges hemmamarknad framställdes under år 1968 ca 1 125 kg A-vitamin. Konsumtionen av B-vitamin uppges till omkring

12 500 kg/år. Världsproduktionen av C-vitamin är av storleken 20 000 ton, men denna produkt har även andra användningsområden.

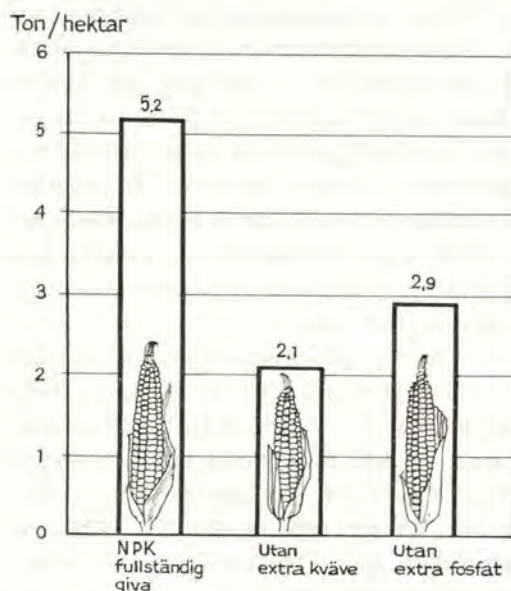
Höjning av proteinhalten i jordbruksprodukter

Den moderna näringsläran har också fått oss att uppmärksamma andra näringsbrister. Som regel dominerar vår kost av fett och kolhydrater, medan proteiner äts i alltför liten mängd. Bättre jordbruksteknik och ökad användning av bekämpningsmedel har möjliggjort bättre avkastning av tex ris, majs och vete, men med lägre halter protein. Detta har i vissa fall kompenseras. Exempelvis kompletteras vete som exporteras från Förenta staterna till Indien med industriellt framställt lysin, en essentiell aminosyra, som ingår i protein. I majs har både halten lysin och tryptofan kunnat höjas, lysin från 1,6 till 3,7 % och tryptofan från 0,3 till 0,7 %.⁹⁻¹¹

Metoder har också utarbetats för att höja proteinhalten i mjölk. Härvid utnyttjas den tidigare omnämnda gelfiltreringen med Sephadex (sid 6). Därigenom kan man avskilja en godtycklig mängd salt och mjölksocker utan att mjölkens protein tar skada. En efterföljande koncentrerings av mjölken så att man åter når upp till den ursprungliga salt- och sockerkoncentrationen ger en mjölk med oförändrad smak men med väsentligt ökat innehåll av proteiner. Med en dylik anläggning kan man således framställa mjölk av önskad sammansättning, exempelvis med låg fetthalt men hög proteinhalt, vilket ur närings synpunkt är att föredra. Dietmjölk och barnmjölk med en annan sammansättning ifråga om salt och socker kan också erhållas liksom rena mjölkproteiner fria från salt och socker.¹²

Bättre utnyttjande av förefintlig protein

Andra billiga proteinprodukter har efter hand kommit fram. Oljefröerna proteinämnen är överlägsna sädeslagen. Soyabö-



Effekt av tillförelse av handelsgödsel. Utslagets storlek beror på jordmånen, dvs jordens eget förråd av tillgänglig mineralnäring. Ur: Borgström G: *Världens mat*. Stockholm (J A Lindblads bokförlag) 1968.

nor och jordnötter utgör människoföda i vissa länder. I andra rikare länder används största delen av tex soyabönans proteiner till djurfoder. Troligen kommer vi i framtiden även att använda rapsproteiner som finns tillgängliga i stora mängder. För närvarande är detta mycket aktuellt, då man just lyckats avlägsna de giftiga ämnen, som tidigare hindrat fortsatt arbete.¹³

Arbetet att isolera och värdera bladprotein, dvs proteinämnen från alla slags bladväxter, började för ungefär 30 år sedan och fortgår alltjämt. Produktion är ännu ej aktuell ty man saknar bland annat teknik för att bortskaffa tex bismaker. Alger utgör proteinrik männi-koföda i vissa länder. Några sorter har sedan ett par decennier varit föremål för odling i laboratorier. En av dem, Chlorella, är olämplig som männi-koföda i sin ursprungliga form, då den har motståndskraftiga cellväggar som ej bryts ned vid matmältningen. Forskningen inriktas därför till stor del på destruktion av cellväggarna hos denna art.^{10, 14}

Ett annat sätt att framställa proteiner har praktiserats sedan 1940-talet. Man började då framställa torulajäst, vilken visat sig ha ett högt näringsvärde, ty den innehåller samtliga de för människan oundgängliga aminosyror. Torulajäst började år 1942 att odlas på sulfitulut i en fullstor anläggning vid Svartviks Sulfitfabrik. Detta var en viktig beredskapsåtgärd under andra världskriget. 1945 uppfördes ytterligare en anläggning vid Fiskeby AB, som emellertid endast var i drift nio månader. Den erhållna jästen ingick – dels torkad, dels i form av jästextrakt – tillsammans med torkade grönsaker och fett i en soppa som exporterades till nödlidande länder. I våra dagar är framställning av mikrobiellt protein mycket aktuell.¹⁵

I stället för sulfitulut är andra kolkällor som metan och metanol aktuella. Avloppsvatten, avväxningsprodukter från mineraloljor och andra organiska avfallsprodukter som cellulosa är även lämpliga energikällor för produktion av mikroorganismer. Ytterligare ett sätt att framställa protein har av Astra utvecklats till en process färdig att utnyttjas i industriell skala, nämligen produktion av fiskprotein. Den huvudsakliga delen används till foder. Man arbetar emellertid även på att göra ett vattenlösligt preparat för proteinberikning av drycker. Protein, isolerad från mikroorganismer, har ännu inte varit föremål för bearbetning. För sojabönans protein har man däremot utarbetat en teknik att framställa och sammanfoga fibrer för att få en köttliknande produkt.

Man har emellertid också lyckats förbättra produktionen av sedvanliga proteinämnen, såsom kött, fisk, mjölk. Djurförädling och modern uppfödning med utfodring av tillväxtämnen har här betytt mycket. Man har t ex lyckats få fram raser, som producerar mera mat från en viss given mängd foder. Dessutom har man lyckats få speciella köttrespektive mjölkreser bland kreaturen och bland hönen äggläggare respektive köttproducenter.

Största vinsterna har dock erhållits genom att raserna blivit mera motståndskraft-

tiga mot sjukdomar.¹¹ Minst lika väsentlig i detta sammanhang är den förbättrade livsmedelsteknik som kommit fram. De konserveringsmetoder som i dag används fanns redan 1919, men har under åren förbättrats i hög grad. Djupfrysningen är nu mycket effektiv, men trots detta fortfarande föremål för förbättringar. Man har t ex utarbetat metoder för att kunna frysa varor med flytande kväve.

Inom livsmedelsforskningen har man även ägnat smak- och aromtillsatsmedel stort intresse. Människans konservativa inställning till matvaror gäller ej i samma utsträckning tillsatsmedlen. Aromämnen har under de senaste åren börjat studeras helt vetenskapligt. Man söker nu kemiskt definiera dessa men även förklara den rent biokemiska funktionen. Ur smaklöken, dvs de organ som påverkas av smakämnen, har det uppgetts vara möjligt att extrahera proteiner, som bildar komplexa föreningar med söta eller bittra ämnen och därigenom skapar förutsättningar för smakreaktioner.¹⁶ Fortfarande arbetar vi emellertid i blindo på detta område. Det var t ex en ren tillfällighet som gjorde att man fann ett nytt sötningsmedel som ersättning för cyklamatet, som bland annat ingått i sackerter och som misstänks ge kromosomskador och cancer. Det nya sötningsmedlet består av två aminosyror och är således kemiskt helt annorlunda än cyklamatet. Då de båda aminosyrorerna var för sig inte har söt smak har man fått ännu ett ämne som kan ge upplysningar om den kemiska definitionen på söt smak.¹⁷

Litteratur

1. Wegerfelt, K A: Svensk läkemedelsindustri inför 1970-talet. Farmaceutisk Revy 68 (1969) 73 p. 1–11.
2. Något om antibiotika och kemoterapi »Noak». Sthlm (AB Kabi) 1964.
3. Gard, S: Vaccination mot virussjukdomar och särskilt mot polio. 20 års medicinsk forskning. Sthlm 1965 p. 282–295.
4. Hardie, D W F & Davidsson Pratt, J: A History of the Modern British Chemical Industry. London (Pergamon Press) 1966.

5. Jorpes, E & Mutt, V: Gastrointestinala hormoner. 20 års medicinsk forskning. Sthlm 1965 p. 173-178.
6. Djerassi, C: Steroid oral contraceptives. Science 151 (1966) 3714 p. 1055-61.
7. Carlsson, A: Psykofarmakologisk grundforskning. 20 års medicinsk forskning. Sthlm 1965 p. 136-144.
8. Bleich, A R: The story of X-rays from Röntgen to Isotopes. New York (Dover Publication) 1960.
9. Brohult, S: Framsteg inom forskning och teknik 1966. IVA-meddelande 146. Sthlm 1966 p. 85.
10. Dahl, O: Protein i blickpunkten. Modern kemi (1969) 7-8 p. 27-30.
11. Borgström, G: Världens mat. Sthlm (J A Lindblads Bokförlag AB) 1968.
12. Brohult, S: Framsteg inom forskning och teknik 1967. IVA-meddelande 150. Sthlm 1967 p. 114-115.
13. Borg, A: Teknik ej råvara får avgöra vid framställning av protein. Livsmedelsteknik (1969) 6 p. 305-307.
14. Pirie, N W: Future sources of food supply: Scientific problems. Food supplies and population growth. London 1963 p. 34-52.
15. Lundin, H: Något om livsmedelssituationen i världen och betydelsen av vissa syntetiskt och biotekniskt framställda näringsämnen och grupper av näringsämnen. Kungl Lantbruksakademiens tidskrift 90 (1951) 7 p. 93-112.
16. Brohult, S: Framsteg inom forskning och teknik 1968. IVA-meddelande 156. Sthlm 1968 p. 54-55.
17. Pass the aspartylphenylalanine metyl ester, please. New Scientist 43 (1969) 659 p. 175.

Rymdverksamhet

Människans intresse för rymden och universum har i alla tider fått fantasin att arbeta och forskare att söka klarlägga vårt planetsystems uppbyggnad och universums uppkomst och egenskaper. Ögats räckvidd har begränsat möjligheterna och tillkomsten av optiska instrument blev en förutsättning för vidare arbete.

Under det senaste decenniet av perioden

1919-1969 har vi erhållit nya hjälpmedel för rymdens utforskning, vilkas existens vi för några år sedan blott kunde drömma om. Inte något tekniskt område kan uppvisa så snabba och omvälvande resultat av systematiskt, teknisk-vetenskapligt ingenjörsarbete som rymdtekniken.^{1, 2}

Utveckling av raket, uppsändande av sonder till höga höjder och satelliter kretsande runt jorden, rymdfarkoster, först med levande djur sedan med människor, har gått så fort att det som 1957 var en världssensation nu blivit rutin. Människan har betvingat jordens dragningskraft och rest till månen och efter några landningsvarv gått ner, startat på nytt och återvänt till jorden, allt med en hitintills oanad precision.

Utvecklingen har gått så snabbt att många i dag förmodligen inte ens minns datum för de första människornas ankomst till månen!

Ett dominerande intryck är emellertid förståelsen till samordning av många små oerhört omfattande och komplexa tekniska delsystem till en samlad och samverkande insats, där ingen detalj får klicka och där inverkan av mänskliga faktorer minskat till ett minimum, men där människan hela tiden stått i centrum både på jorden och i rymden genom sin förmåga till skapande initiativ och avgörande beslut, när maskinerna visat sin begränsning.

Utveckling av mätapparatur har gjort det möjligt att studera och mäta tidigare oåtkomliga fenomen i rymden. Informationer har med elektronikens hjälp kunnat bearbetas och överföras till jorden och ligga till grund för nya steg i utvecklingen. Två världsmakters koncentrerade satsningar har i konkurrens visat vad människan i dag förmår göra när ett mål, vilja och medel finns. Men det har också väckt eftertanke och lett till värderingar av människans villkor på jorden och till förslag till alternativa mål. Bilder av jorden från olika avstånd i rymden har kunnat återsändas och presenteras i television över hela jorden. De har även visat människans litenhet och därmed också gett en förändrad syn på människan och hennes plats i univer-

sum. Rymdforskningen kommer att ha stor framtida inverkan på många grenar av naturvetenskapen och den tekniska utvecklingen och har likaså påverkat det industriella framåtskridandet i de länder som satsat på rymdverksamhet.³

Enorma tekniska framsteg har möjliggjort rymdfärderna, men även människan har visat sig kunna fungera och arbeta effektivt under längre tid i tyngdlöst tillstånd i rymden, övervaka utrustningen, fatta viktiga beslut och vidta åtgärder. Särskilt vid de amerikanska rymdfärderna har människan utnyttjats som rymdpilot. Vid flera olyckstillbud har besättningens insats dock varit avgörande för framgångsrikt resultat. Vid de ryska rymdfärderna syns man i högre grad ha litat till en långt driven automatisering och styrning från marken.

En grundläggande förutsättning har varit att telekommunikationssystemens utveckling gett möjlighet till pålitlig överföring med lång räckvidd under långa tider av signaler till och från mätande och observerande instrument, för styrning och reglering av bemannade och obemannade rymdfarkoster. Teleförbindelserna har skett per mikrovåg och även innefattat överföring av bilder och direktsändning av TV samt kommunikation mellan datorer på marken och i rymdfarkosten. Detta har i många fall varit av avgörande betydelse eftersom genomförandet av de många komplicerade uppgifterna kräver samordning och bearbetning av en så stor datamängd på så kort tid att uppgiften inte kan lösas utan datorer.

Ny signalbehandlingsteknik, nya modulationssätt, förstärkarteknik, miniatyrisering, sänkt effektbehov samt utveckling av antenner för mottagning och sändning har haft avgörande betydelse för rymdens utforskning och rymdfärdernas genomförande.

För kontinuerlig kontakt med rymdfarkosterna var de än befinner sig i rymden har Förenta staterna organiserat och byggt upp ett globalt telekommunikationsnät, där förbindelser via såväl kablar, radio som satelliter utnyttjas för att följa raketer och sa-

telliter, mäta in deras banor, sända och mota information och styra farkosterna.

Det längsta avstånd, över vilket information överförs från en rymdfarkost till jorden, är 348 miljoner km (jordens omkrets vid ekvatorn är ca 40 000 km), nämligen mellan Goldstones radioteleskop och Mariner 4 i samband med dess färd mot Mars.

En annan grundläggande förutsättning för raket- och rymdfärder har varit utveckling av tröghetsnavigeringssystem, som utan förbindelse med jorden håller farkosten på inställd kurs i rymden och som vid behov ger korrigerande order till styrsystemen.

Banan mäts med hjälp av tre accelerometrar placerade i de tre riktningarna i ett rätvinkligt koordinatsystem. Signalerna från accelerometrarna matas in i en datamaskin i raketerna eller överförs till jorden, varur farkostens hastighet, riktning och tillryggalagd sträcka beräknas. Accelerometrarnas axlar hålls i konstant riktning genom att de monterats på en kardanskt upphängd plattform, vilken med två gyroskop hålls i oförändrat läge. På grund av gyrodrift måste ett gyro ställas in då och då genom jämförelse med en fix punkt, exempelvis stjärnorna. Eftersom en accelerometer inte kan skilja på tyngd och tröghet måste accelerometers värde korrigeras för gravitationsaccelerationen från exempelvis närliggande himlakroppar.

I början av rymdåldern hade amerikanerna svårigheter med styrning av raketer och rymdkapslar. Med Mariner 4:s precisionsfärd förbi Mars 1965 visade man emellertid att man åstadkommit stora tekniska framsteg på regler- och styrorganens område och att man uppnått erforderlig funktionssäkerhet och precision för att nå fjärran mål.

Energiförsörjningen under rymdfärderna har i huvudsak skett på två sätt, dels genom bränsleceller, dels genom solceller. Härigenom har behovet av tunga batterier minskats. I bränslecellen utvecklas ström genom en kemisk reaktion mellan väte och syre. Praktisk användning fick omvänd elektrolys sedan engelsmannen F T Bacon 1957 konstruerat den första bränslecellen. Eftersom

processen bygger på en yteffekt måste största möjliga yta åstadkommas med hjälp av porösa elektroder. Härigenom och genom höjd reaktionstemperatur har verkningsgraden förbättrats avsevärt och närmar sig den teoretiska 80 %. 1 kg bränsle (8/9 syre och 1/9 väte) ger 3 kWh. Syret och vätet tillförs i gasform till var sin elektrodplatta omgivna av en elektrolyt.

Geminikapseln hade 32 bränsleceller med en vikt av 160 kg och lämnade en maximal effekt av 2,1 kW samt vatten, vilket astronauterna kunde använda ombord. För Apolloprojektet utvecklades en bränslecell om 8 kW, som försörjer tre man med elenergi och vatten i 45 dygn. Dess vikt är 500 kg. Bränslebehovet 1,3 ton kan jämföras med att flera ton bränsle behövs för konventionell energialstring.

Solceller består av en liten skiva överdragen med en kiselhalvledare, vilken omvandlar infallande ljusenergi till elenergi. Verkningsgraden är endast 15 % varför många celler måste sammansättas till en ving. Den eleffekt som kan fås uppgår till ca 20–30 W/kg cellmaterial men endast till ca 10 W/kg om vingens totala vikt räknas. I förhållande till vingytan innebär detta ca 180 W/m², varför man räknat med en maximieffekt av 1 kW som praktisk övre gräns för en farkost. Efter 1965 har man dock med hjälp av tunnfilmteknik och cellstruktur, vilken ej kräver en tung mekanisk stödkonstruktion, lyckats höja effekten till över 100 W/kg.

Raketernas framdrivning sker genom reaktionsprincipen, dvs genom impulsbyte mellan en gasmassa och raketfarkosten. De vanligaste metoderna är krutraketen och vätskeraketen.

I krutraketen förbränns fast bränsle och dess konstruktion är enklare och billigare. Eftersom krut har högre densitet än vätske drivmedel blir ett krutdrivet steg förhållandevis tyngre och får ett större förhållande mellan tomvikt och fullvikt. Detta förhållande, som kallas strukturfaktor, har dock genomgående minskat genom åren genom att konstruktörerna förmått utveckla nya material

och utnyttja dessa för skrov och motor-konstruktioner.

Utströmningshastigheten för krutgas är något lägre än för vätskedrivmedel. Genom förbättringar kan krutfarkosterna styras och motorn stoppas och återstartas.

I Förenta staterna har arbete pågått med mycket stora krutraketmotorer med ända upp till 6,5 m diameter. I Titan typ 3C användes två krutmotorer, vardera 22,5 m långa och med 3,05 m diameter, startvikt 225 ton och brinntid 118 s. Vid starten utvecklas en drivkraft av 5,8 MN. Drivmedlet är bränsle i form av syntetiskt gummi och ammoniumperklorat används som oxidator. En Titan 3C kostar ca 50 Mkr/st och förmår bära 12,2 ton till en cirkulär bana på 200 km höjd. En annan variant, Titan 3A, för 2,2 ton till kretslopp på 740 km höjd.

Redan 1895 utvecklade peruanaren P Paulet en vätskeraketmotor. Flytande bränsle och oxidator pumpas med hjälp av gasturbindrivna pumpar till en brännkammare, varifrån gasen passerar utloppsmunstycken. Som bränsle används exempelvis alkohol, vätesuperoxid och en katalysator.

Åren 1933–1939 arbetade W von Braun med raketer av detta slag och lyckades 1934 sända upp en raket till 2 200 m höjd. 1942 i oktober flög den tyska V2-raketen för första gången; den var 14 m lång och vägde 12,9 ton inklusive 1 ton last. Raketen var gyrostabiliserad och som drivmedel användes flytande syre med 75 % etylalkohol och 25 % vatten som bränsle. Brinntiden var 65 s. Sluthastigheten var ca 1 500 m/s, högsta höjd 90 km och räckvidden 320 km i avsedd bana. Sedan von Braun flyttade till Förenta staterna använde han denna typ av raketer för atmosfärsondering 1946–1951, där maximihöjden blev 213 km.

Det amerikanska Bumperprojektet gav 1949 till resultat en tvåstegsraket, där första steget var en V2 och det andra en mindre raket av typen Corporal, vilken drevs med röd rykande salpetersyra och anilin. Andra steget nådde en sluthastighet av 8 000 km/h och steg till över 400 km höjd.

Motorerna regleras så att de om möjligt ger konstant drivkraft under brinntiden. Vid krutmotorer sker detta genom krutsatsens utformning, vid vätskemotorer genom reglering av pumpkapaciteten.

De största amerikanska vätskeraketmotorerna utvecklar drivkrafter i storleksordningen 7 à 8 MN. Som exempel på dimensionerna kan nämnas att enbart den turbindrivna pumpen väger 1,3 ton och har en effekt av 80 MW.

Utvecklingsarbete bedrivs på MHD-motorer, där framdrivningen sker genom ett plasma vilket accelererats av samverkan mellan ett magnetfält och en elektrisk ström. Drivkrafter på 0,005–45 N och utströmningshastigheter från 10 000 till 100 000 m/s har uppnåtts.

I en annan motortyp, den så kallade jonmotorn, åstadkoms strålmassan genom jonisering av alkalimetaller som rubidium eller cesium. Energikälla är en kärnreaktor eller solen. De joniserade partiklarna accelereras genom ett elektrostatiskt fält. Drivkrafterna är lägre än vid MHD-motorer och uppgår till 0,0005–0,0075 N vid samma utströmningshastighet.

Utvecklingen av plasmadriften kan väntas få betydelse vid färder till andra planeter, där lång drifttid är väsentlig.

Raketekniken har i stort sett varit en tillämpning av konstruktionsprinciper för von Brauns V2-raket redan 1942. Utvecklingen har dock gått mot allt större och kraftigare enheter. Särskilt de ryska bärraketerna uppvisade tidigt stor effekt, vilket tillät uppsändande av relativt tunga satelliter. Försök med bärraketer, försedda med både krutmotor och vätskemotor, har trots lyckade resultat inte fått den betydelse för bärformågan som man väntat.

Den första satelliten, den ryska Sputnik, som vägde 83 kg sändes upp den 4 oktober 1957 till en lägsta höjd av 227 km och en högsta av 947 km. Redan en månad senare, då Sputnik 2 sköts upp med rymdhunden Lajka, hade satellitvikten stigit till 508 kg och högsta banhöjden till 1 671 km.

I rymdforskningens tidigare skeden var man allvarligt oroad för de faror i rymden, bland annat i form av meteorider, små projektiler med en hastighet av 20–70 km/s, som skulle möta astronauterna. De första satelliter som studerade problemet visade emellertid, att dubbelskalteknik med själv-tätande ytterskal samt rymddräkter gav tillräckligt skydd och att meteoriderna inte utgjorde den fara man trott.

Strålningsfaran har också varit fruktad och satelliterna utrustades därför med strålningsmätande och analyserande instrument. Explorer 1 bekräftade 1958 tidigare förut-sägelser att det kring jorden skulle finnas områden av laddade elementarpartiklar. Dessa närmar sig jorden från rymden men fångas upp av jordens magnetfält och rör sig sedan i korkskruvsformade banor mellan jordens magnetiska poler. Dessa bälten benämns van Allen-bälten och ligger på 450 km höjd över Chile och ca 1 400 km över Atlanten. Variationerna i höjd beror på inhomogeniteter i jordmagnetiska fältet.

Fortsatta undersökningar med ryska och amerikanska satelliter bekräftade teorierna och van Allen-bältenas utbredning. Bältenas utbredning och intensitet varierar med tiden och förändringar i solvinden. Många teorier har framlagts om orsaken och man söker förklara mekanismen i samspelet mellan solstrålningen och jordens magnetfält.

Upptäckten betraktas som en av rymdforskningens viktigaste resultat och har stimulerat till fortsatta undersökningar av rymden med sonder. Utan kunskap om dessa bälten hade bemannade rymdfärder inte kunnat genomföras på det sätt som skett, eftersom vistelse i dessa strålningsintensiva bälten medför allvarliga faror.

Sedan mänlandningen med Apollo 11 genomförts i juli 1969, och mänbesökarna återvänt samt lämnat sin karantän, har även farhågorna för en nersmittning av jorden med bakterier från månen kunnat avfärdas.⁴

Vid starten går raketerna med låg hastighet genom de tätare luftlagren och med accelererad hastighet genom de allt tunnare.

Uppvärmningen vid start genom stöt och friktion mot atmosfären blir härigenom måttlig och temperaturstegringen stannar vid 500–600°C. Farkostens hastighet i kretsbanda kring jorden är cirka 8 000 m/s. Före landningen och inträdet i atmosfären måste därför denna hastighet sänkas väsentligt genom krutdrivna bromsraketer. Skulle hela den ursprungliga rörelseenergin absorberas av rymdkapseln vid inträdet i atmosfären, skulle denna förintas av värme. Mycket arbete har därför måst inriktas på att lösa detta problem. Genom att utforma kapseln med en trubbig del som vänds mot atmosfären vid landningen kommer en stor del av stötvågens energi att reflekteras från kapseln, varefter resterande energi tas upp av flera skikt av glasfiberarmerad plast som successivt bränns bort av hettan. Den därvid alstrade gasmassan utgör därvid dessutom en skyddande kudde kring farkosten. Förutom denna sk ablationsmetod användes en värmesänka i skrovet i form av koppar- eller berylliumplåtar med stor värmekapacitet. Genom detta värmesköldsförfarande kan temperaturstegringen i kabinen hållas inom rimliga värden vid passagen genom atmosfären inför landningen. Kapselns anslagsvinkel mot atmosfären är även av största betydelse, enär kapseln vid för låg vinkel skulle studsas mot atmosfären. Kapselns bana kontrolleras och korrigeras därför noggrant under nedfärden före inträdet i atmosfären.

Den första satellit som efter kretsbanda kunde återföras till jorden genom landning i Oceanen var Discoverer 13 i augusti 1960.

Den första bemannade rymdfärden genomfördes av ryssen J Gagarin som i skeppet Vostok den 12 april 1961 flög ett varv kring jorden. Förenta staternas förste man i rymden var A Shepard, som den 5 maj 1961 flög i en Mercurykapsel i kastbanda och landade i havet. Medan ryssarna genomfört landningar på mark har amerikanerna genomgående valt att landa på havet. Bland de mera kända amerikanska rymdprojekten kan nämnas Mercury, Gemini och Apolloprogrammen.

Mercuryprojektet omfattade en enmanskabin som användes under augusti 1959–maj 1963. Den användes för Förenta staternas första bemannade rymdfärd i kretsbanda i februari 1962.

Geminiprogrammet innebar utveckling av en rymdkapsel med plats för två man. Geminikapseln var den första med egen data-maskin ombord och var utrustad med radar, tröghetsnavigeringssystem och bränsleceller.

Apolloprogrammet framlades i juli 1960 och innebar att astronauter skulle landsättas på månen och återföras till jorden. Det blev det tredje amerikanska bemannade rymdprojektet efter Mercury och Gemini. Programmet fastställdes i maj 1961 av president Kennedy och målet var att den första mänlandningen skulle ske före 1970. Målet nåddes 1969.

Rymdfärderna har klargjort att människan förmår uthärda tyngdlöshet under längre perioder och även att vara innesluten i ett rum under både fysiskt och psykiskt ansträngande betingelser.

I de amerikanska rymdfarkosterna har kabinen utförts för ren syrgasatmosfär, varjämte astronauterna använt rymdflygdräkter med inbyggt syrgassystem. De ryska rymdkabinerna har använt normal jordatmosfär. Rymddräkten bildar vid behov ett trycksäkert skal eftersom kroppsvätskorna kokar redan på 19 km höjd om kroppen är oskyddad. Till dräkten hör aggregat som tillför syre, bortför koldioxid och även håller temperatur och fuktighet på behaglig nivå. Astronauterna utrustas med givare för kontinuerlig mätning och övervakning av blodtryck, hjärt- och andningsverksamhet.

Litteratur

1. Rymdforskning. Mål och medel. En översikt av svenska experter. Sthlm (Natur och kultur) 1963.
2. Bergqvist, B: Rymdfart. Sthlm 1968.
3. Svensk och europeisk rymdverksamhet. Memoria avgiven av Arbetsgruppen för rymdteknik. Industridepartementet 1969: 3.
4. Büdeler, W: The Apollo 11 moon landing. *Interavia* 24 (1969) 9 p. 1497–1510.

Forskingens situation

Nu liksom ofta tidigare under IVA:s 50 år konstaterar man att forskningen är av grundläggande betydelse för samhällets utveckling och att detta har blivit allmänt erkänt. Nu liksom tidigare styrker man detta påstående med den kraftiga expansionen av den tekniska forskningen under den närmast föregående perioden. Den exponentiella tillväxten betyder emellertid att ökningen i förhållande till situationen fem eller tio år tidigare nu har varit förhållandevis lika stor som vid liknande jämförelser utförda vid någon tidigare tidpunkt. Frågan just nu är snarare om denna tillväxttakt kan fortsätta länge till eller om man måste förutse en avmattning.

I flera andra sammanhang har man sett en exponentiell tillväxt fortgå under lång period och väntat att denna tendens måste komma att brytas. Detta gäller tex om elförbrukningen, som dock ännu inte har visat något tydligt tecken till avtagande tillväxttakt utan fortsätter att stiga med 6–8 % per år. För en fortsatt tillväxt av forskningen talar att naturvetenskaplig och teknisk forskning får betydelse för allt flera samhällssektorer. Behovet växer av systematiska studier, teoribyggande, användning av tillförlitlig mätteknik och matematiska metoder. Datatekniken blir ett allt mer använt hjälpmedel i ämnen som går långt utanför teknik och naturvetenskap i traditionell betydelse. Ökad användning av forskningens metoder och ökande behov av dess resultat kan därför betyda att dess tillväxt kommer att fortsätta ytterligare någon tid i oförändrad takt.

Specialisering och differentiering

Samtidigt med och delvis som en följd av forskningens ökade omfattning förändras även forskningens och forskarnas situation. De traditionella ämnena blir allt mer omfattande och svåra att överblicka, och kommer därigenom att splittras upp i nya delar. Ett närliggande exempel är kemin som traditionellt delats upp i organisk och oorganisk. Som hjälpämne har även funnits analytisk kemi och under detta sekel har även tillkommit fysikalisk kemi och biokemi, även om gränserna mellan delämnena inte alltid är tydlig. Detta är den femdelning av kemiämnet som genomförts vid de svenska universiteten och som har betytt en expansion av kemins organisation och resurser. På samma sätt har en uppdelning av fysiken diskuterats, men enighet därom har ännu inte nåtts och det är ovisst om en specialisering kommer att kunna genomföras.

Man kan emellertid ifrågasätta om den lösning som skapats för kemin är den gynnsammaste. I Sverige finns nu vid universiteten fem professurer vardera av fysikalisk kemi, analytisk kemi, organisk kemi, oorganisk kemi och biokemi samtidigt som det saknas tjänster i andra grenar av ämnet som man gärna skulle se bearbetade, tex katalyskemi, preparativ organisk kemi eller strålningskemi. Naturligtvis kan dessa ämnen bearbetas under något av de fastställda delämnena men man har ingen säkerhet för att så sker. En garanti för att nya intressanta ämnen behandlades vore naturligtvis

att man kunde inrätta professurer i nya aktuella ämnen. Detta skulle kunna ske genom att befintliga professurer kunde döpas om och nya ämnen tas upp. Men detta är ytterligt svårt i det nuvarande universitetssystemet. Detta sammanhänger i sin tur med den restriktiva hållning som statsmakterna intar till förslag om nya forskningstjänster. Härigenom drivs universiteten att sträva att behålla vad de har, i stället för att argumentera för vad man möjligen mera sannolikt inte skulle kunna få, även om det är vad man skulle behöva.

I många fall har det visat sig mycket olyckligt att man koncentrerat sig på att diskutera tjänster och att striden sedan kommit att stå om professur för en bestämd person. I stället bör man först utarbeta ett handlingsprogram för den utveckling man eftersträvar och sedan som en följd därav behandla personalbehov och tillsättningsfrågor.

Det är ytterst viktigt att någon metod utformas att skapa bättre och snabbare anpassning till morgondagens i stället för gårdagens behov.

En friare tillgång på nya forskningstjänster och resurser för nya ämnen skulle kanske kunna skapas genom att man nu vid universiteten allt mer avskär sambandet mellan den lägre undervisningen och forskningen. Den tidigare organisationen byggde på att man i varje ämne hade en professor som svarade för forskning och undervisning i just detta ämne. Redan tidigare har man avvikit därifrån och i fordringarna för ett ämne medtagit delkurser från flera institutioner. Genom den stora expansionen av studentantalet har allt större del av undervisningen på det lägre stadiet överlämnats till andra lärare än professorerna och tillkomsten av heltidsundervisande lärare har ytterligare medverkat till att skapa skillnader mellan undervisning och forskning.

De nyligen införda studiegångarna vid de fria fakulteterna understryker ytterligare denna tendens. Konsekvensen därav borde kunna bli att universiteten byggs upp som en forskningsorganisation med ämnen som

inte nödvändigtvis motsvarar undervisningen på lågstadiet men lämnar de kurser som ingår i undervisningen. Man skulle därigenom kunna få större frihet att tillgodose forskningens behov att ta upp till behandling nya aktuella problem eller sådana ämnen som förutses i framtiden få starkt ökad betydelse.

Instrument höjer produktiviteten

En viktig tendens under de senaste decennierna har varit den allt större användningen av instrument och apparatur och övergången till automatiserade analys- och bestämningsförfaranden. Man kan därigenom snabbt och framför allt med liten åtgång av arbetstid utföra mätningar som tidigare var ytterligt tidsödande och besvärliga. Ett exempel är renframställning och strukturbestämning av organiska ämnen vilket i mycket stor utsträckning underlättas genom tillkomsten av gaskromatografen som skiljer de olika ämnena från varandra och av masspektrometern som kan bestämma strukturen eller i varje fall starkt underlätta strukturbestämningen. Ytterligare ett steg tillkommer då masspektrometerns värden matas in i en datamaskin som genom jämförelse med tidigare data utför strukturbestämningen.

Denna utveckling har betytt en mycket kraftig höjning av produktiviteten för en forskare. Med långt mindre insats av arbetstid kan han producera en mycket större mängd data och det är mycket lättare att när forskningen kommit in på ett nytt spår göra kompletteringsarbeten och få fram omfattande nya mätserier som inte alltid innehåller någon större grad av originalitet. Detta problem har redan tidigare existerat och undersökningar av nya homologer i tidigare kända ämnesgrupper har varit en välkänd metod att skaffa sig vetenskapliga meriter. Den nya apparativa utrustningen har dock gjort detta arbetssätt långt enklare och lämnar i stor utsträckning underlag för en meritering utan värde. Situationen kan bli speciellt besvärande för forskare som har god förmåga att använda apparatur och utrustning men

svårare att formulera problem. De fordrar ofta en kontakt med omvärlden för att kunna få tips om intressanta uppgifter att utnyttja tekniken på. Problemformulerare och problemställare, som kan ge en inriktning av forskningsarbetet utan att själva utföra det, utgör kanske en värdefull men otillräckligt uppmärksammas kategori av medarbetare vid institutionerna.

Att organisera forskare

Det ökade beroendet av instrument och apparatur har även medfört att forskargrupperna kommit att sammansättas på annat sätt. I praktiskt taget varje typ av teknisk forskning har man nu behov av någon elektroniker och i många fall även av datatekniker. I många typer av samhällsvetenskaplig forskning kommer sådana specialister även in som nödvändiga medarbetare. I humanistisk forskning har matematiska, statistiska och i vissa fall också andra naturvetenskapliga och tekniska metoder fått tillämpning.

Behovet av nya typer av specialister medför även att forskargrupperna blir större. För de verkligt stora projekten, av typ kärnkraftutvecklingen, fordras mycket stora personella och apparativa resurser som måste samordnas, organiseras och ledas. Även institutionerna vid universiteten arbetar nu i långt större skala än för några decennier sedan och bearbetar större program sammansatta av många delprojekt, som t ex kan utgöra doktorand- eller licentiandarbeten. Flera universitets- och högskoleinstitutioner har nu en fast personal på 50–100 personer och av professorerna fordras då inte bara vetenskaplig förmåga utan även kompetens att leda en sådan organisation. Sådana krav bör även beaktas och få betydelse vid tillsättningen, vilket hittills inte varit fallet.

I många fall måste forskaren därför numera i större utsträckning än tidigare räkna med att arbeta som del i en större organisation och anpassa sina delprojekt till flera andra personers arbeten. Men även om detta

är och kommer att vara nödvändigt har utvecklingen inte förändrat situationen att de väsentliga resultaten i forskningen, de originella skapande insatserna utförs av en individ, inte av en kommitté. Det omfattande utvecklingsarbete som består i ett mödosamt hopplöskande av bit efter bit av den kunskap som behövs för ett stort projekt måste ske i en stor organisation, måste kanske planeras med nätverksmetoder och om möjligt utföras på bestämd tid, men de stora banbrytande idéerna, sprången som för utvecklingen framåt, tillkommer fortfarande och i framtiden genom insats från en begåvad enskild forskare. Kanske denne nu och i framtiden måste kunna flera ämnen, måste behärska datateknik, materialkunskap, mätteknik bättre än tidigare, men det blir ändå fråga om en individs förmåga att utnyttja hjälpmedlen och att finna den viktiga och riktiga lösningen. En organisation kan underlätta för individen att arbeta sig fram till denna lösning och kan underlätta utnyttjandet, men det viktiga och större problemet är att skapa organisations- och arbetsformer som underlättar den kreativa individens verksamhet. Även i framtiden med bättre prognosmetoder och mer medveten strävan till förutseende och planering måste man räkna med att planeringen skall vara en planering för det oförutsedda, för att utnyttja kreativiteten.

I många avseenden kan hittillsvarande arbetsformer behöva ändras och som ovan antytts gäller detta inte minst vid universiteten, men de grundläggande målen och principerna bör finnas kvar där. Möjligheten till en fri och obunden forskning som kan välja sina egna problem, metoder och lösningar måste bevaras, även om samarbetet mellan universitet och omvärld förbättras och även om impulser från omvärlden tillåts att i större utsträckning komma in till institutionerna.

Frihet och trygghet

Av stor betydelse för möjligheterna att arbeta på detta sätt och att få fram goda mil-

jöer utgör finansieringsformerna. Förr utgjorde universitetens budget den viktigaste finansieringskällan för institutionerna. Den kompletterades av de privata fonderna som i många fall visat sig ytterst betydelsefulla för att hjälpa fram de verkligt originella forskarna. Många av de svenska forskare som gjort internationellt erkända insatser och som haft utomordentligt stor betydelse som impulsgivare och lärare skulle inte haft samma möjligheter att utvecklas om inte fondanslagen funnits tillgängliga.

Som en komplettering till tidigare finansieringskällor tillkom för 25–30 år sedan forskningsråden med uppgift att stödja de intressanta forskningsprojekten vid institutioner och andra forskningsanstalter. Under denna period och framför allt under det senaste decenniet har forskningsråden vuxit snabbt och motiveringen härför har varit att man därigenom kan reglera och styra vad institutionerna sysslar med och kan ge anslagen till de aktiva och framgångsrika forskarna, vilket blir svårare om anslag över universitetsbudgeten får falla över såväl onda som goda.

Nackdelen med alltför omfattande projektfinansiering är att det blir svårt att få fram de små anslagen för förundersökningar, för projekt som inte kan klart definieras och redovisas och för vilka något säkert resultat inte kan utlovas. Forskarna måste ha en viss möjlighet att pröva sig fram, att kunna undersöka intressanta men kanske i början ofullgångna idéer.

Projektfinansieringen har fått en mycket stor omfattning vid de forskningsaktiva institutionerna och har kanske kommit att utnyttjas i alltför stor omfattning, så att man nu måste söka utveckla nya finansieringsformer som kan ge personalen en viss säkerhet men samtidigt ger en viss möjlighet till rörlighet i anslagsfördelning och användning av personal.

Förutsättningen för att forskningsrådets verksamhet skall ge ett gott resultat är att rådets ledamöter kan fatta de riktiga besluten om ansökningarna. Det är ett stort ansvar

för rådsledamöterna att utöva sin bestämmanderätt över forskningens inriktning. Framför allt kan man befara att det kan bli svårt att få fram nya originella projekt och att råden handlar med alltför stor försiktighet och rädsla för nyheter. En specialist med stor auktoritet kan hindra yngre forskare att pröva nya linjer; exempel på sådant inflytande har förekommit. Man står här egentligen inför ett olösligt problem. Man vill utnyttja de främsta specialisterna för dessa uppgifter, men samtidigt är det specialisterna som kan vara mest och hårdast engagerade i den egna metodiken och ha svårast att frigöra sig från denna. Det är en allmänmänsklig reaktion att endast motvilligt erkänna att något som man arbetat med under lång tid kan vara felaktigt eller av mindre värde. Någon principiell lösning finns inte, men det är nödvändigt att forskningsråden och deras personal handlar i andan att känna sig som forskarnas tjänare med uppgift att ge forskarna den service de behöver men inte tro att denna utgör det verkligt betydelsefulla i forskningen. Organisation och planering kan vara nödvändig men är inte central. Att organisera och leda kommittéer kan vara värdefullt men får inte missuppfattas som den verkligt produktiva och betydelsefulla uppgiften.

I all forskningsadministration lever man i en ständig motsättning mellan behovet av kontroll och av frihet från kontroll. Ett ansvarigt organ kan inte lämna anslag utan någon som helst granskning eller bedömning av dess användning. Samtidigt får man inte begränsa anslagen till forskare som i detalj kan presentera och i förväg redovisa hur anslagen skall användas och vilka resultat som skall bli följden av projektet. Skulle man kanske tänka sig små anslag för förprojekt och förstudier med mycket förenklad ansöknings- och redovisningsmetodik, så att praktiskt taget endast en rekvisition från forskningsråden skulle krävas? Den samlade summan skulle inte bli av större betydelse men skulle kunna väsentligt underlätta starten av nya projekt.

Som en komplettering av forskningsråden kommer säkerligen även i framtiden de privata fonderna att ha stor betydelse. De kan redan nu visa upp många exempel på betydande forskare som hjälpts fram genom deras anslag och det kommer säkert även i framtiden att finnas behov av sådana insatser.

Utbildningens anpassning till samhällets personalbehov

En förändring av utbildningen och forskningen vid universiteten och högskolorna äger långsamt rum genom att nya professorer kommer till och undantagsvis en gammal avvecklas eller ges ny inriktning. För att forskning och utbildning rätt skall motsvara samhällets behov bör de emellertid inte avse det nuvarande behovet, utan det som kommer att råda i framtiden.

Redan innan investeringarna sker och innan den noggrannare planeringen utförs av nya företag eller nya samhällsinstitutioner bör forskningen ha startats, så att dess resultat finns tillgängliga när de behövs. Den nuvarande inriktningen av utbildningen är emellertid knappast avpassad för det nuvarande samhället och ännu mindre för det vi har om 10 år, utan snarare för det som vi hade för 10 eller 20 år sedan. Exempel kan ges av den moderna kemiska industrin, som i Sverige startades i form av en krackningsanläggning och därtill anslutna fabriker i Stenungsund. Beslut fattades om denna anläggning för nästan 10 år sedan och den formella invigningen skedde för något mer än fem år sedan. Detta var dessutom jämförelsevis sent i förhållande till situationen i andra länder. Trots detta fanns emellertid inte när den petrokemiska industrin startade i Sverige någon aktiv forskning inom närliggande delar av den organiska kemien och det fanns inte de projekt eller de personer som kunde ge impulser till nya tillverkningar enligt andra processer än dem som tillämpades från början. Den utveckling av produktionen man då hoppades på har emeller-

tid inte skett. Produktionen har kvantitativt byggts ut, men däremot har få nya tillverkningar tagits upp. Den forskning inom organisk kemi, som skulle ansluta till den industriella utbyggnaden har ännu inte kommit igång utan nu liksom för många år sedan begär man en professur i organisk kemi med denna industriella inriktning.

Vi förutser nu en mycket kraftig utbyggnad av värmekraftverk under 1970-talet. I vilken utsträckning har detta satt spår i utbildningen och forskningen vid de tekniska högskolorna? På samma sätt kan man fråga hur den nuvarande forsknings- och utbildningsorganisationen ansluter till den datateknik, den elektroniska kunskap, den materialkunskap, som kommer att behövas omkring 1980.

Vi vet nu att användningen av plast växer snabbt och att plaster av olika typer kommer att vara betydelsefulla material under 1970-talet och därefter. De ingenjörer som börjar att utbildas nu och utexamineras om fyra eller fem år kommer att använda betydligt mer plast än de som nu är verksamma. Hur beaktas detta i undervisningen i materiallära, konstruktionsteknik, produktionsteknik etc vid de tekniska högskolorna? Man har förvisso inte där förbisett plasternas existens, men man har väl inte kunnat genomföra en omläggning av undervisningen till att motsvara den verklighet som de nya ingenjörerna kommer att möta?

Ett av de intressanta dragen i den japanska industriella utvecklingen under efterkrigstiden har varit att man gjort bestämda planer för industrins omstrukturering och sökt ändra produktionsinriktningen till att i större utsträckning omfatta nya och för framtiden betydelsefulla industrigrenar. Man har t ex målmedvetet strävat att utveckla den elektroniska och den petrokemiska industrin. Under den senaste 10-årsperioden har därför en väsentlig förskjutning till de snabbast växande och mest lönsamma produktionsgrenarna inträtt. Något som, såvitt bekant, inte någon hittills har studerat eller beskrivit är om man parallellt med denna eller kanske

redan före denna planering på samma sätt sökt att förändra utbildningens och forskningens inriktning så att denna legat lagom långt före investeringarna och tillgodosett behovet av kvalificerade tekniker och forskare när de nya industrianläggningarna skall planeras, byggas och tas i bruk eller behovet av idéer för att vidareutveckla de produkter eller processer man börjar med.

Varken i Sverige eller i något annat västeuropeiskt land har man på detta medvetna sätt sökt anpassa utbildnings- och forskningsorganisation till de behov man kan förutse. Snarare finns eftersläpning, som betyder en anpassning till de behov som man långt tidigare har haft. Detta leder i sin tur till att

man utbildar yrkesgrupper som inte längre behövs och som får söka andra sysselsättningar. Ett exempel är utbildningen av veterinärer, vars tjänster inte är lika betydelsefulla nu som tidigare. Genom att i veterinärutbildningen ingår några månaders kurs i mikrobiologi har de därför kommit att i stor utsträckning ägna sig åt livsmedelskontroll och livsmedelsbesiktning för vilket huvuddelen av deras utbildning helt saknar betydelse.

I det växande intresset för framtidsstudier ligger en önskan att kunna påverka dessa förhållanden. Om aldrig så väl genomförda slutledningar kan övervinna trögheten i det administrativa och organisatoriska systemet återstår dock att se.

Att behärska informationsflödet

Informationsexplosionen

Informationsexplosionen – den allt snabbare ökningen av litteratur och andra former av information – är intimt sammankopplad med den allmänna expansionen av vetenskap och teknik, ekonomi och kultur inom vår civilisation.

Volymen av de mänskliga verksamheter som inte direkt är att hänföra till vetenskap beräknas i stort sett ha fördubblats på 40 år. Vetenskapen och dess tillämpningar inom teknik och ekonomi tillväxer långt snabbare, med en fördubblingstid av 10–20 år.

Informationens volym fördubblas minst lika snabbt; man brukar ange perioden till 10–15 år. Antalet vetenskapliga tidskrifter är idag minst 30 000 (siffror upp till 100 000 har nämnts), antalet nya uppsatser enbart inom fysiken anges vara ca 40 000 per år och inom kemi, biologi och medicin ännu större. Det totala antalet publicerade tekniska och vetenskapliga uppsatser uppskattas till ett par miljoner per år.¹⁻⁴

Utöver de traditionella publiceringsformerna, böcker och tidskrifter, har man numera också att räkna med andra, såsom forskningsrapporter, konferensrapporter, kataloger och broschyrer, patent osv, som både genom form och mängd skapar besvärliga informationsproblem. De teknisk-vetenskapliga kongresserna blir för varje år allt fler och berör allt fler områden. Under 1967 deltog över 2 200 svenska forskare med anslag ur statliga medel i utländska kongresser, till en beräknad kostnad av minst 12 Mkr. Kongresserna skapar informationsproblem av olika slag: de stora kongresserna genom sitt svåröverskådliga utbud av före-

drag och rapporter, de små genom att det ofta är svårt att få uppgift om arrangör, plats och tid och att i efterhand få del av framlagda resultat.⁵

Nya informationsmedia har också tillkommit. Informationen behöver inte nödvändigt presenteras i tryck på papper; den kan distribueras och lagras på mikrofilm, hålremsor, magnetband. Minskningen av informationsbärarnas format har möjliggjort nya metoder för lagring och sökning, vilket blivit nödvändigt för behärskandet och det effektiva utnyttjandet av kunskapsmassan.

Språkproblemet får ständigt växande betydelse inom informationsområdet. Drygt hälften av den i början av 1960-talet publicerade vetenskapliga litteraturen har uppskattats vara avfattad på engelska, medan tyska, ryska, japanska och franska svarade för mindre andelar. Uppskattningar av den framtida utvecklingen förutser att andelen litteratur på engelska kommer att krympa på bekostnad av främst de »svåra» språken, ryska, japanska och kinesiska. Ur utnyttjarens synpunkt är informationen det primära, varför språksvårigheter och andra hinder måste övervinnas. Ett omfattande internationellt samarbete bedrivs för att göra den »svåråspråkiga» litteraturen känd och också för att möjliggöra utnyttjandet av gjorda översättningar. Maskinell översättning har också kommit till användning, men i begränsad skala och med avsevärda mänskliga insatser. Det är utan tvivel långt till en något så när tillfredsställande lösning av den automatiska översättningens problem. Den utbildning till tvåspråkighet, som föreslås i ett senare avsnitt av denna rapport, skulle givet-

vis innebära en avgörande genombrytning av språkbarriärerna. (Se sid 203).⁶

Om forskaren-ingenjören för 50 år sedan hade något så när lätt att överblicka sitt fackområde, känner han i dag hotet att drunkna i information. Han kan hålla uppsikt över en krympande sektor, men är på samma gång beroende av att följa med ämnesområden som är nya eller fått ny aktualitet för hans specialområde. Som en ytterligare komplikation tillkommer att många nya ämnen – miljövärd, framtidsforskning – skär tvärs över ett antal av de traditionella forskningsområdena.

Informationsbehov

Vetenskapsmannens och teknikerns informationsbehov och informationsvanor har under det senaste decenniet ägnats mycken uppmärksamhet. En milstolpe var dock redan J D Bernal's undersökning 1948, som bland annat antydde hur informationsbehoven bestäms av forskningens art (olika för grundforskning och tillämpad forskning) och hur forskarens verksamhet och ställning betyder mer i sammanhanget än hans utbildning och övriga bakgrund.⁷

De undersökningar som senare gjorts – särskilt i England och Förenta staterna, men också i ett par fall i Sverige – har givit till resultat att man nu börjar se möjligheter att mäta de olika faktorer som ingår i forskarnas informationsinhämtande, och att en metodik för fortsatta undersökningar börjar komma fram. Bland praktiska lärdomar kan nämnas att litteraturen och biblioteken i undersökningarna har givits sin berättigade plats, men att de direkta kontakternas betydelse framhävts (samtal och korrespondens, kongresser och konferenser, konsultkontakter, kundinformation etc). Man har också funnit att forskarna ofta förbiser möjligheterna att utnyttja bibliografiska hjälpmedel, litterartjänster, företagsbibliotek osv. Även om undersökningarna utgår från hittills existerande förutsättningar, får de anses vara av stor vikt för framtidsplaneringen av doku-

mentationstjänster och bibliotek och för att ge uppslag till förbättrade informationsvanor hos forskare och tekniker.⁸⁻¹¹

Lagring och utvinning av information

Litteraturens uppgift är att vara ett »yttre minne» i kunskapssystemet, som kan komplettera människans eget minne när dess minneskapacitet är otillräcklig. Numera är dock också detta yttre minne överbelastat och det »glömmer» oroväckande snabbt. Mot denna bakgrund bör man se dagens intensiva arbete på metoder att lagra och återvinna information.¹²⁻¹⁴

Så länge boken var det dominerande mediet för lagring av information i tryckt form, var klassifikationssystemen huvudhjälpmedel för att organisera litteraturen för återvinning. Vid sekelskiftet hade tidskriftslitteraturens tillväxt och vetenskapens och teknikens allt större differentiering skapat behov av mer flexibla system.

Vid denna tid utformades den universella decimalklassifikationen (UDK) på grundval av Deweys biblioteksklassifikation. Vid första världskrigets slut hade också den svenska industrin börjat bli medveten om sitt klassifikationsbehov; det ännu existerande ASEAs Decimalregister leder sålunda sitt ursprung tillbaka till 1919. UDK, som vid den tiden var föga bekant i Sverige, fick under 1930- och 1940-talen växande anslutning och hade inemot 1950 blivit något av ett standardsystem inom svensk industri. Tio år senare hade datorbaserade system blivit aktuella.

Primärpublikationerna – böcker, tidskriftsartiklar, rapporter – måste, för att återges i bibliografier, referatpublikationer och -kartotek etc, reduceras i olika grad till referat eller referenser. Också referatorganens utveckling ger en bild av informationsmaterialelets tillväxt. En av de äldsta periodiska referatpublikationerna, den engelska Science Abstracts, började ges ut 1898. År 1919 innehöll den ca 2 500 referat, 1968 hade siff-

ran stigit till 72 000. Chemical Abstracts, nu en jätte bland referatorganen som täcker betydligt mer än den egentliga kemin, började utkomma 1907. Den innehöll 1919 ca 17 000 referat, men kunde 1968 erbjuda inte mindre än 233 000 referat. Ännu mer omfattande är idag den sovjetryska Referativnyj Žurnal, om man räknar samman dess olika sektioner.

För de stora referatorganen har den ursprungliga publiceringsformen visat sig klart otillräcklig, trots uppdelning i sektioner, redaktionella förbättringar osv. Datamaskinella metoder har därför tillgripits, först selektiv sammanställning och tryckning av summariska titellistor (av typen Chemical Titles), senare inmatning av samtliga titlar med en rikhaltig uppsättning av nyckelord på magnetband (t ex Chemical Abstracts Condensates). Andra bekanta system är MEDLARS, som täcker hela det medicinska området och tjänar som underlag för den tryckta referatpublikationen Index Medicus samt INSPEC, som bygger på den grund som inom fysik och elektroteknik lagts av Science Abstracts.¹⁵

Datorerna gav hopp om att det yttre minnets kapacitet och snabbhet skulle kunna ökas, men de tvingade också till ett radikalt nytänkande. Ämnesord, fritt valda eller hämtade ur en fast ordförteckning (tesaurus) började användas som sökord (deskriptorer) för dokumenten, ensamma eller i flerdimensionella kombinationer (koordinerad indexering). Datamaskinell bearbetning och utskrivning av litteraturreferenser blev en realitet, senare också informationsökning ur material lagrat på magnetband eller i andra minnen. Sådant lagrat material kan idag användas för såväl löpande nyhetsbevakning som för retrospektiv sökning.

Karakteristiskt för sökmetodikerna är att en fråga utformas till en sökprofil, ett antal ord som tillsammans täcker ett eller flera intresseområden. Sökordens relationer till varandra – kombinationer, alternativ, utslutning osv – regleras av en matematisk logik av välkänd typ.

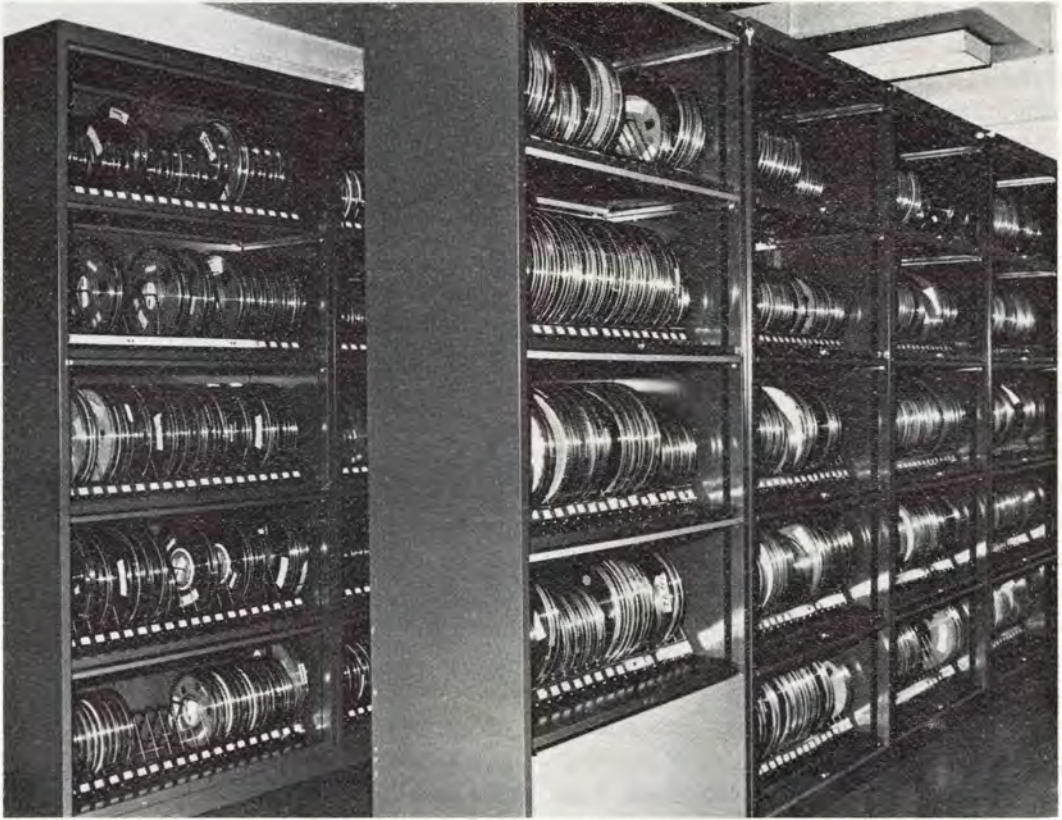


Det stora kemiska referensverket, Chemical Abstracts, rymdes år 1919 i de tre banden som flickan sitter på. Den senaste årgången till vänster har vuxit betydligt och referensverket torde vara ännu mer omfattande när årsklass 1969 börjar studera kemi.

Parallellt med sökprofiltekniken, som kan ses som en avancerad form av traditionell sökningsteknik, har emellertid också utvecklats en metodik för löpande selektiv delgivning (dissemination) av information. Man arbetar därvid med en fast intresseprofil, utformad på det sätt som nyss antydde, och den person eller institution vars intresse formulerats i profilen får periodiskt utskrivna sammanställningar av referenser, utvalda av datorn i enlighet med profilen, allt eftersom ny information inlagras.

Indexeringen får anses som ett av de svagaste leden i informationslagringsprocessen. Den kräver alltså en intellektuell mänsklig insats; man kan hänvisa till det faktum att en indexering så långt som möjligt bör ske i de termer som kan väntas komma till användning vid sökning. Automatisk indexering har emellertid prövats i flera fall, och praktiskt användbara lösningar har ställts i utsikt.

Ett annat svagt led är naturligtvis också det sista, framtagningen av själva dokumentet. Det helautomatiska biblioteket existerar ännu inte. Dokument kan lagras på mikro-



Bandarkivet vid Biomedicinska dokumentationscentralen, Karolinska institutet. Det fn mest omfattande dokumentationssystemet, MEDLARS, innehåller över 1,1 miljoner referenser till artiklar ur vetenskapliga tidskrifter lagrade på magnetband och finns i sin helhet tillgängligt vid dokumentationscentralen. Varje band innehåller ca 40 000 referenser och systemet tillväxer med mellan 200 000 och 250 000 referenser per år.

film och denna teknik har länge ingivit förhoppningar. Det är dock mer troligt att magnetisk, eller kanske laseroptisk, lagring kommer att visa sig överlägsen. Westinghouse har nyligen presenterat ett system där hela textsidor kan magasineras på videoband för att efter behov kunna projiceras på bildskärm.^{16, 17}

Möjligheterna till faksimilöverföring av dokument, även över längre distanser, har redan fått betydelse för distributionen av information. Ett system för telefaksimilöverföring mellan ett antal nordiska högskolebibliotek och andra dokumentationsorgan övervägs exempelvis för närvarande.

Publicering

Redan vid den Scientific Information Conference, som anordnades av Royal Society

1948, sysselsatte sig Bernal och andra med de grundläggande problem som utgörs av vetenskapligt författarskap, publicering och distribution.⁷ Weinberg rapporten till president Kennedy 1963, som i mycket blev vägledande för informationsplaneringen inom amerikansk forskning och även i andra länder, formulerade också några väsentliga krav: författarens ansvar gentemot mottagaren, kraven på en utformning som underlättar referering, indexering, lagring och återvinning. Rapporten påpekade vikten av att väsentlig information publiceras, men också betydelsen av ett »klimat» som avhåller författaren från onödig publicering.¹⁸

En strängare redaktionell självkontroll skulle kunna eliminera åtskilligt av den onödiga dubblering som nu finns, särskilt i de mer tekniskt-kommersiellt inriktade tidskrif-

terna. Säkerligen skulle en bättre redovisning genom sekundärpublikationer ge en bromsande effekt. Man kan här förutse en växelverkan: bättre täckning genom referatpublikationer kan uppnås, om primärpublikationerna utformas med sikte på referaten.

Radikalt nya publicerings- och distributionsformer har också föreslagits, t ex pool-system för artiklar och rapporter, där läsarna hålls underrättade genom titellistor och kan beställa endast de artiklar som speciellt intresserar dem.

En ofta återkommande synpunkt är slutligen behovet av »reviews», alltså regelbundna, väl underbyggda översikter över enskilda ämnesområden. Sådana överblickar kräver dock tillgång till sakkunskap och stilistisk talang, tid och pengar, liksom allmänt erkännande av att det här är fråga om ett högt kvalificerat författarskap.

Informationssystem i utveckling

Insikten om informationens oumbärlighet har länge varit självklar för de flesta forskare, kanske mindre klar för de utövande teknikerna. Allt eftersom behoven blir mer medvetna, måste i varje fall informationen göras bättre anpassad efter mottagaren, bättre lämpad för analys, indexering och lagring i de olika former och system som kommer till användning. Här har forskaren-författaren, redaktören och förläggaren, men också dokumentalisten, var sin del av ansvaret; i sista hand också mottagaren, genom den konstruktiva kritik han kan och bör utöva.

Många har spekulerat över informationsutvecklingen, i termer som »informations-explosionen», »operation Syndafloeden» osv. Reellt sett är frågan: skall den exponentiella utvecklingen av informationsvolymen, främst representerad av litteraturen, fortsätta utan ändring, eller är den nuvarande branta stigningen endast mittpartiet av en kurva som är på väg att plana ut mot ett lugnare förlopp? Mycket tyder på att det senare är fallet.²

Hur nu utvecklingen än förlöper, måste vi söka kontrollera informationsfloden, och det-

ta är inte möjligt utan grundliga ansträngningar, nytänkande och nykonstruktioner. Datorerna, ofta beskrivna som »intellektförstärkare», är i detta sammanhang främst minnesförstärkare, som kan hålla ihop en mycket stor kunskapsmassa och göra den åtkomlig från ett mycket stort antal utgångspunkter. Ett intressant perspektiv, om också på lång sikt, är emellertid att de, genom att kopiera det mänskliga intellektets associativa arbetsätt, också skulle kunna utöva t ex innovativa funktioner.

Som redan sagts är mänskliga insatser oumbärliga på avgörande punkter. Datorerna bör dock kunna utnyttjas i stigande utsträckning för att självständigt analysera och förbehandla ett primärmaterial och lagra indexerade referenser och referat i redan kända former. De bör kunna leverera inte bara utvalda och sammanställda referenser och referat utan också de primära artiklarna och dokumenten. Men därutöver bör man förutse den tid då önskad information kan hämtas eller automatiskt distribueras direkt från data- eller faktabanker, med den grad av fullständighet och i de kombinationer som tillfället kräver, utan omvägar över dokument och litteratur. En integrering av informationsprocessen i sådana former bör vara målsättningen för den fortsatta utvecklingen, så långt den idag kan förutses.¹⁹

Litteratur

1. Auger, P: Current trends in scientific research. Paris (UNESCO) 1961.
2. Price, D J de Solla: Little science, big science. New York & London 1963.
3. Bourne, C P: The world's technical journal literature: An estimate of volume, origin, language, field, indexing, and abstracting. *American documentation* 13 (1962) 2 p. 159-168.
4. Barr, K P: Estimates of the number of currently available scientific and technical periodicals. *Journal of documentation* 23 (1967) 2, p. 110-116. /9 ref./
5. /Holmer, C:/ Utredning angående speciellt svenska forskares deltagande i internationella vetenskapliga kongresser, konferenser, sympo-

- sier etc. Sthlm (Styrelsen för teknisk utveckling) 1969.
6. Hanson, C W: The foreign language barrier in science and technology. London (ASLIB) 1962.
 7. The Royal Society scientific information conference, London 1948. (Rapporter av Bernal, Urquhart, Egerton, Holmstrom m fl om utformning, distribution, användning av vetenskapliga publikationer, om forskares informationsbehov m m).
 8. Slater, M & Fisher, P: Use made of technical libraries. London 1969. (ASLIB occasional publication No 2).
 9. Wood, D N: Discovering the user and his information needs. *Aslib proceedings* 21 (1969) 7 p. 262–270.
 10. Selander, A: Ingenjörerna och den tekniska informationen. En studie av olika befattningstypers attityder till informationsöverföringen inom svenska industriföretag. Stockholm (Tekniska litteratursällskapet) 1968.
 11. /Rosenqvist, H:/ Småindustrins informationsbehov. Stockholm 1968. 26 p. bil. (IVA-rapport 11). (Undersökning gjord i anslutning till SHI-utredningen).
 12. Annual review of information science and technology. Ed. C A Cuadra. Vol 1–3. New York/Chicago (Wiley/Encyclopaedia Britannica) 1966–1968.
 13. Kilgour, F G: Information retrieval. *Mc Graw-Hill Yearbook of science and technology*. New York 1967, p. 11–17.
 14. Scientific and technical communication. A pressing national problem and recommendations for its solution. Washington (National Academy of Sciences/National Science Foundation) 1969.
 15. Reichardt, G: Moderne Methoden der Informationsvermittlung, besonders auf den Gebieten der Kerntechnik. *Nachrichten für Dokumentation* 20 (1969) 3 p. 102–107.
 16. Tell, B: Informatik – eller hur man finner knappnålen... *Forskning och framsteg* 3 (1968) 4 p. 12–13.
 17. Videoband som lagringsmedium för dokument. *Teknisk tidskrift* 99 (1969) 26 p. 557 (efter Westinghouse engineer (1969) jan p. 27).
 18. Science, government and information. A report of the President's Science Advisory Committee. Washington 1963. («Weinberg-rapporten»).
 19. Mechanized information storage, retrieval, and dissemination. *Proceedings of the FID-IFIP Conference, Rome, June 14–17, 1967*. Ed. Kjell Samuelson, Amsterdam 1968.

De mänskliga behoven

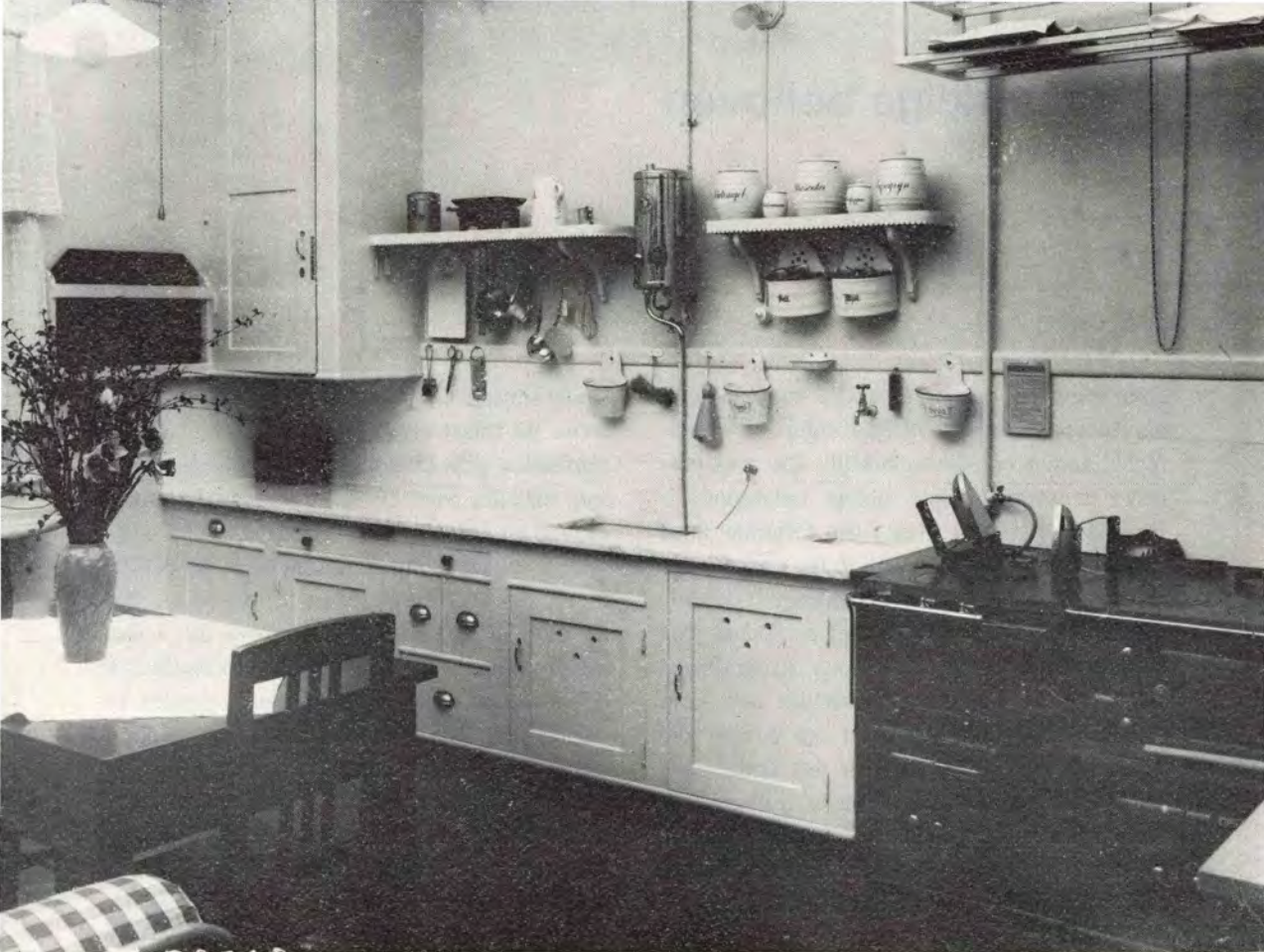
Den tekniska och industriella utvecklingen har betytt väsentliga förändringar i levnadsförhållanden och levnadsmiljö. De rent tekniska framstegen har delvis behandlats i föregående avsnitt, men i det följande skall göras ett försök att sammanfatta konsekvenserna av den tekniska utvecklingen för allmänhetens levnadsförhållanden. Målet för den tekniska forskningen och utvecklingsarbetet är att förändra samhället och höja levnadsstandarden och även om det är allmänt känt att så skett kan det ändå vara önskvärt att söka sammanfatta skillnaderna mellan 1919 och 1969.¹ Det visar sig, att det är en viss och i flera fall betydande eftersläpning mellan en ny teknisk konstruktion och den tid då denna verkligen blir allmänt spridd. De snabba förändringarna som ofta apostroferas kräver i vissa fall lång tid av förberedelse innan de kan inträffa. Det uppstår därför lätt en felaktig bedömning av utvecklingen. Man känner till att en viss apparat har utvecklats för lång tid sedan och tror då lätt också att det är länge sedan den kom i allmänt bruk. Telefonen fanns i bruk 1877, de första bilarna började användas under 1880- och 1890-talen och redan de gamla romarna använde badrum. Men trots detta är det först under de senaste åren som även så gamla tekniska framsteg verkligen har trängt ut till den stora allmänheten. I de flesta fall har detta skett först under efterkrigstiden och i många fall under de senaste 10–15 åren. Man anpassar sig dock så snabbt till nya förhållanden, att man inte gör klart för sig hur nya de är utan accepterar dem som invanda och självklara.

Bostäderna var för 50 år sedan i genomsnitt små i synnerhet i tätorterna. Vid bo-

stadsräkningen 1920 var 54 % av lägenheterna på högst ett rum och kök. I åtskilliga samhällen gick andelen av sådana lägenheter upp till eller över 80 %. Bostäder bestående av endast ett rum eller endast ett kök uppgick i enstaka industrisamhällen till 40 % av antalet lägenheter. Man får då också räkna med att familjerna var större då; i medeltal utgjorde antalet boende i enkelkök 2,3. Även under den följande tiden byggdes en påfallande stor andel enligt våra bedömningar av smålägenheter och fortfarande är andelen sådana betydande. Nu ställer man andra krav på bostädernas storlek och utrustning. 1965 hade andelen lägenheter på högst ett rum och kök i tätorterna sjunkit till 26 % och i stället andelen med 3 och 4 rum stigit kraftigt.

År 1920 hade under 5 % av bostäderna centralvärme och endast i Stockholm låg andelen så högt som 13 %. Bad- eller duschrum fanns i 4,5 % av bostäderna och var alltså en relativt sällsynt företeelse.

Ännu i mitten på 1930-talet hade inte mer än en fjärdedel av bostäderna centralvärme och ca 15 % hade dusch eller badrum. 1965 hade andelen bostäder med bad- eller duschrum stigit till 75 % i tätorterna, medan andelen var lägre i glesbygden så att medeltalet för hela landet utgjorde 66 %. 1965 hade nästan 90 % av bostäderna i tätorterna centralvärme. Elektriskt ljus är nu en självklarhet men detta var ännu inte fallet för 50 år sedan. I tätorterna hade 84 % av bostäderna elektriskt ljus och andelen var hög i de flesta samhällen. I enstaka fall, bland annat i några av Stockholms förorter, var andelen ca 60 % och vissa städer hade ännu lägre andel. 1919 var ungefär den



Ett modellkök år 1920 visas på denna bild från Nordiska Kompaniet. Bild från Stockholms stadsmuseum.

tid då den elektriska belysningen bröt igenom. Elektrifieringen har lett till bättre belysning men också till användning av många andra hjälpmedel, såsom dammsugare, hushållsmaskiner, kylskåp och på allra senaste tiden fryskö. Kylskåp har blivit vanliga under 1950- och 1960-talen och först under 1960-talet kan det anses ha blivit en normal utrustning i glesbygdens hem. En hushållsmaskin som i sin nuvarande form kommit under det senaste decenniet är tvättmaskinen. Det är inte så länge sedan man i hyresfastigheterna byggde gemensamma tvättstugor som genom lanserandet av de små hemtvättmaskinerna kommit att utnyttjas sämre än beräknat. Skillnaden mellan de mo-

dernaste tvättmaskinerna och de tröttsamma och arbetskrävande metoderna för 50 år sedan innebär ett utomordentligt framsteg.^{2, 3}

Den mest genomgripande förändringen ifråga om kommunikationerna är bilens genombrott. Även om denna som teknisk konstruktion är gammal och enstaka veteranbilar finns kvar från seklets början, är det långt senare som den blivit spridd till den stora allmänheten, som det blivit naturligt att skaffa bil, då man har användning av den, och att ta körkort så fort man kommit över den stadgade åldersgränsen. Ännu för 20 år sedan fanns inte mer än 28 bilar per 1 000 invånare, medan man 1968 kommit upp i 260, alltså nästan 10 gånger så många.

Den tekniska utvecklingen av flyget har pågått under hela 50-årsperioden, men som framgår av beskrivningen av kommunikationernas utveckling var under den första delen av perioden flyget inte något reguljärt trafikmedel. På de långa sträckorna där dess fördelar är mest utpräglade var säkerheten på 1920- och 1930-talen ännu låg. Först under de senaste 20 åren har trafikflygets verkliga expansion ägt rum och först under 1950-talet upphörde det att vara anmärkningsvärt att ha flugit. Först under 1960-talet blev semesterresor till utlandet en vanlig och naturlig företeelse för den breda allmänheten.

Flygfrakt har blivit allt vanligare och kvantiteten i internationella transporter har för svensk lufttrafik blivit fyra gånger så stor under de senaste 10 åren, vilket bland annat gör sig märkbart genom förbättrad tillgång på frukt och grönsaker med låg hållbarhet.

Radioutsändningar började i Förenta staterna 1920 och i Sverige 1925 och radions utveckling ligger alltså helt inom 50-årsperioden. Den snabbaste ökningen av antalet radiolicenser skedde under senare delen av 1930- och början av 1940-talen och fick troligen en väsentlig uppgång genom världskriget. Som tidigare beskrivits ledde kunskapen om materialegenskaper till upptäckten i slutet av 1940-talet av transistorn och den tillämpning därav som först blev spridd till den stora allmänheten var mindre radioapparater till lägre pris än de tidigare. Antalet radioapparater torde därigenom ha tagit ett språng uppåt. Antalet radiolicenser minskade däremot från mitten av 1960-talet beroende på en ny informations- och underhållningskälla: televisionen. Televisionen har blivit ett naturligt, för att inte säga nödvändigt, inslag i det allmänna levnadsmönstret och har kommit under de senaste 10 åren.

Regelbundna televisionssändningar började år 1954 och redan 1960 var antalet licenser över en miljon, för att efter ytterligare fem år ha passerat den andra miljonen. Spridningen skedde alltså ännu snabbare än för radion och fick i varje fall i det första

skedet en mycket stor betydelse för levnads- och umgängesvanorna. Informationseffekten har även visat sig mycket stor. Denna har inte så tydligt framhållits i diskussionen om programmen, vilket kan bero på att de som recenserar och kommenterar TV-programmen inte gjort klart för sig betydelsen av den information dessa sprider. Vad televisionen i verkligheten betytt är att stora grupper som tidigare knappast läst tidningar eller tidskrifter och inte besökt teatrar eller konserter, plötsligt börjar följa nyhetsutsändningar, reportage, teaterföreställningar och konserter och till och med även balettföreställningar när dessa sänds i televisionen. Dessutom har dessa program ofta en helt annan genomslagskraft än tidningarnas eller radions meddelanden. Pressfotograferna använde tidigare uttrycket »en bild säger mer än tusen ord» och även om televisionen sänder många bilder som inte betyder något ord alls, kan man inte förneka att det ligger en betydande sanning i uttalandet.

Televisionens effekt hittills torde närmast motsvara resultatet av de första radioutsändningarna, som också väckte stor uppmärksamhet och ledde till att den generationen lyssnade på nyheter, föredrag och nästan allt som sändes i förtjusningen över detta nya medium. Kanske kommer televisionens effekt att på detta sätt också avta när den inte längre uppfattas som en nyhet, men man kan också tänka sig att televisionen genom bildens större slagkraft och genom nya effekter, t ex färgprogram eller längre fram bilder med djupverkan, kommer att behålla sin betydelse.

Telefonen är det äldsta av de här behandlade tekniska hjälpmedlen och redan i seklets början fanns ett telefonnät i Sverige. Ett karakteristiskt drag i gamla stadsbilder är kabelstegarna på hustaken, av nutida ungdomar stundom förväxlade med TV-antennerna. Som ett minne av den perioden fanns till för icke så många år sedan kvar telefontornet i Stockholm som en karakteristisk silhuett. Användning av telefon var på den tiden dock begränsad till företag och personer



Som ett minne av Allmänna telefonbolaget, som först år 1918 övertogs av Telegrafverket, och av tiden före telefonkablarna, stod ända till år 1952 telefontornet kvar i Stockholms centrum. Bild från Stockholms stadsmuseum.

som på grund av sitt yrke hade behov av den. Först efter andra världskriget har den blivit ett normalt inslag i varje hem. Antalet telefonapparater per 1 000 invånare har mer än fördubblats under de senaste 20 åren och stigit från ca 240 till 520 1968. Utvecklingen har inte heller visat på att något mättningsvärde skulle ha uppnåtts, utan har snarare gått fortare under de senaste åren.

Livsmedelsvanorna har i betydande utsträckning förändrats under 50-årsperioden. Konsumtionen av kött och fisk har ökat, sockerförbrukningen har efter ett maximum i slutet av 1930-talet avtagit. Konsumtionen

av mjölk, frukt och bröd har avtagit, medan konsumtionen av fett stigit. Genom förbättrade kommunikationer samt genom djupfrysningstekniken har man nu på ett helt annat sätt än tidigare tillgång till färskvaror och färsk frukt och grönsaker finns tillgängliga året om. Förvaringsförhållandena för de livsmedel som distribueras i djupfryst form har blivit bättre och produkterna når konsumenterna i bättre skick och är tillgängliga alla årstider. Vilka konsekvenser detta fått för folkhälsan är svårt att konstatera, möjligen kan en effekt spåras i den stigande medellängden. I andra länder, t ex Japan, har man

kunnat konstatera en mycket påtaglig höjning av både längd och vikt hos de yngre generationerna, vilket torde kunna tillskrivas en bättre koststandard. I vilken utsträckning ökad vikt skall betraktas som en gynnsam utveckling kan helt bero på utgångsläget men möjligen kan ökad kroppslängd betraktas som oreserverat gynnsamt och den stigande medellängden som ett tecken på människosläktets fortgående fullkomning.

Den förbättrade tillgången och ökade valmöjligheten ifråga om livsmedel har emellertid inte lett till de önskvärda förändringarna av kostvanorna. De rena bristsjukdomarna har försvunnit, men kostvanorna har inte ändrats i samma grad som levnadssättet. Den svenska kosten kan nu anses som väl avvägd och sammansatt för personer med tungt kroppsarbete. Man har alltså nått de mål man kunde ställa upp för 50 år sedan. Under mellantiden har emellertid arbetsförhållandena även förändrats så att allt färre har tungt arbete. En angelägen uppgift är därför att skapa större överensstämmelse mellan näringsbehoven och näringstillförseln.

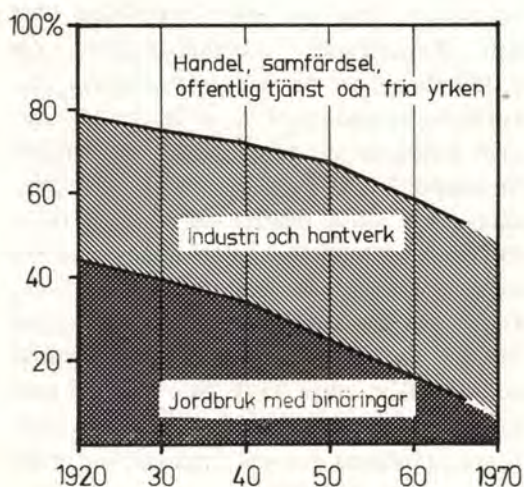
En väsentlig förändring har även skett i klädstandarden under den senaste 50-årsperioden. Först utvecklades under 1920- och 1930-talen konfektionsindustrin så att det blev en accepterad vana inom alla samhällsklasser att köpa färdiga kläder. Denna utveckling betydde också en väsentlig utjämning av skillnaderna så att man inte längre av kläderna kunde avgöra en persons yrke och inkomst. Under efterkrigstiden har bruket av de nya fibrerna utbrejts allt mera och dessa har ensamma eller i kombination med naturfibrerna gett tyger med nya egenskaper. Behandlingen av kläderna har därigenom blivit lättare och mindre arbetskrävande och successivt håller tex ett arbete som strumpstopning på att försvinna, sörjt av ingen.

Ytterligare en mycket väsentlig utveckling är den stigande utbildningsnivå som kan, beroende på hur man önskar uttrycka sig, kallas antingen en konsumtion eller en in-

vestering. 1919 var ännu folkskolan den helt dominerande utbildningsvägen. Ca 2 000 elever per år avlade realexamen, vilket alltså betydde ca 3 % av en årskull. Antalet studenter var något lägre och uppgick till knappt 2 000. Fortsatta studier efter folkskolan var alltså relativt sällsynt och detta förklarar att studentexamen under hela sin existens kommit att betraktas som ett lockande och hägrande mål. Detta gäller alltså ungefär den årsklass som nu går i pension och av vilken alltså 95 % fick nöja sig med folkskoleutbildning, medan högst 5 % fick högre utbildning och en ännu mindre andel fick akademisk utbildning.

En gradvis men ganska långsam ökning av den andel som gick till högre studier ägde rum under 1920-, -30 och -40-talen. Först under 1950-talet började antalet elever som gick genom realskolan att kraftigt öka och antalet realexamina uppgick 1958 till 20 000 och 1963, då det högsta antalet uppnåddes, till knappt 35 000. Då hade redan en viss avtappning skett genom att enhetsskolan börjat genomföras på sina håll och rekryteringsunderlaget för realskolan alltså minskat. Studentexamen avlades för 10 år sedan inte av fler än 8 500 elever, alltså fortfarande inte mer än knappt 9 % av en årskull. Men sedan kom de stora ökningarna 1963 till 15 000 och 1968 sista året till 36 000 studentexamina. På 10 år har alltså andelen av en årskull som avlägger studentexamen ökat från 9 till 28 %. Dessutom har under den tiden fackskolan tillkommit som ytterligare en utbildningsväg efter grundskolan.

Motsvarande expansion av universitets- och högskoleundervisningen har därefter följt och lett till att alla ramar och planer sprängts. För 10 år sedan fanns 30 000 studenter, medan antalet nu är fyra gånger så högt. Frågan är om någon industri av motsvarande omfattning kan uppvisa samma procentuella tillväxt. Utbildningen har blivit en av de verkligt expansiva samhällssektorerna och ett enda universitet har nu lika många studenter som alla universitet och högskolor för 10 år sedan. Motsvarande ökning av an-



Relativ fördelning av Sveriges befolkning efter näringsgren. Ur: *Historisk statistik (åren 1920-1950)* och *Statistisk årsbok (åren 1950-1966)* utg av Statistiska Centralbyrån.

talet akademiska examina har inte ännu inträffat men kan förutses inträffa om några år. Den stora ökningen av studentantalet leder naturligtvis till nya undervisningsformer och till en ny syn på den akademiska utbildningen. Det värde som bestått i exklusivitet kommer den grundläggande akademiska utbildningen att förlora under de närmaste åren. Den kommer inte heller att kunna betraktas som specialiserad utbildning på samma sätt som tidigare. Genom dess stora expansion och genom de nya undervisningsformer som nu börjar genomföras kommer utbildningen upp till en första akademisk examen att bli grundläggande allmänbildning, mera specialiserad än gymnasiernas, men inte med säkerhet tillräcklig som yrkesutbildning. Detta kommer i sin tur sannolikt att leda till väsentliga förändringar av samhällets organisation och verksamhet men detta får behandlas i annat sammanhang.

Detta utgör endast några exempel på de förändringar som har skett under den gångna 50-årsperioden och som påverkat alla som

levt och verkat i vårt samhälle. Om man närmare börjar granska de olika händelseförloppen visar det sig ofta att förändringarna skett snabbare och senare än man har varit medveten om. Det har i de flesta fall förlutit lång tid mellan den första utvecklingen och den verkliga spridningen av en ny teknisk apparat till den breda allmänheten. Möjligen har denna spridningstid blivit kortare på den allra senaste tiden och detta kan möjligen televisionens utveckling tyda på. Avgörande för förändringarna har dock varit industrins möjligheter att producera i stor skala de produkter som det här gäller. Detta är en följd av teknisk utveckling och industriellt inriktad forskning. Denna har varit en drivande expansiv kraft som gett underlag för samhällets förändring. En förskjutning kan möjligen inträffa i framtiden så att serviceföretagen blir av allt större betydelse och den direkt producerande industrin av mindre direkt betydelse. Förutsättningen för att vi skall kunna behålla de framsteg som gjorts, sprida dem till andra länder och ytterligare bygga vidare på dem är dock att industrin kommer att kunna fortsätta att utveckla och producera med hög effektivitet. Även de nya samhällssektorer som kan få ökad betydelse i framtiden kommer att i stor utsträckning behöva använda tekniska hjälpmedel och metoder och även för deras expansion kommer den tillämpade industriellt inriktade forskningen att vara central.

Litteratur

1. Statistisk Årsbok 1919-1969.
2. SOS: Socialstatistik. Allmänna bostadsräkningen år 1920. Sthlm (Kungl Socialstyrelsen) 1924.
3. SOS: Folkmängden och dess förändringar. Folk- och bostadsräkningen den 1 november 1965, VIII. Lägenheter och hushåll i hela riket, län och kommunalblockanpassade A-regioner. Sthlm (SCB) 1969.

DE KOMMANDE 50 ÅREN

Vetenskapliga framsteg

Materiens uppbyggnad

Många olika aspekter på materiens struktur har berörts i tillbakablick. Ändå har många områden förbigåtts. Är det kanske dessa områden som kommer att få störst betydelse för framtiden? Då inte ens en fråga av detta slag går att besvara är det svårt att vara visionär när det gäller forskningens framsteg inom detta komplexa och enormt stora område.

På många delområden syns forskningen för närvarande endast förfina och förklara enskilda detaljer i det stora mönstret. Kanske finner man bland dessa detaljer en av nycklarna till lösningen av naturens innersta väsen, men möjligen ligger lösningen ändå i att försöka sammanföra de olika problemen till ett enda stort helt. Kommer det att dyka upp nya experimentella resultat, som, såsom har hänt vid så många andra tillfällen, tvingar oss att radikalt tänka om?

I denna situation får man försöka föra tendensen inom den vetenskapliga forskningen något längre framåt i tiden, men eftersom bilden är så splittrad kan detta endast ske inom några speciella områden, där man vet eller kan förvänta att radikala lösningar fordras för att ge svar på frågorna.

Den första frågan är, hur kommer elementarpartikelfysiken att utvecklas? Situationen är i dag högst förbryllande och för närvarande syns två utvägar vara möjliga. Antingen är de nu kända elementarpartiklarna samtliga uppbyggda av ett antal partiklar av nytt slag eller också har atomismen kommit in i en återvändsgränd.

Vissa belägg för att atomismen inte har

kommit in i denna återvändsgränd finns. Det är nämligen möjligt att beskriva det förhållande att partiklarna kan inordnas i symmetriska grupper, vilket har diskuterats i avsnittet »Atomism i ständig förnyelse» (sid 22), med att de är uppbyggda av s k kvarkar och antikvarkar.¹ Kvarkarna, tre till antalet, karakteriseras bland annat av att deras laddning utgör en bestämd bråkdel av elektronens, för två av dem $\frac{1}{3}$ och för den tredje $\frac{2}{3}$. Upprepade försök att finna kvarkar har gjorts. Dessa har dock inte burit någon frukt förrän nyligen då det rapporterades att partiklar som skulle kunna vara kvarkar har spårats i den kosmiska strålningen.²

Om kvarkar inte existerar finns det alltså inga yttersta subpartiklar utan varje partikel är i någon mening sammansatt av andra partiklar i ett slags sublim demokrati.

Kommer det i framtiden att vara möjligt att med säkerhet avgöra vilken av dessa beskrivningar som är den rätta? Är båda eller ingen rätt? Hoppet står i dag till allt större accelerators. Sådana byggs också. År 1967 startades i Sovjetunionen den för närvarande största acceleratoren, 70 GeV-maskinen i Serphukov. Arbeten och planer på ännu större maskiner är i gång. Som exempel kan nämnas 200 GeV-maskinen i Förenta staterna, som förväntas starta år 1972 samt CERN:s 300 GeV-maskin.³

De nya större acceleratorerna, kombinerade med bättre detektorer vars utveckling också tidigare har haft en stor betydelse, kommer att ge möjlighet att finna allt fler elementarpartiklar eller, för att vara korrekt, resonanser.⁴ Det är inte otänkbart att det spektrum av partiklar och resonanser som

erhålls har sitt ursprung i någon starkare kraft som ligger fördold i nukleonernas inre på samma sätt som Bohrs elektronbanor var en följd av Coulombväxelverkan.

Olika teorier för att sammanfatta de experimentella resultaten har angivits. De baserar sig på de tidigare nämnda symmetriförhållandena och den viktigaste av dem är Reggeteorin.⁵ Det gemensamma för dessa teorier är att de stämmer dåligt. Den sk Venezianorepresentationen gör dock den fortsatta diskussionen intressant.⁶

Önskemålet är att bit för bit kunna plocka sönder nukleonerna. Det första steget har tagits genom de försök som pågår för att bestämma nukleonernas laddningsfördelning. Redan år 1950 utvecklade R Hofstadter med medarbetare en metod för att genom elektronspridning mot nukleonen kunna göra denna bestämning. Liknande försök på π -mesoner har lett till en god förståelse av dessas laddningsfördelning.⁷

Då det för omkring 20 år sedan blev klart att den kosmiska strålningen inte bara innehöll den av Yukawa föreslagna mesonen (se sid 20) utan även myonen, väckte detta förvåning, eftersom en förklaring till denna partikel saknades. Inte ens nu finns någon förklaring. Myonen är inte ett exciterat tillstånd av elektronen eftersom det har visat sig vara nödvändigt att anta olika neutriner för elektronen och myonen. Vad är den då? Den svaga växelverkan har många frågetecken varav detta är ett. Ett annat är om det finns någon utbytespartikel som svarar mot denna växelverkan.⁸

I återblicken framhålls att den ena efter den andra av invariansprinciperna har brutits, även om brotten varit små.⁹ Inte ens energilagen tas som självklar. Vilken blir nästa invariansprincip som kommer att brytas? Finns det partiklar med negativ massa?¹⁰ Kommer man i naturen att finna partiklar med negativ energi som rör sig fortare än ljuset?¹¹

Elementarpartikelfysiken befinner sig som framgår i ett dilemma och här om någonstans bör principen att betrakta helheten

gälla, eller för att citera de slutord årets nobelpristagare i fysik M Gell-Mann gav vid ett Nobelsymposium i fysik förra året: »Snart är det tid att göra mer än att var för sig försöka förbättra vår beskrivning av den starka och svaga växelverkan. I själva verket bör vi ägna en del av våra ansträngningar att försöka sammanföra den starka, svaga och elektromagnetiska växelverkan till något helt.»¹²

Vad kommer forskningen på kärnfysikens område att leda till? Det har i återblicken (sid 23) antytts möjligheter att i en viss mening finna stabila element någonstans bland de högre atomnumren. Kommer detta att bli fallet? Och kommer det i så fall att bli möjligt att använda dem i kemiska föreningar? Är det nödvändigt att först känna den starka växelverkan i detalj för att förstå hur det mångpartikelsystem som kärnan utgörs

Figuren visades första gången av N Cabibbo vid »The 1966 International Conference on High energy physics» med den då relevanta texten. H Lipkin fann bilden användbar igen vid »The Inaugural Conference of the European Physical Society, Florens, April 1969. Om A_2 -mesonen är en dubblett kommer den enkla kvarkmodellen att bli avsevärt mer komplicerad.



av fungerar? Kommer det att bli möjligt att om denna växelverkan blir något bättre känd att med mycket snabba datorer beräkna strukturen hos atomkärnorna?

Framstegen inom den kondenserade materien har gått långt. Datorer gör det i dag möjligt att erhålla både statiska och dynamiska korrelationsfunktioner och under antaganden om olika krafter mellan partiklarna kan man bestämma vilket av dessa som passar bäst med de experimentella resultaten. Dislokationsteorierna har nu utvecklats så långt att man inte längre kan basera teorierna på det klassiska gittret utan måste ta hänsyn till elektronstrukturen hos metallen och de kovalenta bindningarna. Forskning inom halvledarområdet kommer troligen att medföra upptäckten av nya fenomen som kan komma till teknisk användning, något som diskuteras i avsnittet »Materialteknikens utveckling och nya material» (sid 189 ff).⁸

Gränstemperaturen för supraledande material har stigit år från år och ligger för närvarande vid 20 K. Kommer vår kunskap om supraledning att kompletteras så att den i dag oöverstigliga gränsen kan förklaras och flyttas? Supraledning skulle då kunna ske vid rumstemperatur och då inga teoretiska hinder tycks förefinnas är kanske supraledning vid rumstemperatur en fråga om teknik eller eventuellt kemisk konstruktion. I »Materialteknikens utveckling och nya material» (sid 192) diskuteras detta närmare.

En annan intressant aspekt på materians struktur är att i framtiden både gas, vätska och fasta ämnen säkert kommer att kunna beskrivas i en enda modell. Vissa tecken tyder på att vätskeformen endast utgör ett transient fenomen mellan fast kropp och gastillstånd. Vätskan befinner sig i en ständig fasomvandling och skulle kunna beskrivas på samma sätt som jonerna i ett plasma. Kunskap om vätskornas natur kommer även att ge bättre information om materians struktur.¹³

Varför har vi inte funnit någon magnetisk enhetsladdning? Hur kommer det sig att problem som varit kända längst tillhör de

mest svårförklarade? Magnetismen med rötter i det förflutna är fortfarande till sin natur en gåta.

Att ämnen smälter och stelnar har också varit bekant under långa tider. Men vilken mekanism bestämmer när ett gitter skall övergå från den ena formen till den andra? Är det någon inneboende egenskap hos materian som vi ännu inte har avslöjat? Kan ett absolut rent material smälta?

Ständigt har naturen visat nya sidor. Uppenbart är att detta kommer att fortgå för alltid. När man försökte bestämma ledningsförmågan hos material vid låga temperaturer hittade man underliga effekter. Det är då naturligt att fråga vad som händer vid höga temperaturer och höga tryck. Under avsnittet »Materialteknikens utveckling och nya material» diskuteras något de fenomen som kan uppträda i samband med höga tryck men kommer en sådan forskning som alltså syftar till förbättrade materialegenskaper att leda in på helt nya spår eller finns det redan inom det temperatur- och tryckområde som vi nu studerar, effekter som vi inte observerar endast därför att vi inte vet vilka de är? Visserligen finns det många undersökningsmetoder såsom röntgenstrålning, elektrondiffraktion, neutrontdiffraktion, channeling-effekter och ultraljud, men det verkar högst sannolikt att vi har missat en eller flera undersökningsmetoder som kommer att avslöja helt nya effekter hos materian.

Forskningen torde komma att koncentreras på att lösa problem av första ordningen inom många områden där problemen endast är lösta för enkla strukturer. Kunskapen om de fasta ämnens struktur är ganska god för enkla ämnen men om man försöker tillämpa denna kunskap på mer komplicerade strukturer stöter man många gånger på i det närmaste oöverstigliga problem. Med anknytning till inledningen är det kanske ändå angelägnare att försöka lösa dessa problem i stället för att söka klargöra detaljerna där det översiktliga redan är känt. Kommer fasta-tillstånds-fysikerna att koncentrera sitt intresse till det biofysiska området?

Litteratur

1. Nilsson, J: Kvarkar. Forskning och framsteg. 2 (1967) 5 p. 9-12; Taylor, J G: Hunting the quark. Science Journal 4 (1968) 2 p. 61-66.
2. Mc Cuskes, C B A & Cairns, I: Evidence of quarks in air-shower cores. Phys Rev Lett. 23 (1969) 12 p. 658-659.
3. Livingston, M S: American 200 GeV accelerator. Nature 223 (1969) 5210 p. 1005. Search and discovery. Intense MeV-Electron Beams and prospects for accelerators. Phys Today 22 (1969) 6 p. 59-60.
4. Alvarez, L W: Recent Developments in Particle Physics. Science 165 (1969) 3898 p. 1071-1091. (Nobelföreläsning 1968).
5. Froissart, M & Omnes, R: Mandelstam Theory and Regge Poles. New York 1963.
6. Search and Discovery. Veneziano Representation Excites Strong-Interaction Theorists. Physics Today 22 (1969) 3 p. 59-60.
7. Wilson, R: Form factors of elementary particles. Physics Today 22 (1969) 1 p. 47-53.
8. The growth points of physics. Inaugural conference of the European Physical Society, Florence 8-12 April 1969. (Referat i Europhysics News. (1969) 4; Stubbs, P: Physics in Florence. New Scientist 42 (1969) 646 p. 171-173.
9. Taylor, J G: The microscopic arrow of time. New Scientist 42 (1969) 647 p. 234-236. Oxford experiment uphold the symmetry of time. New Scientist 42 (1969) 654 p. 623.
10. Gardner: Negative mass: fact or fiction? New Scientist 42 (1969) 653 p. 578-579.
11. Bilaniuk, O-M & Sudarshan, E C G: Particles beyond the light barrier. Phys Today 22 (1969) 5 p. 43-51.
12. Nobel Symposium 8. Elementary Particle Theory. Ed by N Svartholm Sthlm 1968.
13. Physics of simple liquids. Ed by H N V Temperley et al. Amsterdam 1968; Simple dense-fluids. Ed by H L Frisch & Z W Salsburg. New York (Academic Press) 1968; Liquids: Structure, properties, solid interactions. Amsterdam 1965. (Symposium).

Universums struktur

Som framgår av återblicken befinner sig astronomin i ett alldeles nytt skede bland annat genom upptäckten av pulsarerna. Förståelsen av dessa kommer att ytterligare öka våra kunskaper om universums struktur. Än

större betydelse kommer pulsarerna troligen att som tidigare nämnts få som sond vid undersökningar av exempelvis den interstellära materian, elektrontätheten och det magnetiska fältet.

Vad de bemannade och obemannade rymdfärderna i fortsättningen kan ge är naturligtvis svårt att sia om, men ett är säkert att den första människan på månen på sikt har öppnat nya vyer för människan både konkret och abstrakt.

Einsteins gravitationsvågor har upptäckts och vad fortsatta försök på detta område kan medföra kan man just nu bara gissa sig till.

I det följande kommer ett antal ännu olösta problem att tas upp. Vissa funderingar över tänkbara konsekvenser av den ena eller andra lösningen kommer också att diskuteras.

Det expanderande universum

En av de olösta frågorna är om universum är ständigt expanderande eller i viss mening oscillerande. Enligt tillgängliga data är universum slutet om dess täthet överskrider 3×10^{-29} g/cm³, i annat fall är det öppet. Det nu kända värdet på tätheten hos materian i galaxerna är 7×10^{-31} g/cm³. Detta behöver naturligtvis inte innebära att universum är öppet eller expanderande eftersom materia och energi kan förekomma i andra former än i galaxerna. Svårigheten är att uppskattningarna av materians medeltäthet i universum skiljer sig med en faktor 100 till 1 000.¹

Frågan om universums täthet är alltså väsentlig för avgörandet av strukturen hos Einstein-Friedmanns modell. Tätheten är också väsentlig för Kleins modell. Den täthet som krävs för att erhålla balans mellan gravitationen och den strålning som uppstår då protoner och antiprotoner reagerar med varandra visar sig vara ungefär för 10^{-26} g/cm³ och skulle svara mot tätheten vid vändpunkten (se sid 52). Tätheten har genom expansionen minskat, men detta värde

utgör en övre gräns för att Kleins modell skall kunna gälla.²

Skulle upptäckten av gravitationsvågorna kunna betyda att universums massa är större än den vi tidigare har kunnat mäta? Helt omöjligt är inte detta eftersom man skulle kunna tänka sig att en gravitationsvåg uppkommer då en stjärna kollapsar på grund av att gravitationen tar överhanden. Stjärnan blir eftersom ljuset inte orkar ut ett »svart hål» med en radie mindre än den s k »Schwarzschildradien». Andra gravitationsvågor skulle kunna uppstå då ytterligare stjärnor dras in i detta svarta hål. Om det finns gott om svarta hål i rymden, skulle världsrymdens totala massa kunna vara avsevärt större.³

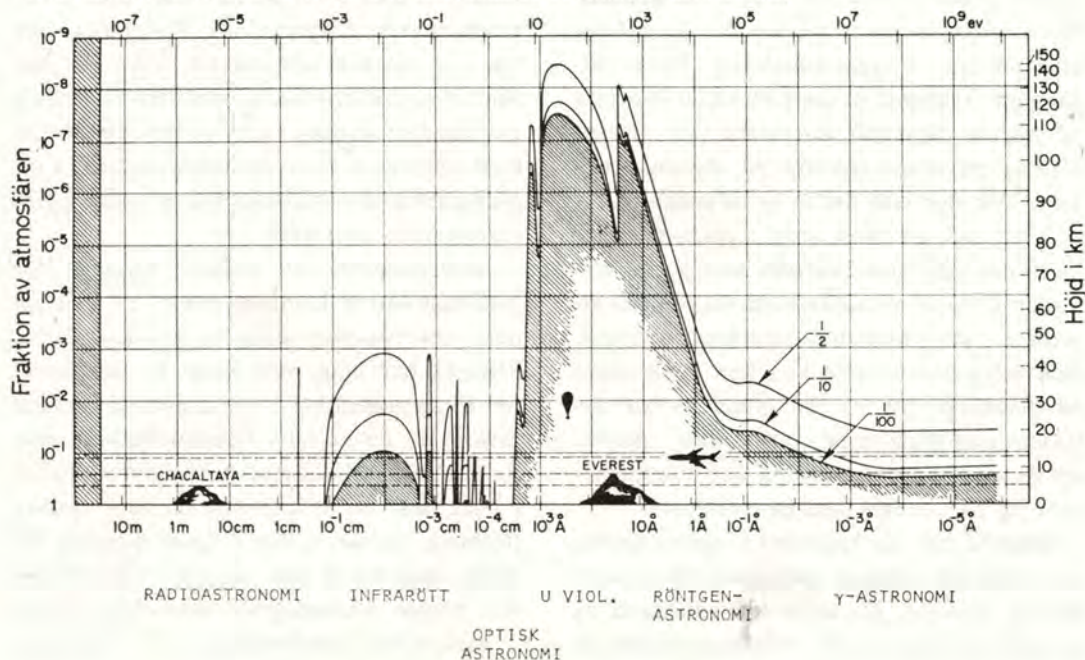
Ett av de avgörande bevisen för universums expansion har varit rödförskjutningen hos stjärnorna och galaxerna. Kvasarernas och även Seyfertgalaxernas rödförskjutning stämmer visserligen inte helt med Hubbles lag men man antar ändå att dessa rödförskjutningar är av kosmiskt ursprung. Det

finns visserligen andra förklaringar men hitintills finns det ingen observation som utesluter det kosmiska ursprunget. Den först så överraskande frånvaron av kända kvasarer med en rödförskjutning på mer än 2,4 antas nu bero på att den gas som finns mellan galaxerna var mindre joniserad i det förlutna. Om detta antagande är riktigt måste universum vara under utveckling och kvasarerna på kosmologiska avstånd. Två mycket viktiga kunskapsdelar sammanlänkas därmed.⁴

Vidgade vyer

Eftersom jordatmosfären endast släpper igenom strålning inom det synliga ljuset med våglängder från omkring 400 till 700 nm samt inom det infraröda området med något längre våglängd än 700 nm, har astronomerna endast i ringa grad kunnat skaffa sig kunskaper om strålningen i det ultravioletta området mellan 300 och 30 nm, om röntgenstrålningen från 30 till 0,1 nm eller om gammastrålningen under 0,1 nm.

Kurvorna visar för varje våglängd hur den infallande strålningen absorberas i atmosfären och på vilken höjd hälften, 90 % och 99 % av den inkommande strålningen absorberats.



Förmågan att placera teleskop och andra instrument utanför jordens atmosfär har således givit astronomerna en möjlighet att observera himlen som de inte kunde drömma om tidigare. Denna förmåga kombinerad med utvecklad teknik både för detektering och observation har således bland annat gjort det möjligt att studera även andra slag av strålning än det synliga ljuset.

I en inte alltför avlägsen framtid, kanske i början av 1980-talet, kommer astronomerna att bygga ett nationellt eller internationellt observatorium i rymden. På detta borde det finnas ett 3 m spegelteleskop för observation av stjärnor, planeter, nebulosor och galaxer, speciella teleskop för studier av solen, detektorer för studier av röntgen- och gammastrålning och ett radioteleskop för långa vågor.

När detta observatorium erhålls kommer effekterna av luftens ständiga turbulenta rörelse och av natthimlen att kunna övervinnas. Detta leder till att mycket svagare objekt kan upptäckas vilket många gånger är avgörande för prövningen av de kosmologiska teorierna, exempelvis om universum är oändligt eller inte.

Ännu större teleskop än på en konstgjord satellit skulle kunna placeras i ett astronomiskt observatorium på en av de många asteroiderna. Byggnadsmaterial finns tillgängligt! Troligare är dock ett observatorium på månen. Speciellt intressant blir det att placera ett observatorium på månens baksida. Där stör inte heller »jordljuset».

Även om ett stort antal undersökningar inom det infraröda området kan göras från jorden kommer rymdfärdena naturligtvis att medföra att observationsområdet utvidgas. Den infraröda astrofysiken kan dock sägas ha utvecklats mycket på grund av att detekteringsmöjligheterna förbättrats genom att de termiska detektorerna har kunnat basera sig på extremt låga temperaturer.

Sålunda har de fysikaliska egenskaperna hos infraröda stjärnor, nebulosor och galaxer kunnat avslöjas. De infraröda galaxerna är speciellt intressanta. En betydande andel av

galaxerna (och även kvasarerna) utsänder exempelvis mer energi i det undre infraröda området än i alla andra våglängsområden sammantagna.

Strålning med en så extremt hög temperatur som den som svarar mot termonukleära reaktioner är frånvarande i spektrum från de infraröda galaxerna, som sänder vid en effektiv temperatur, som är lägre än jordens.

Om de infraröda galaxernas fysik kommer att kunna förklaras och förklaringen baserar sig på en grundläggande mekanism som kan tillämpas på mindre dimensioner än de galaktiska skulle man kanske kunna förklara energimekanismen hos stjärnorna.^{5, 6}

Den ultraviolettera astronomin kommer i hög grad att utvecklas. Redan nu finns det teleskop i satellitbanor som mäter den ultraviolettera strålning vilken aldrig tränger ned genom jordens atmosfär. Studier av den ultraviolettera strålningen kommer således att få stor betydelse för förståelsen av solen och kommer också att ge möjlighet att undersöka om andra stjärnor har koronor och aktivitetscyklar som liknar solens. Ultraviolettera data kanske också kan förklara kvasarernas och pulsarernas natur.

Vidare kan den ultraviolettera astronomin möjligtvis hjälpa till att besvara några av de fundamentala frågorna om universum, t ex om hur stjärnor och galaxer föds och dör. Mätning på ultraviolettera spektrum från olika galaxer kan kanske t o m genom jämförelse med spektrum från Andromedagalaxen ge möjligheter att bestämma vilken kosmologisk teori som är mest trolig.⁷

Möjligheterna att studera röntgen och gammastrålning kommer också att öka genom observatorier utanför jordatmosfären. Sålunda har man med hjälp av detektorer för röntgenstrålning i rymdsatelliter kunnat avslöja att en pulsar i Krabbnubulosan alstrar röntgenstrålningspulser i takt med pulser i både dess radiostrålning och dess optiska strålning. Pulsaren, den tidigare nämnda NP 0532, utsänder en puls varje 0,033099522 s, den högsta pulshastighet som observerats.⁸

Vidare har rymdsatelliter i år registrerat

nya variabla röntgenstrålningskällor.⁹ Än så länge kan dessa källor inte identifieras med några kända stjärnobjekt, men de liknar en källa som man fann i april 1967 och som har kallats för Taurus XR-2. Är de möjligtvis röntgenstrålningsnovor?¹⁰

Mätningar av intensiteten hos den mjuka röntgenstrålningsbakgrunden har nu blivit framgångsrika. De resultat som erhållits pekar på att det interstellära mediet på ett markant sätt är mer genomsläppligt för mjuk röntgenstrålning än vad man teoretiskt har förutsagt. Detta skulle bero på en icke förutsedd molnstruktur hos detta medium.¹¹

Kan information om röntgenstrålning från diskreta källor förklara den mekanism som åstadkommer röntgenstrålningsemissionen? Det troliga är att bättre avståndsmätningar och bestämningar av mäktigheten hos källorna fordras innan några sådana slutsatser kan dras. Röntgenstrålning ovanför en keV härstammar troligen från inversa Comptonkollisioner i mycket avlägsna radiogalaxer. Denna strålning kan därför troligen ge oss ökade kunskaper om hur universum har utvecklats.¹⁰

Den kosmiska strålningen har kommit att betraktas som en av huvudkomponenterna i universum. Den förefaller att vara universell och komma i ungefär samma form från alla riktningar i rymden. Energitätheten tycks i medeltal vara 1 eV/cm^3 . Dess ursprung är inte klarlagt och ett av de svåra problemen är att förklara hur den kosmiska strålningen accelereras. V L Ginzburg föreslår en galaktisk modell för den kosmiska strålningen och anser att en genomarbetad modell skall kunna framläggas om fem till tio år.¹²

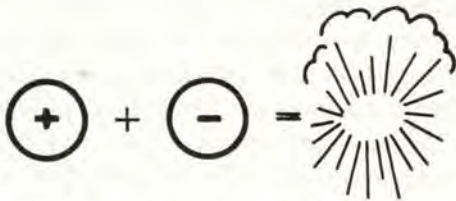
Mycket har talats om neutrinfysikens möjligheter. I de flesta fall har det också stannat vid diskussioner eftersom inga neutriner har kunnat påvisas utanför vårt solsystem. Däremot har R Davis och hans medarbetare lyckats påvisa neutriner från solen. Även om dessa resultat inte stämmer överens med de gängse teorierna så har man nu 50 år efter det att A Eddington föreslog att solenergin har sitt ursprung i termonukleära

processer åtminstone erhållit en metod att förbättra kunskaperna om denna process. Tidigare har detta inte gått då de termonukleära reaktionerna försiggår långt inne i det inre av solen och alltså göms bakom en ofantlig massa av kallare material. Eftersom det värde på neutrinitätheten Davis fick var mycket lägre än det väntade verkar utvecklingen inte helt lovande för fortsatta undersökningar av stjärnor och galaxer, men varför skulle det inte kunna dyka upp en »neutrino-pulsar» som hjälper forskningen framåt. Intressant vore om den intensiva neutrinostrålningen från en kollapsande stjärna kunde detekteras.¹³

Som nämndes i översikten har tre nya interstellära molekyler påvisats, nämligen vatten, ammoniak och formaldehyd. Formaldehyd är den viktigaste upptäckten, bland annat därför att det troligen råder ett samband mellan fördelningen av formaldehyd och av metan. Då metan tyvärr saknar emissionslinjer är det omöjligt att upptäcka den på dessa avstånd. Om metan kommer att påvisas i rymden, vilket är troligt, kunde man kanske även besvara en av frågorna om hur livet på jorden uppkommit, nämligen hur dessa tre elementära molekyler har kommit in i vårt solsystem.

Det finns även en annan spännande tanke i samband med att formaldehyd har upptäckts. Formaldehyd är en slutprodukt då aminosyror brytes ner. Varför skulle inte aminosyror kunna existera i de interstellära gasmolnen? Om detta vore fallet kommer astrofysikerna också att få syssla med fundamental biologi. Anledningen därtill är att man ännu inte har kunnat förklara varför levande system i första hand består av vänstervridande molekyler, medan termodynamiken visar på statistisk jämvikt mellan höger- och vänstervridande stereoisomerer. Om det vore möjligt att bestämma fördelningen i rymden skulle detta visa om denna karakteristiska vänstervridning utgör en egenskap hos livet självt eller om den är en fundamental egenskap hos kosmos.^{6, 14}

Kleins modell för universum bygger på att



Om ett hål möter en elektron blir det ingenting kvar – utom litet värmeenergi.

antimateria och koinmateria, dvs den normala materia, existerar i lika stora mängder. Hur skall detta kunna påvisas? En enda direkt metod finns, nämligen att observera spinnets hos de neutriner som eventuellt utsänds från den materia, som studeras. I de fall neutriner utsänds från koinmateria, utsänds antineutriner från antimateria. Eftersom neutrinostrålning i det närmaste är omöjlig att detektera verkar detta inte vara någon framkomlig väg. Ett annat sätt är att undersöka den strålning som utsänds då koin- och antimateria kommer i kontakt med varandra. Vid en sådan kontakt skall både neutrino-, gamma- och radiostrålning utsändas. Då neutrinostrålningen knappast går att påvisa och gammastrålningen är svår att detektera måste bevis för existensen av antimateria i första hand sökas i den kosmiska radiostrålningen som däremot är lättare att undersöka. Denna kan dock ha olika ursprung och det återstår att se om möjligheter kommer att ges att avgöra om antimateria existerar i rymden.¹⁵

Det interstellära dammet visar sig också vara av intresse. För att bestämma vad det består av måste man utnyttja mätningar av absorptionsgraden för olika våglängder i det infraröda området (även om dessa mätningar för närvarande är mycket osäkra). Man kan också utnyttja mätningar av polarisationen hos stjärnljuset. N C Wickramasinghe har föreslagit att det interstellära dammet består av grafitpartiklar omgivna av ett tunt lager av fruset väte. Det finns argument mot detta och dammet kan också bestå av magnesium- eller järnsilikater.⁶

Människan och rymden

Människans färd till månen har gjort det speciellt spännande att försöka bedöma hur långt ut i rymden hon kan komma under den nu följande 50-årsperioden. En sådan bedömning har också gjorts i avsnittet »Rymdverksamhet» (sid 212). Den fråga man ställer sig är dock vad människan har ute i rymden att göra.

Ur forskningssynpunkt är svaret helt klart – hämta mera kunskaper. Det finns i det närmaste ett oändligt antal frågor, som söker sin lösning. Några av dem har angivits här. Kanske kan de få sina svar om människan kommer ut i rymden och direkt får undersöka de objekt som är av intresse.

Intressant vore om man fann antimateria i rymden och människan på jorden kunde producera så mycket antimateria att hon kunde utveckla metoder och utrustning för att hantera denna. Då skulle man kunna hämta hem antimateria ifrån rymden och en perfekt energikälla skulle vara funnen. Är detta endast spekulationer?

Spekulation är det dock knappast att förutsäga att människan före år 2019 kommer att ha fått betydligt ökade kunskaper om sin egen hembygd – solsystemet. Från de astronomiska observatorierna runt jorden och på månen kommer som tidigare nämnts fantastiska studier av universum att kunna göras. Interferometrar placerade på jorden och månen med avståndet däremellan som bas kommer att väsentligt öka möjligheterna att mäta små stjärndiametrar.

Kunskapen om vår egen jord kommer att helt förändras inte bara genom jordresurs-satelliterna utan i synnerhet genom studier av de andra planeterna. Kanske finner man olja på någon av dem. Detta skulle innebära att oljan inte har vegetabiliskt eller animaliskt ursprung. Oanade mängder av olja skulle kunna finnas i jordens inre. Andra jämförelser mellan strukturer på planeterna och jorden skulle kunna leda till viktiga oväntade upptäckter om jordens inre. Materialstudier på månen kommer att kunna ge oss väldiga möjligheter att studera material-

egenskaper som i dag kräver enorma utrustningar. Vår kunskap om gravitationsfältet kan kanske öka.

Om det finns liv på någon av planeterna, vilket för närvarande verkar osannolikt på grund av planetatmosfärernas ogynnsamma sammansättning, kommer forskningen inom livsvetenskaperna att göra ett jättesprång. Om inte livets närvaro i denna del av rymden är unik, hur nära har vi till liv som är högre utvecklat än vårt eget?

Litteratur

1. Chiu, H-Y: The evolution of the universe. *Science Journal* 4 (1968) 8 p. 33-38.
2. Laurent, B E: Vårt system av galaxer. Aktuella problemställningar. Svensk Naturvetenskap. Stockholm 1967 p. 63-72.
3. Gravitational collapse. McGraw-Hill Yearbook of Science and Technology. New York 1967. p. 193-195.
Gribbin, J: New thoughts on space-time. *New Scientist* 42 (1969) 643 p. 11-12.
Rehnavall, H: Artiklar. *Svenska Dagbladet* 23-24. 8. 1969.
4. An evolving universe. *Nature* 223 (1969) 69 p. 1003-1004.
5. Low, F J: Infrared Astrophysics. *Science* 164 (1969) 3879. p. 501-505.
6. Continuing excitement in cosmology. *British Association Supplement* 1969. *Nature* 223 (1969) 5210 p. 1632-1635.
7. Edlén, B: Solens spektrum i extremt ultraviolett. *Kosmos* 48 (1968) p. 11-19; Goldberg, L.: Ultraviolet astronomy. *Scientific American* 220 (1969) 6 p. 92-102.
Stubbs, P: UV astronomy starts up in earnest. *New Scientist* 40 (1968) 623 p. 378-379.
8. X-ray Pulsar. *Scientific American* 221 (1969) 1 p. 52; Reports. X-ray Pulsar in the Crab Nebula. *Science* 164 (1969) 3880 p. 709-711.
9. Satellites discover new variable X-ray source. *New Scientist* 43 (1969) 664 p. 416.
10. Mitton, S: X-ray astronomy at the Royal Society. *New Scientist* 40 (1968) 626 p. 550-551.
11. Bowyer, C S & Field, G B: Intensity of the soft X-ray background flux. *Nature* 223 (1969) 5206 p. 573-575.
12. Ginzburg, V L: The astrophysics of cosmic rays. *Scientific American* 220 (1969) 2 p. 51-63.
13. Bahcall, J N: Neutrinos from the sun. *Scientific American* 221 (1969) 1 p. 29-37; von Dar-

del, G: Neutrinofysik. *Svensk Naturvetenskap*. Stockholm 1969. p. 82-92.

14. Stubbs, P: Formaldehyde in space. *New Scientist* 42 (1969) 664 p. 65-66; Duchesne, J: Meteorites and extraterrestrial life. *Science journal* 5 (1969) 4 p. 33-38.
15. Alfvén, H: Världen - spegelvärlden. Lund (Aldus) 1966.

Livsprocesserna

Den genetiska kodens uttydning kom långt snabbare än någon vågat tro. Tills för tre år sedan tvivlade man på att denna överhuvudtaget var möjlig att bestämma. Detta kan betyda att utforskningen av livsprocesserna nu går allt snabbare, vilket skulle kunna förklaras av att biologin håller på att gå över från empiri till en exakt vetenskap. I så fall har vi upplevt den mest fascinerande fasen av livsprocessernas historia, då upptäckterna kommer slumpvis och oftast helt oförutsedda. Därmed är inte sagt att vi nu står inför ett behärskande av livsprocesserna. Möjligen är det tvärtom så att ju flera uppgifter som kan skaffas om tex cellers reaktioner och uppbyggnad, desto mer komplicerat syns samspelet vara och målet flyttas således allt längre in i framtiden.

De senaste decenniernas biokemiska utveckling har skapat möjligheter för en fortsatt utforskning av liv och det levande och även för spekulationer rörande den närmaste framtiden vad gäller enstaka områden. De samband som då kommer att bli aktuella kan idag inte förutses. Efter genetiska kodens lösning har nukleinsyrornas struktur blivit föremål för intresse. Femtio procent av aminosyrasekvensen är löst och det är bara en tidsfråga innan hela sekvensen är klarlagd. Möjligen får vi då ett bättre utgångsläge för att förstå virusarternas specificitet. Virusinfektioner förorsakas som tidigare nämnts av nukleinsyror.

Enzymer

Ett tiotal enzymeras aminosyrasekvens har bestämts och i ett fåtal fall har också upplysningar om det tredimensionella utseendet erhållits. Enzymernas verksamhet har blivit bättre känd och man har även utvecklat serier av enzymhämmare och aktivatorer. Möjligheten finns att t ex skapa lämpliga inhibitorer om man känner strukturen på det enzym som skall hämmas. Då vissa sjukdomar, såsom imbecillitet, sockersjuka m fl anses bero på att vissa enzymer saknas eller arbetar felaktigt, skulle man här kunna finna metoder att bota dem. En sjukdom av detta slag är Föllings syndrom, där en medfödd, genetisk defekt i fråga om det enzym som överför fenylalanin till tyrosin resulterar i överproduktion av fenylpyrodrusyra och därmed i grava sekundära mentala rubbningar. Barn födda med detta syndrom har en ytterst besvärlig framtid. Fenylalaninfattig diet kan hjälpa något, men den rätta metoden vore att på något sätt genomföra den felande enzymatiska transformationen av fenylalanin till tyrosin.

Om man fullständigt lär känna enzymernas uppbyggnad och verkningssätt öppnas möjligheten att utforma nya syntesvägar.^{1, 2} Med hjälp av enzymer kan man då framställa alla ämnen som förekommer i naturen. I många fall innebär detta enklare och billigare metoder eftersom man genom enzymernas inverkan kan slippa arbeta vid höga temperaturer eller tryck. Utvecklingen torde dock inte gå så långt att man uteslutande använder enzymer och enzymreaktioner utan man får snarare en blandning av enzymreaktioner och traditionella kemiska reaktioner. Man erhåller då en kedja av olika processteg där man för varje enskilt steg använder den enklaste och lättaste metoden, vilket betyder att man växelvis använder den ena eller den andra reaktionstypen. Enzymreaktionerna torde komma att framför allt vara överlägsna när man vill bygga upp komplicerade organiska föreningar som fordrar att en längre serie speciella reaktioner sker i högt utbyte. För enklare föreningar kanske däremot de

traditionella metoderna visar sig lämpligast.

Rent praktiskt kan man genomföra sådana reaktionssteg så att enzymet eller endast dess aktiva del får reagera med en fast bärare så att man så att säga erhåller enzymet i fast form. Det kan sedan användas som fyllning i kolonner genom vilka reaktionsvätskan får strömma eller som ytbeläggning i ett rör eller en behållare genom vilken reaktionsblandningen får passera. När man fullständigt känner enzymernas uppbyggnad kommer man också att kunna avgöra vilken eller vilka delar därav som är aktiva och måste finnas kvar oförändrade och vilken del som eventuellt kan reagera med en bärare. En kompletterande möjlighet är att även utnyttja levande celler, alltså hela enzymsystem, för att genomföra speciella reaktionskedjor. Dessa kan då bindas på något liknande sätt, t ex genom att inkapslas i plast så att mikroorganismen kan utnyttja ämnen i vätskan som flyter förbi men ändå kan hanteras och användas även den som kolonnyfyllning. Mikroorganismen genomför då en mera komplicerad serie reaktioner än när man endast använder ett enzym och man kan i detta fall endast avgöra utgångs- och slutstadiet men kan inte behärska reaktionsstegen däremellan. Mikroorganismer kan man t ex tänka sig använda för att rena en lösning från något bestämt ämne som mikroorganismen bryter ned. En speciell tillämpning därav är vattenrening och det kan vara fullt tänkbart att man i framtiden har en serie filter vart och ett med fyllning för att avlägsna ett bestämt ämne. Mikroorganismer kan naturligtvis också tänkas användas i en reaktionskedja där för övrigt ingår katalysatorer och enzymer av olika slag.³

Dessa nya syntesmetoder kan även tänkas bli använda i stor skala och det är fullt möjligt att den kemiska industrin i framtiden kommer att anlita dessa nya processer vid sidan av de traditionella. Hur snabbt och långt den omställningen går kommer snarast att bero på kostnaderna för enzymer. I och med nya syntesmetoder kan man tänka sig att dessa väsentligt kommer att sjunka.

Immunologi

För att kunna utföra säkra transplantationer måste viktiga fenomen, såsom de basala immunologiska mekanismerna, klargöras. Antigener och antikroppar måste struktur- och specificitetsbestämmas. Därefter kommer man troligen att kunna koppla ihop aminosyror i strikta sekvenser till exempelvis syntetiska antikroppar med önskade egenskaper.

Redan nu finns metoder för att koppla ihop aminosyror till peptider i förutbestämd ordning och genom en helt automatisk process som tillför en aminosyra i taget samt nödvändiga kemikalier för att genomföra reaktionen varefter överbliven reaktionslösning tvättas bort och nya kemikalier tillsätts för nästa syntessteg. Med den ökade kunskapen om antikroppar och de nya automatiserade syntesmetoderna kan man förutse möjligheten att framställa antikroppar av valfri uppbyggnad. De kan då byggas upp med uppgift att oskadliggöra speciella skadliga ämnen, t ex virus, gifter, bakterietoxiner. En sådan metodik bör även kunna förbättra skyddet mot biologisk krigföring och kan då öka eller minska risken därför beroende på om den tilltänkta angripnarstaten eller den angripna staten kommit längst i utvecklandet av sådana skyddsmedel. Större möjligheter att gripa in i cellens antikroppssystem kan också visa sig underlätta transplantationer så att de nya organen inte stöts bort utan accepteras av kroppen. Det är därför sannolikt att de medicinska problemen i samband med organtransplantation löses och det då blir tillgången på nya organ som begränsar användningen av denna teknik.³

Transplantationer bortsett från plastikkirurgiska ingrepp kommer kanske inte att bli vanligare i framtiden. Möjligen kommer i stället den profylaktiska sjukvården att utvecklas därhän att t ex transplantationer av njurar och även andra organ blir onödiga. Överföring av hjärtan från en människa till en annan kanske bara kommer att vara aktuell under ett övergående stadium. När man lärt sig pumpmekanismen kan kanske en teknisk konstruktion bli användbar. Däremot

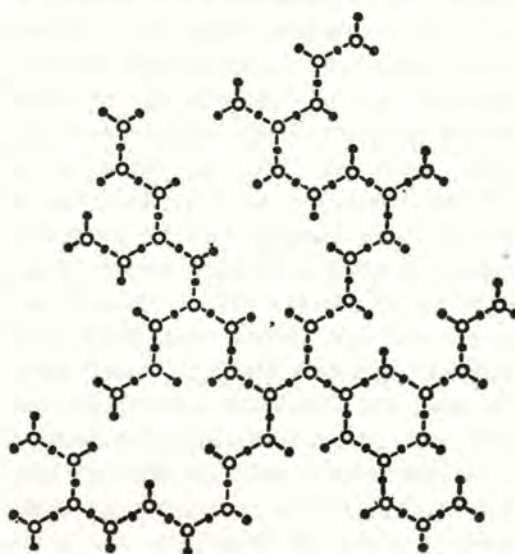
kommer det att vara viktigt att utreda immunologin för att råda bot på därav avhängiga sjukdomar.

Cellen

På cellens uppbyggnad och funktion har mycket forskningsarbete nedlagts, men fortfarande är många frågor obesvarade. Cellmembran har undersökts och bland annat har åtskilliga studier av dess metabolism utförts. Cellens inre är däremot föga känt och man vet t ex ej vad som sker då ett hormon kommer in i cellen. Bland andra oklara företeelser kan nämnas vattnets tillstånd i cellen. Detta har under senaste året blivit föremål för intresse, eftersom man upptäckt att vatten kan förekomma i en polymer eller kemiskt kopplad struktur. Detta vatten har helt andra egenskaper än vanligt vatten. Det har en täthet på $1,4 \text{ g/cm}^3$ och förblir oförändrat inom temperaturintervallet -100 till 400°C .⁵⁻⁷

Framtidens forskare kommer också att försöka definiera skillnaden mellan de högre och de lägre organismernas celler och möjligen kommer de också att kunna förklara hur de högre organismernas celler influerar varandra.

Föreslagen struktur hos det sk polyvattnet.



Hjärnan

Även kunskapen om hjärnans processer ökar i snabb takt. Man har dels studerat de biokemiska reaktioner som äger rum i eller på gränzytan mellan cellerna, dels de elektriska impulserna i hjärnan. De biokemiska och elektriska förloppen samverkar och påverkar varandra på ett sätt som ännu är endast ofullständigt känt. Speciellt syns processerna vid kontaktytorna mellan cellerna ha inflytande på de psykiska reaktionerna. Man torde alltså genom att följa dessa biokemiska och elektriska händelseförlopp kunna redovisa vad som sker vid ett syn-, lukt- eller smakintryck. En analog process är absorptionen av feromoner på insekternas antenner och de elektriska impulser som absorptionen ger upphov till. Ett studieobjekt är därför hur långt denna analogi kan föras och om motsvarande absorption av vissa molekyler i människans smak- eller luktbestämmande celler kan ge upphov till liknande reaktioner som uppstår hos insekterna. I förlängningen av dessa undersökningar kan man möjligen också tänka sig konstruktion av »syntetiska» sinnesintryck.

Elektrisk stimulans till vissa regioner i hjärnan har visat sig ge speciella känslor, såsom ångest, aggressivitet eller lust. Detta fenomen kan utnyttjas för att ge mentalt sjuka personer nya stämningsslägen och nya känslor som de genom sitt sjukdomstillstånd annars är utestängda ifrån. En möjlighet skulle kunna vara att schizofrena individer därigenom ges en stimulans när personen närmar sig ett känsloläge som gör detta påkallat. Detta kan tänkas gå vidare till en permanent påverkan och man skulle kunna utnyttja någon naturlig rytm för att åstadkomma ett jämnt känsloläge.³ Som ett hjälpmedel för att påverka allvarligt mentalt sjuka personer bör sådana behandlingar inte medföra några betänkligheter. Även i detta fall måste man emellertid ställa frågan hur långt och i vilken utsträckning användning av dessa metoder är berättigad. Personer som permanent påverkas av ett sådant inflytande måste ge upphov till frågan vad som är in-

dividens verkliga naturliga tillstånd och vilket som är alltför starkt influerat av yttre påverkan. Liksom i Pirandellos dramatik blir den stora frågan att finna och klarlägga den egna personligheten och kanske kommer den italienske författaren att på nytt upptäckas och visa sig vara ännu mer aktuell än när han ursprungligen ställde denna fråga.⁴

Bättre livsvillkor för människan

Kartläggningen av livsprocesserna är nödvändig för att sjukdomar och brist på essentiella ämnen i vår kost skall kunna motarbetas. Genom riktigt sammansatt kost skapas en profylax för bristsjukdomar och större motståndskraft mot infektioner. Ett led i denna utveckling är försöken att åstadkomma t ex fullgoda sädeslag med hög proteinhalt. Tidigare använda metoder att producera protein är ej tillräckliga och i vissa fall ej ekonomiska. De växter som i dag ger hög proteinhalt kräver stora mängder gödning med höga kvävehalter. Bland nya vägar att erhålla protein syns fixering av luftens kväve mest lockande, vilket man lyckats utföra hos blågröna alger. Samspelet mellan växten och den kvävefixerande organismen är emellertid ännu outrett. Ett annat alternativ skulle kunna vara att påverka kvävefixeringen i jorden via en katalysator. Som lämplig sådan har molybden nämnts.

Ökade kunskaper om livsprocesserna ger också större möjligheter att påverka människan och hennes omgivning, vilket medför ett allt större ansvar. Vår entusiasm att knäcka problem kan få fatala konsekvenser. De möjligheter som lösningen av genetiska koden kan få har redan diskuterats. Ett annat mera akut problem är den biologiska krigföringen, som kan bli mycket effektiv men medföra så svåra skyddsproblem att den sannolikt skulle påverka även det angripande landet. De laboratorier som nu arbetar med förberedelser för eller skydd mot biologisk krigföring skulle med obetydliga förändringar kunna övergå till att bekämpa infektionssjukdomar och därvid utnyttja sin

kunskap om sjukdomsalstrande organismer och deras spridning. I så fall skulle en väsentlig förbättring av hälsotillståndet kunna åstadkommas. Genom ett positivt utnyttjande av vårt vetande kan vi skapa en allt bättre tillvaro för människan genom att inom en snar framtid lösa t ex problem som avloppsvattenrening, insektsbekämpning och behandling av mycket elementära sjukdomar som vanlig förkylning.

Sjuk- och hälsovård

Den aktuella forskningen inom medicin och angränsande områden söker ge en djupare förståelse av hur olika ämnen påverkar och påverkas av organismerna. Hittills har många läkemedel utvecklats därför att de visat sig ha en specifik verkan mot ett sjukdoms- eller bristtillstånd, och i vissa fall har man kunnat klarlägga vilken del av en molekyl som är verksam. Syntetiska hormoner och halvsyntetiska penicilliner är resultat av sådana insikter. Däremot är man fortfarande okunnig om de mekanismer som verkar då ett läkemedel tillföres kroppen. Vi vet t ex att ett antibiotikum kan döda bakterier, men inte hur. Därför kan man inte förutse eventuella biverkningar av ett preparat.

Biverkningsproblematik

Icke önskade effekter har erhållits av vissa läkemedel. En del människor var t ex allergiska mot de första antibiotiska preparaten, men detta har blivit allt ovanligare i och med att modernare ämnen utvecklats. De allergier som uppkom vid antibiotikabehandling har utan större svårighet kunnat hävas, t ex genom att ett skadligt protein avlägsnats genom gelfiltrering.⁸ Först under det senaste årtiondet har biverkningsproblematiken börjat betraktas som ett stort problem. Främst beror detta på neurosedynpreparatets katastrofala följder, men även på vissa läkemedels beroendeframkallande effekt. Vid samspel mellan olika läkemedel vid samtidig behandling har också icke önskade effekter uppstått. De läkemedel som i dag lanseras

på marknaden har av denna anledning utsatts för en noggrann kontroll. Denna utförs i regel genom djurexperiment och man nöjer sig numera inte med att undersöka en generation utan studerar även avkomman. Kontrollen blir härigenom tidskrävande, vilket är en förklaring till de höga priser som nya läkemedel betingar.

Från läkemedel till profylax

Vid utvecklingsavdelningarna på läkemedelsföretagen håller en förändring på att äga rum. I stället för de traditionsbundna projekten, där målsättningen varit att ta fram ett bättre medel än de tillgängliga mot en bestämd sjukdom eller sjukdomssymptom, börjar man nu utgå från nya icke exploaterade grundforskningsresultat.

De framtida läkemedlen kan förväntas få en långt mer specifik verkan än de nuvarande, som resultat av ökade kunskaper om livsprocesserna, men man kommer troligen också att få allt större möjligheter att ingripa i en sjukdoms tidigaste skede. Apparatur med enorm kapacitet för den kemiska laboratoriediagnostiken kommer fram. Kostnaden för en enskild analys sjunker och man kan vara mer och mer frikostig med mängden av analyser. Varje individ kan därför redan i friskt tillstånd få sin blodkemiska profil bestämd. Denna blir individens referens och kan följas år efter år. Även en obetydlig ändring märks omedelbart och kan vara det första tecknet på en begynnande sjukdom. För närvarande görs jämförelsen med en genomsnittlig profil från en större befolkningsgrupp, där individens begynnande förändringar döljs av spridningen i hela gruppens normalprofil.

Laboratorieautomationen kommer att drivas så långt, att resultaten från prover erhålls på någon minut, vilket medför snabba diagnostiska uttalanden. De bakteriologiska prov som för närvarande bearbetas helt manuellt kommer emellertid att ta några timmar om de sjukdomsalstrande mikroorganismerna skall hinna utvecklas. Eventuellt kommer även denna tid att minska om man lyc-

kas påvisa och analysera specifika enzymer för de olika organismerna.⁹

Förbättrade biologiska kunskaper och tillförlitliga analysmetoder kommer sannolikt att utnyttjas i allt högre grad för att förebygga sjukdomar. Det räcker emellertid inte med att veta vilka faktorer som påverkar den mänskliga utvecklingen och ger t ex bättre motståndskraft mot sjukdomar, utan man måste också kunna genomföra de nödvändiga förändringarna. Detta kan bli både svårt och tidskrävande. Den intensiva propagandan för att förändra svenska folkets kostvanor har lämnat mycket obetydliga spår efter sig, och alltså under den gångna 50-årsperioden inte lett till någon avgjord förbättring. Traditionsbundna seder kräver sannolikt även framdeles generationer för att ändras, men blir eventuellt lättare att påverka genom den ökade användningen av färdiglagad mat så väl i hemmen som för den allt större del av måltiderna som intas på restauranger.

Ärftliga sjukdomar

Innan våra läkemedel helt övergår till att bli profylaktiska medel bör forskningen inriktas på åtskilliga för närvarande obotliga sjukdomar för att dessa skall få sin förklaring och bli möjliga att behandla. Den mest betydande upptäckten under de senaste åren är klarläggandet av hur den genetiska koden styr kroppens synteser av proteiner. En tillämpning av denna kunskap kan resultera i behandlingsmetoder mot sjukdomar av genetisk karaktär. I Förenta staterna visar ca 4 % av alla födselar tecken på genetiska defekter. Åtgärder mot dessa har tidigare inte bedömts sannolika på grund av DNA-molekylernas storlek och osannolikheten att man skulle kunna påverka deras sammansättning på ett systematiskt sätt. Under det senaste året har emellertid stora steg tagits mot detta mål, såsom DNA-syntes och en teknik som möjliggör att man tillverkar DNA-liknande polymerer med förmåga att styra sammansättningen av aminosyror. Slutligen har påvisats att virus kan utnyttjas för att föra in

DNA i celler, där den fungerar på samma sätt som de ursprungliga DNA-molekylerna. Dessa nya framsteg ger tillsammans intrycket att vi nu står mycket nära tekniken att tillverka nya gener och implantera dessa i celler.

För att förebygga genetiska defekter skulle man kunna åstadkomma befruktning i provrör mellan ägg och sperma från ett par individer som önskar avkomma och där den ena bär på en genetisk defekt. De befruktade äggen får utvecklas till det stadium vid vilket defekter kan upptäckas. Om något icke defekt ägg föreligger, kan detta införas i modern för att utvecklas. Tekniken att återinföra embryot i modern är dock ännu ej fulländad. Vid försök att bestämma kön på kaniner har endast en femtedel av återinförda embryon utvecklats normalt.

Genom blodanalyser och analyser av proteiner kan man klarlägga brister i sammansättningen och om brist på något protein kan hänföras till en felaktig gen. En saknad gen bör kunna införas i cellerna och felaktig uppbyggnad av proteiner motverkas genom tillförsel av nya DNA-molekyler, som förs in i cellerna och sätter igång produktionen av det saknade proteinet.

Man kan tänka sig t ex att från en person med defekta leverceller – dessa kanske saknar något viktigt enzym – extrahera en eller två av dessa för modifiering av deras DNA. De implanteras därefter åter, varvid samtidigt största delen av levern skärs bort. Eftersom detta organ har en utmärkt regenerationsförmåga kommer de implanterade cellerna snart att ersätta de bortskurna med en frisk lever som resultat.^{10, 11}

Ökad vital livsålder?

Eventuellt har här också öppnats en väg att angripa åldrandets problem. Medellivslängden har höjts under de gångna 50 åren. Detta gäller dock väsentligen den fysiska åldern, medan vi knappast lyckats påverka den psykiska åldern. Enligt en teori skulle åldrandet ha samband med ackumulerade fel i proteinsyntesen. Enligt en annan skulle ärftliga

anlag för hur många celldelningar som äger rum i en individ vara avgörande. Strävan pågår nu och måste i framtiden intensifieras för att få balans mellan den fysiska och den psykiska åldern, i annat fall kommer åldersvården att bli alltmera krävande.¹²

Virussjukdomar

En del virussjukdomar, såsom smittkoppor, polio, mässling m fl, kan i dag förebyggas genom vaccinering. Andra, av vilka influensa är den vanligaste, har man ännu ej lyckats med. Dessutom förekommer ett antal sjukdomar, som misstänks men ännu ej bevisats bero på virus.

Troligen kommer vi i framtiden att få ökade kunskaper om virusarterna och därigenom möjligheter att behandla dem. Möjligen visar sig vaccinering lämplig, kanske blir kemoterapeutiska preparat aktuella. Om de senare blir dominerande finns det risk för att allt mera resistentastammar tillkommer och en liknande kamp kommer att bedrivas som den för närvarande aktuella mot antibiotikaresistentastammar.

Cancerterapi

Cancer har hävdats vara en virussjukdom, men även andra teorier finns, varför man i dag inte kan uttala sig om denna svåra – men trots mycket arbete alltför litet kända – sjukdom. Vi kan endast hoppas att de närmaste åren kommer att medföra fördjupade kunskaper om de processer i cellerna som leder till canceromvandling. Med dessa kunskaper som grund bör man kunna finna rationella metoder att motverka en sådan omvandling. Möjligen är därför det första stora framsteget i kampen mot cancer en serie profylaktiska åtgärder av vilka immunoglobulinbehandling och vaccinering föreslagits. Men också mer specifika och effektiva möjligheter att påverka canceromvandlade celler torde framkomma. I vissa specialfall står sådana medel redan till buds. Sedan flera år har effekten av alkoxyglyceroler, en grupp ämnen besläktade med fetterna vilka förekommer i den mänskliga organismen, prövats

mot underlivscancer vid Radiumhemmet vid Karolinska institutet och har vid viss dosering visat sig ge en signifikant ökning av överlevnaden och en likaledes signifikant förskjutning i försöksgruppen mot genomsnittligt lindrigare sjukdomsbild. Detta resultat betyder väsentligt ökat hopp att cancer skall kunna ges en effektivare behandling. Att fullfölja dessa första undersökningar med fortsatta försök med andra typer av cancer och systematiska arbeten för att klarlägga optimal dosering är en angelägen och brådskande uppgift.¹⁸

Transplantationer

Transplantationsimmunologin kommer troligen att utvecklas raskt. Under de senaste åren har hjärttransplantationer tilldragit sig stor uppmärksamhet och utgör slående exempel på de nya möjligheter som öppnar sig. Trots förbättrade metoder att lagra organ kommer tillgången på dessa att vara begränsad, om man inte lär sig utnyttja konstgjorda organ eller djurorgan i större utsträckning än nu. Forskningen inom immunokemin för att möjliggöra säkrare transplantationer kommer säkerligen att få tillämpning även på andra områden. En del av de allergiska sjukdomarna, som för närvarande blir allt flera, kan t ex behandlas tack vare bättre insikter i immunokemin. Möjligen finns här också en förklaring till schizofreni, som under senaste tiden misstänkts bero på autoimmun verkan.^{10, 13, 14}

Hjärt- och kärlsjukdomar

En rad miljöfaktorer som predisponerar för hjärt- och kärlsjukdomar är kända. Dit hör dieten, som kännetecknas av en olycklig kompromiss mellan vårt vetande och tradition. Då vårt vetande utökas bör dieten kunna utformas på ett rationellare sätt och därmed en för hjärt- och kärlsjukdomarna viktig orsaksfaktor elimineras. Ökade insikter om betydelsen av en riktig balans mellan näringsintag och fysiskt arbete, liksom om värdet av rörelseaktivitet för människan i en miljö med mycket små krav på sådan, kom-

mer sannolikt också att få mycket stor betydelse för dessa nu så dominerande sjukdomar.

Hormonterapi

Den hormonella bakgrunden till en rad sjukdomar kommer att klarläggas. Den ovan berörda möjligheten till peptidsynteser kommer att ge bättre möjligheter till en rationell behandling av hormonella bristtillstånd. Tidigare har binjurebarkens och hypofysens hormoner undersökts medan däremot de från hypotalamus förekommer i så små mängder att de ännu inte kunnat kartläggas. Med de alltmer förfinade analysmetoderna bör även dessa hormoner kunna studeras. Nästa steg blir då att finna en förklaring på vad som styr hypotalamus. Möjligen blir det aktuellt att ge sig in på hjärnbarkens funktion, vilket skulle leda till möjligheter att t ex framställa kemiska synintryck.

Psykofarmaka

Psykofarmaka har kommit att bli inkörspor-ten till ett rikt och mångfasetterat forskningsfält, där svenska forskare lämnat viktiga bidrag. För närvarande är ett betydande antal svenska specialister av olika slag verksamma inom detta fält – farmakologer, histologer, läkemedelskemister, biokemister, fysiologer, neurologer och psykiatriker. På basen av en exaktare kunskap om psykofarmakas verknings sätt söker sig farmakologer och kemister fram till nya och bättre läkemedel, delvis med nya verkningsprinciper. Analyser av psykofarmakas verknings sätt öppnar nya vägar för studiet av hjärnans funktioner. På detta område har redan ett flertal fundamentala upptäckter gjorts. Med hjälp av psykofarmaka har man kommit mekanismer för uppkomst av psykiska och neurologiska rubbningar på spåren. Detta utgör i sin tur underlaget för utvecklandet av nya bättre terapiformer.

Psykofarmakologin är ett av de områden där en koncentrerad svensk insats har goda utsikter att ge värdefulla praktiska resultat, som t ex lyckodroger av ofarliga substanser,

vilka skulle kunna ersätta alkohol och narkotika. Man kan emellertid ifrågasätta om människorna kommer att utnyttja dessa ofarliga preparat eller om de mänskliga drifterna fortfarande kommer att leda till att de skadliga preparaten föredras.

Konsekvenser av vårt biologiska vetande

Det är mycket tillfredsställande att utvecklingen av de biologiska tillämpningarna inte går snabbare och att samhället kan få tid på sig att försöka förutse och ställa om sig till nya förhållanden. Bland de möjligheter som nu på allvar diskuteras och som torde komma att bli realiteter inom ett eller ett par decennier är könsbestämning i förväg, påverkan av minnet, vilket naturligtvis, om man behärskar mekanismen, kan utnyttjas inte bara för att förbättra detta utan även för att avlägsna vissa delar, påverkan av tankeliv och stämningsslag, förändring av intelligensen och påverkan av den mänskliga utvecklingen, kanske för en förlängning av ungdomsperioden.¹⁵⁻¹⁷ Detta utgör endast några exempel på förändringar som kan ställa betydande krav på samhällets förmåga till förutseende och anpassning till nya situationer och det är därför högst angeläget att samhället inte dröjer att förbereda sig på de framtida möjligheterna.¹⁰

Litteratur

1. Stapled-up enzymes may aid in industry. *New Scientist* 43 (1969) 663 p. 367.
2. Wiseman, A & Gould, B: New enzymes for industry. *New Scientist* 138 (1968) 592 p. 66-68.
3. Ehrensvärd, G: Biokemi och bioteknologi – en utblick mot år 2000. Ingenjörskonst, Vetenskap, Ansvar. Aktuella inlägg vid ett jubileum. Ingeniörsvetenskapsakademien 1919-1969. Sthlm 1969. p. 62-81.
4. Pirandello, L: Att finna sig själv. Sthlm (Gebbers) 1934.
5. Bellamy, L J et al: Studies of the molecular structure and spectra of anomalous water. *Chemistry and Industry* (1969) 21 p. 686-688.

6. Enter 'polywater' amid alarms and excursions. *New Scientist* 43 (1969) 657 p. 55.
7. Lippincott, E R et al: Polywater. *Science* 164 (1969) p. 1482-1487.
8. Brohult, S: Framsteg inom forskning och teknik 1967. IVA-meddelande 150. Stockholm 1967. p. 114-115.
9. Hall, P: Datamaskinen inom sjukvården. *Forskning och framsteg* 4 (1969) 4 p. 8-11.
10. Taylor, G R: *The Biological Time Bomb*. London (Thames and Hudson) 1968.
11. Benson, Ph: Unveiling inherited biochemical disorders. *New Scientist* 43 (1969) 656 p. 10-11.
12. Holliday, R: Growing old by mistake. *New Scientist* 42 (1969) 652 p. 532-534.
13. Rapaport, F & Dausset, J: Typing human tissue. *Science Journal* 4 (1968) 7 p. 51-55.
14. Pegg, D E & Farrant, J: Storage of organs. *Science Journal* 4 (1968) 11 p. 63-68.
15. Mother's blood sample may allow a baby to be sexed six months before its born. *New Scientist* 42 (1969) 653 p. 566.
16. Chedd, G: Struggling into manhood. *New Scientist* 42 (1969) 652 p. 524-526.
17. Cohen, M M: LSD and chromosomes. *Science Journal* 4 (1968) 9 p. 76-79.
18. Brohult, A: Alkoxyglycerols and their use in radiation treatment. An experimental and clinical study. *Acta Radiologica Supplementum* 223. Sthlm 1963.

Nya tankegångar

De intensiva diskussionerna de senaste åren om samhällets och industrins utvecklingstendenser och om inverkan på miljön betecknar att vi har gått in i en ny period med nya tänkesätt. Den tid som håller på att ta slut är den då man räknade med obegränsade tillgångar. Det nya tänkesätt som håller på att tränga igenom accepterar inte några resurser som oändliga, utan förutsätter snarare, vilket kommer att bli det naturliga beraktelsesättet i framtiden, att vi, för att använda ett uttryck från krigsåren, »lever under knapphetens kalla stjärna».

När det industrialiserade samhället växte upp tog det endast i anspråk en obetydlig del av naturreserverna. Konsumtionen av råvaror och andra naturtillgångar har emellertid under lång tid fortgått med exponentiell tillväxttakt och under det senaste decenniet har vi plötsligt blivit mer medvetna om att vår konsumtion av många nyttigheter stigit så långt att den kan skapa allvarliga problem. Däri ligger också medvetandet att de tillgångar som tidigare utan betänkanke kunnat exploateras nu måste behandlas med sparsamhet. Under 1960-talet har diskussionerna mellan företrädare för det äldre och det nyare betraktelsesättet pågått, men under kommande år måste den modernare och riktigare inställningen komma att slå igenom.

Ett exempel på detta betraktelsesätt är avloppsutsläppen i floder och sjöar. Dessa började i liten skala och i den mån någon reflekterade över konsekvenserna bedömdes inte utsläppen utgöra någon fara för recipienterna som ju hela tiden förnyades genom tillflöde av nytt vatten. Att göra sig kvitt avfallet och få detta behandlat på ett bekvämt sätt var då ett klart framsteg och varje ny

vattenklosett utgjorde en seger för hygien. Ingen invändning kan riktas mot förfarandet eller betraktelsesättet så länge man håller sig under vattnets självrenande förmåga. Denna förutsättning har emellertid långt ifrån uppfyllts. Snart visade det sig att recipienternas självrenande förmåga inte var tillräcklig och bedömningen att en normal svensk å eller sjö skulle tåla avloppsutsläppen måste gradvis uppges. Förhoppningen om de oändliga recipienterna kvarstod dock och flyttades över till de större sjöarna. Exempel på hur dessa betraktades som oändliga ges av de inte så avlägsna planerna att tippa slam eller skrotade bilar i Östersjön. Ett annat exempel på samma resonemang utgör planerna på stora avloppstunnlar från Mälarregionen för att leda avloppsvatten ut i Östersjön efter en begränsad rening. Sådana planer bottenar inte i någon medveten önskan att försämra vattensituationen i Östersjön, utan i en oförmåga att föreställa sig att sådana ingrepp skulle kunna få verklig betydelse för en recipient av denna storlek.

Det är nu allmänt känt att redan under nuvarande förhållanden en fortgående sänkning av syrehalten i Östersjöns vatten sker och en motsvarande övergång till svavelvätebildning i de djupare håligheterna på botten. Under sådana förhållanden är det nödvändigt att begränsa avfallsutsläppet så mycket som möjligt för att inte ytterligare påskynda svavelvätebildningen. Det är också mycket angeläget att strandägarstaterna kan komma överens om begränsningar, vilket förutsätter att även de andra länderna tar dessa problem på allvar och inser konsekvenserna av fortsatta föroreningsutsläpp.



Vattenhämtning år 1938 i kvarteret Mäster Mikael i Stockholm.

En aktuell parallell till dessa projekt utgörs av förslaget till avloppstunnlar för Göteborgs behov för att leda dess avloppsvatten ut i Nordsjön. Denna är visserligen ännu större än Östersjön, men det är även känt att saltvatten har lägre förmåga till självrening än sötvatten. De utredningar som föreligger syns inte ha tillräckligt noga granskat alla synpunkter, och det är därför angeläget att så stora anläggningar inte beslutas utan att konsekvenserna blivit fullt klarlagda. Även här är det idén om de obegränsade tillgångarna som ligger bakom förslaget. Recipienten är så stor att man inte kan föreställa sig att den skulle vara möjlig att påverka och skada genom de utsläppsmängder som det blir fråga om även om man adderar effekten av utsläpp från andra strandstater.

Samma betraktelsesätt är tillämpligt på utsläpp av diverse gaser i luften. Utsläpp av rökgaser har försiggått sedan lång tid tillbaka utan allvarligare överväganden om

konsekvenserna. Även i detta fall var det svårt att föreställa sig att utsläppen verkligen kunde få allvarliga följder för luftens sammansättning. Sedan någon tid har dock frågan ställts om den allt intensivare förbrukningen av fossila bränslen kan leda till en viktig höjning av luftens koldioxidhalt. Koldioxiden utgör visserligen endast ca 0,03 % av luften men genom att den absorberar vissa våglängder och därigenom begränsar utstrålningen från jorden skulle en höjd koldioxidhalt kunna leda till en höjd medeltemperatur och därigenom väsentliga förändringar av betingelserna för allt liv på jorden. Man anser sig ha konstaterat en höjning av koldioxidhalten på norra halvklotet från 0,029 till 0,033 % under 1900-talet. Utsläppet av koldioxid motverkas dels av växternas assimilation dels av havens förmåga att lösa koldioxid och därigenom fungera som en utjämnande faktor. Kolsyraassimilationen begränsas emellertid i industriländerna genom att allt större ytor användes för vägar, bebyggelse och andra ändamål där växtlighet inte kan tillåtas. Konsumtionen av fossila bränslen uppgår för närvarande till 2 miljarder ton stenkol, lika stor mängd olja och ½ miljard ton naturgas per år, och användningen av olja och gas ökar snabbt. Huvuddelen av dessa material utgörs av kol som släpps ut efter förbränningen i form av koldioxid. Att klarlägga denna situation och vidta eventuellt nödvändiga åtgärder torde bli en av mänsklighetens väsentliga uppgifter under de närmaste decennierna.¹

Även om betydelsen av koldioxidutsläppen ännu inte är avgjord har däremot klart påvisats effekten av den svaveldioxid som tillförs luften från rökgaser. Den härstammar från svavel som finns i en mängd av ett par procent i kol och olja och frigörs vid förbränningen. Svaveldioxiden oxideras i luften så småningom till svaveltrioxid som sedan med vatten ger svavelsyra. Denna gör regnvatten surare och kan sedan på motsvarande sätt göra jorden surare. Inte heller betydelsen av detta fenomen är fullt klar-



Vattenförbrukningen har stigit kontinuerligt och allt längre ledningar har fordrats för att tillfredsställa behoven. Vattenledningen från Lovöverket till Stockholm nedlades vid Drottningholm år 1931.

lagt, men man har framkastat förmodan att spårelement i jorden, vilka är nödvändiga för en normal växtlighet, kan komma att lösas ut och växtlighetsbetingelserna därigenom allvarligt försämrats.

Även om fortfarande vissa resonemang förutsätter att vi har outtömliga tillgångar och oändliga recipienter för gas- eller vattenutsläpp, torde i huvudsak den uppfattningen kunna anses passerad här i Sverige.

Detta beror bland annat på att vi genom vår höga industriella utveckling har råd att intressera oss för miljövård och därmed sammanhängande problem. Däremot torde förklaringen inte annat än i något undantagsfall vara att Sverige har så mycket större problem än andra länder. Snarare torde det vara tvärtom: de verkligt tätbefolkade och kraftigt industrialiserade områdena i Västeuropa torde ha betydligt större problem med miljöeffekter och föroreningsutsläpp än Sverige, även om man ännu inte genomfört några mera omfattande undersökningar och därför inte fått fram ett material att jämföras med det

svenska. När levnadsstandarden i de andra västeuropeiska länderna nått den nuvarande svenska, kan vi räkna med att motsvarande undersökningar som gjorts i Sverige även kommer att utföras i andra länder och sannolikt kommer att visa att de svenska problemen ännu långt ifrån närmar sig de tyska eller franska. Man kan då också vänta sig att betraktelsesättet med de begränsade resurserna och upphörandet av tron på obegränsade tillgångar kommer att sprida sig genom Europa under de närmaste decennierna.

Det kommer då också att framstå klart, att åtgärder för en väsentligt förbättrad miljövård kommer att beröra praktiskt taget varje individ och inte kommer att kunna skjutas över på andra grupper och att kostnaderna måste bäras av alla och inte kan överföras på företagen eller grannkommuner. Om det livliga engagemanget för en intensifierad miljövård kommer att överleva medvetandet om de betydande kostnader, som måste bäras, återstår att se.

Råvaru- och energitillgångar

Råvarutillgången

En liknande situation råder för behovet av råvaror för olika ändamål. Det industriella samhället förbrukar ett stort antal råvaror som hämtas ur naturtillgångar som inte förnyas utan successivt förbrukas, men slutsatserna av denna situation har inte riktigt dragits. Nu är visserligen reserverna av t ex olika metaller inte ett absolut fixerat begrepp, utan reservernas storlek förändras med tiden genom att man successivt kan övergå till att bearbeta allt fattigare malmer. När detta sker ökas naturligtvis de tillgängliga malmreserverna. Ett exempel ges av koppar som under 1920-talet bröts i en halt av ca 3 % medan man senare tvingades utnyttja halter på 2 och 1 %. Kopparhalten i den nyligen öppnade Aitikgruvan i Västerbotten uppgår inte till mer än 0,5 % och det är alltså en mycket liten del av det totala behandlade materialet som verkligen utnyttjas.

Även för flera andra metaller har de bearbetade halterna sjunkit och de beräknade malmreserverna är förhållandevis små jämförda med den årliga brytningen. Beräknade tillgängliga malmtillgångar är dock inte av större betydelse utan ger enbart en uppfattning av den omedelbara försörjningssituationen. Ett gruvföretag söker naturligtvis att garantera sin tillgång på malm för så lång tid som det behöver överblicka och att skaffa sig tillräckliga säkra resurser för att hinna få fram nya brytvärdiga fyndigheter i den takt som behövs för en kontinuerlig produktion. Men det har knappast anledning att därutöver söka och lägga ned arbete på malmtillgångar; detta skulle vara analogt med att ett industriföretag producerade större lager än det kan förutse efterfrågan på.

Vad som är av intresse för bedömning av den långsiktiga tillgången på råvaror är snarare de totala malmreserverna som dock är betydligt svårare att uppskatta, bland annat därför att definitionen av malmreserver be-

ror på vilka krav man ställer på en brytvärd malm.

Förbrukningen av de flesta mineral har stigit i förhållandevis snabb takt sedan lång tid tillbaka och även relativt stora reserver kan komma att förbrukas på begränsad tid om förbrukningen stiger med en hög konstant faktor årligen. Brytningen har också som ovan nämnts inriktats mot lågvärdigare malm. Det är en av de möjligheter som står till buds när tillgångarna uttöms. En annan möjlighet är att söka intensivare i avlägsnare områden eller på större djup. Man kan i större utsträckning återvinna materialet ur skrot och söka finna ersättningsmaterial. Möjligen kan det i framtiden bli en väsentlig princip vid konstruktion av nya maskiner och anläggningar att separera de olika metallerna och materialen från varandra, så att de lätt kan återvinnas.

De olika åtgärderna avvägs mot varandra genom ekonomiska kalkyler. Svårigheter att få fram tillräckligt stora mängder av ett material leder till prisstegring, vilket i sin tur leder till att fattigare malmer kan bearbetas, att ersättningsmaterial kan hävda sig och att det lönar sig med större insatser för återvinning.

En teknisk utveckling kan också noteras som ger effektivare utvinningsmetoder eller större sparsamhet vid användningen. Exempel på en sådan utveckling har ovan diskuterats i samband med utvecklingen av aluminium som material för elektriska kablar (se »Tekniska tillämpningar» sid 79).

Vid en ungefär konstant förbrukning och en noga genomförd återvinning fordras inte så stora mängder i nyproduktion. Däremot skulle fordras stora mängder om de underutvecklade länderna skulle närma sig industriländernas standard. Den intressanta uppgiften är då uppskattningen av den mängd metall som finns i användning. Det har uppskattats att för varje invånare i Förenta staterna finns mellan 10–15 ton järn i användning i utrustning och konstruktioner av skilda slag medan motsvarande siffra för koppar skulle vara ungefär 150 kg och för zink ca

Förväntad årlig världskonsumtion av en del konstruktionsmaterial

	1966	1985	2000
Världens befolkning, miljarder	3,4	5,0	7,0
Järn			
Miljoner ton	469	1 130	2 250
Kg/person	138	226	321
Miljoner m ³	60	145	287
Liter/person	18	29	41
Totalt metaller			
Miljoner ton	486	1 204	2 535
Kg/person	143	241	362
Miljoner m ³	64	167	384
Liter/person	19	33	55
Syntetprodukter			
Miljoner ton	25,5	273	1 790
Kg/person	7,5	55	256
Miljoner m ³	23,0	236	1 564
Liter/person	6,8	47	224
Naturfibrer och gummi			
Miljoner ton	21,2	37,7	63,0
Kg/person	6,2	7,5	9,0
Miljoner m ³	18,4	31,9	53,2
Liter/person	5,4	6,4	7,6
Totalt			
Miljoner ton	533	1515	4 388
Kg/person	157	303	627
Miljoner m ³	105	435	2 001
Liter/person	31	87	286

100 kg.² Man kan alltså ur dessa siffror beräkna de mängder av olika material som fordras om de underutvecklade länderna skulle uppnå samma standard och behöva samma utrustning som industriländerna. Man kommer då upp till mängder som långt överstiger de beräknade malmreserverna. Visserligen är siffrorna i överkant, eftersom vid uppskattningarna av mängder i användning ingår äldre konstruktioner som nu skulle utföras med större besparing av material. Men trots en reduktion av sådana skäl blir dock de mängder som fordras långt större än vad man kan producera med hänsyn till nu kända tillgångar och nuvarande produktionskapacitet. Det skulle kunna bli fråga

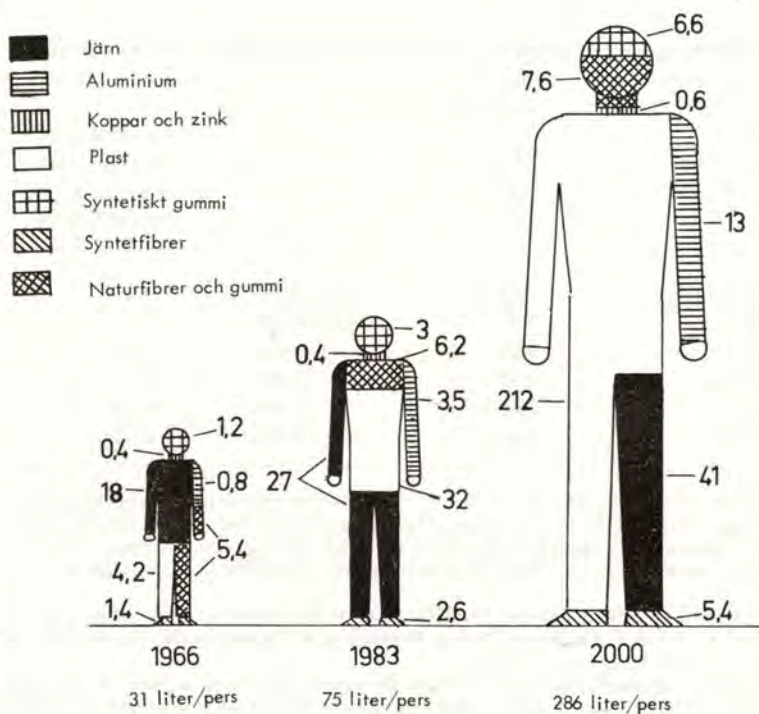
om så stora mängder, därför att skillnaderna mellan underutvecklade länder och industriländer är långt större i fråga om sådana produkter än i fråga om livsmedel, där det finns gränser, som inte kan överskridas, för hur stora skillnader som kan uppstå. Nu är det naturligtvis inte sannolikt att u-ländernas standard kommer att höjas särskilt snabbt och naturligtvis kan man räkna med att nya malmtillgångar kommer att upptäckas. En stor del av jordens yta har inte blivit föremål för någon systematisk prospektering och många viktiga malmtillgångar återstår säkert att finna. Metoderna att finna djupt liggande malmer har också kraftigt utvecklats under senare år och kommer även att bi-

dra till tillkomsten av nya fyndigheter. Trots de förhoppningar man kan ha om nyupptäckter kan man dock kanske räkna med att de lättillgängligaste och lättast bearbetbara fyndigheterna redan påträffats.

Vad som kan ske förhållandevis snabbt är förändringar i försörjningssituationen för enskilda länder. Av speciellt intresse är Förenta staterna som varit rikt på naturtillgångar, vilka varit av central betydelse för uppbyggande av ett högt industrialiserat samhälle. För flera viktiga mineral har Förenta staterna emellertid framträtt som importör av en stor del av det egna behovet, som i sin tur utgör en stor del av världsproduktionen. Som exempel på importbehoven kan nämnas järnmalm, ca 50 Mton per år, samt stora delar av behovet av bly, mangan och bauxit.³

En något annan bedömning kan komma att gälla för råvaror som förnyas, såsom vegetabiliska fiberråvaror för papper eller textilier. Utvecklingen inom u-länderna har stor betydelse för tillgången på fibrer i framtiden. Redan i dag har Europa brist på egna

fiberråvaror för papper. År 1975 torde virkesbristen uppgå till 46 miljoner m³. Underskottet täcks främst genom import av massa från British Colombia i Kanada, men om 50 år kanske dess och andra traditionella överskottsområdens resurser inte räcker längre. I detta skede borde det ur hela jordens synpunkt vara värdefullt om de stora tillgångarna i de tropiska länderna kunde utnyttjas. I dag är dock de tropiska skogarna vildvuxna och heterogena vilket gör att både avverkning och förädling vållar så stora problem att man avstår från att utnyttja dem i större utsträckning. För att i framtiden dessa skogar skall kunna utnyttjas effektivt, torde det bli nödvändigt att strukturera om dem för att möjliggöra plantageskogsbruk. Detta kräver tillgång till kapital samt godkännande av principen att man investerar för nästa generation medborgare. Liksom för många hundra år sedan i Sydeuropa torde man på sina håll vara benägen att i det ögonblick man kan utnyttja skogen snabbt exploatera denna utan hänsyn till återväxten.



Den väntade världskonsumtionen av metaller, syntetmaterial, gummi och naturfibrer presenteras volymmässigt i form av figurer. Övergången från järn till plast framgår tydligt. Efter Houwink, R: *The synthetic age. Modern Plastics* 43(1966)12.

I Grekland och Italien ledde detta till att yppig grönska redan under antiken ersattes med kala kullar. Risk finns att under kommande år historien upprepar sig.

Fibersituationen i framtiden är inte enbart beroende av åtgärder i de tropiska länderna. Även de i dag stora vedproducerande länderna har möjlighet att förbättra råvarusituationen. Genom gödsling, framtagande av nya träslag med högre avkastning och andra skogsvårdande åtgärder kan dagens skogar ge väsentligt större avkastning i framtiden. Om man däremot bedriver ett rent exploaterande skogsbruk kan utvecklingen på sikt bli ogynnsam i de områden som i dag har stor fiberproduktion.

I Sverige syns en snabb ökning av den årliga avkastningen komma att ske. Enligt den senaste svenska översikten över råvaruläget beräknas under perioden 1961/62–65/66 den årliga avverkningen ha utgjorts av 55 miljoner skogskubikmeter (m^3sk), medan den nuvarande tillväxten beräknas till 78 miljoner m^3sk . Genom fortsatt tillämpning

av nuvarande skogsskötselmetoder kan tillväxten beräknas till 93 miljoner m^3sk i början av nästa sekel. Den möjliga produktionen med intensifierat program anges på längre sikt uppgå till 120 m^3sk .

Möjligheterna att täcka råvarubehoven blir beroende av den tekniska utvecklingen på respektive område. Det är naturligtvis möjligt att tro att nya metoder, nya fyndigheter eller lämpliga ersättningsmaterial kommer att lösa de problem som kan komma att uppstå. Om något ämne kommer att saknas, kommer i så fall något annat att i stället finnas tillgängligt och kunskaperna om olika material och deras egenskaper kommer successivt att utvecklas, så att nya material eller materialkombinationer kommer att finnas tillgängliga när de behövs. I synnerhet kan man hoppas därpå om energikostnaden kan sänkas betydligt. I så fall kommer man kanske att kunna utnyttja verkligt fattiga eller svårtillgängliga tillgångar, i extremfallet havsvatten där de flesta ämnen finns i ytterst låg koncentration. Men det är inte

Jämförelse mellan teoretiska och exploaterbara reserver av vissa metaller

Metall	Teoretisk förekomst ¹		Uppskattade exploaterbara reserver miljarder (10^9) ton ²	Förhållande teoretisk/exploaterbar	Världsproduktion ton 1967 ³
	Medelinnehåll %	Total mängd miljarder (10^9) ton			
Aluminium	7,48	58 000 000	3,0	19 000 000	7 500 000
Järn	4,7	37 000 000	195	190 000	493 000 000
Zink	0,017	130 000	0,09	1 500 000	4 200 000
Koppar	0,01	78 000	0,21	370 000	5 900 000
Bly	0,003	23 000	0,05	500 000	2 800 000
Tenn	0,0005	4 000	0,007	600 000	230 000

Såsom diskuteras på sid 175 är vid en långsiktig bedömning av råvarutillgången de totala reserverna intressanta, vid sidan av de som prospekterats och hittills befunnits brytvärda. Stora möjligheter till ökad produktion kan skapas genom förbättrade tekniska metoder att använda låghaltiga material och genom väsentligt lägre energipris än nu i förhållande till priset för andra produktionsfaktorer.

¹ Innehåll i jordskorpan ner till 2000 m djup. Jordskorpan vikt uppskattas till 780 000 billioner ($7,8 \times 10^{27}$) ton. Efter M. K. Hubbert: Energy Resources, a Report to the Committee on Natural Resources of the NAS-NRC. Washington D C 1962.

² Efter Commodity Data Summaries. Bureau of Mines, U S Dept of the Interior, jan 1965.

³ Efter United Nations i Statistical Yearbook 1968 jämte Commodity Data Summaries.

någon nödvändig och självklar utveckling att de rätta lösningarna hela tiden kommer att finnas till hands och att när nöden blir tillräckligt stor hjälpen då kommer att finnas, även om detta hittills varit fallet. Även i detta fall torde det vara klokt att inse och acceptera att några obegränsade tillgångar inte finns.

Energitillgången

Det nuvarande och det framtida samhället bygger på tillgång till stora mängder energi till lågt pris. Helst skulle även en kraftig reduktion av nuvarande energikostnad bli möjlig så att man kunde genomföra vissa projekt som nu inte kan tänkas, t ex avsaltning av vatten i stor skala och distribution därav till jordbrukare i torra områden. För utvinning av metaller ur fattiga malmer är likaså ett lågt energipris viktigt. Även tillverkningsprocesserna för massa och papper skulle kunna förändras mycket kraftigt om energipriset blev betydligt lägre än i dag. Torkning med mikrovågenergi skulle i så fall exempelvis kunna bli en realitet.

Den största delen av energibehovet tillfredsställs för närvarande av fossila bränslen. Även tillgången på dessa är begränsad även om uppskattningarna av reservernas storlek är varierande. För olja används ofta en siffra på kända reserver som ställs i relation till den årliga förbrukningen. Denna siffra över kända reserver bör emellertid inte tillmätas alltför stor betydelse. Liksom ovan angivits för gruvföretag motsvarar kända oljereserver ett varulager som inte bör bli alltför högt i förhållande till produktionen. Av större betydelse är de yttersta tillgångarna av råolja som kan göras tillgängliga och flera olika bedömningar därav finns och lämnar vitt skilda värden.

Under 1960-talet har flera viktiga fynd av olja och naturgas skett och helt nya produktionsländer uppstått, såsom Libyen, som blivit ett av de större produktionsländerna i världen, och Nigeria, vars produktion dock för närvarande är låg på grund av de politis-

ka störningarna. Användningen av naturgas har medverkat till att begränsa tillväxten av oljekonsumtionen, vilket även kärnkraften torde bidra till.

Trots detta har världens oljekonsumtion stigit sedan lång tid tillbaka med 7-8 % per år dvs en fördubbling på ca 10 år. År 1960 uppgick världsproduktionen till ca 1 Gton och 1968 passerades gränsen 2 Gton. Den låga energikonsumtionen i de flesta länder ger underlag för en fortsatt ökning i ungefär samma eller inte alltför mycket lägre takt, vilket skulle betyda 4, 8 och 16 Gton per år 1980, 1990 och 2000, hur långt man nu vågar extrapolera.

Om man förutsätter en fortsatt ökning i samma takt under ytterligare något eller några decennier kan det bli osäkert om behovet kan fyllas på samma vägar som hittills.

Även om oljekällorna skulle sina behöver detta inte betyda någon allvarlig kris i världens energiförsörjning. Det finns nämligen möjlighet att ur andra råvaror framställa de önskade oljemängderna. Man kan i så fall använda oljeskiffrar eller tjärsand och det finns också möjligheter att hydrera kol, på vilket tillgången är god. Kostnaderna skulle med dessa metoder förmodligen stiga men inte i någon alltför besvärande utsträckning. Världens koltillgångar uppskattas till 3 000 miljarder ton, av vilka dock en viss del kan bedömas inte vara brytvärd. Möjligen kan det även bli fråga om att utnyttja koltillgångarna på annat sätt, t ex genom förgasning eller genom hydrering under jord.

Även om någon total brist på råolja alltså inte förefaller närliggande, kan man tänka sig lokala bristsituationer. En beräkning av Förenta staternas råoljetillgångar i början av 1960-talet förutsade, att landets oljereserver skulle börja minska under senare delen av 1960-talet och att produktionen skulle minska under 1970-talet.⁴ I själva verket har också Förenta staternas oljereserver minskat under flera av de senaste åren och förhållandet mellan reserverna och årsproduktionen var för 1968 det lägsta på lång tid. Om den nämnda förutsägelsen skulle visa sig över-

ensstämma med de verkliga förhållandena skulle man alltså under 1970-talet ha att vänta en sjunkande råoljeproduktion i För-
enta staterna och förmodligen en ökande im-
port. Den väsentliga effekten skulle då tro-
ligen vara inverkan på världshandel och
transportbehov, om Förenta staternas olje-
import skulle komma att väsentligt öka. Re-
dan förändringen från att vara oljeexporte-
rande till att importera över 130 Mton under
1968 har förmodligen påverkat Förenta sta-
ternas handelsbalans. Likaså har produktion
och transport av råolja haft stor och ökande
betydelse för skeppsvarv och skeppsbyggan-
de. Oljan produceras till stor del långt från
konsumtionsområdena och de mängder som
transporteras är långt större än för någon
annan vara.

Sammanfattningen av denna bedömning
blir att under den kommande 50-årsperioden
olja kommer att finnas i de mängder som
kommer att behövas. I den mån de konven-
tionella råoljetillgångarna kommer att uttöm-
mas, kommer andra fossila bränslen att om-
vandlas i olja. Mot slutet av perioden kan
dock försörjningsproblem komma att upp-
stå. De mängder olja som förbrukas för ke-
misk produktion eller för jäsning är och
kommer sannolikt att vara så små att de inte
påverkar dessa uttalanden.

En liknande bedömning gäller även natur-
gasen, vars användning vuxit ännu snabbare
än oljans och vars totala mängd inte torde
vara större än att många tillgångar kan vara
förbrukade efter några decennier. Även i det-
ta fall torde dock möjlighet att utnyttja and-
ra fossila bränslen föreligga.

Vid sidan av kol och olja har under 1960-
talet naturgasen fått allt större användning
i Europa. Ett distributionsnät som samman-
knyter olika naturgasfält håller på att byg-
gas ut och kan möjligen även komma att be-
röra Sverige. Den holländska gasen levereras
nu till Hamburg och kan komma att även
användas i Danmark och en fortsättning av
ledningsnätet till Sverige är då också tänk-
bar. Det sovjetiska naturgasnätet sträcker
sig nu till Leningrad och kan komma att

förlängas till Finland. En ytterligare fort-
sättning över till Sverige är dock besvärlig
på grund av bottenförhållandena i Ålands
hav. En annan gren av det östeuropeiska
nätet kommer att byggas ut till Berlin och
kan därifrån komma att föras vidare upp mot
Danmark. För vissa ändamål har naturgasen
stora fördelar och kommer därför säkerligen
att få stor betydelse under de närmaste de-
cennierna. Den kan i så fall komma att även
påverka Sveriges energiförsörjning, anting-
en genom att man får tillgång till denna ener-
gikälla eller på så sätt att svensk industri
kan få konkurrensmässiga svårigheter på
grund av skillnaderna i energiförsörjning.

Den nya energikällan utgörs av uran som
avger energi vid kärnklyvning i kärnkraft-
reaktorerna. I de reaktorer som för närva-
rande byggs utnyttjas emellertid endast en li-
ten del av de potentiella energimängder
som kan erhållas ur uranet. En bättre utnyttj-
ning erhålls i bidadreaktorerna som torde
komma att tas i bruk under 1980-talet. De
tekniska lösningarna är emellertid inte ännu
fullständigt utarbetade.

Världens urantillgångar som kan utvinnas
till måttligt hög kostnad är begränsade. Med
den nu förutsedda utbyggnadstakten kommer
det mot slutet av 1900-talet att kunna bli
svårt att tillfredsställa uranbehovet. När för
ett par år sedan en våg av beställningar av
kärnkraftverk lämnades, påbörjades även
prospektering efter uran efter att ha legat
nere i flera år. Ännu har emellertid inte
några resultat blivit tillgängliga som redovisat
väsentliga fynd genom denna prospekterings-
kampanj.

En annan metod för energiproduktion är
fusionsreaktionerna som bland annat stu-
derats på grund av kärnvapenutvecklingen.
Det har emellertid inte lyckats att kontrol-
lera fusionsreaktionerna annat än för mycket
korta perioder och man har därför inte kun-
nat genomföra en stabil process. Det är för
närvarande högst oklart när fusionsproces-
sen kan komma i användning som energi-
källa och ännu mindre vågar man ange något
om dess kostnader.

Användningen av magnetohydrodynamiska (MHD-)krafter för energiproduktion har även varit föremål för stort intresse. En sådan process ger löfte om högre utbyte och skulle därigenom utgöra en ekonomisk förbättring. Utbyteshöjningen skulle kunna gå från 40 till 60 % och skulle därigenom vara tillräckligt stor för att vara betydelsefull men inte tillräcklig för att helt förändra energiförsörjningssituationen. Genom den successiva höjningen av verkningsgraden i värmekraftverken har dessutom vinsten av MHD-processens höga utbyte krympt och intresset för att utveckla denna i motsvarande grad avtagit.

Den energikälla som finns tillgänglig och lämnar betydligt större energimängder än några andra av mänskligheten utnyttjade energikällor är solenergin. Den energi jorden mottar från solen utgör ungefär 10 000 gånger så stor mängd som den totalt producerade mängden genom fossila bränslen och kärnkraft. Om man kan omvandla solenergin i sådan form att den kan utnyttjas för de processer som människorna vill genomföra, bör något långsiktigt energiproblem inte föreligga. Hittills har emellertid lämpliga processer saknats. Med hjälp av speglar har man kunnat lokalt koncentrera solenergin men inte kunnat lagra eller överföra den. Genom förmedling av växterna har även solenergin utnyttjats men detta utgör inte heller den idealiska processen. Förslag har övervägts att uppsamla och utnyttja sol-

energin genom att göra efter växternas processer för utnyttjande av solenergin eller odling av alger med tillförsel av solenergi och koldioxid, men ingendera möjligheten förefaller att ge tillräckligt värdefulla resultat. En annan möjlighet är att från en satellit i rymden montera upp en spegel som kunde koncentrera solstrålningen och överföra den till jorden. Några utarbetade förslag finns emellertid ännu inte.

Under de kommande 50 åren kommer sannolikt svårigheter att uppstå att täcka mänsklighetens energibehov genom fossila bränslen och genom uran. Om dessa svårigheter känns tillräckligt pressande kommer med stor sannolikhet betydande resurser att sättas in för att pröva olika idéer och konstruera däremot svarande utrustning för att utnyttja solenergin som den stora och kontinuerliga energikälla, som för lång tid framåt kan lösa världens energiproblem.

Litteratur

1. Weather and climate modification. Problems and prospects Vol. II. Research and Development. Publ. 1350 Wash. D C (NAS/NRC) 1966. p. 82.
2. Brown, H, Bonner J & Weir, J: The next hundred years. London (Werdenfeld and Nicolson) 1957 kap 4.
3. Minerals Yearbook. Wash. D C (U S Dept. of the Interior.) 1967.
4. Hubbert, M: Energy resources. A report to the Committee on Natural Resources. Publ. 1000-D. Wash D C (NAS/NRS) 1962.

Tekniska framsteg

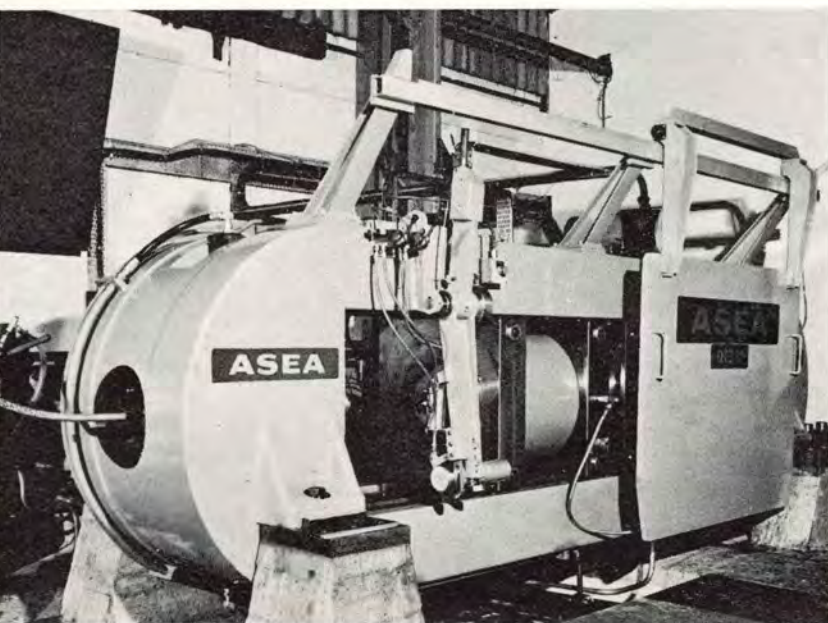
Materialteknikens utveckling och nya material

För utvecklingen inom materialområdet kan två huvudlinjer skönjas. Den ena är att liksom tidigare ställa upp ett antal villkor som ett material skall uppfylla och försöka anpassa materialet till dessa villkor eller försöka få fram nya materialtyper. Den andra är att i stället utnyttja de befintliga materialen, undersöka i vilka konstruktioner de kan göra mest nytta och därefter genom en kombination skräddarsy konstruktionen både för sitt användningsområde och för den tillgängliga materialtypen. Även om denna senare utvecklingslinje kanske för längre än om exempelvis brottgränsen höjs med ett antal procent har denna framställning koncentrerats kring vilka möjligheter som finns att utveckla nu kända material och att komponera nya material.

Det syns således inte för otroligt att anta att man om 50 år kommer att kunna skräd-

darsy många av materialen. Genom systematiska studier av ett stål i given miljö har man exempelvis redan nu vid US Steel i Förenta staterna lyckats komponera ett spänningskorrosionssäkert rostfritt stål. Systematisk databehandling av alla de uppgifter om olika korrosionsfall som nu överallt samlas på hög kommer att utnyttjas i stor utsträckning redan före 1985 och ge fler nya korrosionströga stål. Polymererna kommer i än högre grad att utvecklas på detta sätt. År 2019 sker troligen all materialutveckling genom optimering med datateknik. Framtidsvisionen är alltså ett kemiskt konstruktionskontor för konstruktion av olika material.

Frågan inställer sig nu om vilka egenskaper man anser bör definiera ett nytt och bättre material. Man kan naturligtvis inte lämna något generellt svar på denna fråga. Ett önskemål som vissa metaller måste uppfylla är dock att hållfastheten skall öka, medan sprödheten åtminstone hålls konstant. För en



Quintuspress för hydrostatisk extrusion från ASEA:s högtryckslaboratorier i Robertsfors. Maximal presskraft 10 kN. Maximaltryck i högtryckskammare 12 resp 30 kbar.



Hydrostatiskt extruderad stålprofil. ASEA.

del metaller finns önskemål om en större duktilitet, värmebeständighet och korrosions-tröghet, medan för andra bättre elektriska egenskaper är det viktigaste. För fibrer kan krävas bättre absorptionsförmåga och elasticitet.

En annan intressant aspekt i detta sammanhang är att hållfasthetsproblem i framtiden troligen inte längre kommer att behandlas med differentialekvationer och integraler. Differentialteorin innebär ju att man i ett kontinuerligt medium skär ut ett litet element. Jämviktsekvationen i detta element uppsätts i differentialform. Detta innebär en gränsövergång. Vid lösningen av differentialekvationen går man därefter tillbaka till att studera mikroskopiska men icke oändligt små delement. Denna omväg via gränserna tycks vara meningslös. Inom kort kan man överföra grundteorin för hållfastheten till dataspråk. I framtiden kommer vi inte bara att ha operatörer som förstår detta språk utan det kommer att vara en normal skolkunskap.

Utvecklingen inom det processmetallurgiska området

Utvecklingen av de nya stålprocesserna under senare år har medfört krav även på järnmalsindustrins utformning och på gruvornas konkurrensförmåga. Betydande investeringar har gjorts i anläggningar och dessutom har vissa anläggningar behövt utvecklas för att fattigare malmer skall kunna bearbetas. Utvecklingen på hårdmetallområdet har medfört att borrningsproceduren har

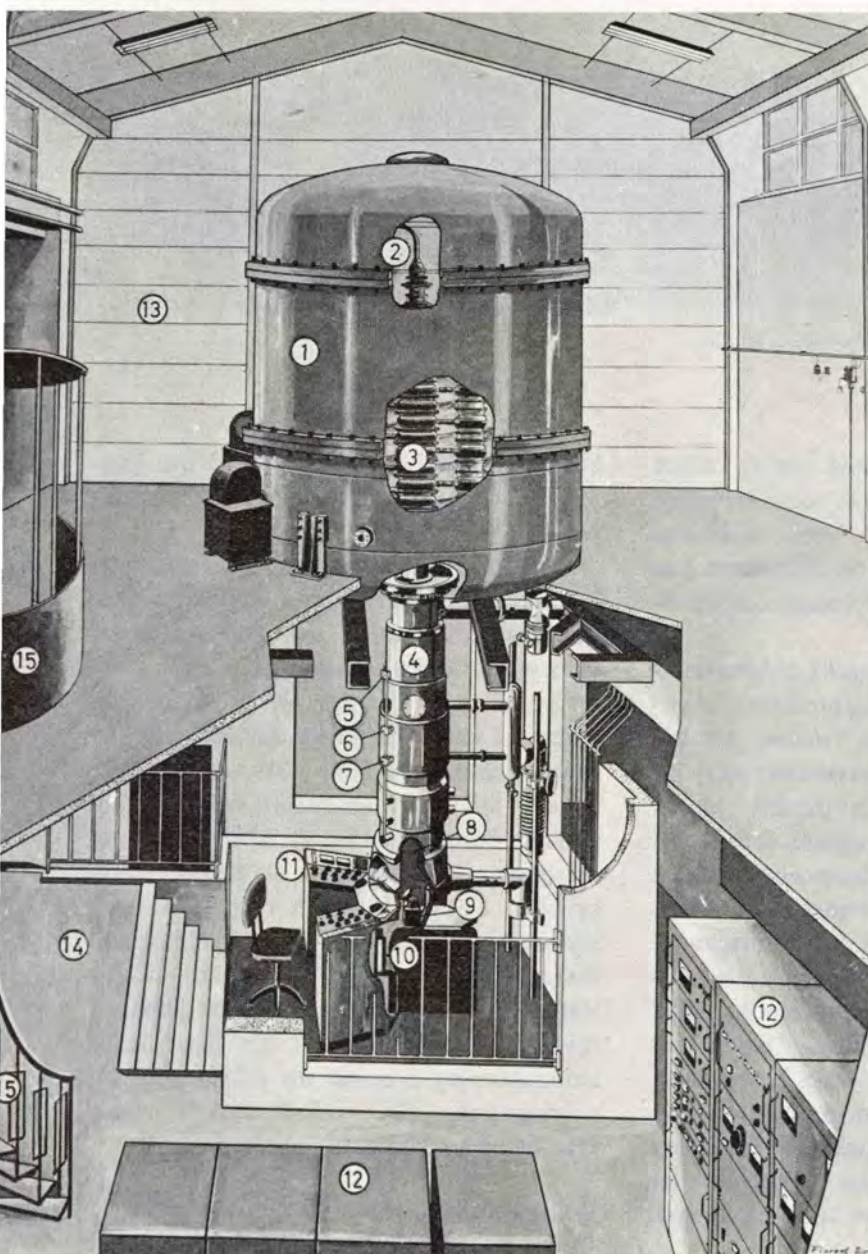
kunnat effektiviseras och därmed har brytningen av järnmalm kunnat ske på allt större djup.

Även det processmetallurgiska området kommer att automatiseras. Mycket arbete kommer därför att läggas ned på metoder att styra de olika processerna, varvid datorer kommer att utnyttjas. Även om utvecklingen på det mättekniska området har gått snabbt och det i dag finns vissa tekniska möjligheter att tillräckligt snabbt och noggrant mäta de flesta väsentliga variablerna för processstyrning kvarstår ändå en hel del svåra problem. Till de svåraste hör kontrollen och styrningen av gas- och godsfordelningen i masugnsschaktet. Stora krav måste därför ställas på beskickningsmaterialens jämnhet, såväl fysiskt som kemiskt. En långtgående automatisering kommer att präglade framtida sintringsverk, vilket också medför ökade krav på råmaterialen.

Järntillverkningen¹

Järnverken kommer att kräva allt homogenare och renare malmprodukter för att ekonomiskt kunna lämna de jämna tackjärnsanalyser som stålverken kräver för effektiv framställning av stål med ökande analyskrav. Denna utveckling leder till en allt längre förädlad malmbehandling. Naturligtvis kommer datorer också att användas för en mer optimerad tillverkning vid det enskilda stålverket.

Masugnens dominerande ställning som reduktionsapparat blir troligen stark ännu många år, vilket också antagits i resonemanget ovan.



Högvoltelektronmikroskopet på 1 MV vid Institutet för Metallforskning har tillverkats av Japan Electron Optics Laboratory (JEOL). I genomskärning ser elektronmikroskopet ut på följande sätt:

1. Trycktank, 2. Elektronkanon, 3. Elektronaccelerator, 4. Kolonn med olika »linser», 5. Kondensorlucka, 6. Objektivlucka, 7. Synfältlucka, 8. Observationskammare, 9. Kamera, 10. Blyskydd mot elektronstrålningen, 11. Kontrollpanel, 12. Instrumentskåp, 13. Högspänningsrum, 14. Mikroskoprum och 15. Trappa mellan högspännings- och mikroskoprummen.

Trots masugnens dominans står järnsvampprocesserna inför ett intressant utvecklingskede, beroende dels på lovande resultat vid schaktugsreduktion, dels på naturgasfynden och kärnkraftens utbyggnad vilket kan medföra lägre gas- och energikostnader än dagens. Järnsvampmetoden får speciell betydelse då en mycket hög grad av renhet hos järnråvaran krävs.

Som ett alternativ till masugnprocessen kan smältreduktionsprocesser, som för när-

varande är under utveckling, uppträda. Dessa kan, på grund av att processens kostnader inte varierar så starkt med anläggningskostnaden som masugnens, bli av speciell betydelse för mindre och medelstora järnverk.

Ståltillverkningen¹

Troligen kommer inom en överskådlig framtid allt stål att framställas, eventuellt satsvis, i högvakuumugnar eller i syrgaskonvertrar,

martinugnar och elektrostålugnar och där-
efter vakuumbehandlas eller elektroslaggraf-
fineras efter smältning på vanligt sätt. Stål
från högvakuumbugnar och stål framställt i
konvertrar kommer troligen att dominera.
Nya metoder härför kommer att utvecklas.
Stålframställning i en roterande vertikal kon-
verter verkar lovande.²

Redan nu har kontinuerlig ståltillverkning
börjat tillämpas och den tidigare nämnda
smältreduktionsprocessen kommer att vara
lämplig som första steg i en sådan tillverk-
ning. Den kontinuerliga ståltillverkningen in-
nebär i princip att råjärnet kontinuerligt tap-
pas, färskas med syrgas samt efter justering
av temperatur och sammansättning gjuts till
ämnen i en stränggjutningsanläggning.
Plasmaugnar kommer troligen också att få
betydelse vid framställning av kvalitetsstål.

Vid sidan av utvecklingen av de traditio-
nella metoderna att tillverka olika produkt-
former av stål via smältning, gjutning och
varm- eller kallvalsning vinner de pulver-
metallurgiska metoderna sannolikt insteg.
Järnpulvret hopvalsas således direkt till fär-
dig formprodukt, t ex band, plåt eller tråd.
En annan bearbetningsmetod som är under
utveckling är högtrycksformning, dvs form-
ning vid högt tryck och normal temperatur,
vilket har studerats vid ASEA:s högtrycks-
laboratorium i Robertsfors.³

Materialen år 2019⁴⁻⁹

De material vi i första hand kommer att
diskutera är konstruktionsmaterial. Beteck-
ningen tas i så vid mening att ett fönsterglas
exempelvis räknas som ett konstruktionsma-
terial men däremot inte ett magnetiskt ma-
terial. I första hand kommer elasticitet, håll-
fasthet (sträck- eller brottgräns), sprödhet,
värmebeständighet och korrosionströghet att
behandlas.

Metallernas utveckling

Ur detta perspektiv blir det naturligt att i
första hand diskutera metallernas utveckling.
Metallerna är ju uppbyggda av metallgitter.



Mikrostrukturen hos ett rostfritt stål, deformerat genom belastning vid 600° C (krypning). Provstaven 1 cm i diameter har belastats med 180 MN/m² (18 kp/mm²) under ca 4 månader. (Motsvarar en personbil, hängande i provstaven.) De mörka partiklarna är karbider, som utskilts i stålet. »Trådarna» är sk dislokationer, som bl a bildats vid provets belastning. Uppkomsten, tillväxten och rörelsen hos dislokationer och utskiljningar hör till de fenomen man speciellt önskar studera med HV-mikroskopi. Bilden är tagen med KTH:s materialcentrums HV-mikroskop hösten 1969 och ingår i en pågående undersökning vid Institutet för Metallforskning. Spänning 1 000 kV, förstoring 29 000 ggr. Bild från Institutet för Metallforskning. Foto: S Karlsson.

Från teoretiska aspekter kan man bestämma hållfastheten hos ett perfekt gitter. Redogörelsen för metallernas gitterstruktur visade att den teoretiska sträckgränsen för järn ligger långt över den som kan uppnås i nu tillverkade stål. Skillnaden beror på att ett metallgitter aldrig är perfekt utan innehåller alla former av defekter.

För att man skall kunna förstå dessa defekter måste metallerna studeras i allt högre förstoringar och sambanden sökas mellan metallernas mekaniska och mikroskopiska egenskaper. Det räcker då inte att bara studera ytan i mikroskop, vilket för inte så

länge sedan var tillräckligt inom metallografin, utan man måste med hjälp av stora elektronmikroskop granska metallen inom områden av några atomavstånds utsträckning. Det är inte otroligt att hållfastheten kommer att öka under 1980-talet till halva den teoretiska brottgränsen, dvs ca 7 GN/m^2 (700 kp/mm^2).

För närvarande kan man se åtminstone två metoder för att åstadkomma denna höjning. Den ena är att göra materialen dislokationsfria, men eftersom detta naturligtvis är svårt på större områden, har man valt att tillverka antingen fibrer, skivor eller korn som är dislokationsfria. Detta är idén för kompositmaterialen, som diskuteras längre fram.

Det andra sättet är det rakt motsatta. Från teorierna vet man att det svåraste är att stoppa dislokationernas rörelse. Om man på något sätt kan hindra denna rörelse minskar den plastiska deformationen och därmed ökar hållfastheten. Detta kan ske genom att metallen på ett systematiskt sätt tillförs kontrollerade små mängder av icke metalliska och metalliska legeringselement.

Två stora problem kvarstår dock innan man kan lösa frågan om stålets hållfasthet. Det ena är att samtidigt som draghållfastheten ökar blir också metallen sprödare. Den ökade hållfastheten kan kanske inte utnyttjas av konstruktörerna! Den andra svårigheten ligger i att det finns så många andra grövre fel i metallerna att vi inte kan tillämpa våra teoretiska kunskaper för att öka hållfastheten.

När ett material brister har först en anvisning bildats. Sprickan har växt och börjat

röra på sig och när dess storlek överskrider en viss gräns uppstår brott. Det område som materialutvecklingen kommer att ägna sig intensivast åt är spricktillväxten. För duktila material inträffar ingen sprickbildning förrän spänningarna överskrider materialets sträckgräns, medan detta inte är fallet för spröda material.

Eftersom materialets elasticitetsmodul i första hand beror på de elektriska bindningarna finns det inte mycket att göra för att höja denna gräns. Däremot kommer man ytterligare att kunna vidga det temperaturområde inom vilket materialet är hållfast, både genom vidare utveckling av värmebehandlingsmetoderna och genom ökad kännedom om föroreningarnas betydelse samt genom utnyttjandet av sällsynta metaller. Osannolikt är det därför inte att under 1980-talet erhålla utskiljningshårdade legeringar med höga hållfasthetsdata med en enkel värmebehandling (de s k maråldringsstålens nästa generation).

I huvuddrag gäller den skisserade utvecklingen naturligtvis flera andra material med liknande egenskaper som stålet men av intresse kan kanske vara att plocka fram några punkter om utvecklingen av några olika konstruktionsmaterial.⁸

Under 1970-talet kommer således troligen duktilt beryllium att framställas och kunna användas i flygplanskonstruktioner. Teknisk användning av de refraktära metallerna, molybden, krom, vanadin, niob och tantal samt deras baslegeringar kommer att ske i större skala än för närvarande, då dessa metaller endast förekommer i mycket speciella rymdraketkonstruktioner.

Superplastiskt material. En omkring 8 cm lång stång av en nickel-krom-järnlegering har upphettats och dragits ut till över 4 gånger den ursprungliga längden.



Under 1980-talet kommer troligen också framställningen av superplastiska metaller att ske i en relativt stor skala. Om man värmer glas och försiktigt drar i det kan det sträckas till flera gånger sin normala längd. Denna egenskap har inte metaller normalt, men man har nu funnit ett antal metallegeringar som uppför sig precis som glas om man behandlar dem på ett alldeles speciellt sätt vid tillverkningen. I laboratorieskala har man visat att samma tillverkningsmetoder som för glas kan tillämpas på dessa metalllegeringar, varav zinkaluminium utgör en. Det karakteristiska för de superplastiska metallerna är en mycket finkornig struktur.¹⁰⁻¹¹

Framställning av titan i stor skala och till ett lågt pris kommer att ske under 1990-talet.

Studiet av metaller vid höga tryck kan leda till revolutionerande upptäckter. Man kan finna jämvikter som kan »frysa» in så att en viss egenskap kan erhållas vid mycket lägre temperatur än för närvarande.

*Polymererna*¹²⁻¹⁵

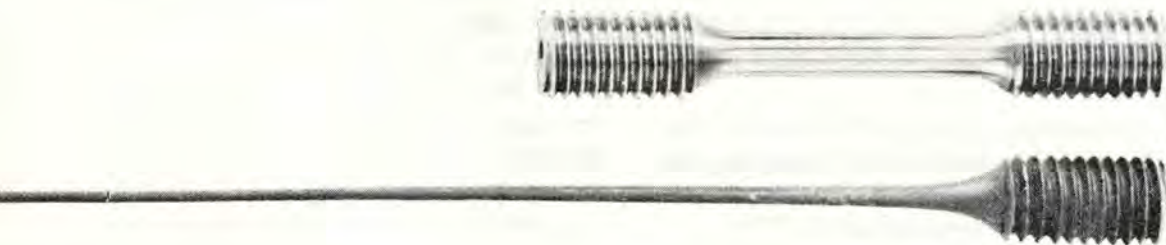
Morgondagens andra stora material är polymererna. Till skillnad från metallerna hålls dessa materials atomer samman av starka elektronbindningar mellan kolatomer i kedjornas riktning, medan bindningen mellan kedjorna är svag och strukturerna glesa. Elektronerna är således låsta i bindningarna, varför polymerer varken leder värme eller elektricitet och ej heller kan vara duktila som metaller. Kolbindningen i polymererna leder till att dessa är kemiskt mycket resistent men bindningen mellan molekylerna är svag

och därför är deras termiska hållfasthet dålig jämfört med metallernas.¹⁶

Plasten, som utgör den största delen av de polymera materialen, kommer säkert inte att spela någon roll där en hög värmebeständighet krävs. Även där en god avskärmning av ljus eller gas krävs kommer plasten inte att användas, eftersom i det senare fallet plast relativt lätt släpper igenom helium- och vätgas. Plasten kommer inte heller att få någon betydelse som elektrisk ledare. Däremot kommer kanske en del polymera material att få användning som halvledare och supraledare (se sid 192).

Plasterna kommer säkert att få en mycket stor betydelse som grundmaterial för kompositter (se sid 182). En linje efter vilken forskningen och den tekniska utvecklingen av de polymera materialen under de närmaste decennierna kommer att ske är: att öka polymerisationsgraden, höja molekylvikten, öka kristalliniteten, tvärbinda mera och utnyttja andra kemiska och fysikaliska modifieringar. På detta sätt kommer man att kunna tillverka polyesterar som ej är spröda, polyetener som är oljebeständiga samt polyvinylklorider som ej är spröda i kyla. Materialen kommer vidare att kunna modifieras så att de normalt är värmebeständiga upp till 120°C. Genom att tvärbinda polyeten kan den redan nu göras användbar vid temperaturer upp till 200°. Forskningen och utvecklingen skall således söka minska sprödheten och öka värmebeständigheten.

En annan utvecklingslinje är att framställa helt nya polymera material. Speciellt gäller det polymerer som skall kunna användas i temperaturområdet 300-600°C, utstå stark



strålning och uthärda kemiskt aktiv omgivning under lång tid. Inom 20 år kommer man kanske att kunna framställa billiga plaster som tål upp till 500°C.

Förutom tillämpningarna inom rymd-, försvars- och atomenergiområdet kan sådana plaster användas såsom exempelvis isolationsmaterial i elektriska motorer. Dessa kan då drivas vid högre temperaturer och därmed ge större effekter. Den fortsatta utvecklingen kommer troligen att leda till sänkta kostnader för folier och fibrer som tål starka kemiska angrepp och bestrålning.

Under de närmaste 50 åren väntas plasterna utvecklas i sådan takt att världproduktionen i volym redan vid mitten av 1980-talet kommer att överträffa den producerade järn- och stål mängden. I Förenta staterna, som leder utvecklingen, kommer detta att inträffa redan omkring år 1975.

Vävda polymertyger som underlag till mattor blir allt vanligare. Billiga vatten- och fuktbeständiga fiberflormaterial kommer att finna användning. Byggnadstekniska material kan medföra minskat underhåll av inredningsdetaljer såsom fönsterbågar, karmar o dyl. Om antalet ommålningar kan minskas till en tredjedel skulle omkring 1 miljard kronor årligen sparas. Möbler samt hushållsgods kommer att i än högre grad tillverkas i plaster.

Forskning pågår också för närvarande när det gäller polymerer utan kol, och den kanske leder till intressanta resultat.¹⁷

Keramiska material och glas.

Några nya material

Den dåliga draghållfastheten och den bristande duktiliteten hos keramerna medför troligen att dessa material endast kommer att förekomma i alldeles speciella konstruktioner, speciellt sådana där stora tryck skall tas upp. Möjligtvis kan de förekomma i kompositmaterial.¹⁸

Kunskapen om glas är förhållandevis liten. Förutom de mera normala tillämpningarna kommer glaset troligen att få betydelse såsom fiberglas i kompositmaterial.^{19, 20}

Några exempel på nya material som kanske kommer att utvecklas: expanderad lera, obrännbar byggboard, betongplattor med yt-skikt av plast, akustikmaterial och sprutmosaik.

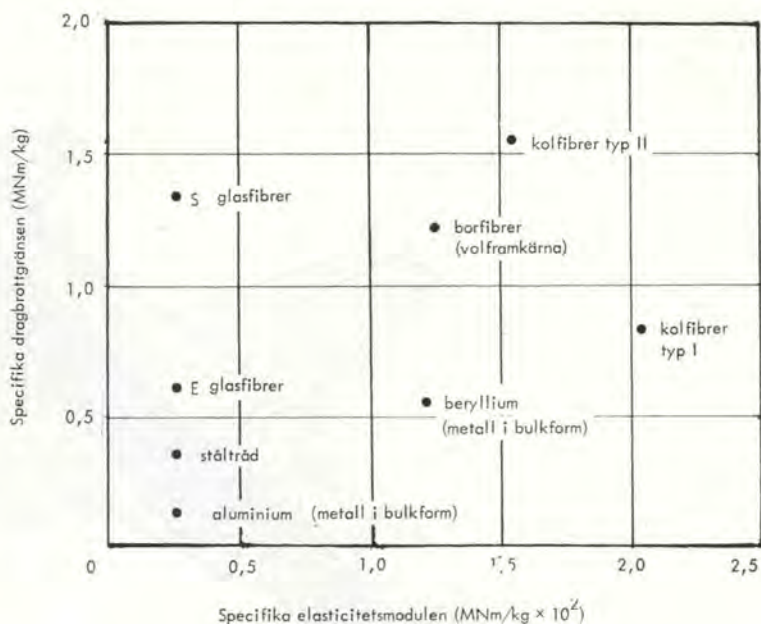
Kompositmaterial²¹⁻²⁷

Kompositmaterialen har som tidigare nämnts varit kända länge. Naturen ger exempel på egna kompositmaterial. Ett av de bästa och starkaste är trä, där förstärkningsmaterial utgörs av lignin. Det nya i dagens tänkande vad beträffar kompositmaterialen är som nämnts tidigare att man inte längre betraktar de två ingående delarna var för sig utan som en enhet. Detta medför att man t ex kan förstärka en bra egenskap hos ett material och samtidigt utnyttja en bra egenskap hos ett annat material. Om man exempelvis vill ha ett material som är hållfast i en riktning men samtidigt är mycket lätt kan man göra ett kompositmaterial med dislokationsfria metall-, glas- eller keramikfibrer med nära teoretisk hållfasthet. Dessa fibrer bakas in i ett grundmaterial av exempelvis plast. Plastmaterialet förhindrar sprödbrott hos glasfibrerna, vars teoretiska sträckgräns i princip kan utnyttjas. Samtidigt erhåller materialet den önskade lätta karaktären. Kompositmaterialets totala hållfasthet blir naturligtvis inte lika med fibermaterialets. Normalt ökar hållfastheten i samma grad som mängden av fibermaterial upp till en viss gräns.

Förstärkningsmaterialet kan som nämnts antingen ha partikelform, fiberform eller skiktform. Fiberformen är än så länge den dominerande och som nämnts i översikten har goda resultat erhållits med glas- och kolfibrer. Kolfibern har som framgår av diagrammet mycket goda egenskaper i detta sammanhang men tycks ändå kunna få en konkurrent i borfibern.

Det bästa resultatet skulle dock erhållas om någon billig teknik för framställning av hårfibrer (»whiskers»), dvs långa enkristaller, kunde utvecklas. Redan år 1954 föreslog Z Guylai att hårfibrer skulle kunna an-

Två viktiga mekaniska egenskaper hos ett material är dess specifika dragbrottrörelsen (dragbrottrörelsen dividerad med densitet) och specifika elasticitetsmodul (elasticitetsmodul dividerad med densitet). Kolfibrerna har alltså de högsta värdena på dessa storheter.



vändas som förstärkningsmaterial och omkring år 1960 kunde man tillverka hårfibrer, som var 100 gånger starkare än stål och som hade en elasticitetsmodul som var fem gånger större än stålets. Ännu finns dock inte någon billig framställningsmetod.

Ett av de stora problemen med kompositmaterial är än så länge att de är anisotropa. Detta betyder att man i allra högsta grad måste skraddarsy användningen för sådana material.

Kompositmaterial med värmeresistenta polymerer som grundmaterial kommer troligen att spela en utomordentligt viktig roll inom flyget.

Metallernas stora svaghet är deras korrosionsbenägenhet och eftersom en klar tendens mot allt smäckrare konstruktioner kan skönjas blir det ännu viktigare att lösa korrosionsproblemen i framtiden. Till detta bidrar att konstruktionerna också blir alltmer komplicerade och samhället mer och mer mekaniserat och därför känsligare för störningar. Ett sätt att lösa detta problem är att legera på rätt sätt, ett annat är att tillämpa olika fysikaliska ytbeläggningsmetoder, varvid ett slags kompositmaterial erhålls. Denna form av kompositmaterial kommer troligen

att få sitt genombrott redan under 1970-talet.

Elektriska och magnetiska material²⁸

Den elektrotekniska industrin har alltid varit mycket vetenskapligt orienterad. Vetenskapliga upptäckter som gjorts har i de flesta fall funnit tekniska tillämpningar. Många gånger går det en ganska lång tid mellan den vetenskapliga upptäckten och den tekniska tillämpningen men detta beror i allmänhet på tekniska svårigheter. När till slut de tekniska svårigheterna lösts har utvecklingen gått ganska snabbt på det tekniska planet och som en följd därav även på det teoretiska. Det bästa exemplet är transistorn, där i princip teorierna fanns långt före dess tillkomst men där stora svårigheter förelåg att ernå de renhetsgrader som behövdes för en fungerande enhet.

Samma påpekande kan också göras om tunnelexperimenten, där ju tunneleffekten, som nämnts tidigare, varit känd ända sedan kvantmekanikens födelse. Möjligheter har helt enkelt inte funnits att framställa tunnelövergångar för tekniskt bruk och framsteg har alltså varit nödvändiga inom andra områden.²⁹



Lätta kol- och borfiberarmerade plaster kommer att reducera vikten hos t ex flygplan väsentligt. I figuren anges när förändringar beräknas ske för flygplanet Freedom Fighter. Redan 1967 tillverkades de vita partierna i figuren av kolfiberarmerad plast. Viktreduktionen under år 1967 och 1968 blev totalt 27 %. Viktreduktionen från år 1968 till 1969 beräknas bli 25 %, från år 1969 till 1971 15–20 % och från år 1971 till 1972 ytterligare 30–35 %. Viktreduktionen slutligen från år 1972 till 1974 beräknas bli 20–30 %.

Gunneffekten tillämpades visserligen ganska kort tid efter dess upptäckt men svårigheter med galliumarsenidtekniken har förhindrat de så kallade LSA-(limited spacecharge accumulation)-dioderna att nå upp till de maximala teoretiska gränserna. Inom kort förväntas dioderna kunna användas som pulssade mikrovågsoscillatorer från 1 GHz och som kontinuerliga mikrovågsoscillatorer för omkring 5 GHz upp till över 100 GHz. Gunn- och LSA-dioderna kommer att få en revolutionerande betydelse för radartechniken. Radar för bilar kan följa av denna teknik.³⁰

Eftersom dylika nya effekter dyker upp är det svårt att säga någonting om halvledarna i framtiden, men under avsnittet »De fasta ämnenas struktur» (sid 34) nämns vissa tänkbara forskningsområden som kan utvecklas och leda till tekniska innovationer. I detta sammanhang är det av speciellt intresse att diskutera de olika material som kan komma ifråga vid tillverkning av halvledare.

Eftersom alla grundämnen samt dessas elektronstruktur och därmed också halvledande egenskaper är väl kända, vet vi i dag i princip vilka grundämnen som kan komma ifråga som halvledare. Förutom de en-

staka grundämnen som t ex germanium och kisel, vilka tillhör grupp IV, kan man kombinera två grundämnen till en halvledare. Exempel på sådana kombinationer är den tidigare nämnda galliumarseniden (en grupp III-V-kombination), zinksulfid (en grupp II-VI-kombination) och kiselkarbid (en grupp IV-IV-kombination). Däremot ger I-VII-kombinationer ej bra halvledare då den dominerande bindningen, jonbindningen, är alltför svag.

En vidare utveckling skulle kunna vara att kombinera tre material till halvledare. Antalet parametrar skulle dock bli så stort att även om materialets utseende exakt kunde beräknas, skulle tillverkningsproceduren troligen bli alltför kostsam. Normal kiselmetall har en renhet på ca 96 % och kostar ca 2-3 kr/kg, medan det kisel som används inom halvledartekniken kostar ca 5-10 000 kr/kg på grund av de kemiska reningsprocesserna. Galliumarsenid kostar ca 50 000 kr/kg.

Troligen kommer inte kombinationer av tre eller flera material att spela någon avgörande roll för halvledartekniken under de kommande 50 åren. Under denna period kommer med säkerhet den teknik som bygger på kisel och germanium att utvecklas och vara dominerande. Kombinationshalvledare av två material däremot kommer att användas för speciella ändamål.

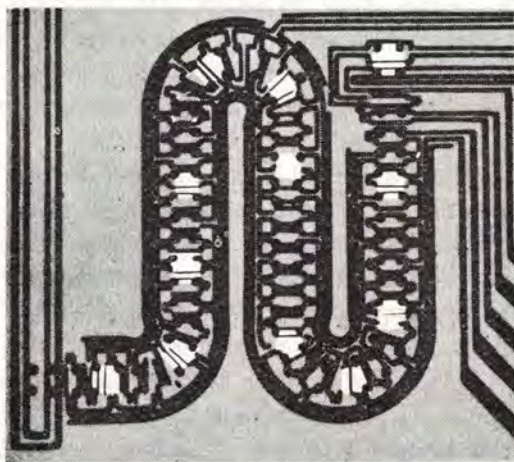
Galliumarsenid t ex, som nämnts tidigare i samband med Gunndioderna, används också för lysdioder och lyslasrar. Dessa komponenter baserar sig på elektroluminiscens (se »De fasta ämnenas struktur» sid 36). Eftersom galliumarseniddioder sänder ut ljus i det infraröda området har ansträngningarna koncentrerats till att finna kombinationshalvledare, som sänder synligt ljus. Eftersom vissa energirelationer skall vara uppfyllda är antalet möjliga kombinationer begränsat. De viktigaste är galliumfosfid, aluminiumfosfid och kiselkarbid men här kan också nämnas galliumarsenidfosfid. Utvecklingen för elektroluminiscensdioder verkar mycket lovande. De kommer att användas i instrument av

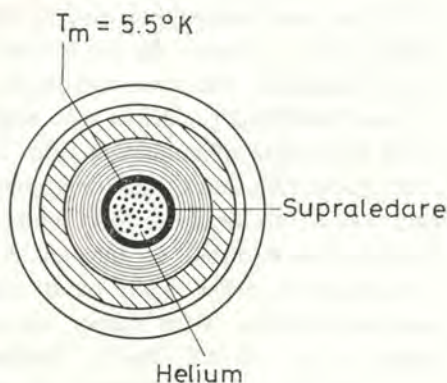
olika slag, som glödlampor med så små volymer som 5-10 mm³ och för att modulera ljus elektroniskt. Man har nämligen funnit att kiselkarbiderna ger denna sista möjlighet. Flera intressanta tillämpningar finns här såsom att överföra ljud till en fotografisk film, men också att direktöverföra information, förmedlad elektroniskt, till ljussignaler.³¹

Indikationer pekar vidare på att galliumarsenidtransistorer skall kunna arbeta vid temperaturer upp till 200°C. Indiumantimon- och indiumarsenidhalvledare kommer i högre grad än för närvarande att utnyttjas i samband med Halleffekter och också att användas som infraröddetektorer.

De största ansträngningarna inom halvledartekniken kommer att göras för att utveckla integrerade kretsar. Sådana kretsar antingen baserade på p-n förbindelser eller också på metalloxidhalvledare (MOS) kommer att få en stor betydelse i samband med »large scale integration» (LSI) (se »Dato-

Magnetiska bubblor. I tunna skikt av ortoferritiska material, en grupp material som består av järnoxider och sällsynta jordartsmetaller, kan man skapa små magnetiserade områden »bubblor» med en diameter på ca 2,5 mm. Dessa bubblor kan skapas, suddas ut eller flyttas utan yttre förbindningar. Figuren visar ett skiftregister med bubblor på väg. På 100 ns kan en bubbla flytta sig en sträcka som motsvarar dess diameter. Den nya elektroniska komponenten kommer därför, samt därför att den förbrukar ett par tiopotenser mindre energi än en transistor och att en packningstäthet av 200 000 bit/cm² lär kunna erhållas, att få stor användning för t ex datorminnen, telefonväxlar och kopplingskretsar.





||||| Termisk isolation

\\\\\\ Elektrisk isolation

Modell av supraledande kabel (H Voight). Även inom kraftöverföringsområdet kommer troligen supraledningstekniken att tillämpas även om inte supraledare vid rumstemperatur går att konstruera.

rernas utveckling» sid 100). Målet är att kunna framställa enheter, som innehåller 100 eller fler integrerade kretsar på en yta av 5–10 mm².^{32, 33}

En ny metod för dopning av halvledarkrystaller har utvecklats. Den kommer att få betydelse speciellt för MOS-transistorerna. I stället för att tillämpa diffusionstekniken inplanteras jonerna direkt i kristallen.³⁴

Förra året rapporterades det att S R Ovshinsky lyckats konstruera ett halvledarelement baserat på glas. De amorfa eller snarare de icke-kristallina materialen, såsom glas och polymerer har därför tilldragit sig uppmärksamhet som nya halvledare. Sådana halvledare skulle bli billiga, eftersom det är billigt att bara smälta och gjuta, vilket skulle vara metoden för framställningen. Transistorer av detta slag skulle kunna användas som billiga »elektriska motstånd».^{35, 36}

Supraledning vid rumstemperatur framstår som en dröm. För närvarande ligger gränstemperaturen dock vid temperaturen 20 K, men inga teoretiska hinder tycks föreligga för högre temperaturer. W A Little har föreslagit att vissa organiska molekyler, uppbyggda på ett mycket bestämt sätt, skulle kunna vara supraledande längs molekylen. Beräkningar visar att ett sådant organiskt

material skulle kunna vara supraledande ända upp till 1 800°C. Orsaken till detta är att elektronen i stället för att som vid normal supraledning växelverka med en tung jon i detta fall växelverkar med en elektron. Modellen som Little föreslår är endimensionell och tyvärr tycks det föreligga starka teoretiska argument mot en sådan. N Ginsburg har föreslagit en tvådimensionell version av samma idé. Bägge bygger dock på en mekanism som liknar elektron-fonon-elektron-kopplingen. Om en supraledare vid rumstemperatur kan konstrueras blir konsekvenserna enorma. Bland de mera fantasifulla är att konstruera svävare som flyter fram över supraledande vägar. En mera realistisk och intressant utveckling är att tillverka element för användning i datorer och att överföra elektricitet med supraledande kablar.^{37, 38}

Byggnadsmaterial³⁹

I framtiden kan betong få konkurrens både med stål och i vissa fall, speciellt när det gäller småhus, med polymerer. Ändå kommer antagligen forskningen på betongens område att ha en stor betydelse för utvecklingen inom byggnadsbranschen. Den grundläggande kemiska cementforskningen ger bidrag till kunskaperna om den kemiska sammansättningen av cementpastan i betongen och om hur denna sammansättning beror av den omgivande miljön.

Den fysikaliska grundforskningen skall ge uppgift om de olika hydratiseringsprodukternas struktur och egenskaper. Vid de kemiska reaktionerna mellan cement och vatten utvecklas betydande värmemängder. Den hastighet varmed detta s k hydratiseringsvärme frigörs är starkt beroende av cementpastans ålder och temperatur och på detta område pågår också forskning. I och med att cementkomponenterna går i lösning och börjar bilda cementgel kärvar massan till, cementen binder. Denna process regleras i cementbestämmelserna genom den s k bindetiden. För att komma vidare på detta område måste man studera cementsystemets

Kommer stålbygandet att öka? Modell av US Steels nya kontorsbyggnad. De bärande ytterpelarna i exponerat stål är placerade 0,9 m utanför fasaden. Belastningarna på pelarna införs vid var tredje våning och byggnaden fungerar därför som trevåningshus staplade på varandra och med gemensamma bärande ytterpelare. Ur: Byggnadsindustrin 15. Stockholm 1968.



mikrostruktur. Nya analysmetoder såsom elektronmikroskopi och elektrondiffraktion har gett möjlighet därtill. Andra viktiga problem är frostbeständighet, tillsatsmedel samt den hårdnande betongens reologi. Stor betydelse för framtiden får säkert samverkan mellan betong och armering och forskning på området kan bland annat leda till sänkning av säkerhetsfaktorerna. Slutligen skall nämnas betonghållfastheten i färdiga konstruktioner och dess betydelse för säkerheten. Tendensen är att olika material bör utnyttjas i optimal samverkan. Detta gäller betong och stål, betong och plast samt betong och lättbetong osv. Samverkan bör dock inte inskränka sig till materialen utan gälla även de personer som organiserar dessa.

Den högsta skyskrapan i betong under uppförande har en höjd av 214 m och studier utförs för närvarande av betongbyggnader upp till 300 m höjd.

Cellulosa och papperstillverkning⁴⁰⁻⁴²

Under det närmaste halvsekleet bör förfinade processer kunna utvecklas för tillverkning av högutbytesmassor med bättre styrkeegenskaper än dagens trähaltiga massor. En sådan utveckling kommer att minska behovet av lågutbytesmassor, framställda genom kemisk behandling. En större del av fiberråvaran kommer på detta sätt att kunna användas till papperstillverkning, vilket gör att skogen bättre kan utnyttjas och en eventuell fiber-



Traditionellt och framtida lakansmaterial? Till vänster visas i förstoring ett lakan framställt av lakansväv. Till höger visas ett ovävt material i förstoring. I den ovävda produkten är fibrerna slumpmässigt fördelade. Enastående egenskaper erhålls med denna metod som kommer att utnyttjas i ökad omfattning under 1970-talet.



kris skjutas längre på framtiden. En annan positiv effekt av en övergång från de kemiska till de mekaniska metoderna blir att lukt- och vattenföroreningarna minskas. Den termo-mekaniska metod som Defibrator håller på att utveckla antyder att goda möjligheter kommer att finnas att tillverka bättre högutbytesmassor.⁴³

Ett problem som generationer av träkemister och cellulosaforskare studerat med endast begränsad framgång kan kanske fram till seklets slut finna en tillfredsställande lösning, nämligen tillvaratagandet av vedens lignin. Genom övergång till svavelfria processer skulle den stora mängd lignin som utlöses vid de nuvarande sulfit- och sulfatmetoderna eventuellt lättare kunna användas.

En del av massaprocessen som kan väntas kraftigt utvecklas under perioden är blekningen. I första hand torde en övergång ske till användning av syrgas i blekningens inledande skede för att minska dels kostnaderna för blekningen, dels mängden svåra vattenföroreningar. Syreblekning kommer redan 1970 att provas vid Mo och Domsjö's sulfatfabrik i Husum.⁴³

Metoder torde också komma att utvecklas för blekning av högutbytesmassor utan att ligninet utlöses, vilket är en förutsättning

för högutbytesmassans användning i många produkter.

Vid cellulosa- och pappersprocesserna torde bättre värmeekonomi erhållas. Bättre metoder att avvattna papperet kommer att kräva mindre energi för torkningsprocessen. Nya metoder kan kanske också tillämpas för torkningen, t ex luftkuddetorkning, mikro- vägstorkning eller infraröd torkning.

Pappersmaskinernas viraparti kan komma att omformas så att avvattning sker åt två i stället för åt ett håll. I Förenta staterna finns redan sådana maskiner i industriell drift, men förändringar av de mer kapitalkrävande delarna av pappersmaskiner, t ex våtpartiet och hela torkpartiet, tar lång tid att bli allmänt accepterade. Däremot brukar cellulosa- och pappersindustrin vara mycket snabb att introducera tekniska nyheter som kräver begränsade investeringar, t ex virvelrenare.⁴³

Under 1970-talet kommer nya typer av pappersmaskiner att tillverka »papper» utgående från syntetiskt framställda fibrer, t ex av rayon. Redan i dag tillverkas dylika ovävda produkter, men endast efter den sk torra metoden. Dessa produkter förutspås en snabb utveckling under det kommande decenniet, t ex som textilersättningsmaterial för lakan, handdukar och gardiner. Produktion

enligt den våta metoden (pappersmetoden), som är under snabb utveckling, syns ge lägre tillverkningskostnader än de metoder som används för närvarande.

Övergången till större men färre tillverkningslinjer för papperstillverkning kommer att fortsätta. Man kommer också att i ökad omfattning standardisera utrustningen och förenkla lagerhållningen av reservdelar. Genom snabbare transporter kan i många fall leverantörer av större utrustningsdetaljer hålla reservlager i stället för den enskilda skogsindustrin. För ofta förekommande driftsstopporsaker, t ex vira- och filtbyte, kommer förbättrade reparationsmetoder att användas, t ex reservvira som direkt och automatiskt kan föras över på virabordet.

Processstekniken kommer att vidareutvecklas mot höggradig automatisering. Datorerna kommer inte endast att reglera och styra processerna utan även att programmeras med kunskaper och erfarenheter så att de i viss utsträckning kan fatta beslut om processer och produkter. Genom sådana åtgärder kommer skogsbruk och skogsindustri att under de kommande åren förbättra och förbilliga sin produktion och bli väl rustade att möta konkurrensen från andra material.

Jämförelser mellan olika material⁴⁻⁹

Liksom på många andra områden kommer kombinationerna att spela den största rollen i framtiden. I en återblick om 50 år på de gångna 100 åren kommer därför troligen helt andra områden att behandlas. Användningsområdena för stål och plast kommer exempelvis inte att förefalla så klart skilda åt som i dag. Detta gör naturligtvis en jämförelse mellan den förmodade framtida och den nuvarande situationen vansklig, speciellt som vi inte säkert vet vilken av de utvecklingslinjer som diskuterats i inledningen, som blir den dominerande.

Stålet kommer dock fortfarande att vara ett basmaterial men det är troligt att det i än högre grad än för närvarande kommer att förenas med andra material, t ex i form

av plastbelagd plåt, kompositmaterial, integrerade betongstålbjälkar eller komponenter i elementbyggeri.

Plasterna kommer dock inom många områden att konkurrera med stålet men kommer bara inom vissa delområden helt att konkurrera ut detta. Så länge plasten har så låg vridstyvhet kommer nämligen många konstruktioner inte att kunna utföras i plast. På många av dessa områden kommer fiberförstärkt plast att helt ersätta stål. Tidigare har i en figur (sid 190) visats en tänkbar utveckling för ett flygplans vikt på grund av dessa material. Troligen kommer bilarnas vikt att genomgå en motsvarande utveckling. Vissa egenskaper hos plast, vilka annars betraktas som ogynnsamma, bör kunna utnyttjas för att göra bilarna säkrare.

Konkurrenssituationen för vissa fibermaterial är mycket mer komplex än för någon annan materialtyp. Papper, som behandlats ganska utförligt i denna rapport, kan i framtiden åtminstone i viss utsträckning bli ersatt av helt nya system, av orsaker som inte är direkt beroende av materialets egenskaper. Förbättrade telefon- och telexförbindelser samt utvecklingen på TV-området kan sålunda mycket väl betyda att behovsbilden för papper förändras. Lagring av information på band minskar också behovet av papper samtidigt som ökad kopiering ökar förbrukningen.

Det är svårt att avgöra hur sådana faktorer kan påverka pappersbehovet. Under den närmaste 20-årsperioden torde dock deras inverkan vara synnerligen begränsad.

När det gäller förpackningsmaterial kommer pappersprodukter i framtiden liksom under de senaste åren att konkurrera med många andra material, t ex glas, plåt, plast och trä både för flexibla och styva förpackningar. De flesta materialtyper med undantag av plast kan endast användas till styva konstruktioner. Även detta gör papperets situation mer komplex. Papperet torde liksom hittills inom vissa områden finna nya användningar och inom andra att konkurreras ut av andra material. Frågan är vilken av des-

sa tendenser som kommer att överväga. I det kortare perspektivet – 10 år – syns allt tala för att papper som helhet kommer att bibehålla sin position. Dock kan utvecklingen på vissa områden – säckar för konstgödsel, mjölkförpackningar, stötsäkra kartonger – bli mindre gynnsam på grund av plastens inträngande på marknaden.⁴⁴

Slutligen torde papperet i framtiden möta en hårdare konkurrens från fiberliknande material baserade på syntetiska produkter, vilka kan tillverkas till relativt låga priser och användas för pappersändamål, t ex som tryckpapper. I Japan, som har små egna fiberresurser, har de senaste åren utvecklats metoder att tillverka papper av syntetiskt material framställt ur olja. En fabrik har startats med en produktion av knappt 4 000 ton per år. I Förenta staterna har Du Pont utvecklat ett system att direkt från plastgranulat tillverka ett syntetiskt pappersliknande material genom att smälta granulat och därefter pressa detta med hög hastighet genom ett stort antal små hål. Materialet, som kallas »spun-bonded», är lätt, starkt och kan andas. Det syntetiska papperets pris är i dag 2 à 3 gånger högre än det för konventionellt papper. Det torde därför dröja innan dessa nya pappersliknande material i större utsträckning kan ersätta papperet, som fortfarande har vissa unika egenskapskombinationer.

Fibermaterialens utveckling som helhet kommer under det kommande halvsekle att kännetecknas av stor konkurrens mellan syntet- och naturfibrer. En kamp som i vissa fall kommer att sluta med en kompromiss – en kombinationsprodukt.

Litteratur

1. Wiberg, M: Järn- och ståltillverkningens utveckling i Sverige under åren 1817–1967. Jernkontorets annaler 150 (1966) p. 849–890.
2. Brohult, S: Framsteg inom forskning och teknik 1968. IVA-meddelande 156. Sthlm 1968.
3. Brohult, S: Framsteg inom forskning och teknik. 1967. IVA-meddelande 150. Sthlm 1967.

4. Kiessling, R: Föredrag den 28 november 1968 vid förvaltningsmöte för Grängesbergskoncernen. (Referat finns i Gränges Malm 18 (1969) 1).
5. The Challenge of the materials explosion. Materials Engineering 68 (1968) 6 p. 34–64.
6. Materials. Scientific American 217 (1967) 3 p. 68–266.
7. Seeds of material success. New scientist 42 (1969) 649 p. 32.
8. Critical Point. Sooner than you think. The next 40 years in materials technology. Metal Progress 92 (1967) 6 p. 59–64.
9. Gordon, J E: The new science of strong materials. Middlesex (Penguin Books) 1968: Perspectives in materials research. Ed by L Himmel & J J Harwood. Spons. by Office of Naval research dep. of the Navy, (Wash. D C) 1963. (Surveys of Naval science. No 10 Febr 1963).
10. Hayden, H W, Gibson, R C & Brophy, J H: Superplastic Metals. Scientific American 220 (1969) 3 p. 28–35.
11. Sherby, O D: Superplasticity. Science Journal 5 (1969) 6 p. 75–80.
12. Rånby, B: Nya syntetiska polymerer – strukturmönster och egenskaper. Kemian Teollisuus 25 (1968) 1 p. 20–25.
13. Bredhe, L & Löfgren, P Å: Extrema betingelser? Polymerer kan lösa materialproblemen. Plastvärlden 19 (1969) 1 p. 24–29.
14. Houwnik, R: The Synthetics age. Modern Plastics 43 (1966) 12 p. 98–100.
15. Andrews, E H: Improving polymers. Seeds of materials success. New Scientist op cit p. 23–24.
16. Mark, H F: The nature of polymeric. Ibid p. 148–159.
17. Frazer, M & Currell, B: Polymers without carbon. New Scientist 42 (1969) 644 p. 62–64.
18. Gilman, J J: The nature of ceramics. Ibid p. 112–125.
19. Simmingsköld, B: Glas, dagsläge och framtid. Modern kemi (1968) 11 p. 35–40.
20. Charles, R J: The nature of glasses. Scientific American op cit p. 126–147.
21. Kelly, A: The nature of composite materials. Ibid p. 160–179.
22. Philips, L N: Carbon-fibre reinforced plastics – a personal view. Fibre Science and Technology. 1 (1968).
23. Gunston, W T: Carbon fibres. Science Journal 5 (1969) 2 p. 39–49.
24. Watt, W & Johnson, W: Strong, stift fibres. New Scientist 41 (1969) 636 (637).
25. Lawes, G: Fibres and filaments after carbon. New Scientist 43 (1969) 657 p. 67.

26. Evans, C C & Paratt, N J: Whiskers – the strength of the single crystal. *New Scientist* Ibid p. 68–70.
27. Mc Elhinney, D M, Kitchenside, A W & Rowland, K A: Carbon fibres lake to the air. *New Scientist* Ibid p. 282–284.
28. Gatos, H C: Electronic materials and applications *Science* 164 (1969) 3876 p. 137–141.
29. Claesson, T & Lundqvist, S: Kvantmekaniska tunnlar i fasta ämnen. *Kosmos* 47 (1969). p. 127–138.
30. Jeppsson, B: Gunn-effekten i galliumarsenid. Ibid p. 147–153.
31. Brander, R W: Light without heat-electroluminescence. *Seeds of materials success*. op cit p. 21–22.
32. A revolution in microelectronics. MOS Monolithic subsystems. Philco-Ford publication. Santa Clara, Calif, 1966.
33. Triebwasser, S: Large-scale Integration and the revolution in Electronics. *Science* 163 (1969) 3866 p. 429–434.
34. Dearnaley, G & Freeman, J H: Doping solids with ions. *New Scientist* 41 (1969) 635. p. 282–284.
35. Shaw, R F: A rival to the transistor. *New Scientist* 40 (1968) 624 p. 428–429.
36. Jonscher, A K: Electrical future for amorphous materials. *Seeds of material success* op cit p. 18–20.
37. Chester, P F: Electrical conduction – new materials and superconduction. *Chemical Industry in the nineties*. (Symposium held in United Kingdom July 1969) Society for Chemical Industry.
38. Forth, I: Superconduction without supercold? *New Scientist* 42 (1969) 654 p. 644–647.
39. Wästlund, G: Cement- och betongforskningen – en allmän översikt och några resultat från Cement- och Betonginstitutet. *Cement och Betong* (1967) 3 p 240–254.
40. Massa och papper i en föränderlig ekonomi. Försök till framtidsanalys av svensk massa- och pappersindustri 1970–1990. Sthlm (Trä-fackens utredningsavdelning) 1969.
41. Rydholm, S: Papper från Sverige eller tropikerna eller bara plast? *Pack* (1969) 11. (Under tryckning).
42. Scholander, A: Skogsindustrins konkurrenssituation år 2000. *Tidsskrift för Kemi, Bergvesen og Metallurgi* 8–9 (1965) 189–193.
43. Thiesmeyer, L R: Paper in the seventies. *Canadian Pulp and Paper Industry* 22 (1969) 4 p. 39–41, 64, 65.
44. Lindberg, N J: Pappersindustrin i dagens och morgondagens samhälle. *Papper och Trä* (1969) 1 p. 27–37.

Telekommunikationer*

Telefoner

Sverige har näst efter Förenta staterna den största telefontätheten i världen, över 50 telefonapparater per 100 invånare. Telefon-tekniken har utvecklats snabbt och svenska företag har därvid gjort betydande insatser. Nya telefonapparatyper har utvecklats, automattelefontekniken och nya transmissionssystem med betydande kapacitet har införts.

Den följande 50-årsperioden kommer att präglas av fortsatt miniaturisering och av en förbättring av telefonapparaternas ljudöverföringsegenskaper genom användning av nya mikrofoner och hörtelefoner och genom en ökad användning av integrerade förstärkarelement. Fingerskivan kommer att ersättas av en knappats, så att telefonnumren kan tas betydligt snabbare än nu och telefonapparaten dessutom användas som dataterminal i framtida dataöverföringssystem. Telefonapparater kan förses med en avläsningsanordning för kreditkort så att en person med ett sådant kort, var han än befinner sig, skulle kunna beställa ett telefonsamtal och få detta debiterat på sitt konto genom att telefonapparaten avläser kortet och på detta befintliga uppgifter.

Så högtalande telefoner kommer också mer och mer i bruk, så att man inte blir bunden av en telefonlur som nu. Sådana finns visserligen redan men en betydligt ökad användning av denna möjlighet förutses.

Ett förenklat installationsförfarande kommer också att tillämpas. Redan vid projektering av alla slags byggnader kommer man att räkna med ett vidsträckt bruk av telefonapparater och att lägga ledningar samtidigt för elektricitet och teleföbindelser, vilket kommer att minska installationstiderna och samtidigt ge en större valfrihet vid placeringen av apparaten.

Programminnesstyrda telefonväxlar ger

* Litteratur som behandlar olika aspekter av detta ämne ges i ref 1–6.

möjligheter till nya abonnenttjänster, t ex snabbkoppling till de telefonnummer som man oftast använder, vilket t ex uppnås med hjälp av en bokstav plus en siffra, exempelvis 0758/12345 = A7. Om man tillfälligt lämnar sin egen apparat kan man lämna stationens dator uppgift om vart den skall koppla inkommande samtal. Datorn kan också erhålla uppgifter om vidarekoppling, dvs i tur och ordning söka abonnenten på ett eller flera andra nummer. Sådana tjänster som nu är vanliga i firmaväxlar, t ex förfrågning och transport av samtal, kan användas för privat bruk. Att inte komma fram till ett upptaget nummer är en källa till irritation som kommer att elimineras i framtiden. Om man så önskar kommer programminnet att minnas med vilken abonnent man önskade tala och så fort den upptagna apparaten blir ledig ringa upp de båda abonnenterna.

Personnummer kan få en ökad användning inom telefontekniken och på andra områden. Man kan i framtiden ringa till en person genom att på knappsatsen slå personens personnummer, varefter en eller flera datorer arbetar och man slutligen kopplas till en telefon på personens tillfälliga vistelseort, såvida han lämnat uppgifter om var han kan sökas.

Automatiska telefonsvarare, dvs bandspelare som dels kan lämna besked till den som ringer och dels ta emot besked från den som ringer, kommer att bli allt vanligare.

Automatväxlarna kommer i framtiden att innehålla funktioner som kontinuerligt övervakar telefonnätets egenskaper och meddelar när fel på linjer kan väntas uppstå, t ex genom en gradvis försämring eller vid katastrofall, avbrott eller liknande.

Telefonsystemets begränsning utgörs bland annat av det nuvarande telefonnätets förmåga att överföra frekvenser. Den svagaste länken är därvid abonnentledningen från abonnentens telefonapparat till närmaste växel. Det är också där de största kostnaderna uppstår, om man önskar förbättra telefonsystemets överföringsegenskaper.

Mellan telefonväxlarna används alltmer koaxialkablar, vilka kan överföra ett betydligt större frekvensområde och därmed ge bättre ljudegenskaper. Om 50 år kommer varje hushåll att vara inkopplat på »telefonnätet» med en koaxialkabel med sådana överföringsegenskaper att denna kan överföra både ljud- och bildinformation i vidare bemärkelse. Dataöverföring kommer att bli en allt mer dominerande del av televerkets uppgift och företagen kommer att mer och mer ersätta sina nuvarande transaktioner med automatisk överföring per kabel av brev, sifferuppgifter, avräkningar etc. Företag med många filialer och centrallager kommer med hjälp av datorer att kunna planera och styra sin verksamhet på ett ännu mera effektivt och rationellt sätt än för närvarande. Även många privatpersoner kommer att i sina hem ha en dataterminal, från vilken de genom att trycka på ett antal knappar och eventuellt placera speciella kort i en kortläsare kommer att kunna överföra pengar från och till olika konton, betala räkningar och verkställa andra ekonomiska transaktioner som inköp och försäljningar.

Under senare år har människan fått allt mindre tid över för brevskrivning. Måhända kommer om telex blir mera allmänt, exempelvis en telexapparat i varje hushåll, brevskrivandet att få en renässans. Allt fler människor lär sig numera skriva på maskin, vilket kan medföra att telex blir ett även för privatpersonen betydelsefullt kommunikationsmedel. Detta kan även medföra gynnsamma sammanlagringsmöjligheter så att befintliga förbindelser utnyttjas effektivare och ger lägre kostnad, vilket kommer att främja en ökad användning. Om kabelnätet utbyggs med allt större överföringsförmåga både vad beträffar kvantitet och kvalitet, bör även konferenssamtal bli en tilltalande sammanträdesform. Många möten och sammanträden kommer att kunna ersättas av en telefonkonferens, där även bildöverföringsmöjligheterna kan utnyttjas. Försök med bildtelefon har visat systemets begränsningar men bildtelefonen eller kombinationen tele-

Prov med bildtelefon. L M Ericsson 1969.



fon och television med speciell teknisk personal närvarande kommer att utnyttjas när det är billigare och tidsbesparande i jämförelse med att låta många människor resa till ett sammanträde på avlägsen ort.

Människans behov att se den man talar med är grundläggande och för ett framgångsrikt bildtelefonssystem fordras en sådan utveckling av kamera- och fotograferingsteknik att detta kommer att begränsa bildtelefonens användning till ett fåtal områden.

De tillgängliga tekniska möjligheterna kommer att kunna medverka till en ökad decentralisering av många funktioner i samhället, vilket kan motverka den nuvarande tendensen till storstadbildningar.

Andra områden där teletekniken kan komma till ökad hjälp är inbrottsbevakning. Tjuvar kommer i framtiden att få det svårt när inbyggda alarmsystem automatiskt överför larm och information om brottets natur till polisens datacentraler och medger prak-

tiskt taget omedelbara ingrepp från polisen. Avläsning av elektricitets-, vatten- och gasmätare kan ske automatiskt genom överföring av data via telenätet, om inte dessförinnan förbrukning av el, gas och vatten är en allmän rättighet som bekostas med allmänna medel!

Ett kabelnät som tillåter överföring av bredbandig information kan också utöver telex- och telefontjänster även överföra bilder som levereras i tryckt form i hemmet. Sålunda skulle i varje hem kunna finnas en apparat, som förmår lämna tryckta meddelanden, exempelvis tidningssidor, kopior av boksidor från bibliotek, ritningar etc, lika väl som man från sin terminal förmår sända sådana meddelanden till annan abonnent efter vanlig uppkoppling på sin telefon. När ett sådant system finns i varje hem kan en stor del av nyhetsdistributionen ske på detta sätt i stället för med tidningsbud.

Automatiseringen av rikstrafiken i Sve-

rige är nu nästan hundra procentig och arbetet fortsätter med automatisering av den internationella trafiken. Redan nu kan vissa områden i Sverige koppla samtal automatiskt till Belgien, Danmark, Finland, Frankrike, Nederländerna, Norge och Västtyskland. Redan i slutet av 1970-talet kan de svenska telefonabonnenterna ringa automatiskt till en stor del av Västeuropas abonnenter.

Under de närmaste decennierna kommer betydligt större möjligheter erbjudas att telefonera mellan rörliga fordon eller mellan en fast och en rörlig punkt. I Stockholm, Göteborg och Malmö finns redan nu möjligheter att installera en mobiltelefon i bilar. Så småningom bör vi kunna slå en bils telefonnummer, var den än befinner sig på olika vägar i Sverige, och få telefonkontakt med den genom speciella sändare och söksystem. Försök pågår för närvarande med ett söknät, där en person utrustad med en speciell mottagare får en signal när han är eftersökt. Denna signal sändes ut via FM-sändarnätet för rundradio och får därför rikstäckning.

Användning av radio för utsändande av meddelanden till exempelvis ett stort antal butiker är redan möjlig och torde få ökad betydelse när man inom en snar framtid kan införa selektiva anrop. Detta innebär att man ringer upp radiosändaren när man har ett meddelande att sända, varefter en speciell kodsägnal startar de mottagare som är av intresse.

Privata telefonväxlar får allt större betydelse för företagen och för många större företag när dessa växlar en sådan storlek att de motsvarar telefonväxlar för en medelstor stad. Eftersom fler och fler företag anskaffar datorer och samtidigt telefonväxlarna blir programminnesstyrda torde utvecklingen gå dithän att företagens datorer kompletteras med utrustning för en lokaltelefonväxel; alternativt kan den datorstyrda telefonväxeln kompletteras så att den kan utföra en del av de tjänster en dator kan ge det mindre företaget. Eftersom anslutningen till telefonsystemet i Sverige och i de flesta and-

ra länder regleras av ett ofta statsägt monopolföretag kan man förutse vissa möjligheter till konflikter mellan telefonbolag och datorsystemtillverkare, om utvecklingen går i denna riktning. Telefonnätets krav på tillförlitlighet och anpassning av ingående enheter till varandra på ett för det totala systemet optimalt sätt kräver sådana hänsynstaganden i konstruktionen att svårigheter lätt kan uppkomma, speciellt som de större datorsystemen med lätthet kan hantera den telefontrafik som äger rum på ett normalt företag så att säga som bisyssla.

Även om en utveckling mot en kombination av telefon och TV är tekniskt möjlig torde den begränsas av kostnaderna. Att komplettera ett telefonsamtal med en samtidigt översänd bild kräver lika stort utrymme i ledningarna som 100 à 300 telefonsamtal. Kostnaden för såväl apparat som överföringsledning torde därför betyda att bildtelefonen endast får begränsad användning och därför till en början installeras endast på de allra största kontoren eller kanske på några speciella bildtelefonstationer i varje stadsdel, dit man går när bilder skall överföras, t ex för att diskutera en ritning med en konstruktör på en annan ort.

Även för bildtelefonens utveckling kommer säkerligen datorn att ha stor betydelse. När datorerna kan lämna information i form av bilder, ritningar, kurvor osv kommer bildtelefonen även att fungera som komplement till datorn. När exempelvis en ingenjör via sin telefon kan få kontakt med en dator bör han även ha intresse att på en TV-skärm få datorns svar på de frågor han ställt eller en uppritning av kurvor, tabeller och diagram.

År 1979 har vi säkert i vårt hem en »televisionsapparat» med tillhörande tangentbord för kontakt med diverse olika media både med ljud, bild och skrift. Kombinationen av på TV-skiva inspelad bildinformation som kan utsändas och en motsvarande registreringsmöjlighet på mottagarsidan skulle göra det möjligt att på kort stund överföra textinformationen i hela Nordisk Familjebok

och sedan med uppspelningsapparatusens hjälp »slå upp» de sidor som är av intresse.

De förbättrade kommunikationsmöjligheterna kan komma att ge oss möjligheter att väsentligt minska vårt resande. I framtiden kommer läsapparater att överföra skriftlig information både till och från datorer och till andra mottagare på avlägsna orter. Meddelanden som i dag skickas per post kommer mer och mer att ersättas av elektriskt överförda meddelanden. På samma sätt som bankerna nu planerar överföringsnät mellan sina kontor för att eliminera en stor del av pappersarbetet kommer samma utveckling att äga rum mellan privatpersoner. Överföring av information i digital form kommer även att öka snabbt, därför att våra nuvarande kabelförbindelser och telefonnät redan möjliggör en sådan överföring. Genom pulskodmodulering kan vårt nuvarande kommunikationsnät utnyttjas betydligt mera effektivt. Användningen av registrerande medel, sammanlagring av informationen samt utsändning och mottagning av densamma på natten kommer att göra det ekonomiskt möjligt att snabbt överföra information mellan företag, då nätets trafikkapacitet ej är fullt utnyttjad.

Distribution av TV-program med koaxialkabel

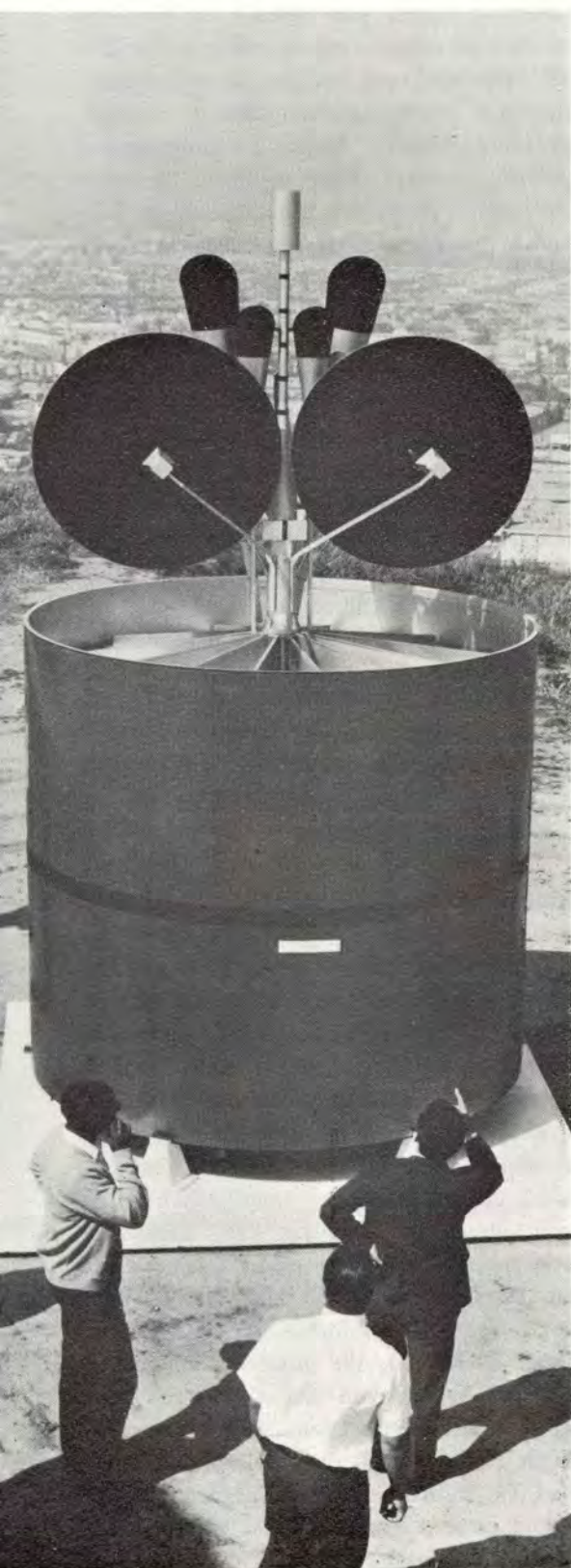
På 1980-talet kan sannolikt televisionsprogram överföras till hemmen genom koaxialkabel med en kapacitet av 10, 20, 30 ja kanske 40 kanaler. Systemet ger möjlighet till lika många program av de mest skilda slag från underhållning och sportreferat till utbildning i olika ämnen, väderleksrapporter och nyheter, utsändning av tidningsartiklar, språkkurser, reklam, konsumentinformation osv. Koaxialkabeldistribution av TV skulle speciellt i storstadsområdena erbjuda fördelar genom att »rensa luften». TV-antennfordras inte längre och bildkvaliteten skulle bli förstklassig och opåverkad av reflexioner och störningar. Varje stad eller t o m stadsdel kunde ha sitt eget lokala program. TV-

sändning upptar som bekant ett betydligt större frekvensutrymme än vanlig rundradio. Till yttermera visso utnyttjas ett frekvensområde som är mycket eftertraktat ur kommunikationssynpunkt. Sända TV-programmen per koaxialkabel skulle utrymmet bli ledigt för radiosändning och för ändamål där inte andra distributionssätt kan användas. TV-kabeln skulle vid nybyggnad installeras samtidigt med ledningar för elektricitet, telefon, vatten och avlopp.

Ett annat framtida alternativ är att överföra TV-program med hjälp av radiolänkar inom mikrovågsområdet, vilket inte skulle störa nuvarande radio- och TV-utsändningar. Systemet kan emellertid störa signaler till och från satelliter som ligger i mikrovågsområdet. Med mikrovågslänkar skulle TV-distributionen ske till på höghusens tak monterade mottagare, från vilka signalerna förs vidare till de olika våningarna genom kabel. Även detta sätt skulle ge möjlighet till en kraftig ökning av antalet TV-kanaler. Avgörande blir om kommande generationer önskar mer information eller vill ha lugn, ro och stillhet för meditation.

Kommunikationssatelliter⁷⁻¹⁰

År 1964 överenskom 19 länder att bygga upp ett världsomfattande kommunikationssystem grundat på satelliter med förmåga att motta och återutsända telemeddelanden. Organisationen antog namnet Intelsat (International Telecommunications Satellite Consortium). Till verkställande organ utsågs Comsat (Communications Satellite Corporation), ett privat men av amerikanska staten kontrollerat företag vilket 1962 hade sänt upp experimentsatelliten Syncom som visade att kommersiell satellit-telekommunikation var praktiskt genomförbar. År 1969 har 65 stater anslutit sig till Intelsat, som har ett nät av satelliter som täcker praktiskt taget hela världen. Ett fyrtiotal jordstationer har tagits i drift och ett tjugotal är under byggnad. De nordiska teleförvaltningarna har beslutat placera en gemensam jordstation i Tanum, Bohuslän.



Den första Intelsatsatelliten, även kallad Early Bird, placerades i rymden i maj 1965 36 000 km över ekvatorn. Dess kapacitet är 120 tvåvägstelefonförbindelser eller en TV-kanal.

Det amerikanska Apolloprojektet krävde ett globalt nät av teleföörbindelser, vilket endast kunde upprättas genom en satellit. Genom samarbete mellan Intelsat och amerikanska rymdflygstyrelsen NASA och under tryck av ett alltmer växande förbindelsebehov från telefonförvaltningarnas sida konstruerades och byggdes Intelsat II med en kapacitet av 240 tvåvägstelefonförbindelser. Det första exemplaret sköts upp i oktober 1966 men skottet misslyckades, varför ett nytt försök gjordes i mars 1967 över Atlanten. En tredje satellit i II-serien placerades över Stilla havet i september 1967.

Den tredje typen av Intelsatsatelliter erhööll en kapacitet av 1 200 tvåvägstelefonförbindelser och togs i bruk i februari 1969. Intelsat IV är nu under konstruktion. Den planeras för nära 6 000 tvåvägstelefonkanaler och väntas kunna tas i bruk 1971.

Intelsats nuvarande satelliter mottar signaler från en bestämd punkt, t ex antennerna vid Goonhilly-Downs i England och återutsänder dem på en annan frekvens till en bestämd mottagarstation, exempelvis den i Andover i Maine, Förenta staterna. Dessa sändar- och mottagarstationer är mycket dyrbara och har vardera dragit en kostnad av ca 35 miljoner kronor.

Som ett framtida alternativ tänker man sig en distributionssatellit med hög effekt och i dubbelt så stort format som Intelsat IV, vilken skulle överföra signalerna till flera större mottagarantennor, dock betydligt mindre än nuvarande jordstationsantennor.

En modell i naturlig storlek av telesatelliten Intelsat IV som 1971 skall placeras i synkron bana på ca 36 000 km höjd över jorden. Satelliten får en diameter av 2,4 m och en höjd av 5,4 m och blir världens dittills största med en kapacitet av nära 6 000 tvåvägs telefonförbindelser eller 12 färg-tv-program. Intelsat IV-programmet omfattar fyra satelliter och beräknas dra en kostnad av ca 375 miljoner kronor.

Därifrån skulle signaler gå vidare via kabel eller radiolänkar till lokala radio-TV-stationer för återutsändning. En sådan antenn beräknas få en diameter av 10–12 m, kylas med helium och kosta ca en halv miljon kronor.

Nästa steg i utvecklingen blir en grupp-satellit. Den kommer att sända signaler till ett större antal specialmottagare, i prisläget 25 000–50 000 kronor, alltså fortfarande alltför dyra för ett vanligt hushåll. När denna typ av satelliter tas i bruk i mitten av 1970-talet kan utvecklingsländer bygga upp undervisningssystem i olika städer och byar på detta sätt. Amerikanska rymdstyrelsen deltar i ett experiment, där 5 000 bymottagare i Indien skall ta emot undervisningsprogram från NASA:s Applications Technology Satellite ATS-F.

Det tredje steget blir direktsändande satelliter. Dessa kommer att sända signaler direkt till mottagare i hemmen. Eftersom en sådan satellit måste få ansenliga dimensioner och stor effekt torde direktsändning först ske genom något mindre satelliter och endast nå de mottagare som kompletterats till ökad känslighet, så att de kan ta emot signalerna. Men innan dessa mycket kraftiga satelliter kan tas i drift finns mycket komplicerade problem inom radiofrekvensområdet att lösa enligt de principer för fredlig användning av yttre rymden, som angetts av Förenta Nationerna, t ex att bestämma vilket frekvensutrymme satelliten skall använda.

Alla ovannämnda Intelsatsatelliter är synkronsatelliter som håller ett ganska bestämt läge över jordytan, 36 000 km uppe i rymden. Med ytterligare amerikanska och ryska satelliter kretsande på samma höjd och i samma cirkulära banor är det stor risk att det område i rymden som medger synkronsatelliter blir överbefolkat. Även om satelliterna inte krockar med varandra fysiskt kommer de att störa varandra ur radiosynpunkt. Det är ett annat svårt problem som den internationella teleunionen måste lösa 1971 om kommunikationssatelliterna skall kunna fortsätta att utvecklas.

Ökad internationell förståelse

Om några år beräknas alltså satelliter vara i funktion som kan sända meddelanden för direkt mottagning av enskilda televisions- och radioapparater. Det kommer då att byggas upp ett system av satellitsändare i stationär bana kring jorden så att varje punkt på jordytan är täckt av sändningen. Redan nu bör man därför överväga hur ett sådant system skall organiseras och utnyttjas. En användning som redan nu bör förberedas är en intensiv språkundervisning i ett bestämt språk, så att varje ägare av en televisions- eller radioapparat kommer att lära sig behärska detta språk.

Följden av detta skulle bli att hela världens befolkning kom att i princip bli tvåspråkig. Varje individ skulle då behärska dels sitt modersmål, dels ett annat språk som han hade gemensamt med hela världens övriga befolkning. Varje individ skulle komma att utan svårighet kunna kommunicera och korrespondera med varje annan människa. Efter ett intervall på enligt gamla beräkningar 4 000–5 000 år kommer mänskligheten således att återvända till det ursprungliga tillståndet och den babyloniska förbistringen skulle upphävas.

Några svårigheter att planera och genomföra en tillräckligt grundlig och lockande undervisning borde inte finnas om man anlätade den främsta tillgängliga pedagogiska expertisen. Enligt senaste uppgifter innebär det inte någon belastning för barn att växa upp i tvåspråkiga hem och lära sig redan från början behärska båda språken; detta uppger snarare vara utvecklande.

Ett sådant projekt skulle leda till utomordentligt stora rationaliseringsvinster för de flesta stater. Ett yrke som skulle försvinna var tolkarna och befintliga tolkskolor skulle inom kort kunna läggas ned. Effektiviteten vid internationella konferenser och förhandlingar skulle öka väsentligt och stora tidsvinster skulle göras genom att all tolkning blev överflödig. Språkgenier som behärskar ett mycket stort antal språk skulle fortfarande förtjäna beundran för sin skicklighet,

men deras mångspråkighet skulle förlora sin praktiska betydelse. Arbetena att bygga upp system för datamaskinöversättning skulle omedelbart kunna avvecklas och resurserna användas för nyttigare ändamål. Speciellt skulle en ökad förståelse mellan olika språk-områden bli av stor betydelse för de många stater som inom sina gränser rymmer flera språkgrupper och ofta har svårigheter att skapa tillräckliga interna kommunikationer.

Alla meddelanden och trycksaker som beräknas få internationell spridning skulle naturligtvis från början produceras på det gemensamma språket. Med tiden kan naturligtvis de nationella språken komma att gradvis trängas undan, men detta torde komma att dröja lång tid och får bli ett problem för framtiden. Tills vidare kommer säkerligen i varje land den nationella korrespondensen att ske på modersmålet och den nationella litteraturen att bestå. Genom de ökade möjligheterna att kommunicera kommer flytningen mellan olika länder att bli betydligt lättare och en internationell arbetsmarknad kommer att skapas och bli mer omfattande än nu.

Det återstår endast en praktisk fråga att lösa, nämligen att bestämma vilket språk som skall bli det internationellt gemensamma. Till att börja med kan man konstatera att endast ett språk som bygger på bokstavs-skrift torde komma ifråga. De språk som använder stavelse- eller ordskrift torde genom sitt stora antal tecken kunna uteslutas. Där- emot kan man kanske inte lika lätt skilja mellan de olika alfabeten. En närmare filologisk granskning kanske kan klargöra ytterligare några principer man bör följa och ge riktlinjer om vilket språk som kan vara enklast att lära eller som ger möjlighet till det mest nyanserade uttrycks sättet. Efter en utredning hur olika språk uppfyller vissa sådana kriterier bör man kunna ange vilket språk som skall väljas till det gemensamma världsspråket.

Utän en närmare utredning kan man inte ange vilket språk som kan komma i fråga men man kan överväga både de nationella

språken och de konstruerade »syntetiska» hjälpspråken. För något av de »syntetiska» språken talar deras större konsekvens och enklare uppbyggnad, men man kan undra om de ger samma möjligheter till varierande och nyanserat uttrycks sätt i olika stilarter. Om ett »syntetiskt» språk skulle visa sig lämpligast som andraspråk och börja användas världen över av miljarder människor skulle det säkert börja »leva» på ett annat sätt än nu, utveckla dialektala varianter, kompletteras med fackuttryck och jargong för speciella grupper.

Planerings- och förberedelsearbetet för den omfattande utbildningen samt framställningen av de olika kurser som måste ingå bör påbörjas redan nu, så att detta material föreligger färdigt när kommunikationssystemet är utvecklat och utan svårighet kan utnyttjas för att genom ökade möjligheter till förståelse och meningsutbyte främja det internationella samarbetet.

Detta förslag borde därför snarast av svenska regeringen föras fram i FN, så att organisationen kan sätta igång förberedelsearbetet i tid och utse en lämplig expertkommitté för att administrera projektet.

Trångt i luften

Hittills har frekvensutrymmet nätt och jämnt räckt till och man har hittat olika sätt att föra in mer och mer information i tillgängligt frekvensutrymme. Många verksamheter skall dela på detta, t ex flygtrafik, telefon- och TV-överföring med radiolänk, radio- och TV-sändningar, radiotelefontrafik till sjöss och i luften, radioastronomi, satellitkommunikation, amatörtrafik osv. Även om dessa områden då och då stöter samman, måste man förutse vad som kommer att hända om några år när ännu fler och ännu starkare satelliter kan sända på mycket långa avstånd och till mottagare var som helst på jorden. För tillfället har inga frekvenser speciellt avdelats för satellitkommunikation. Denna delar därför frekvensbanden med vanliga jordbundna sändningar. Internatio-

nella Teleunionen måste när den håller sin konferens 1971 även fördela våglängder för satelliter men man har liten erfarenhet att gå efter. Många anser att satellitsignalerna inte kommer att kunna tas emot i stora städer utan att signalen samtidigt stör nuvarande televisions- och telefonförbindelser via radiolänkar medan andra anser dessa farhågor överdrivna. Trängseln är störst inom de frekvensband som har störst kommersiell betydelse, dvs inom VHF-området (very high frequency) med våglängder mellan 1–10 m. Dessa är väl lämpade för både television, rundradio och kommunikationsradio. Vågutbredningen inom VHF-området är sådan att signalerna kan mottas med relativt billig utrustning inom en räckvidd av 40–50 km, dvs i stort sett ett storstadsområde.

Man följer två utvecklingslinjer för att lösa frekvensområdesproblemet och eliminera trängseln i trafiken inom VHF-området. Den ena söker minska den för en tvåvägsradioförbindelse erforderliga bandbredden från 100 kHz till 10 eller 12 kHz. Det andra sättet har varit att konstruera teknisk utrustning till lägre pris som gör det ekonomiskt möjligt att använda ultrahöga frekvenser, UHF, dvs ett frekvensområde med våglängder mellan 0,1 och 1 m. Trängseln i etern minskar också om man går mot ännu kortare våglängder i den övre delen av det elektromagnetiska frekvensspektrum. Mikrovågstekniken arbetar med cm- och mm-vågor och används nu för kommunikation mellan jorden och rymden, i radioteleskop, satelliter och navigering av flygplan. Det är dubbelt fördelaktigt att gå mot högre frekvenser. Samtidigt som frekvensen stiger får man plats med flera samtidiga teleförbindelser. Millimetervågsområdet är ur telesynpunkt nio gånger bredare än hela det spektrum som används i dag. Mikrovågorna sprids och böjs emellertid inte på samma sätt som signaler med lägre frekvens. De dämpas också starkare av damm, regn och moln. Det enda sättet att med fullgod kvalitet och driftsäkerhet använda dessa höga frekvenser är att sända dem genom vågledare i marken. Mik-

rovågsområdet kommer om ett par decennier att användas för telefontrafik, TV och radio. Förflyttning av viss nuvarande trafik till mikrovågsområdet kommer att ge utrymme för de många tjänster som inte berör två geografiskt fasta punkter och därför inte kan sändas via kablar. Det skulle medge ett allmänt införande av bildtelefoner i hemmen. En fråga är om vågledare kommer att vara i kommersiell drift innan lasertekniken har utvecklats ytterligare. Bortom millimeterområdet ligger nämligen ljuset och det synliga området. När man löst problemet att överföra information med hjälp av ljus och laser har mänskligheten också löst problemen med trängseln i trafiken. Då kan hundratusentals televisionskanaler samtidigt finnas tillgängliga. Olika laboratorier i världen söker framställa böjliga kablar med förmåga att leda 25 färg-TV-kanaler. Många tror emellertid att utvecklingen skall gå så fort att vågledarna blir överflödiga och att laserförbindelser kommer att ersätta vågledare, innan dessa ens hunnit komma i drift. Denna utveckling har möjliggjorts genom upptäckten av masern och lasern. Några år efter maserns upptäckt 1954 utvecklade man maserprincipen från mikrovågsområdet in i det infraröda synliga spektrum och därmed hade man upptäckt den s k lasern. Lasern är en ljusstråle med enhetlig våglängd och polarisation. Den kan även moduleras och överföra tal, musik och bild. Eftersom den mängd information som kan sändas över en kommunikationskanal är proportionell mot dess frekvens, finns det i princip plats för 80 miljoner TV-kanaler i det synliga spektrum mellan 0,4 och 0,7 μm . Det står redan nu klart att lasern kommer att finna användning i många fält som inte direkt har med kommunikation att göra. För kommunikationsbruk ligger en begränsning i att laserstrålar liksom allt ljus blir hindrade av fysiska föremål och att de absorberas av dimma, regn och snö. Men i rymden existerar inte dessa begränsningar. För vissa former av satellitkommunikation, för kommunikation mellan rymdfarkoster och för interstellär utforsk-

ning har därför denna kvantelektroniska teknik kommit i rätt tid.

I Förenta staterna har man utvecklat en diod som kan förvandla en informationsbärande elektrisk ström direkt till ljus med nästan hundra procentig verkningsgrad. En förbindelse med denna apparat, som har ett aktivt område så stort som ett knapphålhuvud, skulle kunna räckas till för 20 TV-kanaler eller 20 000 samtidiga telefonsamtal.

Kommunikationsradio

Ett område i stark utveckling vars utvecklingsmöjligheter begränsas av trängseln i etern är kommunikationsradion, dvs radiosändare och mottagare för användning på skilda områden som polis, ambulans, brandkår, läkare, taxi, bussar, tåg, flyg, bärgningsbilar, reparatörer, fjäll- och sjöräddning etc. Miniaturisering, halvledarteknikens minskade effektbehov och sänkta priser har lett till helt nya möjligheter för små fasta eller bärbara sändare-mottagare med varierande effekt och räckvidd, vars marknad är praktiskt taget obegränsad. Bristen på frekvensutrymme har emellertid framtvingat en mycket restriktiv tillståndsgivning och medfört att många stationer måste dela på samma frekvens. Eftersom den mobila kommunikationsradion måste gå genom luften med enkla och driftsäkra förbindelser och prisbillig utrustning måste UHF-utrymmet användas. Kommunikationsradion och dess specialfall bilradiotelefonen ansluten till det allmänna telefonnätet har stor nationalekonomisk betydelse genom att förenkla och förbilliga transporter, minska väntetider och tomgångsförluster i transportapparaten och öka säkerheten. Rundradio och TV kommer att drivas mot allt högre frekvenser för att lämna plats för kommunikationsradions expansion.

Långdistanskablar för teleföbindelser

Den transatlantiska teletrafiken måste delas upp på flera vägar och därför behövs i fram-

tiden både kablar och satelliter. Den första transatlantiska telegrafkabeln lades redan 1867 men inte förrän 1956 kunde man lägga den första sjökabeln för telefonbruk, den sk TAT-1 mellan Förenta staterna och England. Sedan gick det fortare. På 10 år tillkom fyra nya transatlantiska kablar och nya sjökablar i bland annat Stilla havet och Medelhavet. Kapaciteten har ökat från 48 till 128 förbindelser, vilket dock fortfarande inte tillåter TV-överföring. Kapaciteten Europa-Förenta staterna över Nordatlanten ligger för närvarande på ca 1 000 telefonförbindelser, om man räknar både satellit- och kabelvägarna, och täcker ungefär det nuvarande behovet av telefon-, telex-, data- och TV-förbindelser. En ny kabel blir färdig under 1970. Den kommer att ha 720 högkvalitativa kanaler. Enbart telefontrafiken mellan Förenta staterna och Europa skulle omkring 1980 kräva en kapacitet motsvarande 50 transatlantiska kablar à 50 miljoner dollar per styck. Även om kabeltekniken utvecklas och ger ytterligare höjd kapacitet förklarar denna våldsamma expansion varför telekommunikationsteknikerna även vänt sig från havet och luften till rymden.

Intelsat IV väntas bli färdig 1971 och ge 6 000 förbindelser. En kabel, kallad TAT-5, är nu till tre fjärdedelar placerad på havsbotten mellan Rhode Island och Spanien. Den kommer att förbättra förbindelserna mellan Förenta staterna och södra Medelhavsområdet ganska avsevärt, speciellt när en anslutande förbindelse för 640 kanaler mellan Spanien och Italien också har färdigställts.

Satelliter är billigare än kablar. Intelsat-III-seriens satelliter kostar ca 7 miljoner dollar styck och är mera flexibla och sammanbinder fler punkter på en gång än en kabel. TAT-5 kommer att kosta 70-80 miljoner dollar men har längre livslängd, omkring 20 år, jämfört med fem år för satelliterna. Satelliterna har bättre överföringsegenskaper för television. Kablarna har fördelar genom att den tidsfördröjning som uppstår när man skickar en signal 36 000 km

En modern sjökabelförstärkare monteras hos Standard Telephone & Cables Ltd. Ur: *Tele Meddelanden* 3. Stockholm 1967.



upp till en satellit och ner igen orsakar viss störning i uppfattbarheten vid teleföbindelser. Internationella Teleunionens telefonkommitté har därför rekommenderat att förbindelser som omfattar två satellithopp, vilket t ex blir fallet när man överför trafik från Chile till Indien, bör undvikas, om det finns möjlighet att använda kabel för ett av hoppen.

Världens längsta undervattenskabel har just lagts längs den 10 000 km långa distansen från Lissabon till Kapstaden. Framgången hos dessa komplicerade kablar beror på en utvecklad förstärkarteknik och de förstärkare som måste placeras längs kabeln med några hundra meters intervall för att upprätthålla signalstyrkan. Nuvarande sjökablar förmår klara högst 720 telefonförbindelser. Man har emellertid planer på ännu större kablar som kan klara 1 800 och 2 400 förbindelser och de förefaller inte vara långt borta.

Litteratur

1. *The World in 1984*. Vol 1-2. Ed by N Calder. Middlesex (Penguin Books Ltd) 1965. (Computers - Telecommunications - Aviations - Surface Transport).
2. Bjurel, B: *Televerket i dag och år 2000*. *Tele 71* (1965) 3 p. 190-194.
3. Larsson, T & Lernevall, S: *Servicen i televerket*. *Tele 75* (1969) 1 p. 1-17.

4. Mäkitalo, Ö & Fremin, G: *Televerkets MS-system, ett personsökande system över FM-ljudradionätet*. *Tele 75* (1969) 1 p. 34-39.
5. Bjurel, B: *Utvecklingstendenser inom telekommunikationstekniken*. *Tele 73* (1967) 3 p. 159-166.
6. *The Connections. A survey of communications*. *The Economist* 232 (1969) 6572 p. i-xl.
7. Ploman, E W: *Jord, rymd, kommunikationer*. Sthlm (Pan/Norstedt) 1969.
8. *Communication satellites*. SIPRI. (Stockholm International Peace Research Institute). Sthlm (Almqvist & Wiksell) 1969.
9. Esping, E: *Telesatelliter*. *Teknisk Tidskrift 99* (1969) 33 p. 699-703.
10. *Svensk och europeisk rymdverksamhet*. *Pro-memoria* avgiven av Arbetsgruppen för rymdteknik. Industridepartementet 1969: 3.

Transporter

Bilen

Under de kommande 50 åren växer bilbeståndet ytterligare, så att i en nära framtid i genomsnitt varje vuxen person disponerar bil. Kraven på trafiksäkerhet kommer i ökad omfattning att påverka bilarnas utformning och reglerna för deras användning. Bilens konstruktiva huvuddrag kommer att bestå men användningen av plast och kompositmaterial kommer att öka. På grund av växande kostnader för manuellt arbete kommer bilens konstruktion och byggnad att prä-

las av modultänkande. Lätt utbytbara enheter med helt färdig ytbehandling gör att även karosserireparationer och underhåll kan genomföras med låg arbetsinsats.

Nya drivkällor kommer att utvecklas, där även stor hänsyn kommer att tas till kraven på en god och hälsosam miljö. Wankelprincipen kan utvecklas till en svår konkurrent till den nu förhärskande Ottoprincipen. Denna kommer dock att vidareutvecklas, särskilt vad beträffar styrning och reglering av förbränningsprocessen vid skiftande belastning. Krav på ökad säkerhet leder till enklare, säkrare och bekvämare manövrering genom utnyttjande av automatik i ökad omfattning, exempelvis för hastighetsreglering, växling och bromsning. Låsningsfria bromsar blir säkert standardutrustning. Städernas trafikproblem med trängsel och bristande utrymme för parkering kan leda till utveckling av små särskilda stadsfordon avsedda för enkel tystgående och billig individuell transport, eventuellt med eldrift, medan bilen för interurban trafik blir större och kommer att utvecklas främst med hänsyn till behovet av säkerhet, snabbhet, komfort och bekvämlighet.

Bilkostnaden kommer även i framtiden att vara en väsentlig utgiftspost för individen och bilköparen kommer därför även framledes att kräva lågt inköpspris, hög driftsäkerhet och låga underhålls- och reparationskostnader. Om nuvarande system för bilarnas marknadsföring består år 2019 kommer liksom nu förändringarna att ske i små steg på grund av köparnas nyckfullhet och bilindustrins stora tillverkningsenheter, som kräver långa serier där varje förändring medför dyrbara investeringar och stort risktagande.

Vägtrafikolyckorna medför årligen stora personella och materiella skador vars kostnader för Sveriges del uppskattas till 1 500 Mkr per år. Ca 1 300 människor dödas, 2 200 blir invalidiserade och 60 000 människor får varje år övergående skador. Dessa siffror kan jämföras med att i genomsnitt 200 personer omkommer genom färd med öv-

riga transportmedel. Detta kan bero på att inom sjöfarten, flyget och järnvägstrafiken har säkerhetsfrågorna länge stått i förgrunden och särskilda krav ställts på såväl personal som utrustning. Det förefaller alltså som om större risker tillåts och alltför små säkerhetsmarginaler tillämpas på de trafikmedel, bilar, motorcyklar och cyklar, som var och en dagligen begagnar. På sådana transportmedel som vi utnyttjar sällan ställs alltså högre krav. Måhända behövs här ett nytänkande så att alla påverkar utvecklingen under kommande år i riktning mot kraftigt ökad trafiksäkerhet. Att så kan ske visar de samlade ansträngningarna inför högertrafikomläggningen. Vägverket som bildades 1967 har här en betydande uppgift för vilken krävs såväl omfattande forskningsarbete som integrerat systemtänkande. Kanske kommer framtida svenska medborgare att finna det naturligt att kraven på en tillfredsställande säkerhet i trafiken även medför reglerande ingrepp i transportererna på gator och vägar, likaväl som man nu accepterar och kräver att sådana bestämmelser tillämpas till sjöss och i luften. Som i de flesta fall minskas olycksfrekvensen säkrast genom att reducera den mänskliga faktorns inverkan. Vi bör således förutse en ökad automation såväl ifråga om fordonens drift som ifråga om reglering av fordonens rörelse. Försök med en sk elektronisk väg, där fordonen styrs genom signaler från en i vägbanan nergrävd elektrisk ledare, kommer kanske att införas på de mest trafiktäta huvudlederna. Automatisk styrning av fordonen, reglering av deras inbördes hastigheter och avstånd är i dag med tillgång till elektronik, servoteknik och datorer ingen utopi men kräver mycket stora investeringar. Den innebär förutom sin säkerhetsfrämjande effekt även att de mest ansträngda trafiklederna kommer att kunna utnyttjas i ännu högre omfattning och därmed minskas i varje fall temporärt behovet av dyrbara utbyggnader.

En växande trafikmängd och svårigheten att anpassa våra städer till denna kommer kanske att leda till att det för storstadstra-

Eldrivna bilar har blivit föremål för stort intresse under senare år och kan få starkt ökad användning i framtiden. Civilingenjör Harald Håkansson i sin patenterade elbil år 1900. Bild från Stockholms stadsmuseum.



fiken endast kommer att finnas två enhetsfordon, ett för last- och ett för persontrafik.¹ Sådana transportmoduler kan vara eldrivna och därmed fördelaktiga ur miljösynpunkt, samt försedda med automatiska kopplingsanordningar så att de kan sammansättas till tåg, vilka styrs automatiskt på huvudlederna till fördelningspunkter där de frikopplas, varefter de körs manuellt på mindre gator med parkeringsmöjligheter för dessa fordon. Fordonsmodulen kan hämtas och lämnas vid särskilda håll- och parkeringsplatser och kostnaden debiteras med hjälp av kreditkort automatiskt via datorer i förhållande till använd tid och körsträcka. Styrning och reglering av dessa enhetsfordon skulle i de mest trafiktäta zonerna ske genom att man vid utgångspunkten anger sin destination. Via signalledningar i gatan lämnar en dator uppgift om körväg. På sk transportsträckor sammankopplas modulen till ett tåg som kan framföras med betydligt högre hastighet än som nu är möjlig.

Förutom dessa fordon för stadstrafiken har varje medborgare en vanlig bil för den interurbana trafiken, för fritids- och semesterresor etc. Ett sådant trafiksystem, kompletterat med bussar och tunnelbanor, per-

son- och godstransportörer, bör kunna göra det möjligt för oss att även i fortsättningen dra nytta av bilens möjligheter i stadstrafiken, vilka de flesta av oss inte vill vara utan.

Det är svårt att föreställa sig en utveckling som inte gör livet bättre och bekvämare. Kommande generationer kommer därför att kräva goda transportmöjligheter från dörr till dörr och under god komfort. Därför kommer i framtiden tunnelbanan med ännu högre komfort och sittplatser åt alla samt olika former av service ombord.

Men även andra transportsätt kommer att påverka utvecklingen. Rörledningar och möjligheterna att i ledningar överföra olika material kommer att utvecklas. Allt eftersom arbetskraften blir dyrare och dyrare kommer godshandlingens andel i transportkostnaden att allt mer påverka den tekniska utvecklingen. För transporter av människor kommer förmodligen människornas kontakt- och informationsbehov i förening med tele-tekniska möjligheter att bli avgörande.

Den framtida utvecklingen blir starkt präglad av avsevärt ökade möjligheter till analys av de stora och komplexa system, i vilka transportapparaten och kommunikationerna är en väsentlig del. Nya möjligheter att

mäta kostnader, en kanske förändrad syn på människan och tiden och en värdering av människans villkor och transporternas betydelse för samhällsutvecklingen kommer med all säkerhet att i hög grad påverka utveckling, produktion och drift av våra transport- och kommunikationsmedel.

Järnvägarna

Trots att bilen varit det mest framträdande enskilda transportmedlet under 50-årsperioden finns det andra tekniska framsteg som inte får glömmas bort. Järnvägarna som utvecklades på principen om minskad friktion när ett stålhjul rullar på en stålräls, har inneburit ett relativt billigt transportsätt med stor kapacitet. Sedan ånglokomotivet, sedermera diesellokomotiv och ellokomotiv, utvecklats och man fått alltmer effektiva bromssystem har järnvägen bibehållit en tätpåsläp, även om dess uppgifter fått en annan struktur. Järnvägarnas framtida utveckling kommer med all säkerhet att präglas av nya försök att ytterligare minska friktionen mellan det rullande, det glidande fordonet och dess underlag. Måhända kommer även framdrivningssätten att förändras. Kanske kommer jetmotorer att användas. Vi kan nog se fram mot ett slags hybridjärnvägar, där fordonen kommer att vara ett mellanting mellan flygplan och nuvarande tåg och bilar.

Under 1960-talet har över hela världen nedlagts ett omfattande forskningsarbete för att utveckla den spårbundna trafiken för högre hastigheter och att skapa rationella, kollektiva landtransportmedel som kan möta framtida transportbehov. En effektivisering av järnvägarna har då legat nära till hands. I Japan kör man sedan 1964 tåg med 210 km/tim mellan Tokyo och Osaka, en sträcka på 515 km. Sextio tåg går dagligen i vardera riktningen och befordrar i medeltal 150 000 resande per dag. Ytterligare en bana skall byggas och projekteras för 260 km/tim. I Frankrike planeras en ny järnväg mellan Paris och Lyon för hastigheter på 260 km alternativt 300 km/tim. Kalkyler anger att denna linje skulle förräntas vid minst 5 000

resande per dag i varje riktning.

Befolkningstätheten i Sverige gör det inte möjligt att anlägga nya banor som i Japan. En höjning av hastigheten på de svenska järnvägarna kan däremot ske genom förändring av de rälsgående fordonens konstruktion så att man uppnår låg axellast, liten ofjädrad massa och möjlighet att automatiskt luta vagnskorgen inåt i kurvorna. Dessa konstruktionsproblem har redan lösts, bland annat finns ett s k »turbotrain» i drift mellan Montreal och Toronto i Kanada samt mellan Boston och New York i Förenta staterna. Detta motorvagnståg har pendelupphängd vagnskorg med vridningscentrum ovanför tyngdpunkten, varför man utan mekanisk påverkan erhåller en lutning av vagnskorgen i kurvorna. I England har sedan 1964 gjorts omfattande studier av vagnarnas rörelse på spåret med hjälp av matematiska beräkningar och datorsimuleringar. Resultaten har legat till grund för engelsmännens beslut om utveckling av ett »advanced passenger train». Målsättningen har varit att få fram ett tågsätt som kan köra ca 50 % fortare än dagens högsta tillåtna hastighet för varje spårsträcka. Detta innebär för de bästa sträckorna en maximihastighet av 250 km/tim.

Förutsättningen för att ett sådant tåg skall åstadkomma någon väsentlig minskning av gångtiderna är att maximihastigheten på såväl raksträckor som i kurvor ökas. Hastigheten i kurvorna begränsas av att man normalt ej vill utsätta passagerare för större sidacceleration än 0,05 g. Det är således inte påkänningarna på spåret eller stjälpnings- eller urspåringsrisken som för närvarande begränsar möjligheterna att köra fort i kurvor. Det normala sättet att minska sidkraften på passagerarna är att dosera spåret i kurvorna genom förhöjning av den yttre skenan. Möjligheterna att öka rälsförhöjningen är dock begränsade med hänsyn till obehaget att bli stående i en kurva och till det slitage tunga långsamtgående godståg ger på den inre skenan. Inom Statens Järnvägar är maximala rälsförhöjningen satt till

150 mm. Kvar står då möjligheten att luta vagnskorgen inåt i kurvorna. För att kunna köra fort på det jämförelsevis kurviga svenska järnvägsnätet är automatisk vagnlutning en nödvändighet. Statens Järnvägar har med utgångspunkt från detta beslutat att undersöka möjligheterna att införa järnvägsfordon för hastigheter upp till 250 km/tim.

Spårunderhållskostnaderna blir lägre för snabba avancerade motorvagnståg genom dessas goda dynamiska egenskaper, låga axeltryck och låga ofjädrade massa än för ett lokdraget expresståg med boggivagnar. Adhensions- och bromsproblemen är möjliga att lösa och man anser att rälsfordonen kan byggas så att kollisionssäkerheten vid den högre hastigheten blir lika god som för dagens tåg.

En studie av det svenska järnvägsnätet har visat att en maximihastighet av 220 km/tim är möjlig för vissa huvudsträckor.² Detta skulle innebära en reshastighet mellan Stockholm och Göteborg på 2 tim 30 min, mellan Stockholm och Gävle på 1 tim och mellan Stockholm och Malmö på 3 tim 20 min, dvs tidsvinsten rör sig i de flesta fall om 40 à 50 %. Under 1970-talet kan vi därför vänta oss att Statens Järnvägar kan komma att köra tåg med 220 km hastighet på de bästa delarna och med en hastighet av 160 km/tim på övriga delar av de mer trafikerade områdena. Den minskning i restiderna som härigenom skulle åstadkommas vore epokgörande och innebure en väsentlig förbättring av kommunikationerna.

Införandet av höghastighetstrafik kräver emellertid en radikal minskning av antalet plankorsningar och ett förbättrat signal- och trafiksäkerhetssystem, men intetdera är ogenomförbart med dagens tekniska resurser även om åtgärderna är kapitalkrävande.

Flygtransporter

Flygets utveckling har varit mycket stark efter andra världskriget. Totalt har flygtransporterna vuxit med 10–20 % årligen, vilket vida överstiger andra kommunikationsmedels utveckling. Tendensen mot stör-

re och snabbare enheter kvarstår under 1970-talet. Även om betänkligheterna mot överljudsflyg är starka torde sådana flygplan gå i reguljär trafik på interkontinentala linjer i slutet av 1970-talet.

Framstegen på rymdfärdsområdet har varit enorma det senaste decenniet och erfarenheterna därifrån leder troligen till att transporter kring sekelskiftet även sker genom rymdfarkoster i en omlopps bana kring jorden, i vilket fall man kan åka jorden runt på drygt 80 minuter i stället för på 80 dagar. Människans djärvhet, fysiska kondition och värdering av liv, tid och pengar sätter här säkerligen en gräns för marknadsunderlaget när det gäller persontrafik, medan transporter av speciellt värdefulla varor synes ha större förutsättningar att utnyttja detta transportsätt. Flygets volymmässigt största ökning sker på medellånga sträckor med mindre flygplan och hög turtäthet, vilket kräver en kraftig ökning av antalet medelstora flygfält.

Om flyget utnyttjas rationellt kommer man att förlägga flygplatser centralt vid planering av nya städer och utnyttja flyget och andra transportmedel för att dela upp storstäderna på ett antal medelstora enheter, förenade genom effektiva och snabba kommunikations- och transportmedel av olika slag. Den förmåga att analysera komplicerade sammanhang som kommer att prägla framtiden kommer, liksom önskan att utnyttja landets resurser på bästa sätt, att sprida industrier och förvaltningar till åtminstone några nuvarande avfolkningsområden.

I det framtida transportsystemet finns ett kraftigt ökat behov av flygplan som kan landa på små flygfält. Helikopterflyget växer därför samtidigt som flygfält anläggs på praktiskt taget varje större ort. På 1980-talet är STOL-flygplanen etablerade och möjligen även VTOL-plan. Det växande antalet flygplan medför en utveckling av automatiska navigerings- och styrningssystem även vid start och landning, vilket ger erforderlig trafiksäkerhet oberoende av väderleksförhållanden.

Litteratur

1. Metro:ra7 - 2000. A study of future concepts in Metropolitan Transportation for the year 2000. Cornell Aeronautical Laboratory Final report. CAL No 150. Oct 1967.
2. Höga hastigheter i SJ persontrafik. Tekniska förutsättningar. Sammanfattning. Utdrag ur rapport från arbetsgruppen för snabba tåg. Juli 1969.

Rymdverksamhet

Att söka förutse utvecklingen på rymdområdet syns helt omöjligt, eftersom de flesta av oss bara för några år sedan skulle ha avfärdat påståenden om människor på månen år 1969 som utslag av en alltför livlig och verklighetsfrämmande fantasi.

Under 1970-talet planerar den amerikanske rymdflygstyrelsen NASA bland annat ett bemannat rymdprogram baserat på Apolofarkosten vilket 1969-1970 skulle innebära 60 dagar i kretsbanan runt jorden, och en dag på månen, 1971-1972 240 dagar i kretsbanan och 14 dagar på månen.

Rymdtekniken kommer naturligtvis att påverka utvecklingen på många områden. Tidigare har nämnts kommunikationssatelliter som överför teletrafik av olika slag, data och TV. Andra områden, där satelliter prövats och kan förväntas bli av betydelse, är väderleksobservation och -prognoser, kartläggning av jordens naturtillgångar (jordressatelliter), upprättande av kartor, geodetiska mätningar, navigering, övervakning och spaning.

Rymdteknikens betydelse som militär maktfaktor är svårbedömd, men satsning på detta område eliminerar inte behovet av andra militära medel, och även det mest framgångsrika rymdprogram förmår inte ändra på den militära maktbalansen. Satsningen på rymdteknik har dock indirekt en militär betydelse eftersom den byggt upp en stor vetenskaplig, teknisk och industriell kapacitet, utan vilken militär styrka inte kan finnas.

Utvecklingen syns dock genom behovet av stora kapital bli mycket beroende av politiska och nationella intressen, speciellt i Europa, där rymdverksamheten för närvarande är liten och där de försök till gemensamma satsningar som gjorts genom ESRO och ELDO visat vilka praktiska svårigheter ett internationellt samarbete möter. Skall de europeiska länderna kunna medverka i det arbete som inletts av stormakterna kan det blott ske genom multinationella samfälliga ansträngningar. Det systemtänkande och samarbete som fordras för tekniska resultat på området måste utsträckas.

I slutet av 1970-talet väntar man sig ha en kontinuerligt bemannad farkost i kretsbanan ävensom folk på månen. Man skall då dessutom inleda bemannade färder till andra delar av planetsystemet. Genom lätta mark- och flygtransportmedel kan allt större områden kring landningsplatserna undersökas. Forskningsstationer, små rymdlaboratorier med plats för ett tiotal personer, cirkulerar i en bana kring jorden. Samtidigt utvecklar man rymdfarkoster för trafik mellan dessa stationer och jorden. Försök görs att utnyttja kärnenergi som drivkraft för raketer. Jonstråleprincipen börjar tillämpas (se sid 135).

I början av 1980-talet har forskningsstationerna vuxit i storlek och sysselsätter 50-100 man. De fungerar som rymdobservatorier, verkstäder för reparationer och underhåll och som begynnelsepunkt för färder till månen och Mars. Några mindre forskningsstationer har även kunnat inrättas på månen.¹

Obemannade rymdfärder till de yttre planeterna är redan planerade att äga rum under perioden 1974 till i början av 1980-talet. En flygning förbi Jupiter skall ske år 1974 och två år senare sänds en sond in i en bana kring denna planet. En färd omfattande Jupiter, Saturnus och Pluto planeras till 1977, Jupiter, Uranus och Neptunus till 1979 och i början av 1980-talet kommer en sond att närmare studera Jupiter och Uranus. Dessa färder kommer att utnyttja planeternas gravitationsfält i största möjliga mån och lik-

»Rymdlaboratorium» i kretslopp kring jorden. Laboratoriet kommer att byggas inuti den tomma tanken för flytande väte i ett använt S-4B raketsteg från en Saturnus I raket. Arbets- och bostadsutrymmet kommer att ligga på motsatta sidor om metallgalleret som kommer att utgöra golv för båda utrymmena. Raketsteget har blivit utrustat med en speciell anordning som gör det möjligt att fästa upp till fem »moduler» med olika utrustningar vid raketsteget. Den viktigaste av dessa moduler kommer att utrustas för studier av solen. Den kallas för »Apollo Telescope Mount» (ATM). (Uppre till höger i figuren.) I »kvarnvingarna» finns solceller placerade.



nande tillfällen kommer ej att ges förrän i mitten av år 2100.²

Omkring 1985 besöker den första människan Mars. Baserna på månen har byggts och används för att utvinna vatten, syre och kväve för människornas uppehälle och väte att användas som bränsle och drivmedel. Rymdstationerna har vuxit i antal och går i såväl polära som ekvatoriella banor. Mängden geostationära satelliter för kommunika-

tion, navigation och observation gör det nödvändigt med flygande personal för tillsyn och underhåll och för skrotning och borttransport. De flesta planeterna har noga studerats. De första rymdresorna mot betalning inleds.

Mot seklets slut har rymdfarkosterna utvecklats och blivit användbara i industriella sammanhang. Rymdlaboratorierna har vuxit i storlek och antal och viss tillverkning av produkter, för vilka låga temperaturer, va-

kuum och frihet från gravitation är väsentliga, inleds i rymden. Rymdfarkoster används för regelbunden transport av material och människor till och från rymdlaboratorierna och fabrikerna.

Den konventionella raketbränsletekniken, som ju utvecklades av von Braun för V2-raketerna används bara vid kortare resor av turistkaraktär. Långfärdsraketerna drivs med jonmotorer. De första fotonstråleraketerna börjar utvecklas. Medan raketbränsledriften endast ger hastigheter som är bråkdelar av bråkdelar av ljushastigheten, ger jonstråledriften hastigheter som utgör betydande bråkdelar av denna. Fotonstråledriften ger möjligheter till de hastigheter som krävs.

Under de första årtiondena på 2000-talet bildas små satellitsamhällen i kretsbanor kring jorden och mindre sådana även på månen och Mars. Försök görs att uppväcka

biologiskt liv på Mars. Bemannade färder påbörjas i början av seklet till diverse asteroidplaneter och Jupiters månar. Snart blir dessa resor normala.

De första fotondrivna sondraketerna sänds iväg mot stjärnorna före år 2019 och den första människan lämnar solsystemet. Hinner människan före år 2019 fara till den närmaste stjärnan, Alfa Centauri, som ligger 4,1 ljusår härifrån? Knappast.

År 2019 är flera tiotusental människor regelbundet sysselsatta i rymden med vetenskapliga och tekniska uppgifter, men även på rekreations- och månskensryssningar i rymden och till månen.

Litteratur

1. Clarke, R: Science in space 1970-80. Science 4 (1968) 6 p. 68-74.
2. Jupiter Probes Urged. Nature 223 (1969) Aug 16 p. 661-662.

De mänskliga behoven

Behov är ett svårt begrepp att behandla eftersom dess innebörd förändras kraftigt med tiden. Det finns många exempel på nya hjälpmedel, material och apparater som när de först presenterats har bedömts som överflödiga lyx men efter ett antal år accepterats som närmast nödvändiga även på existensminimum. Den utvecklingen har t ex telefon, radio och television genomgått.

Ett försök att definiera vad som skall anses tillfredsställa ett mänskligt behov är att det skall befordra den fysiska eller psykiska utvecklingen. Även med en sådan definition kan det vara svårt att avgöra om en vara tillfredsställer ett behov eller inte, men man kan till att börja med göra en grov bedömning även om man inte kan mäta behovstillfredsställelsen.

Till att börja med kan man ange några av de grundläggande behoven, t ex bostad, kläder, föda samt tillfredsställande arbets- och fritidsvillkor. Möjligen kan man också räkna in tillfälle till samvaro med andra människor samt till privatliv och ensamhet.

Under de gångna 50 åren har inträtt en ändrad värdering av de mänskliga behoven. År 1919 kunde det förefalla mest angeläget att tillfredsställa materiella behov. Som framgick i avsnittet om de gångna 50 åren har också väsentliga framsteg gjorts. Under de kommande åren fram till år 2019 kan vi räkna med att gå in i det så kallade postindustriella samhället. I detta förutsätts de elementära behoven ha uppfyllts, och de väsentligaste funktionerna i samhället utgörs inte längre av varuproduktionen. Delvis har vi redan uppnått detta tillstånd, och i fråga om bostäder kommer kraven sannolikt inte att höjas så mycket beträffande utrym-

men. Utrymmesstandarden kommer att stiga genom att de äldre små bostäder som finns kvar ersätts av nya, men sannolikt kommer inte kraven att höjas så mycket från de nuvarande. Utrymmet per person kan dock öka genom att familjerna blir mindre och tidigare delas upp. Däremot kommer bostäderna säkerligen att förses med allt flera tekniska hjälpmedel och en regleringsutrustning som påverkar förhållandena inomhus så att väderlekens växlingar kompenseras, t ex genom automatisk reglering av belysningen och av uppvärmningen i varje rum. Bostäderna kommer sannolikt också att ha förbättrad utrustning för olika slags hemarbete såsom städning, disk, matlagning osv. Varje bostad kan väntas vara försedd med kommunikationsutrustning för förmedling av information individuellt, vid telefonsamtal eventuellt med samtidig visning av bilder på en bildskärm eller kollektivt i form av radio- eller televisionsprogram. De enskilda förbindelserna kan gå till en dator såsom beskrivs i avsnittet »Telekommunikationer» (sid 198).

Ett väsentligt krav som kommer att ställas och troligen också att tillfredsställas är bättre isolering mot störande ljud. Med hjälp av nya isoleringsmaterial och förbättrad byggteknik kommer väsentliga förbättringar att kunna uppnås.

Livsmedlen kommer att utvecklas mot allt högre grad av förbehandling och i allt större utsträckning säljas i form av halvfabrikat eller färdiga rätter. Fortfarande kommer dock många, kanske en majoritet, att vilja till någon del tillaga eller åtminstone smaksätta sin egen mat. Den ökning av fritiden vi kan förutse medför att befolkningen får längre

tid över som kan användas t ex till finare och tidskrävande matlagning. Om denna systerställning kommer att kunna tävla med andra lockande fritidsnöjen återstår dock att se. Vad som däremot förefaller säkert är att kosten kommer att vara mera genomtänkt och mer systematiskt sammansatt. I framtiden kommer man att veta betydligt mera än nu om vilka ämnen som måste tillföras kroppen och i vilken form de bör tillföras. Kosten kommer därigenom att bli bättre sammansatt och detta kommer att påverka det allmänna välbefinnandet och skapa ett bättre hälsotillstånd. Effekten kommer att bli synligt märkbar genom att utvecklingen mot ökad genomsnittlig kroppslängd kommer att fortsätta. I Sverige torde dock förändringarna inte bli så stora som i andra länder. Som följd av de ändrade kostvanorna kommer de sjukdomar som nu orsakas av felaktig kost att försvinna, t ex karies, järnbrist, artérioskleros och övervikt.

Som redan tidigare framhållits kommer kommunikationerna att förbättras och varje hem att ha tillgång till, i förhållande till nu läget, starkt förbättrad teleutrustning. Denna kommer att utnyttjas i väsentligt ökad omfattning, om man tar vara på satellitkommunikationernas möjligheter och skapar ett gemensamt språk för internationella förbindelser. Kontakterna över nationella gränser kommer i så fall att bli betydligt vanligare. De förbättrade umgängesmöjligheterna kommer också att leda till större benägenhet att resa och detta kommer i sin tur att främja språkkunskaperna. Resultatet kommer att bli en ökad kunskap om andra länder och deras förhållanden.

Utnyttjandet av kommunikationerna sammanhänger med utvecklingen av fritid och arbetstid. Den konventionella uppfattningen som oreflekterat upprepas är att arbetstiden kommer att bli allt kortare och att i framtiden den kan komma att räknas i några timmar per månad. Ett sådant uttalande bygger på en extrapolering av den utveckling som förmodas ha skett hittills mot allt kortare arbetstid. Detta gäller emellertid en-

last om vissa typer av arbeten, främst sådana som är förknippade med löpande produktion. I den direkta produktionen kan man förutse en fortsatt utveckling mot automatiserad reglering och övervakning och sannolikt kommer allt flera produktionsprocesser att genomföras kontinuerligt. Samtidigt minskar den andel av befolkningen som är sysselsatt i produktionen och tendenserna för dess arbete kommer inte med säkerhet att bli bestämmande.

Andra arbetsuppgifter, t ex i vårdräkna samt i de grupper som planerar och organiserar produktionen, kan och bör utnyttja åtskilliga tekniska hjälpmedel men kommer knappast att kunna automatiseras och kan då kanske inte heller ges alltför starkt förkortad arbetstid.

I många av dessa arbetsuppgifter måste man ta hänsyn till befintlig kunskap och välja ut och ta del av och bearbeta information för att komma till resultatet. Den tillgängliga informationen växer som tidigare påpekats mycket snabbt och för att ta del av den fordras snarast ökad arbetstid. Även om sortering och urval av litteratur kan skötas av diverse serviceorgan med hjälp av datorer kan man inte kombinera information från flera olika håll och behandlande flera olika ämnen och kraven på sådan överblick har snarast ökat under senare tid. Samtidigt är detta uppgifter som starkt engagerar personalen och därför lätt leder till stor och intensiv arbetsinsats, och det är t ex allmänt känt att man inom Kanslihuset varje höst arbetar till eller över gränsen för den fysiska förmågan.

Såvida inte det framtida samhället skulle bli helt statiskt, och ingenting talar för detta, måste vi sannolikt ha en växande grupp som svarar för de arbetskrävande och svår-rationaliserbara arbetena.

Möjligen kommer man i framtiden att få en ännu tydligare uppdelning i två grupper av personal, en som sköter rutinbetonade arbeten och har kort arbetstid och lång semester, och en annan grupp som förbättrar, organiserar och planerar, vars arbete inte är

styrt av en process och vars ambition att göra ett gott arbete driver upp arbetstiden.

Vilken grupp som kommer att bli svårast att rekrytera återstår att se. Rekryterings-situationen kommer säkerligen att bestämma lönerelationerna och dessa kan komma att bli väsentligt förändrade jämfört med de nuvarande.

Aven med det mer komplicerade framtida samhället kan det ifrågasättas hur man skall kunna sysselsätta all den personal som kommer att frigöras från rutinarbeten. Så omfattande planering eller människovård kanske inte kan införas att hela den frigjorda personalen kan engageras.

Transportsektorn kommer troligen att kräva ökad personal och den tidigare berörda sk informationsexplosionen kommer att kräva ett stort antal dokumentalister för att återfinna och sprida all information. Sedan varuproduktionen automatiserats så att den endast kräver en mindre del av befolkningen, alltså genomgår samma utveckling som jordbruket, kanske arbete med kunskap blir den väsentliga sysselsättningen som kräver de stora personalgrupperna. I denna huvudgrupp kunskapsarbetare ingår de som producerar kunskap – forskarna, de som systematiserar och presenterar kunskap – dokumentalisterna, och de som informerar om kunskap – lärarna.

I så fall kommer de stora och väsentliga grupperna i framtiden att bli vårdarbetarna och kunskapsarbetarna. Av dessa kan den förra gruppen komma att krympa som en följd av medicinska framsteg som förebygger åtskilliga sjukdomar och skapar ett bättre genomsnittligt hälsotillstånd. Den dominerande gruppen i framtidssamhället med samma ställning som de industrialiställda i det industrialiserade samhället kommer därför att vara kunskapsarbetarna. Denna situation kommer sedan i sin tur att leda till andra intressanta förändringar, t ex i politiskt avseende. Forskningen kan i framtiden visa sig bli en av de huvudsakliga sysselsättningsarna. I så fall kommer andelen forskare att växa till långt högre siffror än för närvaran-

de och farhågor för kommande begränsningar av anslag och tjänster kommer inte att infrias. De uppgifter som kommer att behandlas kanske kommer att gå ut över vidare fält än de för närvarande aktuella och det kan tänkas att t ex släktforskning kommer att bli en sysselsättningsmässigt viktig disciplin i framtiden. Den kommer i så fall naturligtvis att bedrivas med hjälp av datorer och bringas till det stadium där alla levande och bortgångna individer finns registrerade med alla biografiska uppgifter i datorns minne, så att denna på begäran kan skriva ut uppgifterna om vilken individ som helst med besked om alla intressanta släkterelationer.

En annan bransch av kunskapssektorn är utbildningsbranschen. Att utbildning i framtiden inte kommer att ges vid ett enda tillfälle utan blir en återkommande sysselsättning under livet framhålles nu ofta i princip. Åtgärder för att genomföra denna princip har emellertid ännu inte förts särskilt långt. Att bygga upp ett kontinuerligt utbildningssystem som ger möjlighet till aktualisering av gamla kunskaper och inhämtande av nya vid olika tillfällen under livet är en uppgift som torde kräva flera decennier. Möjligen kommer först om cirka 50 år detta tillstånd att ha uppnåtts. Då kommer alltså olika generationer att stå på samma utbildningsnivå och möjligen därigenom också ha bättre möjligheter till kommunikation än för närvarande, då skillnaderna är stora mellan den nya generationen som till mycket stor del går vidare till gymnasie- och universitetsutbildning och därigenom får en högre utbildningsstandard och den som utbildades för 40 à 50 år sedan och endast till mycket liten del som tidigare nämnts (se »De mänskliga behoven» sid 153) fått formell utbildning utöver folkskolan.

Från den nivå vi redan har uppnått med vad man trots befintliga brister dock kan kalla god standard för den del av befolkningen som har god hälsa och fast arbete kan man fortsätta och använda de tillkommande resurserna på flera olika sätt. Den nu-

varande levnadsstandarden kan ytterligare förbättras, antingen de tillkommande produkterna eller tjänsterna skall anses tillfredsställa behov eller endast krav på bekvämlighet.

Man kan även tillfredsställa nya behov som tidigare inte ägnats större uppmärksamhet. Ett sådant som har börjat aktualiseras och kan väntas få betydligt större resurser under kommande decennier är miljövården som redan nu genom vår nuvarande standard kommit att uppmärksammas i betydande omfattning under de senaste åren. Detta utgör ett behov som man bör ägna sig åt på allvar när man får råd, och möjligen kommer den allmänna opinionen under de kommande åren anse sig ha råd att avstå från andra möjliga standardhöjningar till förmån för reningsanläggningar av olika slag.

En annan uppgift är att sprida den standard som nu har uppnåtts för stora grupper i Sverige, dels till de eftersatta grupperna här, dels till de underutvecklade länderna. Av olika skäl har dessa inte följt med i den industriella utvecklingen utan kvarstår på ett outvecklat stadium. I vilken mån Sverige kan göra någon betydande insats för att utjämna skillnaderna mellan utvecklade och underutvecklade länder är svårt att avgöra men den allmänna meningen nu förefaller att vara, att Sverige i varje fall måste utföra någon liten insats.

En fredlig och av ökat internationellt samförstånd präglad utveckling kan knappast åstadkommas i världen om nuvarande skillnader mellan industriländer och underutvecklade länder består. Av rent egoistiska skäl bör därför Sverige engagera sig i ularsverksamheten och åtminstone göra sin insats för att överföra den kunskap och erfarenhet som är tillgänglig och som denna kan utnyttja. Man bör då först göra klart för sig att beteckningen utvecklingsländer är rent vilseledande. De underutvecklade länderna genomgår inte någon större utveckling och det finns ingen anledning att förknippa dem med detta ord. Som exempel på utvecklings-

länder, länder där en teknisk och ekonomisk utveckling sker och där förändringar inträffar förhållandevis snabbt kan snarare Sverige nämnas.

Karakteristiskt för de underutvecklade länderna är hög frekvens av sjukdomar som inte besväras av utvecklade länderna, hög barnadödlighet, låg näringsstandard och ett statistiskt samhälle. Detta är förhållanden som tidigare rått i Sverige, men som vi inte önskar tillbaka och inte har några planer på att återgå till. Det finns ingen anledning att anta någon annan situation i de underutvecklade länderna och man bör därför med gott samvete kunna försöka förändra deras förhållanden. Vid jämförelse mellan industriländernas och de underutvecklade ländernas förhållanden bör man komma ihåg, att vissa drag i de underutvecklade länderna även funnits här för inte så lång tid sedan. Den dåliga administrationen är en beklaglig hinderande faktor i de underutvecklade länderna men pastoratshandeln i Sverige är dock mindre än 200 år gammal. Tjänsteköpen försvann i Sverige för ca 130 år sedan och sportelsystemet som gav vissa tjänstemän en garanterad provision på sina förrättningar fanns kvar in i detta sekel. För mindre än 100 år sedan avskaffades tjänsteköpen i den brittiska armén.^{1, 2}

Alla uppgifter om de underutvecklade ländernas förhållanden är osäkra och kan knappast tjäna som underlag för bestämdare uttalanden. Det förefaller dock tydligt att under de ca 20 år som större uppmärksamhet ägnats åt försörjnings- och befolkningsproblem har en väsentlig ökning av världens befolkning och framför allt de underutvecklade ländernas befolkning ägt rum. Däremot har knappast några väsentliga förbättringar av livsmedelsstandarden ägt rum i de stora underutvecklade områdena, såsom Afrika, Indien, Pakistan, Indonesien och Latinamerika. Även om siffrorna för utvecklingen från år till år är osäkra borde en långsiktig tendens till förbättrade förhållanden ha gjort sig märkbar om den funnits. Påtagliga förbättringar som möjligen kan leda till en

självgenererande utveckling har skett i några mindre områden såsom Sydkorea, Taiwan, Thailand och dessutom i Japan som redan tidigare kunde betraktas som industrialiserat.

Under de kommande decennierna måste väsentliga ökningar av de underutvecklade ländernas folkmängd förutses. Planerna på ökade insatser för familjeplanering kräver tid för att ge resultat och kan möjligen ge effekt mot seklets slut. Även en verkligt effektiv metod för familjeplanering leder endast till att befolkningen kan skaffa sig så många barn som den önskar. Om den kommer att önska sig så få barn att folkökningen kommer att hejdas återstår att se och är inte något självklart förhållande.

Den förväntade folkökningen fordrar i sin tur motsvarande ökningar av livsmedelsproduktionen, vilken kanske kan höjas i takt med folkmängden eller något snabbare. Det senaste året har många uppgifter publicerats om nya sädeslag som ger högre avkastning och skall ha åstadkommit väsentliga skördeökningar i Sydostasien. Dessa sädeslag innebär säkerligen ett betydelsefullt framsteg inom jordbruket, men det torde ännu vara alltför tidigt att anse detta vara en slutgiltig lösning. Dessa sädeslag skall ge bättre utslag för tillförsel av konstgödsel, speciellt kväve, och det blir därigenom angeläget att gödsla i större utsträckning än tidigare. Användningen av kvävegödselmedel i de underutvecklade länderna är betydligt lägre än i industriländerna och tillverkningskapaciteten för en betydande höjning finns inte tillgänglig utan kräver åtskilliga år att få fram. Risken när man förbättrar en faktor, t ex utsädet, är att någon annan visar sig vara den begränsande, t ex tillgång till vatten eller spårelement. I Indien t ex beräknas den årliga folkökningen uppgå till över 10 miljoner och alltså måste livsmedelsproduktionen varje år ökas för att tillfredsställa dessa behov innan någon förbättring av standarden i övrigt kan bli möjlig.

Det torde därför vara alltför tidigt att glömma bort varningarna för hungerkata-

strofer under 1970-talet. Om sådana kan undvikas kan man möjligen hoppas att fortsatta krissituationer skall utebli och att en fortgående ekonomisk och teknisk utveckling kan inledas i de flesta av de underutvecklade länderna.

Man måste emellertid räkna med att den ekonomiska utvecklingen i de underutvecklade länderna går långsamt. Även om dessa skulle kunna uppnå samma tillväxttakt som Sverige skulle skillnaden komma att bestå och i absoluta tal bli allt större eftersom den svenska procentuella ökningen räknas på större tal än motsvarande uppgifter för underutvecklade länder. Man kan naturligtvis räkna med godtyckligt valda procenttal om man skall bedöma förutsättningen för att ett underutvecklat land skall nå samma genomsnittliga inkomst som industriländerna. Så mycket snabbare tillväxt skulle dock vara nödvändig för att de underutvecklade länderna på 50 år skulle nå fram till den svenska nuvarande nivån att en sådan utveckling förefaller högst osannolik. Snarare blir situationen om 50 år liksom nu att man kommer att ha nationer med olika villkor och standard men skillnaderna kan möjligen vara något mindre än i dag. Förutsättningen för detta resonemang är naturligtvis att inte industriländerna medvetet beslutar att sänka sin standard för att skapa resurser som kan påverka de underutvecklade ländernas situation. Sannolikheten för sådana åtgärder kan var och en själv bedöma. Det förefaller dock osäkert om entusiasmen för u-landshjälp skulle vara riktigt lika stor om kostnaderna skulle bli så stora att de märkbart påverkade den egna nivån.

Dessutom har under de senaste åren kommit fram uppgifter som ytterligare medverkar till att göra snabba förändringar osannolika. Allt mer bestämt uppges att näringsbrist under den allra första barndomstiden kan ge skador främst på hjärnan som inte kan repareras genom senare förbättrad näringsstandard utan blir permanenta. Detta måste gälla en stor del av de underutvecklade ländernas befolkning och betyder i så fall att

även under de allra gynnsammaste förhållanden som inte är sannolika det ändå skulle dröja en eller ett par generationer innan försättning kan skapas för att döpa om de underutvecklade länderna till utvecklingsländer. Ännu allvarligare blir situationen om vissa forskares uppgifter besannas att sådana utvecklingskador skulle ge defekter i nästa generation även om denna erhållit fullvärdig kost. Dessa resultat har inte uppmärksamats i den svenska diskussionen, men kan leda till en förändrad syn på u-landsverksamheterna. Man måste räkna med att det kommer att kräva lång tid innan de underutvecklade ländernas situation kan förändras.

Denna bedömning gäller de närmaste 50 åren. Man måste vara medveten om att på längre sikt viktiga och stora förskjutningar mellan olika länders utvecklingsstadium kan ske och kan som exempel hänvisa till T R Malthus omdöme om Sverige »one of the most barren and worst-supplied countries of Europe». ³ Men det var för närmare 150 år sedan.

De insatser som görs från svensk sida bör naturligtvis vara så väl planerade och effektiva som möjligt. Därför bör forskningen i betydligt större utsträckning än hittills sättas in på de underutvecklade ländernas problem. Sverige skulle genom att utnyttja de specialister som finns i landet och deras önskan att engagera sig i dessa frågor kunna göra en verkligt betydande insats på proteinförsörjningens område. Därför fordras emellertid en politisk vilja som kanske är svår att åstadkomma. Man kanske dock kan hoppas att den allmänna opinionen blir så stark, att den kommer att driva regeringen till att genomföra de beslut den anser vara riktiga och i så fall kanske forskning inriktad på underutvecklade länders problem kommer att bli en av de väsentliga uppgifterna under de kommande decennierna.

Sammanfattning

Ett försök att sammanfatta vad som skett under en 50-årsperiod ger kanske ett nytt perspektiv på utvecklingen genom att man uppmärksammar förändringar som skett successivt under rätt lång tid. Det är också värdefullt att söka dra sig till minnes vad som skett, vad som varit oväntat eller vad som väntats men inte skett. Det är osäkert hur mycket man kan lära av historien. Man måste räkna med att ständigt befinna sig i nya situationer för vilka det inte finns några prejudikat. Men möjligen kan man genom en återblick lära sig att frigöra sig från vissa begränsningar i sitt tänkande och undvika att begränsas av de invanda ramarna och tankebanorna. Den mänskliga motviljan mot nyheter är väl känd och många har svårt att förändra sin inställning eller att frigöra sig från metoder och principer som länge har använts. En återblick på den vetenskapliga och tekniska utvecklingen visar emellertid att man gång på gång tvingats att frigöra sig från tidigare föreställningar. Om en genomgång kan leda till att man blir mer beredd att frigöra sig och att man i större utsträckning är färdig att acceptera nyheter har man gjort en väsentlig vinst, och kan då utan hindrande skygglappar fortsätta in i framtiden och lättare möta denna.

Litteratur

1. Giles St Aubyn: *The Royal George*, Constable. London 1963. p. 149–158.
2. Lehman, J: *All Sir Garnet*. Jonathan Cape. London 1967. p. 159–162.
3. Malthus, T R: *An Essay on the principle of population; or, a view of its past and present effects on Human Happiness; with an inquiry into our prospects respecting the future removal or mitigation of the evils which it occasions*. 6th ed. II. London (John Murray) MDCCCXXVI p. 498.

IVA-meddelanden

- 147 Företaget och innovationerna. Rapport från ingenjörsvetenskapsakademiens innovationskommitté. Stockholm 1967. Pris 20 kr + oms.
- 148 Svensk representation i internationella naturvetenskapliga och tekniska organisationer. Stockholm 1967. Pris 18 kr + oms.
- 149 Japansk forskning och teknik. Stockholm 1967. Pris 18 kr + oms.
- 150 Framsteg inom forskning och teknik 1967. Verkställande direktörens, professor Sven Brohult, årliga rapport, sammanställd inför Ingenjörsvetenskapsakademiens högtidsdag den 24 oktober 1967. Stockholm 1967. Pris 22:50 + oms.
- 151 Belastningar och driftsförhållanden hos kranmaskinerier. IVA:s Kran- och hisskommission. Stockholm 1968. Pris 18 kr + oms.
- 152 Cellulosaindustrins vedkostnader. En internationell överblick. Föredrag och inlägg 1967—68 i avdelningen för skogliga, skogs- och träteknologiska vetenskaper. Stockholm 1968. Pris 15 kr + oms.
- 153 Förvaltningsorgan i SSSR och RSFSR. Stockholm 1968. Pris 22:50 + oms.
- 154 Naturvetenskap och teknik i Kina. Stockholm 1968. Pris 18 kr + oms.
- 155 de Laval Memorial Lecture 1968. Also published under the same title by Stal-Laval Turbin AB. Stockholm 1968. Pris 18 kr + oms.
- 156 Framsteg inom forskning och teknik 1968. Verkställande direktörens, professor Sven Brohult, årliga rapport, sammanställd inför Ingenjörsvetenskapsakademiens högtidsdag den 24 oktober 1968. Stockholm 1968. Pris 22:50 + oms.
- 157 Framtidens stad — stadens framtid. En bok om stadsplaneringens långsiktiga problem. Stockholm (Bokförlaget Prisma) 1969. Pris 17:50 + moms.
- 158 Näringslivets strukturförändring i utbildningssamhället. Föredrag och diskussion vid IVA:s jubileumskonferens den 23 april 1969. Stockholm 1969. Pris 16 kr + moms.
- 159 Havsforskning i dag. Stockholm (Sveriges Radio) 1969. Pris ca 15 kr.
- 160 Plaster från miljösynpunkt. Stockholm 1969. Pris 9 kr + moms.

Pris 27:00 + moms.

Almqvist & Wiksell
Stockholm
i distribution

ESSELTE AB. STHLM 69