

TEKST NR 5

1978

BIBLIOGRAFISK VEJLEDNING

til studiet af

DEN MODERNE FYSIKS HISTORIE

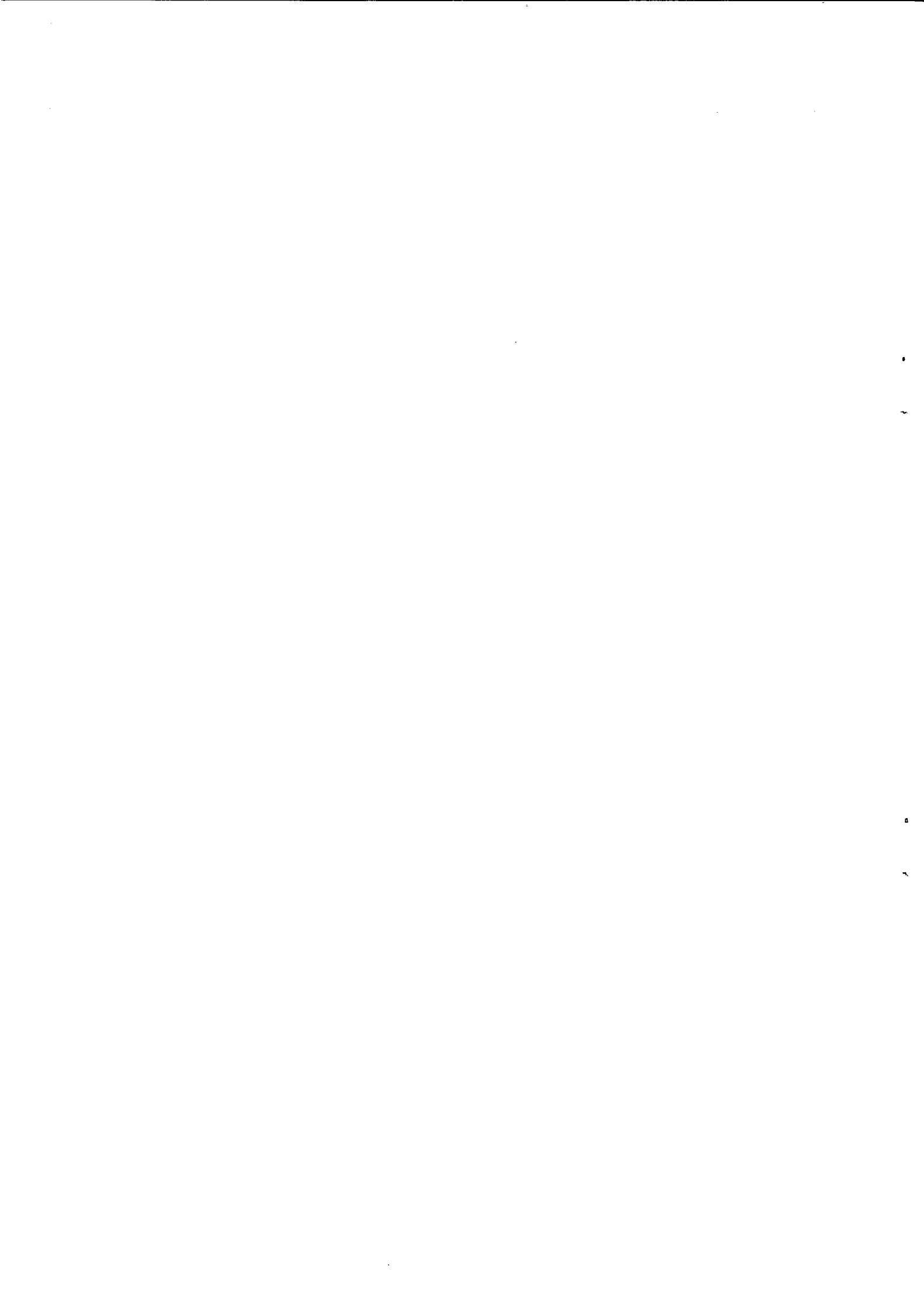
Helge Kragh

TEKSTER

fra

IMFUFA

ROSKILDE UNIVERSITETSCENTER
INSTITUT FOR STUDIET AF MATEMATIK OG FYSIK SAMT DERES
FUNKTIONER I UNDERVISNING, FORSKNING OG ANVENDELSER



Helge Kragh :

BIBLIOGRAFISK VEJLEDNING
TIL STUDIET AF
DEN MODERNE FYSIKS HISTORIE

INDHOLD:

- Forbemærkning
- §1 Indledning
 - §2 Fysikkens historie som fag
 - §3 Nogle bemærkninger om fysikkens historiografi
 - §4 Oversigt over litteraturen
 - §5 Tidsskrifter med fysikhistorisk indhold
 - §6 Kildemateriale
 - §7 Biografiske data o.l.
 - §8 Faglige oversigter af historisk interesse
 - §9 Relativitetsteori
 - §10 Thermodynamik, statistisk mekanik og kvantestrålings-
teori, ca. 1900-1923
 - §11 Spektralfysik og atomets kvanteteori
 - §12 Radioaktivitet, tidlig atom- og kernefysik
 - §13 Kvantemekanikken, ca. 1923-1928.
 - §14 Kvante- og atomfysik efter ca. 1928
 - §15 Andre områder af fysikken
 - §16 Filosofiske og sociologiske aspekter
 - §17 Referencer

FORBEMÆRKNING

Som titlen angiver, er det dette skrifts hensigt at fungere som en vejledning for studenter af fysikkens historie i dette århundrede, fortrinsvis i perioden 1896-1932. Denne vejledning er i første omgang ment praktisk-bibliografisk, nemlig som en kommenteret oversigt over den righoldige litteratur på området. Derimod er en egentlig kritisk-historiografisk vejledning ikke tiltænkt i denne omgang.

Skriftet falder i tre afdelinger, hvoraf den første (§ 1 - §3), der er en række spredte bemærkninger om fysikkens historiografi, ikke har nogen direkte forbindelse til den følgende bibliografiske kommentar. Bibliografien omfatter knap 400 titler og skulle dække den vigtigste og nyeste litteratur på området; men selvfølgelig er den ikke fuldstændig. Jeg har fx med fortsat udeladt en mængde hel- og halvpopulære bøger, der er af tvivlsom historisk interesse. Desuden er alle titler på 'utilgængelige sprog' -og det vil især sige russisk og japansk- udeladt. Den tidslige og faglige begrænsning af emnet er nødvendigvis præget af en vis vilkårlighed, men vil fremgå af kommentarerne til litteraturen.

§ 1. INDLEDNING

En væsentlig del af videnskabshistorikerens arbejde består i indsamling og bearbejdelse af litteratur. I denne fase - ofte tidskrævende og sjældent inspirerende- vil en systematisk oversigt som den her givne kunne formindske arbejdet med litteratursøgning og vil kunne henvise til kilder, der normalt ville blive overset.

Men en litteraturoversigt kan også være nyttig for andre end de små grupper, som vil engagere sig i den moderne fysiks historie. Den er fx også et tilbud til fagfysikere, der ønsker at orientere sig i et bestemt emnes historiske aspekter eller som vil give fysikundervisningen et kvalificeret historisk perspektiv. Undervisning i moderne fysik er normalt meget ahistorisk og giver sjældent indtryk af den modsætningsfyldte videnskabelige udvikling, der har skabt fysikken, således som vi kender den i dag. Og hvis lærebøger forsøger at anlægge historiske synsvinkler, er disse ofte så ukvalificerede, misvisende eller slet og ret forkerte, at det såkaldt historiske perspektiv højst har en kosmetisk værdi.

Den moderne fysiks historie, og dermed denne bibliografiske oversigt, har også adresse til videnskabsteoretikere eller videnskabsteoretisk orienterede studenter. En væsentlig del af videnskabshistoriens legitimation ligger i det faktum, at historiske analyser af videnskabens udvikling kan fungere som ammunition for videnskabsteorien og beslæg-

tede felter (såsom forskningspsykologi og forskningssociologi). Netop vort århundredes fysik leverer en rigdom af materiale til en bedre forståelse af videnskabens struktur og dynamik. Men dette materiale ligger ikke frit tilgængeligt og venter på at blive samlet op af videnskabsteoretikeren. Først når det er blevet organiseret og analyseret af fysikhistorikeren kan det indgå i en videnskabsteoretisk eller -sociologisk sammenhang. Den nære forbindelse mellem den moderne fysiks historie og videnskabsteorien træder klart frem i den nyere videnskabsteoretiske debat, der især har taget exemplarisk udgangspunkt i relativitets- og kvantefysikkens udvikling. En række fremtrædende videnskabsteoretikere, fx Kuhn, Lakatos og Hanson, har da også ydet væsentlige bidrag til den nye fysiks historie.

At forholdet mellem videnskabernes historie og teori ikke er udtømt med at fremhæve videnskabshistorien som leverandør af materiale til videnskabsteorien, er dog klart. Der er tale om en gensidig relation, hvor videnskabshistoriske analyser er udtryk for, eller forudsætter, bestemte teoretiske synspunkter om videnskabens natur og udvikling (selv om disse synspunkter ofte kun findes implicit). Man kan ikke blot skrive en fysikkens historie "wie es eigentlich gewesen". Enhver prioritering af emner, enhver strukturering af hændelsesforløb, enhver forklaring -kort sagt al videnskabshistorie der vil gå lidt ud over den fladeste leksikalske eller kronologiske perspektivløshed- kræver en historisk teoretiseringen, som ganske vist må bygge på de 'historiske kendsgerninger', men som ikke udspringer af disse. Hvis videnskabshistorien blot var en problemfri rekonstruktion af en række fakta, således som den implicitte positivisme i megen videnskabshistorie antager, så ville alle videnskabshistoriske undersøgelser af samme emne føre til samme, entydige konklusioner, til den 'historiske sandhed'. At dette faktisk ikke er tilfældet, viser bl.a. den moderne fysiks historiografi med al tydelighed.

§ 2. FYSIKKENS HISTORIE SOM FAG

Videnskabshistorie som seriøs, akademisk disciplin er en foreteelse af ret ny dato. Ganske vist har der også tidligere været eksempler på fremragende videnskabshistorikere, således som fx Ernst Mach vidner om for fysikkens vedkommende, men disse var enkeltstående tilfælde uden tilknytning til nogen faglig tradition. I de fleste tilfælde var der tale om ældre forskere der, som historisk indledning i deres værker, gav et historisk tilbageblik over udviklingen inden for det pågældende emne. Den moderne videnskabshistorie startede så småt omkring første verdenskrig, hvor Georges Sarton i 1913 grundlagde tidskriftet *ISIS*, der siden da har spillet en væsentlig rolle for videnskabshistorien (1).

Fysikken -ofte betragtet som den exakte naturvidenskab *par excellence*- har altid spillet en central, for ikke at sige dominerende, rolle i videnskabshistorien. Lad mig her indskyde, at denne dominans også har haft visse uheldige sider: den ideologisk betingede opfattelse af fysikken som 'videnskabernes konge' og den heraf følgende interesse for fysikhistorie har betydet en relativ negligering af andre videnskabers historie og, som resultat heraf, en ukritisk projicering af fysikkens udviklingstendenser over på naturvidenskabens udvikling i det hele taget. En sådan generalisering er illegitim og farlig mht en forståelse af hvorledes viden om naturen udvikles historisk. Thi de metodologiske paradigmer, der har behersket fysikken, er ikke almene for naturvidenskabene, endsige for al form for videnskab. Studiet af fx medicinens eller geologiens historie giver i almindelighed andre resultater end fysikhistorien, og disse resultater er ikke mindre vigtige for den generelle videnskabshistorie.

Selv om fysikken således er en historisk velundersøgt videnskab, har den interesse, der er blevet fysikkens historie til del, været ganske ujævn, både hvad angår perspektiver, emner og epoker. I størstedelen af den moderne fysikhistoriske tradition har man koncentreret sig om den klassiske naturvidenskabelige revolution (fysik og astronomi i det 16. og 17. århundrede) samt i nogen grad om det 19. århundrede. Derimod blev 'den anden naturvidenskabelige revolution' -kvante- og relativitetsteoriernes udvikling- i det store og hele forbigået eller blev overladt til fagfysikere og filosoffer. Det er først fra o. 1960 at vort århundredes fysik er blevet gjort til genstand for seriøs historisk forskning.

Siden da er der blevet publiceret et væld af bidrag inden for dette felt, og i en vis forstand har disciplinen udskilt sig som en selvstændig videnskabshistorisk tradition: der har udviklet sig en relativt afgrænset gruppe specialister inden for den moderne fysiks historie; der findes professorater og fonds til studiet; der organiseres konferencer og kongresser, der etableres specialiserede tidsskrifter osv. Denne nye udvikling inden for fysikhistorien er i høj grad domineret af amerikanske forskere, hvis bidrag til traditionen både kvantitativt og kvalitativt overgår den øvrige verdens. På et mere beskedent niveau har England og Vesttyskland etableret en tradition i den moderne fysiks historie, ligesom japanske forskere har været aktive. Derimod eksisterer der knap nok organiseret historisk forskning i den moderne fysik i fx Frankrig eller Skandinavien; heller ikke i USSR er den moder-

ne fysik blevet studeret historisk med nogen synderlig intensitet.

Man kan spørge om det rimelige i at etablere en faglig tradition inden for et så specielt område som den moderne fysiks historie. Er det ikke bare endnu et eksempel på den velkendte, bevidstløse knopskydning af specialiteter ?

Fysikkens udvikling i dette århundredes ca. 30 første år er enestående ved at repræsentere skabelsen af et nyt verdensbillede; det er en ægte revolution, der i betydning og radikalitet ikke står tilbage for den Galilei-Newtonske revolution. Og netop som intellektuel-revolutionær udvikling må denne periode studeres med særlig omhu. Som et af de yderst få eksempler på skabelsen af radikalt nye begreber i naturvidenskaben og på nedbrydning af et veletableret verdensbillede har studiet af kvante- og relativitetsfysikkens udvikling perspektiver, der går langt ud over en kronologisk opremsning af forskere, teorier og eksperimenter. Er der således argumenteret for legitimiteten af studiet af den moderne fysiks historie, må man også gøre sig klart, at netop dette studium kræver forudsætninger, der næsten påtvinger det en vis eksklusiv og specialiseret karakter: hvis man ønsker at forstå fysikkens historie er det en nødvendig (men langt fra tilstrækkelig) betingelse at forstå fysikken fagligt, og det vil for den moderne fysiks vedkommende sige en relativt avanceret matematisk og fysisk indsigt, som næppe kan opnås gennem andet end et universitetsstudium el.lign. i fysik. Og dette faglige krav udelukker så i praksis faghistorikere (,med mindre man fx kombinerer et fysikstudium med historie eller filosofi, hvilket er en sjældenhed). På den anden side er faglig indsigt ikke nok; den skal kombineres med historisk viden og refleksion over historiske udviklingsforløb, hvis ikke fysikhistorien skal degenerere til den type kvasi-historisk fysik som litteraturen vrimler med. Den hybride karakter af den moderne fysiks historie betyder at fysikeren, *qua* fysiker, og historikeren, *qua* historiker, er lige uegnede til at bidrage til dette felt. Kun med en særlig orientering og træning vil faggrænserne kunne overskrides. Jeg tror, at en vigtig årsag til den amerikanske dominans på området ligger i det amerikanske uddannelsessystem, hvor den traditionelle opdeling mellem humaniora og naturvidenskab er langt mindre skarp end i Europa.

§ 3. NOGLE BEMÆRKNINGER OM FYSIKKENS HISTORIOGRAFI

Megen nyere videnskabshistorie, især den del, der er skrevet af videnskabsmænd, er i realiteten ikke egentlig *historieskrivning*, men nærmere *krønikeskrivning*,

dvs består af kronologisk ordnede anekdoter om hvad denne eller hin forsker engang har bedrevet. Denne anekdotiske og ukritiske form for videnskabshistorie fokuserer næsten altid på de få store og geniale forskere og på de få store begivenheder, fx skabelsen af fysiske love eller omfattende teorier. Det er krønikeskrivningens mål at fremstille fx fysikkens historie som en rationel samling af fakta, teorier og eksperimenter, skabt af nogle få strålende fysikere og forbundet tidsligt-kausalt gennem nogle få, klare udviklingslinier i et kumulativt mønster.

Den krønikelignende videnskabshistorie florerer ikke mindst i moderne lærebøger, hvor den har en særlig pædagogisk-ideologisk funktion. Kuhn har argumenteret for at denne funktion ligger i en opretholdelse af den aktuelle normalvidenskabelige tradition og at de historiske fremstillinger "i så henseende må være systematisk vildledende." Kuhns kritik af lærebøgernes form for historieskrivning gælder også for mange af de fysikhistoriske bidrag, der er nævnt i dette hæfte. Kuhn skriver fx (2) at det

er almindeligt, at videnskabelige lærebøger indeholder blot en lille smule historie, enten i indledningen eller - hyppigere - i spredte henvisninger til en tidligere tids store helte. Sådanne henvisninger får både studenter og fagfolk til at føle sig som deltagere i en lang historisk tradition. Men den tradition, videnskabsmænd udleder af lærebøger og kommer til at føle sig som deltagere i, har faktisk aldrig eksisteret. Af grunde, som er både åbenbare og overordentlig funktionelle, henviser videnskabelige lærebøger (og for mange af de ældre videnskabshistorier) kun til den del af tidligere videnskabsmænds arbejde, som uden besvær kan betragtes som bidrag til formuleringen og løsningsen af lærebøgernes paradigme-problemer. Tidligere tiders videnskabsmænd gengives dels i udvalg og dels forvrænget, og dermed lader man forstå, at de har arbejdet på den samme gruppe af faste problemer og overholdt det samme sæt af faste regler, som den nyeste revolution i videnskabelig teori og metode har gjort videnskabelige. Ikke mærkeligt at lærebøger og den historiske tradition, de antyder, må skrives om efter hver videnskabelig revolution. Og ikke mærkeligt at videnskaben, når de er skrevet om, igen kommer til at synes overvejende kumulativ.

Hvad det gælder om i denne type videnskabshistorie, er at rekonstruere nutidens videnskab historisk, dvs at følge den gældende videnskab tilbage i tiden, at etablere forbindelser mellem de forskellige store teorier og eksperimenter. Hvis et ældre videnskabeligt arbejde 'forudser udviklingen', i den forstand at det minder om senere videnskab, så betragtes det som interessant af denne grund og studeres med dette perspektiv for øje.

Man kan fx studere isotopibegrebet historisk og

interessere sig for hvorledes dette begreb blev 'foregrebet' i det 19. århundrede eller for den sagskyld hos de oldgræske atomister. Dette er selvfølgelig legitimt og vil sikkert også være interessant; men hvis det fører til en ensidig interesse for kun de episoder i det 19. århundredes videnskab som formodes at være forløbere for isotopibegrebet (eller, i almindelighed, for anden nutidig videnskab), så betyder det, at fortiden filtreres efter nutidens standard og at man således voldtager historien. Hele ideen om 'foregribelse' af senere videnskab er dybt uhistorisk, idet den vurderer ældre videnskab ud fra om den passer ind i et på forhånd fastlagt, retningsbestemt udviklingsmønster, hvis mål er den senere - den sande - videnskab. En sådan historieskrivning er teleologisk.

Hvorfor er Prouts kemiske spekulationer fra 1815 så kendte i dag? Fordi Prout 'foregreb' ideen om det sammensatte atom (eller ligefrem nukleonbegrebet!) og således var en 'forløber' for fx Rutherford. Ud fra en sådan opfattelse bliver Prout til en genial og forudseende forsker, hvis geni samtiden ikke forstod; han var 'forud for sin tid', for at bruge en anden populær frase. Men hvis man studerer Prouts hypoteser i et ægte historisk perspektiv, dvs ud fra hans samtids videnskab, når man til et helt andet resultat, hvor personen Prout fremstår som en særdeles middelmådig forsker og hvor eftertidens afvisning af hans ideer var yderst rimelige.

Et andet aspekt af denne form for videnskabshistorie knytter sig til de såkaldte 'blindgyder'. Når videnskabshistoriens mål bliver at legitimere og estimere den nutidige videnskab, så bliver al tidligere videnskab vurderet ud fra dette mål, således at man skelner mellem korrekt videnskab og forkert videnskab, alt efter om den fører til den nutidige viden eller ej. Og det betyder, at størstedelen af fortidens videnskab (,der ikke, selv med den bedste vilje, kan bringes ind på videnskabens hovedlandevej) slet og ret betragtes som fejltagelser - den førte jo ingen steder hen. Hvis nutidens fysikbøger er de facitlister hvorefter fysikkens udvikling gives karakter, så er de fleste af fortidens fysikere ikke blot dumpet, men tilmed latterliggjort. Impetusteori, Cartesiansk hvirvelteori, caloriqueteori, ætherteori, Thomsonske atommodel osv var 'blindgyder' og nævnes i mange fysikhistorier nærmest som pittoreske eksempler på, hvor fejlagtigt man engang tænkte. Moralen i disse beskrivelser er, at de forkerte anskuelser, disse hindringer på videnskabens march mod den sande viden, trods alt blev erkendt som fejlagtige, og at dette skete gennem anvendelse af den korrekte videnskabelige metode.

I et ægte historisk perspektiv er der ingen videnskabelige 'blindgyder' (selv om nogen videnskab unægtelig er mere sand end anden), men alle videnskabelige frembringelser må studeres ud fra deres egen situation og er i denne, historiske, forstand ligegyldige. Hvis man vil forstå hvorledes viden bliver til og hvorledes den udvikles i samfundet, så er de sære blindgyder mindst lige så interessante som de store ensporede motorveje. Også den moderne fysik har sine 'blindgyder', der ikke har fundet vej til moderne lærebøger (hvilket der kan være gode pædagogiske grunde til), men som alligevel er meget instruktive for videnskabsforskeren.

Skal tidligere videnskab vurderes ud fra samtidige præmisser bør man altså forsøge at acceptere dens resultater og metoder uden bagklogskab. Derfor kan det, paradoksalt nok, være en fordel for en fysikhistoriker *ikke* at have nogen omfattende fysisk viden: med sit kendskab til fysikhistoriens facit - den moderne fysik - vil fysikeren have en tendens til at vurdere tidligere teorier ud fra denne viden og vil formentlig have sværere ved at værdsætte tidligere opfattelsers videnskabelige rationalitet. Dette gælder fx aristotelisk fysik, der for en fagfysiker let kan forekomme barnlig og uvidenskabelig. Men det gælder også for den nyere fysiks historie, hvor forklaringen på fx atomteoriens problemer i tyverne må forekomme ret indlysende for en nutidig fysiker.

Lad mig til slut antyde et enkelt eksempel: Når man som fysiker er vant til at betragte partiklers spin som en naturlig, næsten triviel, egenskab, så kan man godt undre sig over spinbegrebets kringledede historie: i lærebøger fremstilles Stern-Gerlach eksperimentet ofte som en illustration af nødvendigheden af at indføre et spinkvantetal; men Stern og Gerlachs eksperiment var fra 1921, og selv da Pauli i sit udelukkelsesprincip fra 1925 opererede med et ekstra, togyldigt kvantetal for elektronen, 'forstod' fysikerne ikke, at der 'blot' var tale om spinnet. Da Uhlenbeck og Goudsmidt endelig foreslog billedet af den roterende elektron med spin, blev denne hypotese modtaget yderst køligt og Pauli selv nægtede pure at acceptere spin-hypotesen. For en ahistorisk fysiker kan denne udvikling forekomme overraskende og Pauli fremstå som en stivnakke, der ikke kunne se den 'indlysende' forbindelse mellem Stern-Gerlach eksperimentet, spinhypotesen og hans eget udelukkelsesprincip. Men det er kun ved en overfladisk og ahistorisk efterrationalisering at denne sammenhæng er indlysende. Enhver historisk forståelse af spinbegrebet - og af tidligere videnskab i almindelighed - vil umuliggøres, hvis man ikke kan frigøre sig fra den lærebogsfysik, man af andre grunde må beherske.

§ 4. OVERSIGT OVER LITTERATUREN

Blandt de mange samlede fremstillinger af den moderne fysiks historie er kun nogle ganske få af væsentlig interesse for videnskabshistorikeren; langt de fleste er brede, hel- eller halvpopulære værker af begrænset historisk værdi. En af de kendteste undtagelser er Whittakers imponerende to-bindsværk (3), hvis andet bind giver en detaljeret fremstilling af atomteori, kvantefysik, relativitetsteori og optik/electromagnetisme frem til ca. 1927. Whittakers værk er absolut ikke populært i almindelig forstand; det er på et matematisk højt niveau og vil formentlig kun kunne bruges med udbytte af folk med matematisk-fysisk træning. Bogen er værdifuld ved sin faglige kompetence og ved sine mange kildehenvisninger. Derimod er den mangelfuld mht analyse af de historiske omstændigheder, og den tenderer i det hele taget mod at være en historisk gennemgang af fysikkens teorier nærmere end en egentlig fysikhistorie.

Et værk af d'Abro (4) giver ligeledes en omfattende semi-historisk fremstilling af den ny fysik (dog uden at dække relativitetsteorien), men uden at anlægge noget kritisk historisk perspektiv. Noget lignende kan siges om en række bøger skrevet af betydelige fysikere, der selv har bidraget til den udvikling, de beskriver (5). Selv om disse bøger ofte er velskrevet og fornøjelig læsning, indeholder de i almindelighed ikke noget videre af historisk interesse.

Bortset fra Whittakers klassiske værk findes der kun to standardbøger af virkelig kvalitet og værdi, skrevet af hhv Hund og Jammér. Begge disse bøger begrænser sig til kvantefysikken og kombinerer en omfattende historisk indsigt med et kompetent fagligt-fysisk indhold. Hunds bog (6) fører udviklingen frem til moderne partikelfysik og kvantefeltteori. Bortset fra forfatterens egne erfaringer bygger den kun på publiceret materiale og adskiller sig mht historisk perspektiv ikke afgørende fra Whittaker. I historisk-kritisk henseende overgås den langt af Jammér (7), hvis værk er en absolut fremragende syntese af historie og fysik. Efter min mening er Jammers bog en *conditio sine qua non* for kvantehistorikeren, på mange måder et mønstereksempel på hvorledes den moderne fysiks historie kan skrives. Værdien af Jammers bog forøges kun af dens yderst righoldige og detaljerede referencer, både til publicerede og upublicerede kilder.

Endelig er der grund til at nævne Nobel-forelæserne i fysik, der er udgivet samlet (8). De fleste af den ny fysiks grundlæggere er her præsenteret med semi-historiske forelæsnings og korte biografier. Ved deres blanding af personlig retrospektion og populær faglighed kan disse foredrag, skønt selvfølge-

lig på usystematisk vis, give et udmærket billede af højdepunkter i fysikkens udvikling.

En løbende bibliografi over bidrag til fysikhistorien findes årligt i tidsskriftet *Isis* (9), der også har udgivet en samlet bibliografi for årene 1913 - 1963 (10). *Isis* bibliografierne er uundværlige hjælpemidler for videnskabshistorikeren; de dækker alle perioder og emner i videnskabshistorien og omfatter også henvisninger til anmeldelser og review-artikler. En samlet kritisk oversigt over historiske bidrag til kvantefysikken er blevet skrevet af Heilbron (11), der kommenterer det meste af litteraturen indtil 1968. Heilbrons artikel har i øvrigt været inspiration til dette skrift. En bibliografi over publicerede kilder til fysikkens historie er udgivet af Brush (12), der også medtager forskelligt audiovisuelt materiale til belysning af fysikkens udvikling.

§ 5. TIDSSKRIFTER MED FYSIKHISTORISK INDHOLD

Artikler med fysikhistorisk indhold findes spredt over et stort antal tidsskrifter o.l., dels af fagfysisk art, dels af egentlig videnskabshistorisk art. Nedenstående liste angiver de vigtigste af disse tidsskrifter, idet de titler, der i høj grad beskæftiger sig med den moderne fysiks historie, er mærket med +. Blandt de nævnte periodica er årsskriftet *Hist.St.Phys.Sci.* det eneste som koncentrerer sig om den nyere fysiks historie (19. og 20. århundrede).

American Journal of Physics, (Am.J.Phys.)	<u>1</u> (1933)
Annals of Science, (Ann.Sci.)	<u>1</u> (1936)
+ Archive for History of Exact Sciences, (Arch.Hist.Ex.Sci.)	<u>1</u> (1960)
Archives Internationales d'Histoire des Sciences, (Arch.Int.d'Hist.Sci.)	<u>1</u> (1947)
Boston Studies in the Philosophy of Science, (Bost.St.Phil.Sci.)	
British Journal for the History of Science, (Br.J.Hist.Sci.)	<u>1</u> (1962)
Centaurus, (Centaurus)	<u>1</u> (1950)
Philosophy of Science, (Phil.Sci.)	<u>1</u> (1934)
History of Science, (Hist.Sci.)	<u>1</u> (1962)
+ Historical Studies in the Physical Sciences, (Hist.St.Phys.Sci.)	<u>1</u> (1969)
Physikalische Blätter, (Phys.Bl.)	<u>1</u> (1944)

- Indian Journal of History of Science,
(Ind.J.Hist.Sci.) 1(1966)
- + Isis, (Isis) 1(1913)
- + Japanese Studies in the History of Science,
(Jap.Stud.Hist.Sci.) 1(1961)
- Journal of Chemical Education, (J.Chem.Ed.) 1(1924)
- Journal of the History of Ideas, (J.Hist.Id.) 1(1945)
- Scientific American, (Sci.Am.) 1(1845)
- Physics Today, (Physics Today) 1(1948)
- Fysisk Tidsskrift, (Fys.Tids.) 1(1902)
- Revue d'Histoire des Sciences, (Rev.d'Hist.) 1(1947)
- NTM Schriftreihe für Geschichte der Natur-
wissenschaften, Technik und Medizin, (NTM) 1(1960)
- Minnesota Studies in the Philosophy of
Science, (Minn.St.Phil.Sci.)
- Studies in History and Philosophy of Science,
(St.Hist.Phil.Sci.) 1(1970)
- Science Studies, (Sci.St.) 1(1971)
- Sudhoffs Archiv, (Sud.Arch.) 1(1908)
- Organon, (organon) 1(1963)
- + The Natural Philosopher, (Nat.Phil.), 1(1963)-3(1964).

§ 6. KILDEMATERIALE

Ved den historiske undersøgelse af et emne i fysikken vil udgangspunktet normalt være, bortset fra orientering i eksisterende historiske undersøgelser, de skrevne originalarbejder. Disse er normalt tidsskriftartikler i fysikkens daværende fronttidsskrifter, hvoraf de vigtigste er:

- Tyskland: Zeitschrift für Physik. Annalen der Physik. Die Naturwissenschaften. Physikalische Zeitschrift. Ergebnisse die Exakten Naturwissenschaften.
- England : Philosophical Magazine. Nature. Proceedings of the Royal Society. Proceedings of the Cambridge Philosophical Society.
- USA : Physical Review.
- Frankrig: Comptes Rendus. Journal de Physique.
- Danmark : Fysisk Tidsskrift. Kgl. Danske Vid. Selskab Mat.-Fys. Meddelelser.

Disse tidsskrifter kan uden besvær rekvireres fra de større forskningsbiblioteker.

I en række tilfælde findes de vigtigste artikler genoptrykt, evt. oversat, i samleværker, hvor de desuden ofte er kommenteret. Disse artikelsamlinger er praktiske som bearbejdet kildemateriale i en bekvem form.

En engelsk udgave af en række vigtige tyske bidrag (på tysk) indeholder 46 artikler, heraf nogle i uddrag, fra Planck til Mössbauer, (13).

Kvanteteoriens og atomteoriens klassikere er genoptrykt i en serie under redaktion af Hermann (14), der også har leveret biografiske skildringer; det er Hermanns fortjeneste også at have medtaget mindre berømte bidrag, fx Haas' præ-Bohrske forsøg på at kvantisere atomet. På forlaget Pergamon findes en lignende serie, (15), hvor en længere historisk-fysisk indledning følges af oversatte originalartikler, i nogle tilfælde dog i forkortelse; Pergamon serien omfatter bl.a. den gamle kvanteteori, kernefysiske emner, kvantemekanik og röntgendiffraktion. En række kernefysiske klassikere, bl.a. Rutherford, Fermi, Curie og Yukawa, findes i en noget tilfældig blanding genoptrykt i en Dover udgivelse (16). En fyldigere, og bedre planlagt, kildesamling er udgivet af Wright (17), der koncentrerer sig om Rutherford, Moseley og Chadwick.

For radioaktivitetens historie kan henvises til samlingen af Soddys rapporter (18) og til to bøger af Romer (19). Kvantemekanikkens klassikere (matrixmekanik og Dirac-teori, men ikke bølgemekanik) er udgivet af van der Waerden (20), der har forsynet dem med en meget værdifuld historisk indledning, baseret på breve og interviews.

For mere specielle emner findes artikelsamlinger om den kosmiske stråling (21), startende i 1932, og om kvanteelektrodynamikken, startende i 1927, (22). Livingstone har udgivet 28 artikler om accelerators og deres teori (23), fra Cockcroft og Walton til i dag.

Relativitetsteoriens klassikere findes genoptrykt flere steder, fx i en udgave med artikler af Lorentz, Einstein, Weyl og Minkowski, der er kommenteret af Sommerfeld (24). Kortere uddrag af nogle af de klassiske artikler er sat sammen med uddrag af historiske kommentarer og kilder til belysning af den kulturelle og sociale debat omkring relativitetsteorien i en udgave under Pearce Williams redaktion (25). Einsteins vigtige, men noget oversete, teori for Brownske bevægelser findes også i en kommenteret nyudgave (26).

I dansk oversættelse forefindes Thomsons, Bohrs og Rutherfords berømte artikler fra hhv 1897, 1913 og 1911, (27). De bøger, der indeholder korte uddrag af

atomteoretiske bidrag fra Demokrit til Heisenberg, (28), er næppe af værdi i denne sammenhæng. En behagelig undtagelse er Boorse og Motz' to store bind (29), der giver fyldige uddrag fra og med Lukret, og som indeholder mange af den nye atomfysiks artikler i uforkortet form.

Bortset fra de faglige artikler må fysikhistorikeren støtte sig på andre kilder for at kunne rekonstruere et fysisk arbejdes tilblivelse. De faglige artikler repræsenterer de færdige videnskabelige resultater, men en faglig analyse og kronologisk opstilling af disse bør ikke gøre det ud for videnskabshistorie. Som bekendt er præsentationsmåden i moderne videnskab helt forskellig fra den faktiske, kreative tilblivelsesmåde, hvorfor en ukritisk forlæder sig på publiceret materiale kun vil kunne give en overfladisk og utilstrækkelig erstatning for egentlig videnskabshistorisk analyse. For at afdække en teoris historie må man i almindelighed gå bag om de publicerede resultater, dvs arbejde med andre former for primærkilder.

I denne forbindelse er især breve og manuskripter af central interesse. Enkelte brevsamlinger er udgivet, andre er katalogiseret. Især er brevvekslingen mellem Planck, Einstein, Lorentz og Schrödinger vigtig mht bølgemekanikkens historie (30); desværre giver disse breve ingen information om Schrödingerteoriens tilblivelse, idet de først starter april 1926. En del af Einsteins korrespondence med Sommerfeld og med Born er også udgivet (31), men er af mindre videnskabelig relevans. For Rutherfords vedkommende er enkelte breve offentliggjort (32), mens andre er offentligt katalogiseret (33). Dette gælder også breve mellem Lorentz og Stark i perioden 1905-1924, (34). Bohrs omfangsrige korrespondence og hans manuskripter findes for en dels vedkommende i hans Collected Works (35). Også Moseleys korrespondence er publiceret (36). Iøvrigt findes en lang række breve, eller uddrag af breve, spredt rundt omkring i fysikhistoriske artikler og bøger.

Men der findes stadig en overvældende mængde af primærkilder, breve og manuskripter, der ikke er blevet brugt til historisk forskning. For kvantefysikkens vedkommende findes disse samlet i AHQP, Archive for the History of Quantum Physics, og katalogiseret i en bog herom (37). Dette omfangsrige materiale, der også omfatter båndoptagelser af interviews med kvanteepokens store fysikere, findes bl.a. arkiveret i København (Niels Bohr Institutet) og kan efter tilladelse bruges af forskere i emnet. AHQP materialet er utvivlsomt den vigtigste kilde til studier i kvantefysikkens historie. Andre vigtige arkiver, bl.a. Ein-

stein-samlingen i Princeton og Pauli-samlingen i Zürich, findes også nævnt her. American Institute of Physic's (AIP) historiske sektion har ligeledes en stor samling af kildemateriale, som er offentligt katalogiseret (38).

En særlig form for adgang til originalmateriale kan ofte opnåes gennem de samlinger af arbejder, der udgives efter berømte videnskabsmænds død (Collected Papers, Selected Papers o.l.). Beskæftiger man sig især med en bestemt forskers indsats, er dette en oplagt indgang. Bohrs værker, som jeg allerede har henvist til (35), er det smukkeste (og dyreste!) eksempel på denne genre. Også for en lang række af den moderne fysiks øvrige pionerer findes der udgivelser med deres arbejder; de vigtigste er nævnt i litteraturlisten (39).

§ 7. BIOGRAFISKE DATA O.L.

For en forståelse af den personlige og kulturelle baggrund for fysisk videnskabs tilblivelse og udvikling er biografiske data af stor betydning. Disse findes i mangfoldige former, spændende fra fremragende videnskabelige biografier til sludrevorne 'portrætter' uden nogen som helst historisk berettigelse.

De vigtigste data, incl. yderligere henvisninger, kan nemmest findes via leksika eller biografiske håndbøger (40). Enkelte bøger leverer rimeligt gode biografiske skitser for en række af den moderne fysiks personligheder (41).

Kompetente enkeltbiografier findes for en del fysikers vedkommende, hvoraf jeg især vil fremhæve Kleins Ehrenfest-biografi (42) og Heilbrons Moseley-biografi (43) for deres høje standard. Einstein er blevet biograferet adskillige gange (44), hvilket også er tilfældet med Rutherford (45) og Röntgen (46). Af de øvrige biografier kan nævnes bøger om Bohr, Fermi, Planck, Soddy, Curie, Schrödinger m.fl. (47). Disse biografier udgør en broget blanding mht kvalitet og videnskabshistorisk værdi. Nogle af dem er ukritiske heltehistorier beregnet på et bredt publikum (fx Eve Curies bog om sin mor og Howorths bog om Soddy), mens andre er lærde studier beregnet på især fysikhistorikere (fx bøgerne af Klein, Heilbron og Scott).

Mange af epokens fysikere har selv skrevet deres erindringer eller bidraget med autobiografiske skitser. Sådanne erindringer har deres klare plads blandt videnskabshistorikerens materiale; men man må ikke glemme, at det er erindringer om ting, der ligger man-

ge år tilbage, og som er udtryk for forfatterens subjektive forestillinger. I nogle tilfælde er det forfatterens mission med sine erindringer at propagandere for sin egen indsats betydning i videnskabens udvikling eller for bestemte videnskabelige holdninger. I næsten alle tilfælde kan man påpege faktiske fejl i de erindrede begivenheder. Betydningsfuld som denne litteratur er, bør den ikke indgå som *prima facie* materiale i videnskabshistorien. I litteraturlisten er givet eksempler på erindringsværker af nogle betydelige fysikere (48).

Endelig skal nævnes den type litteratur - Memorial volumes, Festschriften- hvor ældre fysikers arbejder kommenteres retrospektivt og semi-historisk af kolleger. En del af denne litteratur er rent teknisk, men i nogle tilfælde indeholder de nostalgiske beskrivelser væsentlige historiske oplysninger. Dette gælder fx hyldestskrifter til Bohr, Dirac, Pauli, Heisenberg og de Broglie (49). Et nyligt bind, udgivet af Price (50), indeholder historiske tilbageblik af bl.a. de Broglie og Slater.

§ 8. FAGLIGE OVERSIGTER AF HISTORISK INTERESSE

For at opnå en faglig indsigt i en fysisk disciplins status i tidligere tid kan det ofte være en fordel at studere ældre fagbøger, som giver et fagligt overblik uden at være af egentlig historisk karakter.

Kulminationen af den klassiske elektronteori og dens problemer med forklaring af visse optiske og strålingsmæssige fænomener anno 1905 er fremragende beskrevet i et værk af Lorentz (51), hvori han giver et fascinerende billede af den teoretiske fysiks magt og afmagt umiddelbart før kvante- og relativitetsteoriernes gennembrud. For kvantefysikkens vedkommende var Sommerfelds "Atombau" i en årrække det centrale værk (52). Denne yderst informative bog findes i mange udgaver, som hver for sig, og ved indbyrdes sammenligning, er guldgruber for en forståelse af atomfysikkens situation i tyverne. Det samme gælder de tidlige udgaver af "Handbuch der Physik", hvis detaljerede oversigtsartikler er skrevet af fremtrædende fysikere (53). En bog af Ruark og Urey (54) dækker samme emnekreds som "Atombau" og er ligeledes værdifuld, især for spektroskopis vedkommende. Den teoretiske atomfysiks status umiddelbart før kvantemekanikken er detaljeret beskrevet af Born (55) samt af van Vleck (56), hvis oversigt imidlertid er ret svær at fremskaffe.

For kernefysikkens situation umiddelbart før opdagelsen af neutronen kan henvises til en bog af Gamow (57). Også for röntgenspektroskopis (58), radioaktivitetens (59) og den kemiske atomteori (60) vedkommende findes gode fagbøger af stor historisk interesse. Elektronens tidligste rolle i atomteoriene findes fx beskrevet af Thomson (61) og af Lodge (62), og Millikan har skrevet en bog om kendskabet til elektronens egenskaber, især fra hans egne eksperimenter, anno 1917 (63).

Et væsentligt historisk dokument om fysikkens status til bestemte tider findes i rapporterne fra de sk Solvay-kongresser (64), hvor tidens store fysikere mødtes for at diskutere tidens faglige frontproblemer. Solvay-kongresserne er blevet kommenteret flere gange (65). Endelig kan man også finde fine oversigtsartikler med detaljerede litteraturhenvisninger i ældre årgange af visse tidsskrifter og årbøger (66).

-o0o-

§ 9. RELATIVITETSTEORI

Der findes en omfattende litteratur om den specielle relativitetsteori historie og forhistorie, et emne som ikke mindst har tiltrukket videnskabsfilosoffer. Jeg giver her kun referencer til de arbejder, der er af overvejende historisk art og ikke til den mængde af bidrag, der fokuserer på logiske, epistemologiske og andre filosofiske aspekter. En del af den filosofisk orienterede litteratur er nævnt i §16.

Om relativitetsteoriens baggrund i det 19. århundredes æther- og elektronteorier findes detaljerede arbejder. Ætherteoriene er blevet gjort til genstand for dybtgående undersøgelser af Swenson (67) og af Schaffner (68), som også medtager en udførlig samling af originalkilder. Om Lorentz' med fleres elektronteorier og præ-Einsteinske forsøg på at forklare relativistiske effekter findes mange gode bidrag, (69). Speciel interesse er blevet viet Michelson m.fl.'s ætherdrift-eksperimenter og disses eventuelle indflydelse på skabelsen af relativitetsteorien, (70). Disse undersøgelser, især foretaget af Holton, har vist, at Michelsons berømte forsøg på ingen måde var afgørende for relativitetsteoriens opståen og har kastet nyt lys på s.k. 'crucial experiments', dvs eksperimenter der på afgørende vis skulle kunne skelne mellem to eller flere teorier. Holton har også benyttet lejligheden til interessante

historiografiske betragtninger, bl.a. om den rolle som 'crucial experiments' spiller i fysiklæreboer og om skismaet mellem videnskabshistorisk korrekte fremstillinger og pædagogisk-faglige fremstillinger (71). Holton har samlet sine vigtigste artikler i en værdifuld bog om fysikkens idéhistorie (72).

Relativitetsteorien blev skabt af Einstein, men også andre fysikere var 'lige ved' eller lavede alternative teorier før Einstein; disse klassiske forsøg er blevet grundigt undersøgt (73). Bl.a. er Poincarés og Abrahams klassiske elektrodynamiske teorier blevet detaljeret gennemgået af Miller (74).

I det hele taget har diskussionen om relativitetsteoriens fremkomst i høj grad handlet om *hvem* der var ophavsmand til *hvad* inden for dette område, hvorledes de forskellige teorier forholdt sig til hinanden og hvilke stimuli, der satte udviklingen i gang netop i starten af det 20. århundrede, (75). Der er her grund til at advare mod Whittakers værk, idet dets opfattelse på disse punkter er utraditionel og decideret fejlagtig: Whittaker opfatter relativitetsteorien som den naturlige kulmination på de klassiske æther- og elektronteorier og ikke som et revolutionært brud med disse, hvorfor han da også opfatter Lorentz og Poincaré som relativitetsteoriens skabere og konsekvent ser bort fra Einsteins arbejder.

Alt i alt må den specielle relativitetsteoris opkomst og tidligere historie siges at være undersøgt så grundigt og alsidigt at der næppe kan forventes ny viden ved fortsatte undersøgelser af dette emne.

Derimod er teoriens senere udvikling og dens betydning for andre videnskabelige discipliner ikke blevet viet synderlig opmærksomhed. Goldberg (76) har studeret hvorledes det britiske fysikersamfund, der havde stærke traditioner i den klassiske ætherfysik, reagerede på Einsteins fremmedartede teori; og i et andet studium (77) har Goldberg undersøgt Plancks opfattelse af relativitetsteorien og de bidrag han omkring 1908 gav til denne. Fra den danske fysiker C. Møllers side findes et semi-historisk bidrag til den relativistiske termodynamiks historie (78). For enkelte andre referencer om den specielle relativitetsteoris udvikling, se § 16.

I forhold til den specielle relativitetsteori er den almene relativitetsteori kun blevet sparsomt historisk behandlet. Tonnelat har forfattet et stort værk, der dækker alle former for relativitetsteori, klassisk, speciel og almen, men som -sin titel til trods- viser sig at være en historisk orienteret fagbog nærmere end en egentlig fysikhistorisk bog, (79). Whittaker har et informativt kapitel om den almene relativitetsteori (80), der også delvis er behandlet af

Jammer i et bredt idéhistorisk perspektiv, (81). Den bedste fremstilling, og den mig bekendt eneste grundige behandling, af den almene relativitetsteoris historie findes i et værk af Mehra (82). Endelig findes der mange oplysninger i rapporten fra et Einstein-symposium, holdt i anledning af 50-året for 1915 teorien, (83).

§ 10. STATISTISK MEKANIK, THERMODYNAMIK OG KVANTESTRÅLINGS- TEORI, CA. 1900 - 1923.

Den del af kvantefysikken, der tog sit udgangspunkt i Plancks strålingslov og som via Einsteins arbejder om fotonteori o.l. førte mod de Broglies ansats til en bølgemekanik, stod i gæld til termodynamikken og den statistiske mekanik. Skønt denne udvikling naturligvis stod i stadig kontakt med den anden hovedretning i kvanteteorien, den der var baseret på studiet af atomer og spektrere, er den rimeligt afgrænset til at kunne betegnes som en selvstændig tradition eller et forskningsprogram.

Plancks strålingslov og kvanteteorien første år er blevet udførligt undersøgt. De to mest værdifulde undersøgelser skyldes Kangro (84) og Hermann (85), der begge giver udførlige bibliografier over emnet. Kangros værk, der slutter med Plancks 1900 teori, udmærker sig bl.a. ved sin orientering mod periodens eksperimentelle aspekter, noget der er ret sjældent i den historiske litteratur. Garber (86) har undersøgt hvorledes Plancks teori blev modtaget af samtiden og hvorfor den havde svært ved at blive accepteret; dette ses i lyset af Kuhns ideer om videnskabelige samfunds reaktion på anomalier, som Garber i denne forbindelse foreslår modificeret. Kuhn selv har netop skrevet et stort værk om Plancks strålingslov og kvanteteorien første år, (87); dette værk er i skrivende stund endnu ikke kommet på markedet, så jeg kan kun henvise til forlagets forhåndstale: "... Kuhn maintains that the revolutionary concept did not originate in the work of Max Planck, but rather among physicists who were trying to understand the success of his novel theory of black-body radiation." Kuhns næsten 400 sider store bog vil utvivlsomt være af den største interesse, for fysikhistorikere såvel som for videnskabsteoretikere.

Der findes en række værdifulde detailstudier af den tidlige kvanteteori og af Einsteins omformning og videreudvikling af Plancks teori. Bortset fra et tidligt studium af Rosenfeld (88) skyldes de vigtigste

bidrag Klein, der i en række skrifter har kulegravet historien bag Plancks teori, (89). Klein har også undersøgt Einsteins vigtige arbejder over kvantestrålingsteorien og den rolle som thermodynamiske argumenter spillede for Einstein, (90). Strauss' detaljerede analyse af kvanteteoriens fremkomst, (91), hører til de bedste østeuropæiske bidrag til den moderne fysiks historie. Sammen med relativitetsteorien hører Plancks kvanteteori til de bedst undersøgte emner i fysikkens nyere historie.

Tidlige strålingsteorier er også indgående undersøgt af Stuewer i et stort værk om Compton-effekten og de fænomener, der førte til fotonteoriens sejr (92). Stuewers værk indeholder en rigdom af oplysninger om atom- og strålingsteori i perioden ca. 1905 - 1930, også hvor det ikke har direkte forbindelse til Compton-effekten. Specielt har Stuewer (93) undersøgt den fotoelektriske effekts historie og bl.a. fremhævet de forsøg på at forklare effekten, som *ikke* bundes i en fotonhypothese; dette bidrag har interessante videnskabssteoretiske aspekter. Strålingsteorier, der ikke harmonerede med det Einsteinske forskningsprogram, blev bl.a. foreslået af Thomson og af Lewis, og disse off-side teorier ('blindgyder') er blevet behandlet historisk af hhv McCormach (94) og Stuewer (95).

Den statistiske mekanik for gasser, teori for fluktuationer o.l. spillede en stor rolle for etableringen af de Bröglies og Schrödingers teorier; dette er blevet fremhævet af Klein (96). Schrödingers tidlige arbejde med kvantestatistik og dets indflydelse på hans bølgemekanik er blevet indgående behandlet af Hanle (97).

De klassiske teorier for statistisk mekanik og fluktuationsprocesser er blevet kulegravet i en lang række bidrag af Brush. Af betydning for den moderne fysiks udvikling er især teorien for Brownske bevægelser, som Brush har fulgt op til Einstein og Perrin, (98). Brush har overskueligt samlet sine studier i et værk om den kinetiske molekylteoris historie (99), som koncentrerer sig om udviklingen i det 19. århundrede, men som også er værdifuldt mht aspekter af den tidligste atom- og kvanteteori.

§ 11. SPEKTRALFYSIK OG ATOMETS KVANTETEORI

Den anden udviklingslinie, der førte fra virkningskvantet til kvantemekanikken, var forbundet med studiet af grundstoffernes spektrer, såvel i det optiske område som i röntgenområdet, og forsøg på at for-

mulere en teori for atomerne på denne basis, den s.k. 'gamle kvanteteori'. De ledende forskere i denne udvikling, som tog sit udgangspunkt i Bohrs teori fra 1913, var Bohr og Sommerfeld og dens geografiske centre var København, München og Göttingen. Udviklingen førte bl.a. til Bohrs korrespondensprincip og herfra til Heisenberg m.fl.'s udformning af kvantemekanikken.

Den tidlige udforskning af spektrene, der dels foregik på et rent empirisk grundlag og dels var præget af spekulative teorier, er ikke særlig godt undersøgt. Bortset fra gode kapitler hos Jammer og hos Whittaker (der begge fokuserer på teorierne) er 1900 tallets spektroskopi emnet for en bog af McGucken (100), der giver en systematisk gennemgang af fysisk og kemisk spektroskopi til og med Zeemans opdagelser. Andre bidrag til emnet er givet af Banet (101), af Dingle (102) og af Nisio (103). Spektral- og atomfysikkens udvikling fra ca. 1880 til 1915 er emnet for en god bog af Conn og Turner (104), som giver et godt og fyldigt udvalg af kilder.

Atomteoriens udvikling fra Thomsons modelatom til staten af tyverne er blevet beskrevet i et ældre arbejde af Behrens (105), som dog i dag er langt overgået af bedre og mere detaljerede studier. Det samme kan siges om en artikel af Polak (106), der dækker perioden 1900 - 1915. Den betydeligste forsker i perioden 1910 - 1923's atomfysik er formentlig Heilbron, der i en række artikler har ydet smukke bidrag til fysikhistorien; en god oversigt er for nylig blevet publiceret, (107).

Sammen med Kuhn har Heilbron studeret fremkomsten af Bohrs atomteori i detaljer (108), idet de lægger særlig vægt på betydningen af Bohrs 1911 disputats om metallernes elektronteori. Bortset fra Kuhn og Heilbron har især Hoyer studeret 1913 teorien (109), og har bl.a. interesseret sig for Bohrs semi-klassiske stabilitetsberegninger (110). Af stor interesse er også Rosenfelds introduktion til nyoptrykket af Bohrs 1913 artikler (111). Af andre bidrag kan nævnes en artikel af Hirosige og Nisio (112), der dog ikke har helt samme standard som de førnævnte. Forskellige kemiske aspekter af Bohrs teori er undersøgt af Nisio (113) og af Kragh (114).

For udviklingen af Bohr-teorien i perioden ca. 1915 - 1923 er især Sommerfeld m.fl.'s bidrag til en forfinelse af atommodellen på basis af röntgenspektroskopiske målinger blevet undersøgt, (115). Bohr-teoriens generalisering til kvanteteori anno 1916 og Sommerfelds vigtige arbejde over det relativistiske brintatom fra samme år er behandlet af Nisio (116). Mht en teknisk forståelse af den gamle kvanteteori, der nor-

malt ikke optræder i moderne lærebøger, kan dels henvises til ældre værker (cf § 8) dels til lærebøger af Tomonoga (117) og af Hylleraas (118).

Forman har studeret de spektroskopiske 'anomalier', hvis eksistens o. 1923 gjorde det klart, at den gamle kvanteteori måtte afløses af en helt ny teori for atomerne. Det drejer sig dels om den anomale Zeeman-efekt, og de talrige forsøg på at fortolke den inden for Bohr-Sommerfeld teoriens rammer, (119), dels om andre former for spektral multipletstruktur (120). Disse studier er, som alt hvaf Forman har skrevet, af meget høj standard.

Korrespondensprincippet og dets anvendelse som semi-heuristisk hjælpemiddel i studiet af spektrene er blevet behandlet historisk-filosofisk af Meyer-Abich, (121), ligesom det har en fremtrædende plads i Jammers bog. Korrespondensprincippets betydning for udviklingen af kvantemekanikken findes klarlagt hos fx Hund (6) og van der Waerden (20).

Den Bohrske atomteoris anvendelse på grundstoffernes elektronstruktur findes kommenteret hos Heilbron (107) og er i større detaljer blevet undersøgt af Kragh (122); her findes også en udførlig beretning om hafniums opdagelse og dens relation til atomteorien.

§ 12. RADIOAKTIVITET, TIDLIG ATOM- OG KERNEFYSIK

Sideløbende med kvante- og relativitetsteoriernes udvikling foregik der en eksplosiv udvikling af en semi-empirisk atomfysik, dvs studiet af atomets struktur uden direkte tilknytning til kvanteteorien. Denne relativt selvstændige udvikling havde sit udgangspunkt i radioaktiviteten samt i præ-Bohrske atommodeller.

I studiet af radioaktivitetens historie har man især koncentreret sig om opdagelsen af radioaktiviteten og om de tidlige empiriske forsøg på at klassificere de radioaktive substanser; på disse felter har især Badash ydet et pionerarbejde, (123). Også arbejdet med at måle radioaktivitetens egenskaber og den følgende teori for grundstofforvandling, dvs de arbejder der især skyldtes Rutherford og hans medarbejdere, er blevet gjort til genstand for udførlig historisk behandling. De bedste bidrag skyldes Badash (123), Trenn (129) og Romer (124). Derimod er de tidlige spekulative teorier for radioaktivitetens atomare oprindelse (bl.a. Thomson, Kelvin og Nagaoka) blevet forbigået.

Eksperimenter med magnetisk afbøjning var afgørende for radioaktivitetens udforskning i de første år; aspekter af dette forhold er blevet studeret af Malley (125) og af Badash (126). Opdagelsen af α - og β -strålingens natur er også emnet for en artikel af Heilbron (127), der grundigt har analyseret dens betydning for Rutherfords undersøgelser af atomets opbygning; Heilbron studerer ikke blot Rutherfords spredningsforsøg og deres fortolkning, men også konkurrerende spredningsteorier, baseret på andet grundlag (Thomson-modellen). I det hele taget hører Rutherfords 'opdagelse af atomkernen' til fysikhistoriens klassiske heltepos og er da også blevet kommenteret talrige gange, i populære fremstillinger såvel som i kritisk-historiske undersøgelser. Bortset fra Heilbrons nævnte arbejde og et arbejde af Nisio (128) er det grundigste studium af Rutherfords teori og dens baggrund i hans undersøgelser over radioaktiviteten blevet givet af Trenn (129).

En kuriøs episode i periodens fysik var opdagelsen af de såkaldte 'N-stråler'; disse blev opdaget o. 1903 og blev i en årrække flittigt undersøgt indtil man blev klar over, at de overhovedet ikke eksisterede! 'N-strålingens' historie har interessante aspekter mht videnskabsteori og videnskabssociologi og er for nylig blevet fremhævet (130).

'J-strålingen' er et andet fænomen, som har historiske og sociologiske lighedspunkter med 'N-strålingen'. J-strålingen blev af flere fremtrædende fysikere, fra 1916 til ca. 1930, hævdet at være stråling i röntgenområdet på linie med den velkendte K,L,M... stråling. J-fænomenet, der var i modstrid med Bohrs atomteori og som efterhånden blev opgivet, er blevet analyseret historisk-sociologisk af Wynne (131).

Erkendelsen af atomnummeret som en vigtig parameter til definition af et grundstof blev klar for flere forskere o. 1911 - 1914. Atomnummerets historie er blevet behandlet i et tidligt studium af Sarton (132), der formentlig er det første bidrag til den moderne fysiks videnskabshistorie. Nyere arbejder om atomnummeret er lavet af Darwin (133) og af Hirosi-gé (134). Moseley, der afgørende bidrog til at gøre röntgenstrålingen til et uvurderligt hjælpemiddel i atomfysikken og som endeligt klarlagde atomnummerets betydning, er blevet behandlet af Jaffe (135) og som nævnt af Heilbron (136). Også Heimann (137) har beskrevet Moseleys bidrag til atomteorien, samt hans arbejde med at klassificere og identificere de sjældne grundstoffer (138). Röntgenstrålingens brug i atomfysikken er iøvrigt blevet behandlet hos Heilbron (139) og hos Stuewer (140).

For Röntgens opdagelse af strålingen og dens tidlige udforskning henvises til tidligere nævnte biografier (47). Laues opdagelse af röntgendiffraktion i 1912 og röntgendiffraktionens historie er udførligt belyst i et værk, udgivet af den Internationale Union for Krystallografi (141). Den historiske fremstilling heri er blevet hårdt kritiseret af Forman (142), der udvikler nogle almene betragtninger over fagvidenskabsmands manglende troværdighed som videnskabshistorikere og om mytens sociologiske funktion i videnskabshistorien. Formans teser er blevet kommenteret af Ewald (143) og af Gasman (144).

Vender vi os mod de præ-Bohrske atomteorier, så havde disse deres oprindelse i Thomsons skelsættende opdagelse af elektronen i 1897. Denne begivenhed er ikke blevet helt tilfredsstillende behandlet, men der findes et par ansatser (145). Thomsons atommodel, der spillede en stor rolle i ca. 1904 - 1910, er blevet behandlet af Heilbron for nogle aspekters vedkommende (146), men savner endnu en omfattende historisk analyse. En semi-historisk bog af Sartori og Friedman (147) giver en god behandling af både Rutherford's og Thomsons atommodeller, og Thomsonmodellens gæld til magnetiske modelforsøg er nylig blevet undersøgt (148).

Nagaoka, der o. 1904 foreslog en planetlignende atommodel på klassisk grundlag, er blevet grundigt behandlet af især japanske fysikhistorikere, der også har undersøgt forbindelsen mellem Nagaokas teori og Bohr-Rutherford modellen (149). Blandt tidlige forsøg på at indpasse kvanteteorien i atommodeller er Nicholsons planetmodel blevet undersøgt af McCormach (150) og Haas' version af Thomsonmodellen er blevet kommenteret af Hermann (151).

§ 13. KVANTEMEKANIKKEN, CA. 1924 - 1928

Den bølgemekaniske indgang til kvantemekanikken, de Broglie-Schrödingers programmet, er blevet historisk kommenteret ret hyppigt, formentligt fordi den er mere overskuelig og mindre fremmedartet end Göttingen- og Dirac-indgangene, der allerede dengang blev anklaget for mangel på "Anschaulichkeit".

Den bedste og mest omfattende historiske analyse skyldes Gerber (152), der har studeret både de Broglies og Schrödingers indsats; også Jammers bidrag herom er af høj kvalitet. De Broglies teori er blevet grundigt studeret flere andre steder (153), og dele af hans berømte disputats fra 1923 er blevet oversat til engelsk (154). Overgangen fra de Broglies teori til Schrödingers bølgemekanik er behandlet af

Scott i hans biografi over Schrödinger (154) samt af Klein (155). Forman og Raman (156) har argumenteret for, at netop Schrödingers intellektuelle og faglige baggrund gjorde ham til en naturlig efterfølger af de Broglie. En gennemgang af de Broglies og Schrödingers teorier, der specielt lægger vægt på deres baggrund i de klassiske formuleringer af optik og mekanik gennem variationsprincipper, findes i en interessant bog af Mandelstam og Yourgraw (157). Om Schrödingerteoriens udvikling og betydning efter 1926 findes kun lidt litteratur; Kragh (158) har henledt opmærksomheden på teoriens manglende relativistiske overensstemmelse og de deraf følgende problemer.

Næsten al historisk litteratur om kvantemekanikken beskæftiger sig udelukkende med teorien (hvilket ikke er så urimeligt, som det umiddelbart kan lyde: eksperimentalfysikken spillede kun en beskedent rolle i udviklingen). Den eksperimentelle påvisning af partikel-bølger, der gav en slags verifikation af de Broglies og Schrödingers opfattelse, er fremhævet historisk i et par studier (159).

Mht matrixmekanikken er den bedste historiske indgang stadigvæk van der Waerdens bog (20). Den såkaldte Bohr-Kramers-Slater teori, som knap var blevet fremsat før den igen blev forkastet, men som alligevel var af stor betydning for kvantemekanikkens fødsel, er blevet fremdraget af van der Waerden, af Jammer og af Stuewer i deres allerede nævnte bøger. Cropper (160) har skrevet en god semi-historisk bog om kvantemekanikken, der giver en klar gennemgang af både bølge- og matrixmekanikken. Der findes iøvrigt ikke noget detaljeret studium af matrixmekanikkens historie 1923 - 1926, men et par skitser er til rådighed (161).

Diracs udformning af kvantemekanikken, der forløb uafhængig af Göttingenskolens program, er blevet kommenteret af Mehra (162) og af Dirac selv (163), men mangler endnu en kritisk historisk behandling. Diracs første ansats til en kvanteelektrodynamik er blevet studeret af Jost (164) og, i et mere historisk perspektiv, af Bromberg (165).

I 1926 viste Schrödinger, hvordan hans egen teori og matrixmekanikken, på trods af deres åbenbare uligheder, i virkeligheden blot var forskellige udtryk for samme teori. Denne ækvivalens findes behandlet hos Jammer og hos Scott, mens van der Waerden (166) har vist, hvorledes Pauli forstod sagens rette sammenhæng endnu før Schrödingers resultat.

Indførelsen af spinhypotesen i kvanteteorien er dels behandlet af van der Waerden i en gennemgang af Paulis arbejder (167) og er dels blevet retrospektivt kommenteret af Goudsmit og Uhlenbeck (168), spinhy-

pothesens ophavsmænd. Stern-Gerlach eksperimentet fra 1921 og senere forsøg i samme tradition til bestemmelse af spin og magnetiske momenter er blevet historisk-retrospektivt gennemgået af Estermann (169).

Usikkerhedens historie findes kort fortalt i en artikel af Kurdrawzew (170) og mere udførligt i Jamers bog.

§ 14. KVANTE- OG ATOMFYSIK EFTER CA. 1928

Den teoretiske fysiks 'gyldne periode' kan siges at slutte o. 1928, det år hvor Dirac formulerede sin relativistiske teori for elektronen. Diracs teori er iøvrigt ikke blevet udsat for en selvstændig historisk analyse endnu. Udviklingen efter 1928 var dels præget af en videreudvikling af teoretiske aspekter i kvantemekanikken (kvantefeltteori, gruppeteoretiske metoder, orbitalteori m.v.), dels af fortolkningsproblemer og dels af en kraftig udvikling i studiet af atomkernen med en begyndelse på det, der senere blev til elementarpartikelfysikken. Mange områder i denne udvikling er kun blevet sporadisk behandlet af fysikhistorikere, formentligt fordi perioden føles som en begrebsmæssig afmatning ovenpå den heroiske fase o. 1924 - 1928. For en diskussion af kernefysikkens historiografi og forslag til videre historisk forskning kan henvises til en AIP konference (171) med bidrag af bl.a. Kuhn, Holton, Wheeler og Weisskopf.

Den første succesfulde anvendelse af kvantemekanikken på atomkernen, α -radioaktivitet forklaret ved tunneleffekt, er blevet mindet af Condon (172) og af Gamow (173), der begge fremsatte tunnelteorien i 1929. Kernefysikkens udvikling omkring neutronens opdagelse i 1932 har været genstand for flere historiske studier. En kort oversigt over kernefysikkens historie mellem Rutherford's kernemodell og neutronens opdagelse er givet af Purcell (174). Opdagelsen af neutronen er bl.a. beskrevet af Feather (175), som også har lavet et interessant studium over kernefysikkens forhistorie (176), hvor han især ser på tidlige spekulationer over kerne- og neutronbegrebet (neutronen optræder i litteraturen fra 1899!). Neutronens indflydelse på kernefysikken i starten af trediverne er blevet kort fortalt af Segré (177), der især koncentrerer sig om de italienske bidrag (især Fermi og Segré selv). Af større historisk kvalitet er Brombergs studier over neutronens rolle for den tidlige kerneteori, især Heisenberg, og neutronbegrebets situation i kvantefysikken omkring 1930, (178). Bromberg har også forfattet en artikel om pardannelsens historie (179), hvori Diracs hul-teori fra 1930 kort di-

skuteres, og hvor pardannelses/annihilations-begrebet følges tilbage til århundredskiftet; Bromberg viser, at i modsætning til hvad fysikere almindeligvis tror, var disse begreber bredt anerkendt mange år før Diracs teori.

Blandt historiske bidrag til den senere kernefysik kan nævnes Wheelers beretning om væskedråbemodel o.l. (180), således som den blev udviklet omkring 1938 af Bohr og Wheeler selv, samt en skitse af Wigner (181) over samme emne. Af nyere kernemodeller har skalteorien fundet sin historiker i Zacharias (182), der har fulgt den tilbage til begyndelsen af trediverne. Begrebet isospin, der blev centralt i den senere kernefysik, er blevet analyseret historisk af Raschke (183) og ført tilbage til Heisenbergs 1932 teori for atomkernen.

Fissionsprocessen er mest blevet gjort til genstand for halv-populær historisk interesse i forbindelse med atombombens udvikling. Bidrag af større fysikhistorisk relevans er givet af bl.a. Graetzer (184) og af Sparberg (185).

Mht de efter 1932 fundne elementarpartikler og den hermed forbundne teori, findes der studier over neutrinoen, 'mesonen' og positronen. Anderson, der eksperimentelt påviste positronen, har berettet om dette og andre tidlige arbejder (186). Af stor videnskabshistorisk interesse er filosofen Hansons dybtgående analyse af positronens opdagelse og dens baggrund i Diracs teori, (187). Denne analyse benyttes bl.a. til nogle videnskabsteoretiske overvejelser og til at aflive den ukritiske myte om at 'Dirac forudsagde positronen teoretisk, hvorefter den blev fundet eksperimentelt'.

Neutrinoens historie er blevet kommenteret af bl. a. Wu (188) og af Pauli (189), der som den første antog eksistensen af en neutrino i forbindelse med β -henfald. Brown (190) har skrevet en artikel om neutrinoegrebet udvikling fra Pauli til Fermi. I et videnskabsteoretisk perspektiv har Leplin (191) undersøgt neutrinohistorien som et eksempel på en *ad hoc* hypotese, indført for at forklare en eksperimentel anomali; dette sker som led i en undersøgelse af den generelle karakter af *ad hoc* hypoteser. Til yderligere studier i neutrinoens historie har Lederman (192) kommenteret de vigtigste trykte kilder.

Yukawas teoretiske forudsigelse af 'mesonen' i 1935 og den rolle som mesonerne spillede i tredivernes og fyrrernes kerneteori er blevet detaljeret undersøgt af Mukherji (193). Som bekendt viste Yukawa-partiklen sig ikke at være den i 1937 opdagede meson (myonen, der i dag ikke kaldes en meson, men en lepton), men

blev først identificeret i 1947; Mukherji fører sin undersøgelse frem til og med pionens eksperimentelle opdagelse. Mesonernes historie er også blevet mindet af Rosenfeld (194) og af Yukawa selv (195). For udforskningen af den kosmiske stråling, der indtil de store accelerators tid var hovedkilden til information om nye partikler, findes en enkelt historisk artikel (196).

Endelig er den kvantemekaniske beskrivelse af partikler med vilkårligt spin ved en første ordens bølgeligning (s.k. Bhabha-ligning) blevet detaljeret undersøgt i en blanding af historisk og teknisk oversigt (197), der hovedsagelig har interesse for højenergifysikere.

§ 15. ANDRE OMRÅDER AF FYSIKKEN

Fysikhistorien har i langt overvejende grad koncentreret sig om de store skelsættende teorier og eksperimenter, 'milepælene', i og omkring atomfysikken. Andre områder, af mindre glamorøs karakter, har kun nydt meget begrænset historisk interesse; dette gælder fx de områder, der har virket som tekniske hjælpemidler i den fysiske forskning eller som har været baggrund for teknologiske innovationer. De følgende henvisninger til 'andre områder' bliver kun få og spredte.

Supraledning, der har spillet en afgørende rolle i moderne fysik og som synes at have vidtrækkende teknologiske muligheder, er blevet beskrevet historisk af Bardeen (198), nobelpristager på området, samt af Casimir (199). Til studier i supraledningens historie findes endvidere en bibliografisk vejledning i AIP's resource letter serie (200).

Casimir har givet en kort oversigt over faststoffysikkens udvikling fra Nernst til transistoren (201). En god og meget mere omfattende beretning om den faststoffysiske teoris udvikling er givet af Slater (202), der i semi-historisk form har fulgt udviklingen af faststofforskningen fra 1923 til ca. 1973, specielt de mange områder hvor Slater selv har givet bidrag til.

I den serie historiske afhandlinger som Brush har skrevet om den statistiske atomfysik findes også bidrag om teorien for interatomare kræfter (203) og om Lenz-Ising modellen for magnetiske faseovergange (204).

Den kemiske bindings natur er et grænseområde mellem kemi og fysik, hvis historiske udvikling i dette århundrede er blevet nøje undersøgt af især Kohler i et par afhandlinger (205). Kohler har specielt undersøgt Lewis' og Langmuirs statiske elektronteorier for

den covalente binding. Saltzmann (206) har givet en historisk kommentar til J.J.Thomsons syn på den kemiske binding, der var i samme tradition som Lewis-Langmuir modellen. Der findes endvidere monografier over valensteoriens udvikling (207), som også kan studeres oversigtsmæssigt gennem kemihistoriske standardværker (208). Af andre kemiske aspekter af fysikhistorisk interesse er især opdagelsen af grundstoffer i dette århundrede via fysiske metoder, og det periodiske system som systematisering af grundstoffernes elektronstruktur. Som værdifulde indgange til disse emner kan anbefales værker af hhv Weeks (209) og van Spronsen (210). Specialstudier over grundstofopdagelser er foretaget for hafnium (211) og for actinium (212).

Jeg har i denne oversigt ikke medtaget teknologiske aspekter af fysikken (fx transistorens udvikling, laseren, kerneteknologi). Aspekter af fysikkens teknologihistorie kan findes gennem de løbende bibliografier i teknologiens historie (213).

§ 16. FILOSOFISKE OG SOCIOLOGISKE ASPEKTER

I det meste af den hidtil nævnte litteratur er fysikken, fortrinsvis i form af case-studies, blevet beskrevet ud fra, hvad man kan kalde et internt fysikhistorisk perspektiv: fysikkens interne udvikling undersøges primært for dens egen skyld. Men i nogle tilfælde kan der være tale om historiske undersøgelser set i et specielt perspektiv eller af et specielt aspekt, fx af sociologisk eller filosofisk interesse. Disse undersøgelser er fysikhistorie i den grænse hvor den tenderer mod vidensskabssociologi, videnskabsteori eller andre meta-discipliner. Det er ikke muligt at trække en skarp grænse mellem denne tendens og de tidligere nævnte, mere snævert fysikhistoriske, undersøgelser. Jeg har allerede bemærket, at flere af disse har en filosofisk eller sociologisk orientering. Jeg skal nu nævne nogle arbejder, der er kendetegnet enten ved at behandle fysikhistoriske emner i et klart metaperspektiv eller ved at fokusere på udprægede grænseområder af den moderne fysiks udvikling.

Der findes en enorm litteratur om 'kvantefilosofi' og fortolkning af kvantemekanikken, emner der har været yndlingsstof i angelsaksisk videnskabsfilosofi siden trediverne; men denne litteratur er overvejende af ikke-historisk, og ofte ahistorisk, art. En fremragende og dybtgående behandling af kvantefilosofiens historie findes i et værk af Jammer (214), hvori der også findes righoldige referencer. Jammer behandler ikke blot traditionelle emner som usikkerhedsrelation,

komplementaritet og fuldstændighed, men giver også en detaljeret behandling af de forskellige teorier for s.k. skjulte variable (Bohm m.fl.). Jammers to bøger giver, sammen med en oversigtsartikel i *Am. J. Phys.* (215), rige muligheder for videre studier. Et andet værdifuldt værk er Meyer-Abichs tidligere nævnte studie over centrale begreber i kvantemekanikkens udvikling (216). Af specielle arbejder i kvantefilosofiens historie bør nævnes et essay af Holton om komplementaritetsprincippet historie (217), samt Kleins undersøgelse af kontroversen mellem Einstein og Bohr om kvantemekanikkens fortolkning (218).

For relativitetsteoriens vedkommende har de historisk-filosofiske studier mere haft en videnskabs-teoretisk end en egentlig filosofisk orientering. Det er ikke relativitetsteoriens fortolkning, men dens historiske opkomst, der har påkaldt sig interesse, således som tidligere anført (§9). Schaffner (219) har formuleret en logik for teoriens (u-)sammenlignelighed på basis af Einsteins og Lorentz-Poincarés formelt identiske teorier og argumenterer for den filosofiske analyses betydning i videnskabshistorien. Leplin (220) har brugt materialet til at foreslå en teori for *ad hoc* hypoteser. Grünbaum (221) har betvivlet *ad hoc* karakteren af Lorentz' teori og har argumenteret imod især Holtons version af relativitetsteoriens skabelse (cf §9). Grünbaum argumenterer bl. a. for -som Schaffner- at historiske undersøgelser á la Holton ikke er tilstrækkelige til opnåelse af erkendelse om fysikkens udvikling, men at dette også kræver en filosofisk forståelse. En gennemgang af Holton-Grünbaum diskussionen findes hos Gutting (222), der afviser at Einsteins skabelse af relativitetsteorien skulle være et eksempel på 'private oplevelsers' afgørende rolle i videnskabelig kreativitet. Zahar (223) har sammenlignet Lorentz' og Einsteins forskningsprogrammer, der rekonstrueres ud fra det af Lakatos foreslåede skema for videnskabsudvikling. Mindre detaljeret har også Lakatos selv (224) kommenteret relativitetsteorien og har desuden eksemplificeret sin videnskabsteoretiske opfattelse med nogle interessante henvisninger til Bohrs 1913 teori, Lummer-Pringsheim eksperimenterne og teorien for β -henfald.

Plancks teori for virkningskvantet er det eksemplariske grundlag for en model for videnskabsudvikling, foreslået af Gutting (225), og McMullin har forsøgt at drage nogle videnskabsteoretiske konsekvenser af Bohrs atomteori (226).

Det ideologiske og politiske misbrug af fysikkens teorier har været mest markant i forbindelse med totalitære stater. Relativitetsteoriens omskiftelige

situation i tyvernes USSR, hvor den en tid var *theoria non grata*, er emnet for et par østtyske bøger (227). En lignende skæbne overgik dele af kvantemekanikken, der blev erklæret reaktionær og umaterialistisk; en introduktion til fysikkens udvikling i tyvernes og tredivernes USSR kan fås gennem standardværker af fx Graham (228) og Joravsky (229), der begge giver udførlige bibliografier. Tilsvarende tendenser i Nazi-Tyskland er fornylig blevet behandlet af Beyerchen (230), der interesserer sig for det tyske fysikersamfunds forhold til nazismen og dens ideer om 'arisk fysik' o.l.

Feuer har forsøgt at udvikle den kulturhistoriske og sociale baggrund for Einsteins relativitetsteori (231) og for dele af kvanteteorien (232), idet det er hans ambition at vise hvorledes kulturelle og socialpsykologiske faktorer afgørende har påvirket skabelsen af den moderne fysik. I den forstand, at der her søges efter årsager og motiver til fysikkens udvikling, som ligger uden for den fysiske forsknings interne rammer, kan Feuers bidrag betegnes som eksterenalistiske. Det samme kan siges om Formans imponerende studium i den teoretiske fysiks socio-kulturelle baggrund i Weimarperiodens Tyskland (233). Heri viser Forman, hvorledes de tyske fysikere reagerede på tidens intellektuelle strømninger og hvorledes dette satte sig spor i såvel fysikkens interne ideologi som i den faktiske udformning og fortolkning af bl.a. kvanteteorien.

Forman har også beskrevet Weimar-fysikkens sociale og politiske situation, og har specielt behandlet den indflydelse, som den tabte krig havde på de tyske fysikers ideologi og arbejdsvilkår (234). Videnskabens, ikke specielt fysikkens, internationale politiske situation under og efter første verdenskrig, herunder boykotten af tysk videnskab, er også emnet for Kevles (235) og Schröder-Gudehus (236). Af øvrige sociologiske studier i fysikkens historie er der bidrag til den gradvise overførsel af den nye fysik fra Europa til USA (237) og til kernefysikkens situation i tredivernes Japan (238).

Endelig har Forman et.al. (239) foretaget en omfattende empirisk undersøgelse af fysikkens sociale og økonomiske situation i Tyskland ved starten af dette århundrede. En tilsvarende undersøgelse, der lægger vægten på uddannelsesforhold, er lavet af Pyenson og Skopp (240).

REFERENCER

- (1) En god og letlæst introduktion til videnskabs-historiografiens udvikling og vigtigste problemer kan findes i Open University, *The historical perspective*, London 1973, pp.1-39.
- (2) T.S.Kuhn, *Videnskabens revolutioner*, København 1973, pp.151-152.
- (3) E.T.Whittaker, *A history of the theories of aether and relativity*, vol. 1-2, London 1953.
- (4) A.d'Abro, *The rise of the new physics*, vol.1-2, New York 1939 (Dover edition 1951).
- (5) Fx:
 - (5a) A.Einstein og L.Infeld, *Det moderne verdensbillede*, København 1963.
 - (5b) L.de Broglie, *The revolution in physics*, New York 1953.
 - (5c) G.P.Thomson, *Hvordan tænker fysikerne?*, København 1964.
 - (5d) G.Gamow, *Tredive år der rystede fysikken*, København 1968.
- (6a) F.Hund, *Geschichte der quantentheorie*, Mannheim 1968. Hund har også skrevet en mere omfattende fysikhistorie, fra oldtiden til 1970, der udmærker sig ved sin grundige behandling af dette århundredes fysik:
- (6b) F.Hund, *Geschichte der physikalischen begriffe*, Mannheim 1972.
- (7) M.Jammer, *The conceptual development of quantum mechanics*, New York 1966.
- (8) *Nobel laureates in physics*, Amsterdam 1964-67.
- (9) *Isis critical bibliography*, (årligt).
- (10) *Isis cumulative index 1913-1963*.
- (11) J.L.Heilbron, *Quantum historiography and the archive for history of quantum physics*, *Hist. Sci.*, 7(1968), 90-111.
- (12) S.G.Brush, (ed.), *Resources for the history of physics*, Hanover (New Hampshire), 1972.

- (13) K.B.Beaton og H.C.Bolton (eds.), *A german source-book in physics*, Oxford 1969.
- (14) A.Hermann (ed.), *Dokumente der Naturwissenschaft*, Stuttgart 1962- . Blandt bindene er:
bd.1, Max Born-Zur statistischen Deutung der Quantentheorie.
bd.2, Born/Heisenberg/Jordan: Zur Begründung der Matrizenmechanik.
bd.3, Schrödinger: Die Wellenmechanik.
bd.4, Heisenberg/Bohr: Die Kopenhagener Deutung der Quantentheorie.
bd.5, Bohr: Das Bohrsche Atommodell.
bd.6, Stark/Schwarzschild/Epstein: Der Stark-Effekt.
bd.7, Einstein: Die Hypothese der Lichtquanten.
bd.8, Einstein/Debye/Born/Karman: Zur spezifischen Wärme.
bd.9, Franck/Hertz: Die Elektronenstossversuche.
bd.10, Haas: Der erste Quantenansatz.
bd.11, Planck: Die Entstehung der Wirkungsquantum.
bd.12, Planck: Die Quantenhypothese.
- (15) C.W.Kilmister, *Special theory of relativity*, 1970.
D. ter Haar, *The old quantum theory*, 1967.
W.R.Hindmarsh, *Atomic spectra*, 1967.
D.M.Brink, *Nuclear forces*, 1965.
C.F.Bacon, *X-ray and neutron diffraction*, 1966.
G.Ludwig, *Wave mechanics*, 1968.
C.Strachan, *Theory of beta decay*, 1969.
A.P.Cracknell, *Applied group theory*, 1968.
I.E.McCarthy, *Nuclear reactions*, 1970.
Z.M.Galasiewicz, *Helium 4*, 1971.
- (16) R.T.Beyer (ed.), *Foundations of nuclear physics*, New York 1949.
- (17) S.Wright, *Classical scientific papers, physics*, London 1964.
- (18) T.J.Trenn (ed.), *Radioactivity and atomic theory*, London 1975.
- (19) A.Romer, *The discovery of radioactivity and transmutation*, New York 1964.
A.Romer, *Radiochemistry and the discovery of isotopes*, New York 1970.
- (20) B.L.van der Waerden, *Sources of quantum mechanics*, Amsterdam 1967.
- (21) S.Rosen (ed), *Selected papers on cosmic ray origin theories*, New York 1970.

- (22) J.Schwinger (ed.), *Selected papers on quantum electrodynamics*, New York 1958.
- (23) M.S.Livingstone (ed.), *The development of high energy accelerators*, New York 1966.
- (24) A.Einstein et.al., *The principle of relativity*, London 1923.
- (25) L.Pearce Williams, *Relativity theory: its origins & impact on modern thought*, New York 1968.
- (26) A.Fürth (ed.), *Albert Einstein: Investigations on the theory of the Brownian movement*, London 1926.
- (27) H.Kragh, *Atomteoriens historie belyst ved kildekrifter*, København 1973.
- (28) fx: M.P.Crosland (ed.), *The science of matter*, London 1971.
- (29) H.A.Boorse og L.Motz, *The world of the atom*, vol.1-2, New York 1966.
- (30) K.Przibram (ed.), *Schrödinger, Planck, Einstein, Lorentz. Briefe zur Wellenmechanik*, Wien 1963.
- (31) *Albert Einstein, Max Born: Briefwechsel 1916-1955*, Hamburg 1972.
Albert Einstein, Arnold Sommerfeld: Briefwechsel, Basel 1968.
- (32) L.Badash (ed.), *Rutherford and Boltwood: Letters on radioactivity*, New Haven 1969.
- (33) L.Badash (ed.), *Rutherford Correspondence Catalog*, Nat. Cat.Sources Hist.Phys., report no.3, AIP, New York 1975.
- (34) A.Hermann, *H.A.Lorentz- Praeceptor physicae, sein Briefwechsel mit dem deutschen Nobelpreisträger Johannes Stark*, Janus, 53(1966),99-114.
- (35) Niels Bohr, *Collected works*, vol.1-4, Amsterdam, 1968- , (vol.1-4 dækker tiden indtil 1924, de følgende bind er p.t. under udgivelse)
- (36) J.L.Heilbron, H.G.J.Moseley. *The life and letters of an english physicist 1887-1915*, Berkeley 1974.
- (37) T.S.Kuhn, J.L.Heilbron, P.Forman og L.Allen, *Sources for history of quantum physics*, Philadelphia 1967.
- (38) J.N.Warnow (ed.), *A selection of manuscript collections at american depositories*, Nat.Cat. Sources Hist.Phys., report no.1, AIP, New York 1969.

- (39) A. Sommerfeld, *Gesammelte Schriften*, vol.1-4, Braunschweig 1968
Oeuvres scientifiques de Paul Langevin, Paris 1950.
M. Born, *Ausgewählte Abhandlungen*, vol.1-2, Göttingen 1963.
P. Ehrenfest, *Collected scientific papers*, Amsterdam 1959.
The collected papers of Peter J.W. Debye, New York 1954.
H.A. Kramers, *Collected scientific papers*, Amsterdam 1956.
The collected papers of lord Rutherford of Nelson, vol.1-3 London, 1962-65.
E. Fermi, *Collected papers*, vol.1-2, Chicago 1962-65.
M. Planck, *Physikalische Abhandlungen und Vorträge*, vol.1-3 Braunschweig 1958.
M. von Laue, *Gesammelte Schriften und Vorträge*, vol.1-3, Braunschweig 1961.
A.H. Compton, *Scientific papers*, Chicago 1973.
- (40) A. Hermann, *Lexikon Geschichte der Physik*, Köln 1971.
Modern Men of Science, vol.1-2, New York 1966.
C.C. Gillispie (ed.), *Dictionary of scientific biography*, vol.1-8, New York 1970- .
- (41) B. Cline, *The questioners*, New York 1965.
F. Herneck, *Bahnbrecher des Atomzeitalters*, Berlin 1970.
- (42) M.J. Klein, *Paul Ehrenfest*, vol.1, New York 1970.
- (43) ref. 36.
- (44) C. Seelig, *Albert Einstein*, London 1956.
P. Frank, *Einstein, his life and times*, New York 1947.
B.G. Kuznetsov, *Einstein*, Moskva 1965.
B. Hoffmann, *Albert Einstein*, New York 1972.
- (45) A.S. Eve, *Rutherford*, New York 1939.
N. Feather, *Lord Rutherford*, London 1940.
E.N. Andrade, *Rutherford and the nature of the atom*, New York 1964.
- (46) O. Glasser, *Wilhelm Conrad Röntgen und die Geschichte der Röntgenstrahlen*, Berlin 1959.
W.R. Nitske, *The life of Wilhelm Conrad Röntgen, discoverer of the X-ray*, Tucson (Arizona), 1971.
B. Dibner, *Wilhelm Conrad Röntgen and the discovery of X-rays*, New York 1968.
- (47) R.J. Strutt, *J.J. Thomson*, Cambridge 1942.
G.P. Thomson' *J.J. Thomson- discoverer of the electron*, New York 1966 (identisk med *J.J. Thomson and the Cavendish Laboratory*, London 1964).

- (47) M. Howorth, *The life story of Frederick Soddy*, London 1958.
R. Moore, *Niels Bohr*, København 1969.
S. Rozental (ed.), *Niels Bohr*, København 1964.
E. Segré, *Enrico Fermi, physicist*, Chicago 1970.
L. Fermi, *Atoms in the family*, Chicago 1974.
P. Latil, *Enrico Fermi, the man and his theories*, New York 1966.
E. Curie, *Madame Curie*, København 1959.
A. Ivimey, *Marie Curie; pioneer of the atomic age*, New York 1969.
U. Benz, *Arnold Sommerfeld*, Stuttgart 1975.
G. Hartmann, *Max Planck als Mensch und Denker*, Thun 1953.
M. Brown, *Satyen Bose: a life*, Calcutta, 1974.
W. T. Scott, *Erwin Schrödinger, an introduction to his writings*, Amherst (Mass.) 1967.
A. Rosenfeld, *The quintessence of Irving Langmuir*, Oxford 1966.
H. Childs, *An American genius: the life of Ernest Orlando Lawrence, father of the cyclotron*, New York 1968.
M. Goldsmith, *Frédéric Joliot-Curie, a biography*, London 1976.
- (48) J. J. Thomson, *Recollections and reflections*, London 1936.
The autobiography of Robert A. Millikan, Englewood Cliffs 1950.
A. Einstein, *Autobiographical Notes*, pp. 1-95 i P. Schilpp (ed.) *Albert Einstein, philosopher-scientist*, New York 1959.
M. Planck, *Wissenschaftliche Selbstbiographie*, Leipzig 1948.
W. Wien, *Aus dem Leben und Wirken eines Physikers*, Leipzig 1930.
M. Born, *Physik im Wandel meiner Zeit*, Braunschweig 1966.
A. F. Joffe, *Begegnungen mit Physikern*, Basel 1967.
O. Hahn, *Vom Radiothor zur Uranspaltung*, Braunschweig 1962.
G. Gamow, *My Worldline. An informal autobiography*, New York, 1970.
W. Heisenberg, *Del og helhed*, København 1971.
P. A. M. Dirac, *Recollections of an exciting era*, pp. 109-146 i C. Weiner (ed.), *History of twentieth century physics*, New York 1977.
- (49) W. Pauli (ed.), *Niels Bohr and the development of physics*, New York 1955.
Festskrift til Niels Bohr, Fys. Tids., 1955.
M. Fierz og V. F. Weisskopf, *Theoretical physics in the twentieth century. A memorial volume to Wolfgang Pauli*, New York 1960.

- (49) F.Bopp (ed.), *Werner Heisenberg und die Physik unserer Zeit*, Braunschweig 1961.
Louis de Broglie, physicien et penseur, Paris 1953.
Louis de Broglie, sa conception du monde physique, Paris 1973.
A.Salam and P.Wigner (eds.), *Aspects of quantum theory*, (dedicated to Dirac), Cambridge 1972.
J.Mehra (ed.), *The physicists conception of nature*, (dedicated to Dirac), Dordrecht 1973.
- (50) W.C.Price et.al.(eds.), *Wave mechanics: the first fifty years*, New York, 1973.
- (51) H.A.Lorentz, *The theory of electrons*, New York 1909.
- (52) A.Sommerfeld, *Atombau und Spektrallinien*, Braunschweig 1919. Der findes udgaver fra 1921, 1924, 1929, 1939.
- (53) *Handbuch der Physik*, Berlin 1929 og andre udgaver.
- (54) A.E.Ruark og H.C.Urey, *Atoms, molecules and quanta*, vol. 1-2, New York 1930.
- (55) M.Born, *Vorlesungen über Atommechanik*, Göttingen 1925.
- (56) J.H.van Vleck, *Quantum principles and line spectra*, Bull.Nat.Res.Council, 54(1926), 1-316.
- (57) G.Gamow, *Constitution of atomic nuclei and radioactivity*, Oxford 1931.
- (58) M.Siegbahn, *Spektroskopie der Röntgenstrahlen*, Berlin 1925.
- (59) E.Rutherford, *Radio-activity*, Cambridge 1904.
E.Rutherford, *Radioactive transformations*, New York 1906.
- (60) G.N.Lewis, *Valence*, New York 1923.
- (61) J.J.Thomson, *The corpuscular theory of matter*, London 1907.
- (62) O.Lodge, *Electrons*, Cambridge 1900.
- (63) R.A.Millikan, *The electron*, Chicago 1917.
- (64) cf. J.Mehra, *The Solvay conferences on physics*, Dordrecht 1975, hvor henvisninger til de enkelte kongresrapporter kan findes.
- (65) A.Hermann, *Das Jahr 1913 und der zweite Solvay-kongress*, Phys.Blätter, 19(1963), 453-462.
N.Bohr, *Solvay-moderne og kvantefysikkens udvikling*, pp.101-126 i *Atomfysik og menneskelig erkendelse*, vol.II, København 1964.

- (65) M.de Broglie, *Les premiers congres de physique Solvay*, Paris 1951.
- (66) især i *Ergebnisse d. Exakten Naturwissenschaften*, (1(1922)).
- (67) L.S.Swenson, *The ethereal ether*, Austin (Texas) 1972.
- (68) K.F.Schaffner, *Nineteenth-century aether theories*, Oxford 1972.
- (69) Whittaker, ref.3.
A.M.Bork, *The 'FitzGerald' contraction*, *Isis*, 57(1966), 199-207.
S.G.Brush, *Note on the history of the FitzGerald-Lorentz contraction*, *Isis*, 58(1967), 230-232.
R.McCormach, *H.A.Lorentz and the electromagnetic view of nature*, *Isis*, 61(1970), 459-497.
R.McCormach, *Einstein, Lorentz and the electron theory*, *Hist.St.Phys.Sci.*, 2(1970), 41-87.
- (70) G.Holton, *Einstein, Michelson and the 'crucial' experiment*, *Isis*, 60(1969), 133-197.
G.Holton, *Einstein and the 'crucial' experiment*, *Am.J.Phys.* 37(1969), 10-
L.S.Swenson, *The Michelson-Morley-Miller experiments before and after 1905*, *J.Hist.Astr.*, 1(1970), 56-78.
R.S.Shankland, *Michelson-Morley experiment*, *Am.J.Phys.*, 32(1964), 16-35.
R.S.Shankland, *The Michelson-Morley experiment*, *Sci.Am.*, nov.1964, 107-115.
R.S.Shankland, *Michelson's role in the development of relativity*, *Applied Optics*, 12(1973), 2280-2287.
B.Jaffe, *Michelson and the speed of light*, New York 1960.
H.Kragh, *Om relativitetsteoriens oprindelse*, *Gamma*, no. 7, 1971, 3-20.
- (71) især i *Am.J.Phys.*, op.cit.
- (72) G.Holton, *Thematic origins of scientific thought*, Cambridge (Mass.), 1973. Indeholder bl.a. Isis-artiklen, op.cit.
- (73) G.Holton, *Poincaré and relativity*, pp.185-196 ref. 72.
R.McCormach, *Einstein, Lorentz and the theory of relativity*, *Am.J.Phys.*, 35(1967), 934-944.
C.Scribner, *Henri Poincaré and the principle of relativity*, *Am.J.Phys.*, 32(1964), 672-678.
C.Cuvaj, *Paul Langevin and the theory of relativity*, *Jap.St.Hist.Sci.*, 10(1971), 113-142.

- (73) S.Goldberg, *Henri Poincaré and Einstein's theory of relativity*, *Am.J.Phys.*, 35(1967), 934-944.
S.Goldberg, *Poincaré's silence and Einstein's relativity*, *Br.J.Hist.Sci.*, 5(1970), 73-84
- (74) A.I.Miller, *A study of Henri Poincaré's 'Sur la dynamique de l'Électron'*, *Arch.Hist.Ex.Sci.*, 10(1973), 207-328.
- (75) Bortset fra indholdet i ovennævnte skrifter kan nævnes:
T.Hirosige, *The ether problem, the mechanistic worldview, and the origins of the theory of relativity*, *Hist.St.Phys.Sci.*, 7(1976), 3-83-
T.Hirosige, *A consideration concerning the origin of the theory of relativity*, *Jap.St.Hist.Sci.*, 4(1964), 117-122.
T.Hirosige, *Theory of relativity and the ether*, *Jap.St.Hist.Sci.*, 7(1968),
G.Holton, *Mach, Einstein and the search for reality*, pp. 219-261 i ref. 72, op.cit.
G.Holton, *Influences on Einstein's early work in relativity theory*, *Organon*, 3(1966), 225-244.
G.Holton, *On the origins of the special theory of relativity*, *Am.J.Phys.*, 28(1960), 627-636.
G.H.Keswani, *Origin and concept of relativity*, *Br.J.Phil.Sci.*, 15(1965), 286-306 og 16(1966), 19-33.
A.I.Miller, *The physics of Einstein's relativity paper of 1905 and the electromagnetic world picture of 1905*, *Am.J.Phys.*, 45(1977), 1040-1049.
A.I.Miller, *On Einstein's light quanta, radiation and relativity in 1905*, *Am.J.Phys.*, 44(1976), 912-924.
- (76) S.Goldberg, *In defense of ether: the British response to Einstein's special theory of relativity*, *Hist.St.Phys.Sci.*, 2(1970), 89-125.
- (77) S.Goldberg, *Max Planck's philosophy of nature and his elaboration of the special theory of relativity*, *Hist.St.Phys.Sci.*, 7(1976), 125-161.
- (78) C.Møller, *Relativistic thermodynamics: A strange incident in the history of physics*, *Kgl.Da.Vid.Selsk.Mat.Fys.Medd.*, 36,1,(1967), 1-27.
- (79) M.A.Tonnelat, *Histoire du principe de relativité*, Paris 1971.
- (80) ref.3, op.cit., vol.2, ch.5.
- (81) M.Jammer, *Concepts of space*, Cambridge(Mass.), 1969.

- (82) J. Mehra, *Einstein, Hilbert and the theory of gravitation: Historical origins of general relativity*, Dordrecht 1975. En tidligere, og kortere, version af Mehra's bog findes under samme titel i Mehra(ed.), ref. 49, op.cit., pp. 92-178.
- (83) *Entstehung, Entwicklung und Perspektiven der Einsteinschen Gravitationstheorie*, Berlin(DDR), 1966.
- (84) H. Kangro, *Vorgeschichte des Planckschen Strahlungsgesetzes*, Wiesbaden 1970.
- (85) A. Hermann, *Frühgeschichte der Quantentheorie*, Mosbach in Baden, 1969.
- (86) E. Garber, *Some reactions to Planck's law, 1900-1914*, St.Hist.Phil.Sci., 7(1976), 89-126.
- (87) T.S. Kuhn, *Black-body theory and the quantum discontinuity, 1894-1912*, Oxford 1978.
- (88) L. Rosenfeld, *La premiere phase de l'évolution de la théorie de quanta*, Osiris, 2(1936), 149-196.
- (89) M.J. Klein, *Planck, Entropy and Quanta, 1901-1906*, Nat.Phil., 1(1962), 81-109.
M.J. Klein, *M. Planck and the beginning of the quantum theory*, Arch.Hist.Ex.Sci., 1(1962), 459-479.
M.J. Klein, *Thermodynamics and quanta in Planck's work* Phys.Today, 19(1966), 23-32.
M.J. Klein, *The beginnings of the quantum theory*, pp.1-39 i Weiner(ed.), ref. 48 op.cit. Se endvidere:
L. Rosenfeld, *Max Planck et la définition statistique de l'entropie*, pp. 203-211 i B.Kockel(ed.), *Max Planck Festschrift 1958*, Berlin 1958.
R. McCormach, *Henri Poincaré and the quantum theory*, Isis, 58(1967), 37-55.
- (90) M.J. Klein, *Einstein's first paper on quanta*, Nat.Phil., 2(1963), 57-87.
M.J. Klein, *Thermodynamics in Einstein's thought*, Science, 157(1967), 509-516.
- (91) M. Strauss, *Max Planck and the rise of quantum theory*, pp. 23-61 i M. Strauss, *Modern physics and its philosophy*, Dordrecht 1972.
- (92) R.H. Stuewer, *The Compton effect: turning-point in physics*, New York 1975. Se endvidere:
A.A. Bartlett, *Compton effect; historical background*, Am.J.Phys., 32(1964), 120-127.

- (93) R.H.Stuewer, *Non-Einsteinian interpretations of the photoelectric effect*, pp. 246-264 i *Minn.St.Phil.Sci.*, 5(1970).
- (94) R.McCormmach, *J.J.Thomson and the structure of light*, *Br.J.Hist.Sci.*, 3(1967), 362-387.
- (95) R.H.Stuewer, *G.N.Lewis on detailed balancing, the symmetry of time, and the nature of light*, *Hist.St.Phys.Sci.*, 6(1975), 469-513.
- (96) M.J.Klein, *Einstein and wave-particle duality*, *Nat.Phil.*, 3(1964), 3-49.
- (97) P.A.Hanle, *The coming of age of Erwin Schrödinger: his quantum statistics of ideal gases*, *Arch.Hist.Ex.Sci.*, 17(1977), 165-192.
- (98) S.G.Brush, *A history of random processes*, *Arch.Hist.Ex.Sci.*, 5(1968), 1-36.
- (99) S.G.Brush, *The kind of motion we call heat*, vol. 1-2, Amsterdam 1976.
- (100) W.McGucken, *Nineteenth-century spectroscopy: Development of the understanding of spectra 1802-1897*, Baltimore 1969.
- (101) L.Banet, *Balmer's manuscripts and the constitution of his series*, *Am.J.Phys.*, 38(1970), 821-828.
- (102) H.Dingle, *A hundred years of spectroscopy*, *J.Br.Soc.Hist.Sci.*, 1(1962), 199-216.
- (103) S.Nisio, *From Balmer to the combination*, *Jap.St.Hist.Sci.*, 5(1966), 50-75.
- (104) G.K.T.Conn og H.D.Turner, *The evolution of the nuclear atom*, London 1965.
- (105) C.Behrens, *Atomic theory from 1904 to 1913*, *Am.J.Phys.*, 11(1943), 60-66.
The early development of the Bohr theory, *ibid.*, 135-147.
Further developments of Bohr's early atomic theory, *ibid.*, 272-281.
- (106) L.S.Polak, *Die Entstehung der Quantentheorie des Atoms*, pp. 226-242 i G.Harig(ed.), *Sowjetische Beiträge zur Geschichte der Naturwissenschaft*, Berlin(DDR), 1960.
- (107) J.L.Heilbron, *Lectures on the history of atomic physics 1900-1922*, pp. 40-108 i Weiner(ed.), ref. 48 op.cit.
- (108) J.L.Heilbron og T.S.Kuhn, *The genesis of the Bohr atom*, *Hist.St.Hist.Sci.*, 1(1969), 211-290.

- (109) U.Hoyer, *Die Geschichte der Bohrschen Atomtheorie*, Weinheim 1974.
- (110) U.Hoyer, *Über die Rolle der Stabilitätsbetrachtungen in der Entwicklung der Bohrschen Atomtheorie*, *Arch.Hist.Ex.Sci.*, 10(1973), 177-206.
- (111) L.Rosenfeld, *Introduction*, pp. X-LIII, i N.Bohr, *On the constitution of atoms and molecules*, København, 1963.
- (112) T.Hirosige og S.Nisio, *The genesis of the Bohr atom and Planck's theory of radiation*, *Jap.St.Hist.Sci.*, 9(1970), 35-47.
T.Hirosige og S.Nisio, *Formation of Bohr's theory of atomic constitution*, *Jap.St.Hist.Sci.*, 3(1964), 6-29.
- (113) S.Nisio, *The role of chemical considerations in the development of the Bohr atom model*, *Jap.St.Hist.Sci.*, 6(1967), 26-40.
- (114) H.Kragh, *Chemical aspects of Bohr's 1913 theory*, *J.Chem.Ed.*, 54(1977), 208-211.
- (115) S.Nisio, *X-rays and atomic structure in the early stage of the old quantum theory*, *Jap.St.Hist.Sci.*, 8(1969), 55-75.
J.L.Heilbron, *The Kossel-Sommerfeld theory and the ring atom*, *Isis*, 58(1967), 451-482.
- (116) S.Nisio, *The formation of the Sommerfeld quantum theory of 1916*, 12(1973), *Jap.St.Hist.Sci.*, 117-134.
- (117) S.Tomonoga, *Quantum mechanics*, vol. 1, Amsterdam 1962.
- (118) E.Hylleraas, *Matematisk og teoretisk fysik*, vol.4, Oslo 1952.
- (119) P.Forman, *Alfred Landé and the anomalous Zeeman-effect*, *Hist.St.Phys.Sci.*, 2(1970), 153-262.
- (120) P.Forman, *The doublet riddle and atomic physics circa 1924*, *Isis*, 59(1968), 156-174.
- (121) K.M.Meyer-Abich, *Korrespondenz, Individualität und Komplementarität*, Wiesbaden, 1965.
- (122) H.Kragh, *Bohr's theory of the periodic system and the discovery of hafnium*, *Hist.St.Phys.Sci.*, 10(1978).
- (123) L.Badash, *Radioactivity before the Curies*, *Am.J.Phys.*, 33(1965), 128-135.
L.Badash, *Chance favours the prepared mind: Becquerel and the discovery of radioactivity*, *Arch.Int.d'Hist.Sci.*, 18(1965), 55-66.

- (123) L.Badash, *How the "newer alchemy" was received*,
Sci.Am., 215(1966), 89-96.
L.Badash, *The discovery of thoriums radioactivity*,
J.Chem.Ed., 43(1966), 219-220.
L.Badash, *Bequerels "unexposed" photographic plates*,
Isis, 57(1966), 267-269.
- (124) A.Romer, *Det aktive atom*, København 1963.
A.Romer, *The transformation theory of radioactivity*,
Isis, 49(1958), 3-12.
- (125) M.Malley, *The discovery of the β -particle*,
Am.J.Phys., 39(1971), 1454-1461.
- (126) L.Badash, *An Elster and Geitel failure: magnetic deflection of β -rays*,
Centaurus, 11(1967), 236-240.
- (127) J.L.Heilbron, *The scattering of α - and β -particles and Rutherfords atom*,
Arch.Hist.Ex.Sci., 5(1967), 247-307.
- (128) S.Nisio, *Alpha-rays and the atomic nucleus*,
Jap.Stud.Hist.Sci., 4(1965), 91-117.
- (129) T.J.Trenn, *Rutherford and Soddy: from a search for radioactive constituents to the disintegration theory of radioactivity*,
Rete, 1(1971), 51-70.
T.J.Trenn, *Rutherfords alpha-Teilchen*, Ann.Sci., 31(1974), 49-72.
T.J.Trenn, *Rutherford and the alpha-beta-gamma classification of radioactive rays*,
Isis, 67(1976), 61-75.
T.J.Trenn, *Rutherford and recoil atoms: the metamorphosis and success of a once stillborn theory*,
Hist.St.Phys.Sci., 6(1974), 469-548.
- (130) J.Rosmorduc, *Une erreur scientifique au debut de siecle: Les rayons N*,
Rev.d'Hist., 25(1972), 13-25.
R.T.Lagemann, *New light on old rays: N rays*,
Am.J.Phys., 45(1977), 281-284.
- (131) B.Wynne, *C.G.Barkla and the J phenomenon: a case study in the treatment of deviance in physics*,
Soc.St.Sci., 6(1976), 307-347.
- (132) G.Sarton, *The numbering of elements*, Isis, 9(1927), 96-111.
- (133) C.Darwin, *The discovery of atomic number*, Proc.Royal Soc., serie A, 236(1956), 285-296, samt pp. 1-11 i Pauli(ed.), ref. 49 op.cit.

- (134) T.Hirosige, *The van den Broek hypothesis*,
Jap.St.Hist.Sci., 10(1971), 143-162.
- (135) B.Jaffe, *Moseley and the numbering of the elements*,
New York 1971.
- (136) ref. 36, op.cit., samt
J.L.Heilbron, *The works of H.G.J.Moseley*, Isis, 57(1966),
336-364.
- (137) P.M.Heimann, *Moseley's interpretation of X-ray spectra*,
Centaurus, 12(1968), 261-274.
- (138) P.M.Heimann, *Moseley and cerium: the search for a missing
element*, Ann.Sci., 23(1967), 249-260.
- (139) ref. 107 og 136, op.cit.
- (140) ref. 92, op.cit., samt
R.H.Stuewer, *William H. Bragg's corpuscular theory of X-
rays and γ -rays*, Br.J.Hist.Sci., 5(1971), 258-281.
- (141) IUC, *Fifty years of X-ray diffraction*, Utrecht 1962.
- (142) P.Forman, *The discovery of the diffraction of X-rays by
crystals: a critique of the myths*, Arch.Hist.Ex.Sci.,
6(1969), 38-71.
- (143) P.P.Ewald, *The myth of myths; comments on P.Forman's
paper...*, Arch.Hist.Ex.Sci., 6(1969), 72-81.
- (144) L.D.Gasman, *myths and X-rays*, Br.J.Phil.Sci., 26(1975),
51-61.
- (145) D.L.Anderson, *The discovery of the electron*, New York 1964.
G.E.Owen, *The discovery of the electron*, Ann.Sci., 11(1955),
173-182.
B.A.Morrow, *On the discovery of the electron*,
J.Chem.Ed., 46(1969), 584-588.
- (146) J.L.Heilbron, *J.J.Thomson and the Bohr atom*, Phys.Today,
30(1977), 23-33. Endvidere ref.127, op.cit., og ref.
107, op.cit.
- (147) F.L.Friedman og L.Sartori, *The classical atom*,
Reading (Mass.), 1965.
- (148) H.A.M.Snelders, *A.M.Mayer's experiments with floating mag-
nets and their use in the atomic theories of matter*,
Ann.Sci., 33(1976), 67-80.
- (149) E.Yagi, *On Nagaoka's saturnian atomic model*,
Jap.St.Hist.Sci., 3(1964), 29-48.

- (149) E.Yagi, *The development of Nagaoka's saturnian atomic model: I: Dispersion of light*, Jap.St.Hist.Sci., 6(1967), 19-25. II: *Nagaoka's theory of the structure of matter*, Jap.St.Hist.Sci., 11(1972), 73-89.
P.M.Heimann, *Rutherford, Nagaoka and the nuclear atom*, Ann.Sci., 23(1967), 299-303.
- (150) R.McCormach, *The atomic theory of John William Nicholson*, Arch.Hist.Ex.Sci., 3(1966), 160-184.
- (151) A.Hermann, *A.E.Haas und der erste Quantenansatz für das Atom*, Sudhoffs Archiv, 49(1965), 255-268, samt ref. 85.
- (152) J.U.Gerber, *Geschichte der Wellenmechanik*, Arch.Hist.Ex.Sci., 5(1969), 349-416.
- (153) E.MacKinnon, *de Broglie's thesis: a critical retrospective*, Am.J.Phys., 44(1976), 1047-1055.
F.Kubli, *Louis de Broglie und die Entdeckung der Materiewellen*, Arch.Hist.Ex.Sci., 7(1970/71), 26-68.
F.Kubli, *A propos du 50e anniversaire de la mécanique ondulatoire*, Rev. d'Hist., 28(1975), 97-112.
- (154) i Ludwig, ref.15 op.cit., pp. 73-93.
- (154) ref. 47, op.cit.
- (155) ref. 96, op.cit.
- (156) P.Forman og V.V.Raman, *Why was it Schrödinger who developed de Broglie's ideas?*, Hist.St.Phys.Sci., 1(1969), 291-314. Se også:
P.A.Hanle, *Erwin Schrödinger's reaction to Louis de Broglie's thesis on the quantum theory*, Isis, 68(1977), 606-609.
- (157) S.Mandelstam og W.Yourgraw, *Variational principles in dynamics and quantum theory*, London 1958.
- (158) H.Kragh, *Åf Schrödingerligningens historie*, Fys.Tidss., 74(1975), 145-160.
- (159) H.A.Medicus, *Fifty years of matter waves*, Phys.Today., 27(1974), 38-45.
R.K.Gehrenbeck, *Electron diffraction: Fifty years ago*, Phys.Today., 31(1978), 34-45.
G.P.Thomson, *Early work in electron diffraction*, Am.J.Phys., 29(1961), 821-825.
- (160) W.H.Cropper, *The quantum physicists*, Oxford 1970.

- (161) D.C.Cassidy, *Heisenberg's first paper*, *Phys.Today*, 31(1978), 23-28.
R.Kronig, *The turning point*, pp. 5-40 i Pauli memorial volume, ref. 49, op.cit.
- (162) J.Mehra, *The golden age of theoretical physics: P.A.M.Dirac's scientific work from 1924 to 1933*, pp. 17-59 i Salam og Wigner (eds.), ref. 49 op.cit.
- (163) P.A.M.Dirac, *The development of quantum theory*, New York, 1971, samt Dirac, ref.48 op.cit.
- (164) R.Jost, *Foundation of quantum field theory*, pp. 61-78 i Salam og Wigner (eds.), ref. 49 op.cit.
- (165) J.Bromberg, *Dirac's quantum electrodynamics and the wave-particle equivalence*, pp. 147-157 i Weiner(ed.), ref. 48 op.cit.
- (166) B.L.van der Waerden, *From matrix mechanics and wave mechanics to unified quantum mechanics*, pp. 276-293 i Mehra (ed.), ref. 49 op.cit.
- (167) B.L.van der Waerden, *Exclusion principle and spin*, pp. 199-244 i Pauli memorial volume, ref. 49 op.cit.
- (168) S.Goudsmit, *Entdeckung der Elektronspins*, *Phys.Bl.*, 21(1965), 445-453.
S.Goudsmit, *It might as well be spin*, *Phys.Today*, 29(1976), 40-43.
G.E.Uhlenbeck, *Personal reminiscences*, *ibid.*, 43-48.
- (169) I.Estermann, *History of molecular beam research: Personal reminiscences of the important evolutionary period 1919-1933*, *Am.J.Phys.*, 43(1975), 661-671.
- (170) P.S.Kurdrawzew, *Aus der Geschichte der Unschärfrelation*, *NTM*, 6(1965), 20-22.
- (171) C.Weiner (ed.), *Exploring the history of nuclear physics*, AIP Conference Proceedings, no.7, 1972.
- (172) E.U.Condon, *Tunneling- how it all started*, *Am.J.Phys.*, 46(1978), 319-323.
- (173) G.Gamow i ref.5 og ref.48, op.cit.
- (174) E.M.Purcell, *Nuclear physics without the neutron*, pp. 121-133 i Proceedings of the X. International Congress of the History of Science, 1962.

- (175) N. Feather, *Experimental discovery of the neutron*, pp. 135-147 i op.cit. (ref.174). Se også:
J. Chadwick, *Some personal notes on the search for the neutron*, pp. 159-162, *ibid.*
- (176) N. Feather, *A history of neutrons and nuclei*, *Cont. Phys.*, 1(1960), 191-203 og 257-266.
- (177) E. Segré, *Consequences of the discovery of the neutron*, pp. 149-158 i op.cit. (ref.174). Se også:
E. Amaldi, *Personal notes on neutron work in Rome in the 30s and post-war European collaboration in high-energy physics*, pp. 294-351 i Weiner(ed.), ref.48 op.cit.
- (178) J. Bromberg, *The impact of the neutron: Bohr and Heisenberg*, *Hist. St. Phys. Sci.*, 3(1971), 307-343.
J. Bromberg, *Heisenberg's papers on nuclear structure*, Actes du XIIe congres International d'Histoire des Sciences, vol.5, pp.13-16 (Paris 1971).
- (179) J. Bromberg, *The concept of particle creation before and after quantum physics*, *Hist. St. Phys. Sci.*, 7(1976), 161-183.
- (180) J. A. Wheeler, *Niels Bohr and nuclear physics*, *Phys. Today*, 16(1963), 36-45.
- (181) E. P. Wigner, *On the development of the compound nucleus model*, *Am. J. Phys.*, 23(1955), 371-380.
- (182) P. Zacharias, *Zur Entstehung des Einteilchen-Schalenmodells*, *Ann. Sci.*, 28(1972), 401-411.
- (183) G. Raschke, *Zur Geschichte des Begriffes "Isospin"*, *Arch. Hist. Ex. Sci.*, 7(1970/71), 257-276. Se også:
D. H. Wilkinson, *Historical introduction to isospin*, i D. H. Wilkinson (ed.), *Isospin in nuclear physics*, Amsterdam 1969.
- (184) H. G. Graetzer, *Discovery of nuclear fission*, *Am. J. Phys.*, 32(1964), 9-15.
H. G. Graetzer og D. L. Anderson, *The discovery of nuclear fission*, New York 1971.
- (185) E. B. Sparberg, *A study of the discovery of fission*, *Am. J. Phys.*, 32(1964), 2-8.
- (186) C. D. Anderson, *Early work on the positron and muon*, *Am. J. Phys.*, 29(1961), 825-830.
- (187) N. Russell Hanson, *The concept of the positron*, Cambridge 1963. Det relevante kapitel (IX) har været trykt under titlen *Discovering the positron* i *Br. J. Phil. Sci.*, 12(1962), p. 194 ff og p. 299 ff.

- (188) C.S.Wu, *The neutrino*, pp. 249-300 i Pauli memorial volume, ref.49, op.cit.
- (189) W.Pauli, *Zur älteren und neueren Geschichte des Neutrinos*, pp. 1313-1337 i *Wolfgang Pauli: Collected scientific papers*, vol.2, New York 1964.
- (190) L.M.Brown, *The idea of the neutrino*, *Phys.Today*, 31 (1978), 23-28.
- (191) J.Lepin, *The concept of an ad hoc hypothesis*, *St.Hist.Phil.Sci.*, 5(1975), 309-345.
- (192) L.M.Lederman, *History of the neutrino*, *Am.J.Phys.*, 38 (1970), 129-136. Artiklen er et led i AIPs række af s.k. "Resource letters", der bringer strukturerede og kort kommenterede bibliografier af delvis historisk relevans.
- (193) V.Mukherji, *A short history of the meson theory from 1935 to 1943*, *Ind.J.Hist.Sci.*, 6(1971), 75-101.
V.Mukherji, *A short history of the meson theory from 1943 to 1948*, *ibid.*, 117-134.
V.Mukherji, *The meson mass value in the history of the Yukawa theory*, *Ind.J.Hist.Sci.*, 7(1972), 146-152.
En sammenfatning af mesonteoriens historie op til 1952 vil blive bragt (er bragt?) af Mukherji i *Arch.Hist.Ex.Sci.*
- (194) L.Rosenfeld, *The conception of the meson field: some reminiscences and epistemological comments*, *Suppl.Progr.Theor.Phys.*, 41(1968), C1-C7, (NORDITA paper no.298).
- (195) H.Yukawa og K.Chirio, *Birth of the meson theory*, *Am.J.Phys.*, 18(1950), 154-159.
- (196) W.F.G.Swann, *The history of cosmic rays*, *Am.J.Phys.*, 29(1961), 811-816.
- (197) M.M.Nieto og R.A.Krajcik, *Historical development of the Bhabha first-order relativistic wave equations for arbitrary spin*, *Am.J.Phys.*, 45(1977), 818-822.
- (198) J.Bardeen, *History of superconductivity research*, pp. 15-59 i B.Kursunoglu (ed.); *Impact of basic research on technology*, New York 1973.
- (199) H.B.G.Casimir, *Superconductivity*, pp. 170-181 i Weiner(ed.), ref.48 op.cit.
- (200) D.M.Ginsberg, *Resource letter Scy-1 on superconductivity*, *Am.J.Phys.*, 32(1964), 85-89.
- (201) H.B.G.Casimir, *Development of solid-state physics*, pp. 158-169 i Weiner(ed.), ref.48 op.cit.

- (202) J.C.Slater, *Solid-state and molecular theory: A scientific biography*, New York 1975.
- (203) S.G.Brush, *Interatomic forces and gas theory from Newton to Lennard-Jones*, *Arch.Rat.Mech.Anal.*, 39(1970), 1-29.
- (204) S.G.Brush, *History of Lenz-Ising model*, *Rev.Mod.Phys.*, 39(1967), 883-893.
- (205) R.E.Kohler, *The origin of G.N.Lewis's theory of the shared pair bond*, *Hist.St.Phys.Sci.*, 3(1971), 343-376.
R.E.Kohler, *Irving Langmuir and the "octet" theory of valence*, *Hist.St.Phys.Sci.*, 4(1972), 39-88.
R.E.Kohler, *The Lewis-Langmuir theory of valence and the chemical community, 1920-1928*, *Hist.St.Phys.Sci.*, 6(1974), 431-468.
- (206) M.Saltzman, *J.J.Thomson and the modern revival of dualism*, *J.Chem.Ed.*, 50(1973), 59-61.
- (207) C.A.Russell, *The history of valency*, Leicester 1971.
W.G.Palmer, *A history of the concept of valency to 1930*, Cambridge 1965.
J.J.Lagowski, *The chemical bond*, Boston 1966.
Af disse tre bøger er Russell og Palmer ret sparsomme mht valensteorien i dette århundrede, og alle tre bøger er udpræget kemisk orienteret. Lagowski indeholder et bredt udvalg af originalartikler.
- (208) Fx: J.R.Partington, *A history of chemistry*, vol.4, London 1965.
A.Ihde, *The development of modern chemistry*, London 1964.
- (209) M.E.Weeks, *The discovery of the elements*, Easton(Pa.), 1968.
- (210) J.W.van Spronsen, *The periodic system of chemical elements*, Amsterdam 1969.
- (211) Kragh, ref. 122 op.cit., samt
H.Kragh, *Historien om hafnium*, *Fys.Tids.*, 70(1971), 168-182.
- (212) H.W.Kirby, *The discovery of actinium*, *Isis*, 62(1971), 290-308.
- (213) *Current bibliography in the history of technology*, årligt i tidsskriftet *Technology & Culture*.
- (214) M.Jammer, *The philosophy of quantum mechanics: the interpretations of quantum mechanics in historical perspective*, New York 1974. Også Jammers tidligere bog (ref.7) er informativ på dette område.

- (215) S.B.Dewitt og R.N.Graham, *The interpretation of quantum mechanics*, *Am.J.Phys.*, 39(1971), 724-738.
- (216) Meyer-Abich, ref. 121 op.cit.
- (217) G.Holton, *The roots of complementarity*, *Daedalus* 99(1970), 1015-1055, samt pp. 115-161 i Holton, ref. 72 op.cit.
- (218) M.J.Klein, *The first phase of the Bohr-Einstein dialogue*, *Hist.St.Phys.Sci.*, 2(1970), 1-40.
- (219) K.F.Schaffner, *Outlines of a logic of comparative theory evaluation with special attention to pre- and post-relativistic electrodynamics*, *Minn.St.Phil.Sci.*, 5(1970), 311-354.
- (220) Leplin, ref. 191 op.cit.
- (221) A.Grünbaum, *The genesis of the special theory of relativity*, pp.43-55 i H.Feigl og G.Maxwell (eds.), *Current issues in the philosophy of science*, New York 1961.
- A.Grünbaum, *The special theory of relativity as a case study of the importance of the philosophy of science for the history of science*, pp. - i B.Bäumrin (ed.), *Delaware seminar in the philosophy of science*, New York 1963.
- A.Grünbaum, *The bearing of philosophy on the history of science*, *Science*, 143(1964), 1406-1412.
- (222) G.Gutting, *Einstein's discovery of special relativity*, *Phil.Sci.*, 39(1972), 51-68.
- (223) E.Zahar, *Why did Einstein's programme supersede Lorentz's?*, *Brit.J.Phil.Sci.*, 24(1973), 95-123 og 223-262.
- Zahars synspunkter kommenteres og kritiseres af Miller, Feyerabend og Schaffner i *Br.J.Phil.Sci.*, 25(1974), 25-78; Zahars svar på kritikken findes bl.a. i *Br.J.Phil.Sci.*, 29(1978), 49-60. Knyttet til denne debat er diskussionen om Machs og det positivistiske programs indflydelse på Einsteins skabelse af teorien; Zahar hævder, i modsætning til bl.a. Schaffner, at denne indflydelse var irrelevant for relativitetsteorien. :
- E.Zahar, *Mach, Einstein and the rise of modern science*, *Br.J.Phil.Sci.*, 28(1977), 195-214. Se også :
- G.Holton, *Mach, Einstein,...* i ref. 75, op.cit.
- (224) I.Lakatos, *Falsification and the methodology of scientific research programmes*, pp. 91-196 i I.Lakatos og A.Musgrave (eds.), *Criticism and the growth of knowledge*, Cambridge 1970.

- (225) G.Gutting, *Conceptual structures and scientific change*, *St.Hist.Phil.Sci.*, 4(1973), 209-230.
- (226) E.McMullin, *What do physical models tell us?*; pp.385-396 i B.van Rootselaar og J.Staal(eds.), *Logic, methodology and philosophy of sciences*, vol.3(1968), Amsterdam.
- (227) S.Grundmann, *Der Deutsche Imperialismus, Einstein und die Relativitätstheorie, 1914-1933*, pp. 155-285 i *Relativitätstheorie und Weltanschauung*, Berlin 1967.
K.Delokarow, *Relativitätstheorie und materialismus*, Berlin(DDR) 1978.
S.Müller-Markus, *Einstein und die Sowjetphilosophie*, Dordrecht 1966.
- (228) L.R.Graham, *Science and philosophy in the Soviet Union*, New York 1972.
- (229) D.Joravsky, *Soviet marxism and natural science 1917-1932*, New York 1961.
- (230) A.D.Beyerchen, *Scientists under Hitler: politics and the physics community in the third Reich*, Yale 1978.
Se også:
O.Scherzer, *Physik im totalitären Staat*, i A.Flitner(ed.), *Deutsches Geistesleben und Nationalsozialismus*, Tübingen 1965.
- (231) L.S.Feuer, *Einstein and the generations of science*, New York 1974.
L.S.Feuer, *The social roots of Einstein's theory of relativity*, *Ann.Sci.*, 27(1971), 277-298 og 313-344.
- (232) L.S.Feuer, *Social, generational, and philosophical sources of quantum theory*, pp. 109-239 i Feuer(1974), op.cit.; kapitlet indeholder analyse af Bohr, Heisenberg og de Broglie.
- (233) P.Forman, *Weimar Culture, causality and quantum theory, 1918-1927*, *Hist.St.Phys.Sci.*, 3(1971), 1-115.
- (234) P.Forman, *Scientific internationalism and the Weimar physicists: the ideology and its manipulation in Germany after world war I*, *Isis*, 64(1973), 151-178.
P.Forman, *The financial support and political alignment of physicists in Weimar Germany*, *Minerva*, 12(1974), 39-66.
- (235) D.J.Kevles, *Into hostile political camps: the reorganization of international science in world war I*, *Isis*, 66(1975), 47-60.

- (236) B.Schröder-Gudehus, *Deutsche Wissenschaft und internationale Zusammenarbeit 1914-1928*, Geneve 1966.
B.Schröder-Gudehus, *Challenge to transnational loyalties: International scientific organizations after the first world war*, *Sc.St.*, 3(1973), 93-118.
- (237) S.Coben, *The scientific establishment and the transmission of quantum mechanics to the US, 1919-32*, *Am.Hist.Rev.*, 76(1971), 442-466.
- (238) T.Hirosige, *Social conditions for the researches of nuclear physics in pre-war Japan*, *Jap.St.Hist.Sci.*, 2(1963), 80-93.
- (239) P.Forman, J.L.Heilbron og S.Weart, *Physics ca. 1900: personnel, funding and productivity of the academic establishment*, *Hist.St.Phys.Sci.*, 5(1973), 1-185.
- (240) L.Pyenson og D.Skopp, *Educating physicists in Germany, circa 1900*, *Soc.St.Sci.*, 7(1977), 329-366.

ADDENDA:

Ved afslutningen af litteraturlisten er jeg kommet på enkelte titler, der burde have været medtaget; referencen efter nedenstående titler knytter sig til den reference i listen, som fagligt hører bedst til titlen.

G.Holton, *Electrons or subelectrons? Millikan, Ehrenhaft and the role of preconceptions*, pp. 266-289 i Weiner(ed.), ref.48 op.cit. (Om Ehrenhafts langvarige, men forgæves, forsøg på at overbevise datidens fysikersamfund om eksistensen af sub-elektroniske ladninger, sådan som hans eksperimenter viste det; kontroversen mellem Millikan og Ehrenhaft)... § 11 og § 16.

G.Holton, *Striking gold in science: Fermi's group and the recapture of Italy's place in physics*, *Minerva*, 12(1974), 159-198. ... § 14 og § 16.

W.Pauli, *Remarks on the history of the exclusion principle*, *Science*, 103(1946), 213-216. ... § 13.

R.E.Peierls, *The development of quantum theory*, *Cont.Phys.*, 6(1965), 129-192. ... § 14.

A.Hermann, *Die frühe Diskussion zwischen Stark und Sommerfeld über die Quantenhypothese*, *Centaurus*, 12(1967), 38-59.... § 10.

A.Hermann, *Albert Einstein und Johannes Stark: Briefwechsel und Verhältnis der beiden Nobelpreisträger*, *Sudhoffs Archiv*, 50(1966), 267-285. ... § 6.

A.Hermann, *Werner Heisenberg, 1901-1976*, Bonn-Bad Godesberg 1976. ... § 7.

E.Rutherford, J.Chadwick og C.D.Ellis, *Radiations from radioactive substances*, Cambridge 1930. ... § 8.

T.J.Trenn, *The self-splitting atom: The history of the Rutherford-Soddy collaboration*, London 1977. ... § 12.