

DET KONGELIGE DANSKE VIDENSKABERNES SELSKABS PJECE SERIE
GRUNDVIDENSKABEN I DAG

6



OLAF PEDERSEN
DE EKSakte VIDENSKABERS
HISTORIE

UDGIVET I SAMARBEJDE MED FOLKEUNIVERSITETETS BIBLIOTEK
AF FOLKEUNIVERSITETET I KØBENHAVN

1978

Redaktion:

professor, dr. phil. MOGENS BLEGVAD
administrator, dr. phil. ERIK DAL
professor, dr. phil. C. OVERGAARD NIELSEN

Redaktionssekretær:

cand. theol. N. J. CAPPELØRN

OLAF PEDERSEN, professor i de eksakte naturvidenskabers historie, er født i 1920 og blev dr. phil. på en disputats om Nicole Oresme og hans naturfilosofi i 1956. I en årrække virkede han som gymnasielærer, fra 1956 som amanuensis og fra 1958 som docent i de eksakte videnskabers historie ved Århus universitet, indtil han i 1967 blev professor. Inden da havde han foretaget mange studierejser til USA og flere europæiske lande. Olaf Pedersen har oprettet Institut for de eksakte naturvidenskabers historie i Århus; endvidere er han medlem af flere inden- og udenlandske videnskabelige selskaber og foreninger.

Olaf Pedersen har skrevet en lang række såvel videnskabelige som mere populære afhandlinger og bøger om videnskabshistoriske og humanistiske emner, bl. a. *The Development of Natural Philosophy 1250-1350* (1953); *Middelalderens verdensbillede* (1962); (sammen med Ole Knudsen) *Lærebog i mekanik* (1967) og (sammen med Mogens Pihl) *Historisk Indledning til den klassiske Fysik I: De eksakte naturvidenskaber i oldtid og middelalder* (1963), omarb. engelsk udg. *Early Physics and Astronomy* (London 1974); *Matematik og naturbeskrivelse i oldtiden* (1975) samt *A Survey of the Almagest* (1975).

Forlag:

Folkeuniversitetet i København
Købmagergade 52
1150 København K

Olaf Pedersen

VIDENSKABSHISTORIEN OG DENS AKTUELLE BETYDNING

Indledning

Ordet „videnskabshistorie“ har efterhånden vundet indpas på dansk, men er i grunden en uheldig betegnelse. Den lover mere end den kan holde. I virkeligheden er udtrykket en lidt ubetænksom fordanskning af det engelske „History of Science“. Det bruges derfor fortrinsvis om naturvidenskabernes og matematikkens historie og ignorerer således den historiske udvikling af en lang række andre og lige så betydningsfulde fag, f. eks. medicinen, de humanistiske discipliner og samfundsvidenskaberne. Skulle vi have det hele med, ville resultatet blive en langt mere omfattende disciplin på linie med den, der for eksempel i Sverige dyrkes under betegnelsen „lærdomshistorie“ og principielt omfatter alle former for videnskab set i et historisk perspektiv. En lignende vidtfaavnende disciplin er herhjemme kendt under navnet „idéhistorie“. Den studerer en række elementer af menneskeheden både videnskabelige og ekstra-videnskabelige bevidsthed, der ud fra et eller andet kriterium anses for fundamentale. Her kommer for eksempel både politiske, æstetiske og religiøse ideer ind på linie med de naturvidenskabelige. Det er ikke stedet her at forsøge nogen mere præcis afgrænsning af disse forskellige grene af historien i forhold til hinanden.

Når der i det følgende tales om „videnskabshistorie“ i den nu hævdvundne betydning er der altså tale om en væsentlig indskrænkning af forskningsområdet, men ikke om nogen insinuation af, at discipliner uden for matematikkens og naturvidenskabens domæne ikke skulle være „videnskabelige“. Men er betegnelsen således en smule misvisende, er den nævnte begrænsning formentligt et gode. Videnskaben som helhed er i dag så vidt forgrenet og kompliceret, at næppe nogen enkelt forsker ville være i stand til at gå i dybden over så bredt et felt. Her som andre steder er begrænsningen derfor den pris der må betales for muligheden for at kunne udføre et kvalificeret arbejde. I det følgende skal vi betragte denne videnskabshistories egen historiske udvikling, se på hvorledes den moderne videnskabshistorie blev til, og til sidst undersøge nogle af de principielle spørgsmål der rejser sig i den øjeblikkelige situation, der af mange opfattes som en krise for faget. Her vil jeg yderligere indskrænke emnet til de såkaldt eksakte fags historie, som jeg selv kender bedre end de biologiske fags udvikling.

I. Fagets egen historie

Som et regulært og veletableret fag på universiteterne hører videnskabshistorien

nutiden til. De første lærestole og institutter oprettedes i mellemkrigstiden og især i perioden siden anden verdenskrig er faget blevet indført ved mange universiteter over hele verden, undertiden i tilknytning til de naturvidenskabelige fakulteter, men som oftest inden for den humanistiske faggruppe som en slags parallel til for eksempel musikhistorie, kunsthistorie eller religionshistorie.

På en måde er videnskabshistorien dog lige så gammel som videnskaben selv. Kendere af Aristoteles vil således have bemærket de mange historiske oversigter over tidligere filosofers anskuelse, hvormed han ofte indleder fremstillingen af sine egne. Således er Bog I af hans *Metaphysik* helt viet til en lang gennemgang af den tidligere græske filosofis udvikling, medens vi i andre værker får historiske oplysninger om tidligere anskuelse om så forskellige ting som jordskælv, kometernes natur, planeternes bevægelse, uendelighedsbegrebets udvikling og meget andet. Det interessante er, at man tydeligt kan iagttage en vis udvikling af Aristoteles's historiske bevidsthed. I *Metaphysikken* er hans formål ikke historisk, idet den historiske indledning kun skal danne baggrund for en udredning af hans egne ideer. Derfor kan man heller ikke helt frikende ham for i nogen grad at lægge de historiske data til rette, så de kommer til at passe til hans egne formål. Denne tendens til at forgribe sig på stoffet overvindes dog efterhånden, så Aristoteles på sine ældre dage kunne sætte medarbejdere og elever i gang med at udarbejde historiske fremstillinger af en række enkeltvidenskaber uden systematiske bagtanker, ligesom han lærte at se sin egen store indsats som led i en lang intellektuel udvikling gennem tiden. Resultatet af dette arbejde blev blandt andet en *Matematikens historie* og en *Astronomiens historie* af Eudemos, samt en *Filosofiens historie* af Theophrastos, der var Aristoteles's efterfølger som leder af skolen i Athen og iøvrigt kendt som grundlæggeren af den videnskabelige botanik. Disse værker er desværre gået tabt som så mange andre af den græske videnskabs resultater, og kun hos den langt senere forfatter Proklos (5. årh. e. Kr.) finder vi en nogenlunde fyldig fremstilling af den græske matematik's udvikling som indledning til hans kommentar til Euclid's *Elementer*. Det må derfor erkendes, at Aristoteles's forsøg på at gøre videnskabens udvikling til en selvstændig gren af historien ikke fik store konsekvenser, ligesom heller ikke de mange „almindelige“ græske historikere fandt det umagen værd at give videnskabshistorien plads i deres skrifter. Således ved vi praktisk talt intet om nogle af de største navne i for eksempel den græske matematik og astronomis historie. Intet steds finder man en biografi af Euclid eller Ptolemaios, og når forfatteren Plutarch (2. årh. e. Kr.) ofrede nogle få sider på et intellektuelt geni som Archimedes, var det kun fordi han under udarbejdelsen af et essay om den romerske general Marcellus kom i tanke om, at Archimedes var blevet dræbt af en af dennes soldater.

På den ene side må vi altså indrømme, at videnskabshistorien kom til verden hos grækerne; på den anden side er det lige så klart, at den snublede i starten – i hvert fald efter den overleverede litteratur at dømmes. Går vi videre til middel-

alderen, må vi også her konstatere at interessen for den politiske historie næsten helt dominerer over interessen for videnskabens udvikling. Der er dog enkelte lyspunkter. Blandt „araberne“ møder vi således Baghdad-historikeren og bibliografen Ya'qūb al-Nadīm (død 995) der i sit store værk *Kitāb al-Fihrist al-'ulūm* gav en systematisk fortegnelse over alle de bøger, der på hans tid fandtes i biblioteket i Baghdad, ledsaget af mange værdifulde historiske bemærkninger, der i dag er en hovedkilde til den arabiske videnskabs historie. Godt er det, at vi i hvert fald har denne oversigt, for af selve de anførte værker er kun omkring eet ud af tusinde bevaret – en omstændighed der undertiden kan give anledning til at tvivle på muligheden af i det hele taget at skrive videnskabshistorie. En tilsvarende bibliografi har vi ikke på latinsk grund, hvor bibliotekerne hele middelalderen igennem i øvrigt var langt mindre. Men det er dog værd at lægge mærke til, at der rundt omkring i skolastikernes værker forekommer lange historiske indslag, der tydeligvis har det pædagogiske formål at lette forståelsen af undervisningsstoffet; som eksempel kan nævnes Thomas af Aquin's elementære, men meget elegante oversigt over den græske teoretiske astronomis udvikling fra Eudoxos til Ptolemaios og de senere kommentatorer Simplicios og Alexander af Aphrodisias.

Heller ikke renaissancen gav mange bidrag til videnskabshistorien som sådan, hvis man ser bort fra for eksempel Polydor Virgil's skrift om opfindelser og opdagelser *De inventoribus rerum* fra 1499. Renaissancens humanister bestræbte sig først og fremmest på at tilvejebringe pålidelige udgaver af den antikke litteratur, herunder også den videnskabelige, og der er ingen tvivl om at den nye naturvidenskabs gennembrud i nogen grad befordredes af især det fornyede studium af Archimedes, der var et af resultaterne af disse bestræbelser. På den anden side medførte renaissancens beundring for antikken også, at de gamle grækere nu kom til at stå som videnskabens egentlige grundlæggere. Denne anskuelse – som grækerne ikke selv havde delt – har videnskabshistorien siden måttet tage op til kritisk revision.

Derimod fremtræder 1600-tallet som den periode, der virkelig gav videnskabshistorien borgeeret i den lærde verden. Dette var det århundrede, da den nye naturvidenskab for alvor måtte kæmpe sig fri af tidligere tiders anskuelser, hvilket naturligt krævede historiske redegørelser både for disse ældre ideer i sig selv, og for den aktuelle frigørelsesproces. Den videnskabshistoriske litteratur fik derved ofte et polemisk præg, der ikke altid lod de forladte ideer vederfares fuld retfærdighed, således som for eksempel Francis Bacon's skrifter er et godt eksempel på. Herhjemme træffer vi i denne periode den lærde Ole Borch's *De ortu et progressu chemiae dissertatio* fra 1668, der var polemisk rettet mod den tyske polyhistor Hermann Conrings mere moderne anskuelser, og fuldt af fantastiske forestillinger om Tubalkain som den første kemiker, Ægypterne som store eksperimentatorer, og de alkymistiske (såkaldt Hermetiske) skrifter som kemiens egentlige grundlag. Dette første danske bidrag til kemihistorien var derfor ikke

på højde med situationen, og Conring havde kun altfor let ved at nedgøre det i et modskrift.

Fra 1600- og 1700-tallet kunne man nævne en lang række værker, der hver for sig behandler et enkelt fags historiske udvikling. Dette ville her føre for vidt; men det er dog nødvendigt kort at berøre den rolle den store franske *Encyclopédie* fik for videnskabshistoriens status. Encyclopædiens 17 bind tekst og 11 bind plancher udkom i årene 1751–72 og gav i leksikalsk form en fremstilling af såvel videnskabelige fag som tekniske metoder og håndværksmæssige kunster. Det var forsynet med en fortale af værkets planlæggere, filosofen Diderot og matematikeren d’Alembert, der heri konsekvent benyttede historiske betragtninger som begrundelse for hele oplysningstidens filosofi; dette skete ikke alene af pædagogiske grunde for at klarlægge tingene for læserne ved at fremstille dem i deres rette historiske orden. Hensigten var endnu mere at benytte videnskabens udvikling som eksempel på fremskridtet i erkendelse – et begreb der fra nu af satte videnskabshistorien ind i et evolutionistisk perspektiv, som de fleste stadig vil anerkende. Dette betød dog ikke at encyclopædisterne troede på et kontinuert fremskridt; tværtimod – middelalderen repræsenterede for dem 12 århundreder af barbari og uvidenhed, som først Francis Bacon begyndte at overvinde. Denne forestilling er en anden arv fra encyclopædisterne, der også stadig har sine tilhængere. En tredje var deres stærke fremhæven af, at forskellige samfundsforhold vil fremme forskellige dele af det intellektuelle liv; således hævdes det at medens en republik vil støtte retorik, historie og filosofi, vil et monarki lægge mere vægt på digtekunst, teologi og matematik. Også denne tanke om en korrespondance mellem videnskab og samfund er stadig levende, omend den nu til dags udtrykkes på en mindre firkantet måde.

Denne situation er på mere end en måde baggrunden for den omvæltning af historieskrivningen, der fandt sted igennem 1800-tallet både inden for historien i almindelighed og videnskabshistorien i særdeleshed. Århundredets første store værk på det sidstnævnte område var den franske astronom Delambre’s store fremstilling af astronomiens historie fra oldtiden til 1700-tallet. Her er udviklingstanken ikke blot sat i forgrunden, men fremhævet så stærkt at det nærmer sig en karikatur. Delambre var en meget kompetent astronom – og i øvrigt en af metersystemets fædre under den franske revolution – og var i stand til at mestre sit stof rent fagligt på en overlegen måde. Men hans understregning af fremskridtet inden for astronomien tager ofte form af en noget nedladende påvisning af, at vi i dag er i stand til at løse problemerne på en langt elegantere måde end de gamle; Delambre gennemgår for eksempel Ptolemaios’s astronomi fra ende til anden og forklarer de metoder, den store oldtidsastronom havde anvendt – men kun for at vise hvor fikst han selv er i stand til at behandle de samme spørgsmål ved moderne matematiske metoder. Der er således ingen tvivl om, at der er sket et fremskridt. Derimod kan man nok have sin tvivl om, hvorvidt dette var en fair behandling af tidligere tiders videnskabsmænd, der jo af gode grun-

de var afskåret fra at bære sig lige så elegant ad. Dertil kommer, at Delambre og hans samtidige i det store og hele var dårligt udstyret med kildemateriale til alle ældre perioder i videnskabens historie. Man havde gamle og ofte meget upålidelige trykudgaver af en række hovedværker, som det ofte var nødvendigt at supplere med læsning af utrykte kilder i form af manuskripter, som man imidlertid endnu ikke forstod at behandle kritisk; normalt nøjedes man med at se efter i et enkelt håndskrift og var derfor udleveret til alle de afskrivnings- og andre fejl, der findes i ethvert sådant dokument.

Ved 1800-tallets slutning er denne situation helt forandret. Det ses tydeligt, når man undersøger hvorledes en anden fransk forsker, Paul Tannery, nu går frem overfor den græske astronomi og matematik. Hans mål er ikke at dokumentere fremskridtet som sådan, men at finde ud af, hvad de antikke videnskabsmænd egentligt havde skrevet, og hvad de selv havde ment dermed. Derfor var det for eksempel nødvendigt at benytte megen tid på at studere især de utrykte kilder minutiøst for med alle filologiens hjælpemidler at forsøge at fastslå, hvad der oprindeligt må have stået i de tekster, der er overleveret os i mere eller mindre korrekt tilstand. Først når dette er sket, kan man inlade sig på en analyse og vurdering af de enkelte værkers betydning for oldtidsvidenskabens udvikling; men her gælder det for Tannery om at være fair over for de gamle: målet må ikke være at påvise, hvorledes de tog fejl set med senere tiders øjne og større indsigt, og heller ikke at vise, hvorledes vi i dag kan gøre det bedre. Målet må være at undersøge, hvorledes antikkens forskere reagerede på deres egen situation og udnyttede deres egne forudsætninger. Man kan sætte sagen på spidsen ved at sige at Delambre så ned på Ptolemaios, fordi denne ikke byggede på eftertidens mere avancerede metoder, medens Tannery så op til ham fordi han på fremragende vis forstod at udnytte og videreføre sine forgængeres resultater.

Således skete der i løbet af 1800-tallet en tydelig ændring af videnskabshistorikernes indstilling. Denne ændring fremkaldtes af to impulser, der begge kom udefra. Den første var det forandrede syn på den „almindelige“ historie, der først kom til udtryk i et skrift *Zur Kritik neuerer Geschichtsschreiber*, udgivet i 1824 af den senere så berømte tyske historiker Leopold von Ranke. Heri frakendes historikerne retten til at sætte sig til doms over tidligere tiders mennesker såvel som retten til at opkaste sig til lærere for deres egen tid. Bagklogskab og moraliseren er ikke historikerens sag; han bør kun bestræbe sig på at vise, hvad der egentligt skete i fortiden – „bloss zu zeigen, wie es eigentlich gewesen“. Lad være, at vi i dag må erkende dette som et uopnåeligt ideal på grund af kildernes mangelfuldhed og historikerens uundgåelige afhængighed af sin samtids tankebaner – Ranke's program betød dog et enormt fremskridt i retning af en historiskrivning, der tilstræbte en ny form for objektivitet baseret på en minutiøs og detailleret beskæftigelse med kilderne.

Dette program gik derfor hånd i hånd med den anden af de førnævnte impulser, der udgik fra den klassiske filologi, som i løbet af 1800-tallet udviklede me-

tojerne til etablering og redaktion af tekster til en hidtil ukendt nøjagtighed. Ved udgivelsen af en gammel tekst må man tage hele det overleverede håndskriftmateriale i betragtning, sortere de enkelte manuskripter efter deres alder og indbyrdes afhængighedsforhold, for på dette grundlag at vælge de ord og sætninger, der mest sandsynligt har stået i den forlængst tabte original. Men i den udgivne version må alle afvigende læsemåder i de forskellige håndskrifter anføres, så læseren får mulighed for selv at tage kritisk stilling til udgiverens valg. Disse principper var egentlig allerede fastslået af renaissancens filologer; nu kom de igen til ære og værdighed, først anvendt af Karl Lachmann til etablering af en forbedret tekst for *Det Nye Testamente*, senere til nye redaktioner af næsten hele den antikke litteratur, herunder også den videnskabelige. Dermed fik videnskabshistorien for første gang mulighed for at studere en vigtig periode på grundlag af de nøjagtigste tekster, man med filologiens hjælp var i stand til at fremskaffe.

Det er derfor ikke så underligt, at den moderne videnskabshistorie blev til gennem et nyt studium af den græske videnskabs kilder. Jeg kan ikke her gaa nærmere ind på denne fase af videnskabshistorien, men kan ikke undlade at nævne den betydelige rolle, danske forskere spillede på dette område. Herhjemme havde Madvig opdyrket den nye klassiske filologi til stor fuldkommenhed. Blandt hans sidste elever var A. B. Drachmann, der demonstrerede de nye tekst-kritiske metoders overlegenhed på så forskellige forfattere som Søren Kierkegaard og de græske kommentatorer til Pindar, medens hans kollega J. L. Heiberg besørgede en række udgaver af hovedværker i den græske eksakte videnskab, såsom Euclid, Archimedes, Apollonios og Ptolemaios. Disse udgaver er den dag i dag det selvfølgelige udgangspunkt for enhver seriøs beskæftigelse med antikkens matematiske discipliner. Samtidig underkastedes nogle af disse værker en matematisk analyse af H. G. Zeuthen, der arbejdede nøje sammen med Heiberg, og selv publicerede en række værker af fundamental betydning for vor forståelse af væsentlige sider af den græske matematik, især keglesnitlæren; samtidig gav hans bog *Forelæsning over Matematikens Historie* en elegant oversigt, som endnu langt op i tiden bevarede sin plads som et af matematikhistoriens standardværker. På denne tradition hviler al senere kompetent videnskabshistorie i Danmark; den er især på den smukkeste måde ført videre gennem Dr. A. G. Drachmann's banebrydende arbejder over antikkens teknik, i hvilke han på en meget frugtbar måde har kombineret sin fars sans for minutiøs tekstanalyse med sin egen evne til i hånden at rekonstruere en række af oldtidens tekniske indretninger, så man kan undersøge om og hvordan de fungerer, hvilket betyder et værdifuldt praktisk supplement til de rent litterært-filologiske metoder.

II. Nogle typiske forskningsområder og resultater

Beskæftigelsen med antikkens videnskab har siden Tannery's og Heiberg's tid været så intens, at det en overgang kunne se ud til, at dette arbejde nærmede sig

sin afslutning: alle, eller næsten alle, kendte kilder var udgivet, og der var meget små chancer for at gøre nye, betydningsfulde fund i lighed med det hidtil ukendte Archimedes-skrift *Om Metoden*, som Heiberg i 1906 fandt i Konstantinopel. I virkeligheden kunne man let få den tanke, at der tilbage blot stod en nærmere undersøgelse af enkelte detaljer, før det hele kunne resultere i en sammenfattende fremstilling af den græske matematik og naturvidenskabs udvikling. I sig selv betød dette store og solide arbejde en næsten uundgåelig bekræftelse af den gamle forestilling, at videnskaben begyndte hos grækerne – selvom mange græske forfattere tydeligt havde understreget den græske kulturs gæld til tidligere kulturer i Ægypten og Mesopotamien.

Hidtil havde beskæftigelsen med disse førgræske kulturer i den nære orient næsten udelukkende bestået i en analyse af de antikke, græsk-romerske forfatters meget spredte, altid usystematiske og som regel meget upålidelige udsagn herom. På sådanne fragmenter kunne der ikke opbygges noget fyldigt eller pålideligt billede. Det afgørende gennembrud på dette område kom derfor, da man begyndte at basere studiet af den førgræske periode på de kilder, der efterhånden var kommet til Europa og Amerika i form af ægyptiske papyri og babyloniske kileskrifttavler, indsamlede af arkæologerne og ofte anbragt på en altfor hastig og usystematisk måde i museernes magasiner. En sådan kilde var den store ægyptiske *Papyrus Rhind*, der opdagedes i Theben i 1858 og først blev nærmere studeret af englænderen T. E. Peet i 1923. Den giver et enestående indblik i den ægyptiske regnekunsts karakter omkring 2000 år før vor tidsregnings begyndelse. Kilder fra samme periode er den jævnaldrende *Papyrus Moskwa*, og en beskrevet læderrulle, der lige som *Pap. Rhind* nu er i British Museum i London.

Langt talrigere er imidlertid kilderne til den gamle mesopotamiske videnskab, idet de tørrede lertavler med kileskrifttekster har modstået tidens tand bedre end de skrøbelige ægyptiske papyri. Disse tavler findes i hundredtusindvis i museerne. Det første forsøg på at fravriste dem et matematisk og astronomisk indhold begyndte allerede før århundredskiftet takket være tre tyske jesuitter, af hvilke J. N. Strassmaier sad i British Museum og transskriberede teksterne, som derpå tolkedes af J. Epping og F. X. Kugler. Sidstnævntes bog *Die Babylonische Mondrechnung* fra år 1900 blev et af de virkelig epokegørende værker i videnskabshistorien ved at påvise eksistensen af en meget højt udviklet matematisk astronomi i Babylon, samtidig med den græske, men af en ganske anden karakter. Senere undersøgelser har gradvist skubbet denne babyloniske astronomi og matematik længere tilbage i tiden. Dette arbejde har siden beskæftiget en håndfuld forskere i forskellige lande og er formentlig endnu i sin vorden. To omfattende tekstudgaver af henholdsvis matematiske og astronomiske kileskrifter af O. Neugebauer har gjort nogle få hundrede sådanne tekster tilgængelige for en større kreds, men rummer antageligt kun en brøkdel af alle de tekster af denne art, der endnu skjuler sig i museernes kældre. Førende i dette arbejde er, efter Neugebauer, professor Asger Aaboe ved Yale University i U.S.A.

Dette arbejde med de før-græske kulturer har ikke alene ændret vore forestillinger om de eksakte videnskabers ælde. Det har også bekræftet grækernes påstand om, at det ikke var dem selv der begyndte. Men derved er også selve den græske videnskabshistorie kommet i en ny situation, hvor vi nødsages til at erkende, at den græske videnskab ikke kan beskrives alene på grundlag af sine egne værker, selvom disse er aldrig så godt udgivet af filologerne. Et enkelt eksempel vil vise dette. Ofte har man berømmet den hellenistiske astronom Hipparch (der levede i det 2. årh. f.Kr.) for de meget nøjagtige parametre, han lagde til grund for sin teoretiske astronomi; således angav han den synodiske måneds middellængde til at være 29 dage, 12 timer, 44 minutter og 3.3 sekunder hvilket kun er et halvt sekund mere end den værdi, vi i dag anser for korrekt. Dette i sandhed forbavsende nøjagtige resultat kan vi imidlertid ikke længere betragte som følgen af Hipparch's i øvrigt store dygtighed som observator, eftersom det har vist sig at være netop den værdi, der allerede før hans tid fandtes hos de babyloniske astronomer. Da den fuldstændige overensstemmelse mellem så mange talcifre ikke kan bero på en tilfældighed, må vi drage den slutning, at Hipparch overtog sin værdi for månedens længde fra babylonierne, og at han formodentlig fandt den i det store bibliotek i Alexandria, hvor man ikke blot systematisk samlede den græske, men også de omliggende folkeslags litteratur. Konsekvensen heraf er, at vi nu må i gang med et fornyet studium af den græske videnskab betraget i lyset af den før-græske videnskabs resultater. Dette arbejde vil uden tvivl blive langvarigt og vanskeligt, eftersom det foruden matematik- og astronomihistorikere også må involvere klassiske filologer, ægyptologer og assyriologer. Et naturligt udgangspunkt for et sådant arbejde vil være et stort trebinds værk udgivet af O. Neugebauer i 1975 under titlen *A History of Ancient Mathematical Astronomy*. Heri behandles for første gang den græske og den babyloniske astronomi som en enhed. Det er klart, at et sådant arbejde må interessere andre end astronomihistorikere, idet det kaster nyt lys over oldtidskultureernes kulturelle forbindelser i almindelighed.

Samtidig med at studiet af den græske videnskabs forhistorie tog sin begyndelse omkring århundredskiftet, begyndte man også at interessere sig på en ny måde for dens eftervirkninger. Hvad disse angår havde oplysningstiden ment, at man først kunne spore dem i renaissancen, medens middelalderen så at sige var en indholdsløs parentes i den videnskabelige udvikling i Europa, hvor alene en åndløs og gold tradition berherskede sindene. Takket være en traditionel indstilling hos 1800-tallets videnskabshistorikere vedblev dette længe at være god latin. Først mod århundredets slutning anfægtedes denne vurdering af middelaldervidenskaben, især takket være den franske fysiker Pierre Duhem's mangeårige arbejde. Hans udgangspunkt var et studium af Leonardo da Vinci, hvis nyligt udgivne tegninger og notater i manges øjne fik ham til at fremtræde som den store fornyer, der med eet slag fejede middelalderens mørke til side og atter etablerede videnskaben på en sund basis af eksperiment og matematik. Duhem's

trebinds værk *Etudes sur Léonard de Vinci, ceux qu'il a lu et ceux qui l'ont lu* fra 1906–13 påviste imidlertid Leonardo's afhængighed af en lang række senmiddelalderlige forfattere, der altså kunne betragtes som „forløbere“ for det store geni. Dette understregede forløber-begrebet på en historisk set uheldig måde, der ville have forarget Ranke; men på den anden side påviste værket, at middelalderen dog havde spillet en rolle også i videnskabens udvikling. Senere fulgte Duhem's ti store bind om *Le système du monde*, der kulegravede verdensbilledets historie (med jævnlige henvisninger også til fysikkens udvikling) fra Platon til det 15. århundrede. Resultatet var, at Duhem kunne dokumentere eksistensen af en såkaldt Pariser-skole af fysikere og naturfilosoffer, der i 1300-tallet bevidst havde søgt at bryde nye veje ved at underkaste Aristoteles's fysiske grundprincipper en gennemgående kritik. Det vakte således berettiget opsigt, at to af disse middelalderforskere viste sig at være „forløbere“ for ingen ringere end Galilei; dennes to oprindelige hypoteser for det frie fald – om hastigheden som proportional med henholdsvis faldtiden og faldvejen – fandtes allerede i en Aristoteles-kommentar af Albert af Saxen (der døde i 1390), medens den grafiske metode, Galilei benyttede ved sin matematiske analyse af det frie fald, var udviklet af Nicole Oresme (der døde i 1382).

Duhem's bindstærke værker må betragtes som den første kortlægning af et hidtil uudforsket territorium. Den havde unægteligt sine svagheder, der blandt andet var af filologisk art. Duhem byggede sit omfattende kildestudium på enkelte manuskripter af de forskellige middelaldertraktater, eller på gamle trykudgaver, der ikke stod mål med de nu efterhånden alment anerkendte krav til filologisk behandling af kildetekster. Der er dog kun få eksempler på, at rent filologiske fejltagelser har gjort hans slutninger ugyldige, hvorimod hans begejstrede holdning til dette nye emne nok af og til førte ham ind på ufrugtbare sidespor. Mange af hans theser er senere undersøgt mere nøjagtigt, især af Anneliese Maier, og kan ikke længere affærdiges som rene konstruktioner. Det er dog først inden for de sidste 30–40 år at den middelalderlige videnskabshistorie er begyndt at få et filologisk solidt tekstmateriale til rådighed takket være en række højt kompetente forskere som Marshall Clagett i U.S.A., J. M. Millas Vallicrosa i Spanien, John D. North i England, og andre. Dermed er kildematerialet ved at komme op på den standard, som allerede længe har præget studiet af middelalderfilosofien, der i øvrigt herhjemme har sat sig så fornemme monumenter som Sprog- og Litteraturselskabets udgaver af de danske middelalderfilosoffers værker ved latinister som H. Roos, A. Otto og J. Pinborg.

Alt i alt har det nye studium af middelalderens videnskab givet rige resultater, der viser at næsten hvert århundrede fra højmiddelalder til renaissance har ydet varige bidrag til udviklingen. Fra 1200-tallet har vi således Robert Grosseteste's undersøgelser over lysets brydning, der fortsattes af Roger Bacon og førte til en korrekt forståelse af samlelinsers virkemåde. Denne nye interesse for optikken bar omgående frugt både på det teoretiske og det praktiske område. Således

kunne tyskeren Dietrich af Freiberg mod slutningen af det 13. århundrede nu for første gang give en korrekt forklaring af regnbuen og dermed løse et problem, der havde plaget videnskaben siden oldtiden – samtidig med at man gjorde en af de opfindelser, der utvivlsomt har haft større betydning for både videnskaben og dagliglivet end de fleste andre – brillerne.

Fra 1200-tallet har vi endvidere en lille perle af en eksperimentalfysisk afhandling af franskmænden Pierre de Maricourt (Petrus Peregrinus) der ved forsøg opklarede alle de grundlæggende love for magneters vekselvirkning, angav en forbedret konstruktion af kompasset og lagde begyndelsen til studiet af jordmagnetismen. Dog er det ikke mindst astronomien, der tiltrækker sig opmærksomheden. Bibliotekernes manuskriptsamlinger er således fulde af astronomiske tabeller og lærebøger i planetteori, der endnu langt fra er udforsket. Et populært emne var konstruktionen af astronomiske instrumenter. Nogle af disse var beregnet til observation, for eksempel de mange forskellige solure og kvadranter; jacobsstaven var et nyt navigationsinstrument, og astrolabiet – som man havde lært at kende hos araberne – udbredtes overalt som et universelt håndinstrument, der både kunne måle himmellegemers højde og derudfra give det nøjagtige klokkeslet, samt løse andre sfærisk-astronomiske opgaver ad rent mekanisk vej.

En interessant type instrumenter var de regnemaskiner, der konstrueredes i mange forskellige former til hurtig udregning af planetpositioner. De var hvad vi nu til dags ville kalde analogiregnemaskiner i modsætning til cifferregnemaskinerne, der først opstod i 1600-tallet takket være Pascal og andre. De mange forskellige typer af disse maskiner vidner om et stort behov for astronomiske beregninger, der kunne foregå hurtigt uden at kræve stor nøjagtighed; det er næppe forkert at se dette som en følge af den stadigt voksende interesse for astrologi, der præger senmiddelalderen og forstærkes i renaissanceen. Endnu en middelalderlig indretning af uvurderlig betydning for eftertiden må nævnes – det mekaniske urværk, der på uforklarlig vis dukker op i begyndelsen af 1300-tallet og først er beskrevet af den engelske abbed Richard of Wallingford, der også forestod opførelsen af et sådant ur i St. Albans. Urværket er fra første færd så højt udviklet og så perfekt – undtagen hvad hemværket angår – at det må have en lang forhistorie, der imidlertid endnu fortaber sig i det dunkle.

Uden at gå nærmere ind på middelalderen i Europa må jeg nævne, at det er omkring år 1300 at dansk naturvidenskab begynder at gøre sig gældende i en større sammenhæng. Dette skyldes først og fremmest astronomen og matematikeren Peder Nattergal, eller Petrus Philomena de Dacia, der først dukker op som professor i matematik i Bologna i 1291. Året efter finder vi ham i Paris, hvor han blandt andet udarbejdede den astronomiske kalender, der i de næste hundrede år eller mere blev den mest anvendte over hele Europa. Det er efter alt at dømme også ham, som har konstrueret såvel et instrument til mekanisk beregning af formørkelser, som en af de førnævnte analogiregnemaskiner. Hans liv fortaber sig derefter stort set i mørket; vi ved kun at han var tilbage i Danmark

som kannik i Roskilde i 1303, mens det er ukendt hvornår han var født eller hvor og hvornår han døde. At han var en af middelalderens betydelige astronomer ser man af det faktum, at hans omkring 15 værker er for hånden i mere end 200 manuskripter, der nu er spredt over hele Europa. De allerfleste er endnu ikke udgivet.

Samtidig med at studiet af middelalderens videnskab således gav store og uventede resultater blev det også klart, at den ikke var nogen direkte efterkommer af den græske videnskab. Den var i hvert fald i begyndelsen baseret på tekster, der var oversat fra arabisk og også delvis forfattet af tidligere lærde inden for Islam, blandt hvilke dog kun meget få var arabere i egentlig forstand, ligesom de ikke alle var muhammedanere. Studiet af den arabiske videnskab tog for alvor sin begyndelse omkring århundredskiftet. Pionererne var her den italienske filolog C. A. Nallino, der på latin udgav en mønstergyldig udgave af den arabiske astronom al-Battānī's store samling af astronomiske tabeller med tilhørende „canones“ (brugsanvisning) hvorpå meget af vort kendskab til den arabiske astronomi stadig beror. Dette værk suppleredes senere med et andet omfattende astronomisk værk af al-Khwārizmī, som A. A. Bjørnbo i forening med Besthorn og Suter udgav for Videnskabernes Selskab i København. Senere har forskere som Willy Hartner i Frankfurt, E. S. Kennedy i Beirut, Bernard Goldstein i U.S.A. og (på det sidste) David King i Cairo på afgørende måde suppleret vor viden om den arabiske astronomi. Det er dermed blevet mere og mere klart, hvor central en rolle den arabiske videnskab spillede under transmissionen af grækerens resultater til Europa; dette bekræftedes også af tilsvarende undersøgelser af den arabiske medicin, alkymi og fysik, som det her er umuligt at komme nærmere ind på.

Af det hidtil sagte vil det fremgå, at den babyloniske, den græske, den arabiske og den latinske videnskab med nogen ret kan betragtes som dele af den samme tradition. Videnskabshistorien har imidlertid i vore dage kastet nettet endnu videre ud og også inddraget fjernere kulturer i forskningen. Dette gælder for eksempel de før-columbianske Maya- og Inca-kulturer i Mellem- og Sydamerika, der synes at være uafhængige af fremmed påvirkning, omend det sikkert er for tidligt at forsøge en fyldestgørende karakteristik af disse folks naturopfattelse og videnskab. Det gælder også de forskellige kulturer på det store indiske subkontinent, hvor billedet endnu er meget broget; her kan man konstatere tydelige påvirkninger fra babylonisk astronomi hos Tamil'erne i Sydindien, medens der hos Hinduerne og Pakistanerne i nord er tale om en vis græsk indflydelse, alt sammen blandet med forestillinger og metoder, der må betragtes som indenlandske. Nogen dybtgående og sammenfattende oversigt herover foreligger endnu ikke. Endelig må man nævne Kina, hvis videnskabelige og tekniske udvikling i disse år gøres til genstand for en indgående behandling i et mange-bindt værk af Joseph Needham i Cambridge, der her leverer hvad der muligvis er det mest omfattende bidrag til videnskabshistorien, som hidtil er givet af enkeltmand. Det

udmærker sig ved en enorm grundighed betinget af en suveræn beherskelse af et kolossalt kildemateriale; men det rejser unægteligt også en lang række problemer, hvis opklaring må prioriteres højt. Det gælder ikke mindst Needham's påvisning af talrige kinesiske „forløbere“ for anskuelse eller opfindelser, der senere dukker op i den arabiske eller europæiske verden uden at det endnu er klart, om der er tale om en direkte påvirkning fra øst til vest eller om uafhængige udviklingsforløb.

Endelig vil det være berettiget at nævne endnu et forskningsområde, der i disse år har tiltrukket sig en del interesse. Det drejer sig om et forsøg på at konstatere arten og omfanget af matematiske og astronomiske kundskaber blandt folkene i det vestlige Europas kystlande i forhistorisk tid før skriftens indførelse, nærmere bestemt i yngre stenalder og bronzealder. Det kunne på forhånd synes håbløst at forsøge noget sådant i betragtning af, at der ikke findes tekster eller dokumenter overhovedet fra denne periode i Vesten. Imidlertid gjorde allerede den engelske astronom J. Norman Lockyer – en af astrofysikkens pionerer – omkring århundredskiftet et forsøg på at tolke nogle af de velkendte store stenmonumenter astronomisk, heriblandt Stonehenge. Lockyers metodik var imidlertid mangelfuld og emnet kom i miskredit. Først i de sidste tyve år er det genopstået som et efter alt at dømme respektabelt felt, takket være et meget omfattende og nøjagtigt opmålings- og fortolkningsarbejde af professor Alexander Thom i Oxford og hans medarbejdere. Deres foreløbige resultater går ud på to ting.

For det første hævdes det, at man gennem en statistisk analyse af dimensionerne af et stort antal af disse bygningsværker kan påvise eksistensen af en længdeenhed (på ca. 83 cm) der benyttedes overalt fra Bretagne i syd over England, Wales og Skotland til Hebriderne i nord, ligesom anlæggenes geometriske former røber et ikk ubetydeligt kendskab til cirkelens geometri og pythagoræiske trekanter med mere. For det andet ser det ud til, at i hvert fald en del af monumenterne kan tolkes som en art primitive astronomiske observatorier, hvori rækker af sten udpeger retninger i terrænet pegende mod astronomisk vigtige punkter på horisonten, hvor solen står op og går ned ved solhverv og jævndøgn, således at anlæggenes kan tænkes at have haft kalenderformål. Thom antager lignende anlæg til iagttagelse af månens bevægelser, eller i enkelte tilfælde til observation af op- og nedgange af nogle af de klare fixstjerner på nordhimlen. Diskussionen af disse hypoteser er meget vanskelig, blandt andet fordi den kræver et vist kendskab til de klimatiske forhold på det tidspunkt, da disse monumenter blev opført. Det er da også for tidligt at spå om, hvorvidt antagelsen vil blive endeligt accepteret; men den er et godt eksempel på, at videnskabshistorien i dag ikke går af vejen for dristige forsøg.

Efter alt hvad der her er sagt om studiet af fjerne tiders og fremmede kulturers videnskab må det naturligvis ikke glemmes, at det mest omfattende og righoldige forskningsområde trods alt er den moderne naturvidenskabs umiddelbare forhistorie, altså den udvikling, der har ført videnskaben frem til det, den er i dag.

Der er næppe nogen tvivl om, at de fleste videnskabshistorikere arbejder på dette felt. Her rejser der sig imidlertid særlige problemer, blandt hvilke det mest iøjnefaldende er kildernes mængde, som ingen i øjeblikket kan overskue. Resultatet er, at vi ikke har nogen omfattende og på kildestudier baseret fremstilling af den nyere naturvidenskabs udvikling. Det er også tvivlsomt, om vi nogensinde får den. Hvad Joseph Needham har kunnet udrette for Kina, lader sig næppe efterligne i Europa og de områder, der i dag har adopteret den europæiske naturvidenskab. Inden for et enkelt fag som kemien har englænderen J. R. Partington publiceret et fire binds værk *A History of Chemistry*, der i øjeblikket repræsenterer en første tilnærmelse til idealet. Men det siger meget om vanskelighederne vi her står overfor, at der ikke findes noget tilsvarende værk om den nyere fysiks eller astronomis historie, og at det eneste tilsvarende værk om matematikkens udvikling, Moritz Cantor's *Vorlesungen über Geschichte der Mathematik 1-4* fra 1880-1908, på afgørende punkter er forældet. En anden sag er, at der findes moderne, halvpopulære oversigtsværker, skrevet af specialister, som f. eks. det af R. Taton redigerede *Histoire Générale des Sciences 1-4* fra 1957-1964; de kan tjene som en første orientering, men ifølge sagens natur ikke være så fyldigt dokumenterede som man kunne ønske.

III. Almene problemer for videnskabshistorien i dag

I stedet for at give en kort og helt ufyldstgørende oversigt over nogle af de resultater, der er fremkommet gennem studiet af videnskabernes nyere historie, vil det være rimeligt at omtale nogle af de mere almene problemer inden for og omkring faget som sådan. Disse problemer rejser sig utvivlsomt for alle videnskabshistorikere uanset deres specielle forskningsområde, men kommer formentlig klarest frem under studiet af de seneste århundreders stærke udvikling, der ikke blot har beriget videnskaben selv, men også givet den en ny og betydningsfuld plads i samfundet.

Således kan det være på sin plads at spørge, om videnskabshistorien med rette hører hjemme i en serie om grundvidenskaberne? I den første pjece i denne række defineredes en grundvidenskab som:

„en virksomhed af original karakter med henblik på at erhverve ny viden og indsigt uden primært sigte på bestemte praktiske mål eller anvendelser“.

Nu er det klart, at det er videnskabshistoriens formål at fremskaffe ny viden om naturvidenskabernes og matematikkens historiske udvikling; for så vidt er den en grundvidenskab. Alligevel er den ikke nogen grundvidenskab i samme forstand som fysikken eller de andre naturvidenskaber, idet den ikke søger at fremskaffe ny viden om de naturfænomener, der er det egentlige forskningsfelt for

disse fag. Dertil kommer, at videnskabshistorien ikke blot skal tilvejebringe ny viden om udviklingen, men også fremstille sine resultater i form af en historisk skildring, hvilket er noget andet end en naturvidenskabelig fremstilling af forskningsresultater i form af en naturvidenskabelig teori.

Sagen er den, at begreber som „grundvidenskab“ og „anvendt videnskab“ ikke rigtigt lader sig anvende på videnskabshistorien. Den er hverken det ene eller det andet. Den er derimod hvad man normalt kalder en „metavidenskab“. Dermed menes en videnskab, hvis umiddelbare genstand eller forskningsobjekt er en anden videnskab. Et par eksempler kan måske bedre forklare, hvad dette betyder. Inden for litteraturen er det primært givne de tekster, forfatterne frembringer. Disse tekster analyseres på forskellig vis inden for den disciplin, der kaldes den litterære kritik. Men denne disciplins principper og metoder studeres inden for en anden disciplin, der herhjemme vistnok som regel kaldes litteraturteorien; denne er derfor en metavidenskab, eftersom den ikke studerer litteraturen, men videnskaben om litteraturen. På lignende måde forholder det sig inden for historien, hvor det primære materiale er de historiske kilder i form af beretninger om begivenheder, statistiske oplysninger om tilstande i samfundet, med mere. Dette studeres under forskellige synsvinkler af historievidenskaben; dennes forskellige metoder analyseres derimod inden for historieteorien.

Inden for det naturvidenskabelige område i videste forstand træffer vi en analog situation. Her er der også et primært materiale, der fremskaffes ved observationer eller eksperimenter. Disse data bearbejdes inden for en hel række naturvidenskaber og sammenfattes i teorier eller i mere rent beskrivende redegørelser. De metoder, der benyttes hertil, kan nu studeres i en række til naturvidenskaberne knyttede metavidenskaber, af hvilke der i hvert fald kan nævnes tre. Den ene er den disciplin der i engelsktalende lande kaldes Philosophy of Science og herhjemme synes at gå under betegnelsen videnskabsteori; denne beskæftiger sig hovedsageligt med den logiske og erkendelsesteoretiske, undertiden også med den ontologiske, side af de naturvidenskabelige metoder og teorier. Den anden er videnskabssociologien, der undersøger videnskaben som et samfundsfænomen. Den tredje er endelig videnskabshistorien, der undersøger de naturvidenskabelige data, metoder og teorier i deres historiske forløb. Videnskabshistoriens status som metavidenskab for naturvidenskaberne er baggrunden for de særlige problemer, den rejser for sine dyrkere.

For det første møder videnskabshistorikeren problemet om hvad „videnskab“ egentlig er for noget. Dette er måske mere et filosofisk punkt, som vi følgelig burde henvise til videnskabsteorien. Alligevel har det i hvert fald to aspekter, som historikeren umiddelbart må overveje. Det ene kunne man kalde relevansproblemet: hvad er det historisk relevant at beskæftige sig med inden for den store mængde af anskuelser, der gennem tiderne har været betragtet som videnskab? Her er det en stadig fristelse at betragte det som relevant, der har interesse set gennem nutidens briller og at fremhæve det, der har fået „blivende værdi“

på bekostning af det, der siden er blevet vurderet som fejltagelser eller vildskud. Nu er det ubestrideligt, at mange ældre videnskabelige forløb eller resultater ofte kommer til at stå i et klarere lys, når de anskues på baggrund af en senere tids rigere erkendelse; for eksempel er der ingen tvivl om at den græske matematiker Eudoxos's epokeyørende indsats i størrelseslæren først til fulde kan vurderes efter fortjeneste takket være udviklingen af visse grene af den moderne matematik.

På den anden side må en historiker ikke lade sig forlede til at tro, at han alene på basis af sin moderne faglige indsigt kan afgøre, hvad der var relevant for tidligere tider. Det vil således være forkert at ignorere alkymien eller astrologien inden for henholdsvis kemiens og astronomiens historie. Dette skyldes for det første, at alkymisternes laboratoriearbejde og astrologernes beregninger var vigtige stadier i udviklingen på trods af det okkulte teoretiske grundlag for deres virksomhed. Det skyldes også, at både den alkymistiske og den astrologiske begrebsverden gennem lange tider øvede en dominerende indflydelse på både læg og lærd. Den prægede både forskningen, og det verdensbillede der var rammen om menigmands daglige tilværelse. Vi må anerkende, at tidligere tider ikke nødvendigvis stillede de samme spørgsmål til naturen, som vi stiller i dag – hvis vort historiske arbejde skal blive andet end et bagklogt forsøg på at tolke tidligere tiders videnskab og tidligere forskeres indsats ved hjælp af en begrebsverden, som de ikke selv ville have vedkendt sig.

Det andet aspekt af problemet drejer sig om modsætningen mellem hvad man kunne kalde videnskaben som resultat og videnskaben som proces. Videnskaben som resultat møder vi i de færdige produkter, som forskerne lægger frem for offentligheden i form af værker som for eksempel Euclids *Elementer*, Copernicus's *De revolutionibus orbium coelestium*, Newton's *Principia* eller Dirac's *Principles of Quantum Mechanics*, for blot at nævne nogle få af de mest skelsættende værker fra forskellige århundreder. Et sådant værk kan studeres i sig selv; man kan analysere dets indre struktur og faglige betydning. Måske er det ikke helt ved siden af at understrege, at dette som regel er en vanskelig opgave, der virkelig kræver sin mand. Det burde være en selvfølge, at ingen videnskabshistoriker studerer Copernicus uden at have en solid ballast af astronomiske kundskaber eller Dirac's bog uden at være fortrolig med kvantemekanik.

Alligevel har talrige såkaldte videnskabshistoriske fremstillinger i tidens løb forsyndet sig mod dette krav med misvisende eller irrelevante resultater til følge. For eksempel kræver det ikke større forudsætninger at læse Bog I af Copernicus's store værk og på dette grundlag skabe et billede af Copernicus som den første revolutionære fornyer, der brød med årtusinders tradition ved at gøre jorden til en planet blandt andre og sætte solen i centrum af universet. Det er også let at gå videre med idéhistoriske konsekvenser og gøre Copernicus ansvarlig for at mennesket detroniseredes fra sin privilegerede plads i centrum for alskabningen, og at påvise sammenhængen mellem copernicanismen, Galileis

skæbne, oplysningstidens antiklerikalisme og den franske revolution. Alt dette kan være meget godt, men yder ikke Copernicus retfærdighed som astronomisk forsker; dette forudsætter nemlig at man også læser de følgende fem bøger af *De revolutionibus*, som han formentlig brugte 30–40 år af sit liv på at udarbejde. Men disse bøger er langt vanskeligere, for så vidt som de forudsætter at man kender hele den forudgående matematiske astronomi og alle dens tekniske metoder. Gør man det fremkommer der et noget andet billede af Copernicus, der nu mere fremtræder som den sidste af de traditionelle astronomer, der ikke så meget var optaget af at lægge dynamit under verdensbilledet som af at fjerne en række af de indre vanskeligheder, der klæbde til den traditionelle matematiske teori for planeternes bevægelser. Men at komme til forståelse heraf kræver selvsagt en dyb indlevelse i astronomiens rent tekniske metoder og dermed en høj grad af faglig kompetence, rent bortset fra at det kræver et uhyre omfattende numerisk regnearbejde der i dag heldigvis lettes betydeligt ved anvendelse af elektroniske regnemaskiner. I virkeligheden må man vistnok erkende, at den dybe indsigt i Copernicus's værk først i vore dage er ved at bryde frem; det er værd at nævne at en af banebryderne i dette arbejde er en ung dansk forsker, K. P. Moesgaard, der for nyligt har forsvaret en disputats herom.

Dermed er vi inde på spørgsmålet om den Copernicanske astronomis egentlige tilblivelseshistorie, der er et godt eksempel på videnskaben betragtet som proces. Dette er helt forskelligt fra spørgsmålet om videnskaben betragtet som resultat, eftersom en forsker meget ofte vil strukturere sin færdige publikation efter visse logiske principper, der i mange tilfælde overhovedet ikke afspejler de mere eller mindre snørklede tankebaner, han har måttet følge på vejen frem mod det færdige resultat. Kun sjældent kan man i det færdige arbejde se, hvorfra forskeren hentede sin første inspiration til arbejdet, hvorfor han valgte netop dette forskningsområde, hvorledes han skaffede sig midlerne til at arbejde, og da slet ikke de fejltagelser han gjorde undervejs, eller hvordan han fik den lyse idé, der tillod ham at komme videre. Disse ting vil en forsker normalt betragte som rent subjektive sider af sit arbejde og derfor offentligheden uvedkommende. Dette sætter ofte historikeren i en vanskelig situation; thi netop disse mere skjulte aspekter af videnskabsmændenes arbejde vil for ham være det mest værdifulde materiale til belysning af, hvorledes den videnskabelige erkendelse vokser og groer.

Vi møder her den ydre vanskelighed, at kilderne til videnskaben betragtet som proces ofte er forsvundet. Vi har ikke længere Copernicus's arbejdsmateriale, og han har ikke selv fortalt ret meget om de mange famlende forsøg der må være gået forud for det publicerede værk. Selve de personlige omstændigheder, hvorunder nogle af de største videnskabsmænd levede og virkede – det gælder for eksempel Euclid og Ptolemaios – er også så godt som ukendte. Vi er lidt bedre stillet med Galilei, hvis biografi er velkendt; men også her er det svært at rekonstruere detaljerne i tilblivelsesprocessen af hans ideer, eftersom han ikke førte nogen dagbog, men nedfældede sine tanker i en omfattende korrespondance, af

hvilken mere end 80 procent er gået tabt. Men selv hvor alt materialet er bevaret, fordi en forsker har indset vigtigheden af at overlade alle sine videnskabelige papirer og breve til et eller andet arkiv, står historikeren overfor indre vanskeligheder ved at rekonstruere udviklingen. Dette kræver ikke blot de før nævnte faglige forudsætninger, men også en høj grad af psykologisk indsigt, der sætter historikeren i stand til så at sige at sætte sig i forskerens sted, gennemtænke hvad han selv ville have gjort i hver enkelt fase af processen og i tankerne gennemleve alle de skuffelser og forhåbninger, der har ledsaget arbejdet. Dette er nok til at vise, at studiet af videnskaben som proces er en langt mere subtil sag end studiet af dens enkelte resultater.

Hvad der hidtil er sagt i dette afsnit vedrører fortrinsvis studiet af enkeltheder i videnskabens historie – et enkelt værk, en enkelt forskers arbejde, en enkelt videnskabelig idé. Mange videnskabshistorikere – og det sjældent de ringeste – har fundet fuldstændigt afløb for deres virketrang i sådanne detailstudier. Vi har kun grund til at være taknemmelige herfor, thi uden sådan solidt underbygget viden om detaljer er det umuligt at gå videre til det arbejde, der principielt må være enhver historisk disciplins endemål – selve historieskrivningen. Her møder vi igen et spil mellem to forskellige aspekter af det historiske arbejde – analysen og syntesen. Analysen består i en undersøgelse af detailviden, syntesen i en fremstilling der knytter disse detaljer sammen i en egentlig historisk redegørelse for hele udviklingen eller en speciel side af denne. Forholdet mellem disse to aktiviteter er imidlertid ikke simpelt. Der er i hvert fald to forskellige problemer, der her må tænkes igennem.

Det er ofte blevet hævdet, at den rent videnskabelige erkendelse er „kumulativ“ og simpelthen hober sig op i tidens løb, hvorimod historien må skrives om for hver ny generation. Det første er kun rigtigt med modifikation, medens erfaringen tyder på, at det sidste stort set er korrekt. Også i de tilfælde, hvor der intet nyt kildemateriale er blevet fremdraget, vil den ene generations arbejde bevirke, at den følgende kan starte på et mere fuldstændigt grundlag. Derfor findes der ikke nogen definitiv historisk sandhed, i hvert fald ikke når talen er om sammenfattende fremstillinger. Thi medens det ikke er utænkeligt at detaljer kan analyseres på endegyldig måde – for eksempel kan en tekstudgave godt tænkes at være praktisk talt definitiv – vil de samlede fremstillinger uundgåeligt være præget af omstændigheder, der bevirker at de kun får en foreløbig og relativ værdi.

Dermed er imidlertid ikke sagt, at syntetiske historiske fremstillinger kan af-færdiges som uholdbare generaliseringer, som man lige så godt kunne være foruden. Ganske vist vindes holdbare resultater formentlig kun i detaillén. Men hvor relevante detaillérne er, vil til enhver tid afhænge af, hvorledes de kan indgå i et større mønster. Et sådant mønster er nødvendigt for at holde styr på detaillérne og forhindre at den historiske fremstilling bliver en gold og uinteressant ophobning af enkelte kendsgerninger uden sammenhæng. Enhver historiker

vil anvende et sådant mønster, i fuld bevidsthed om at hans efterfølgere meget vel kan tænkes at vinde en ny indsigt ved at erstatte det med et andet. Videnskabshistorien må anerkende at de to former for historisk virksomhed står i et dialektisk forhold til hinanden: uden solidt etablerede detaljer bliver syntesen vilkårlig og uvederhæftig; men uden et mønster eller ordnende princip for syntesen får detaljerne ingen relevans og analysen kommer til at foregå i blinde. I den aktuelle situation ser det ud, som om den analytiske side af sagen er den mest påkrævede på de fleste af den historiske forsknings felter, der blev nævnt ovenfor; men på den anden side er der tegn i sol og måne på, at kravet om et syntetisk overblik over især den nyere videnskabs udvikling af mange føles mere og mere påtrængende.

Når det drejer sig om at finde almene, ordnende principper for naturvidenskabelig historieskrivning, kan vi i dag skelne mellem to forskellige grundsynspunkter, der betegnes som „intern“ og „ekstern“ historie. Den interne videnskabshistorie lægger hovedvægten på naturvidenskabens, på matematikkens „egen“ eller „indre“ udvikling. Den spørger om de „rent videnskabelige“ forudsætninger for udviklingen ved at undersøge hvorledes videnskabens stade til eet tidspunkt er betinget af de videnskabelige resultater, der er etablerede på et tidligere tidspunkt. Sådanne undersøgelser viser for eksempel, at Huygens's teori (1678) for den af Rasmus Bartholin opdagede dobbeltbrydning af lyset i visse krystaller (1669) ikke havde været mulig uden Ole Rømers opdagelse af lysets „tøven“ eller endelige hastighed (1676); eller at Newton's teori for planeternes bevægelse i *Principia* (1687) ikke havde været mulig uden Kepler's empirisk fastslåede tre love fra 1600-tallets begyndelse, der atter byggede på Tycho Brahes tyveårige observationsvirksomhed på Hven i slutningen af 1500-tallet.

Tilhængere af den eksterne videnskabshistorie vil heroverfor hævde, at alt dette er rigtigt nok, men alligevel et for snævert billede af videnskabens udvikling. Den sætter nok Rømers opdagelse af lysets tøven ind i en betydningsfuld videnskabelig sammenhæng, men forklarer ikke hvorfor Rømer blev ansporet til at studere netop dette problem og ikke et andet. De vil fremhæve, at drivkraften bag en bestemt forskning ofte kommer fra områder, der ligger uden for videnskaben selv og skal søges i mere almene forhold i det samfund, hvori forskerne arbejder. Heri er der for så vidt intet nyt. Allerede i 1025 bemærkede den store „arabiske“ lærde al-Bīrūnī, at religionen skabte helt forskellige problemer for astronomerne indenfor henholdsvis Islam og kristenheden. Thi medens de kristne, siger al-Bīrūnī, beder med ansigtet vendt mod øst („for der lå Paradiset“), må muhammedanerne bede med ansigtet vendt mod Mecca. Kristne astronomer er derfor kun stillet overfor den simple opgave at udpege de fire verdenshjørner og orientere kirkerne i retningen øst-vest, medens muhammedanske astronomer må løse det langt vanskeligere problem at finde qibla'en, dvs. retningen fra et vilkårligt sted på jorden til Mecca. Dette kræver store kundskaber i geografi, geodæsi, astronomi og matematik – og det var netop de fag,

Islam især bestræbte sig på at udvikle i den muhammedanske videnskabs glansperiode under Khaliferne i Bagdad.

Der kan nævnes mange andre eksempler på sådanne vekselvirkninger mellem videnskaben og en eller anden faktor i samfundslivet i øvrigt. Kompassets indførelse som navigationsinstrument i middelalderen er således uden tvivl forudsætningen for det tidligere omtalte „rent videnskabelige“ skrift om magnetismen af Pierre de Maricourt. Og går vi videre til Ole Rømer, er der ingen tvivl om, at hans opdagelse af lysets tøven – der er en af de vigtigste opdagelser i fysikkens historie overhovedet – fremkaldtes af hans beskæftigelse med jupitermånernes omløbstider; og videre at jupitersystemets forhold var på tapetet fordi det syntes at frembyde en metode til at løse det vanskelige problem om at bestemme den geografiske længde til søs, hvilket igen hænger sammen med de nye europæiske stormagters imperialisme; denne gjorde det bydende nødvendigt at have sikre metoder til navigation på kolonierne og fik regeringerne i både England og Frankrig til at investere store summer i opførelsen af store statsobservatorier. På denne måde vil en ekstern videnskabshistoriker altså i grunden se Rømers opdagelse som et biprodukt af nye politisk-økonomiske tendenser i samfundet.

Der er ingen tvivl om, at sådanne betragtningsmåder er af stor interesse, såvel når det drejer sig om at belyse naturvidenskabens bidrag til samfundsudviklingen, som når talen er om at forklare hvorfor et videnskabeligt forskningsområde i en given situation får myndighedernes særlige bevågenhed og støtte. Vanskeligheden opstår blot i det øjeblik, en af parterne vil hævde, at netop deres foretrukne form er den eneste legitime form for videnskabshistorie, og derfor forskanser sig i sin egen lejr. De eksterne historikere kan forklare, hvorfor Rømer fik mulighed for at arbejde på det område, der førte ham til opdagelsen af lysets hastighed; men de kan ikke forklare, at dette tilsyneladende biprodukt var det store og varige resultat af hans arbejde, medens jupitermånernes anvendelighed som navigationsinstrument hurtigt viste sig at være en lygtemand. På den anden side har de interne historikere sikkert i mange tilfælde overset de ydre forholds betydning for den retning, forskningen til et givet tidspunkt har taget. Det forekommer mig derfor, at de to synspunkter i virkeligheden supplerer hinanden uden at udelukke hinanden. Derimod er jeg ikke i tvivl om, at den eksterne videnskabshistorie må forudsætte den interne, idet jeg ikke kan se, hvorledes videnskabelige opdagelser kan sættes ind i nogen samfundsmæssig sammenhæng, med mindre det er helt klart, hvad de går ud på og hvilke muligheder der ligger i dem. Måske vil der efterhånden opstå en vis arbejdsdeling, således at den interne og den eksterne videnskabshistorie har hver sine dyrkere med baggrund i henholdsvis naturvidenskab og økonomisk-politisk historie, som så kan mødes i et samarbejde om at opklare så mange aspekter af udviklingen som muligt. I denne forbindelse kan man pege på teknikens historie som et vigtigt bindeled, idet den eksterne historie ifølge sagens natur fortrinsvis vil være interesseret i naturvidenskabernes anvendelser, hvor sådanne findes.

Endelig kan der være grund til at minde om, at der også kan anlægges eksterne synspunkter på videnskabshistorien selv. Også her må enhver forsker være beredt til at stille kritiske spørgsmål vedrørende den sociale eller politiske funktion, hans egen virksomhed har i det samfund han lever i. Denne betragtning rejser problemer, som det her vil føre for vidt at komme ind på. I stedet vil det være rimeligt at slutte med at overveje videnskabshistoriens aktuelle betydning i det snævrere udsnit af samfundet, der kan betegnes som den videnskabelige verden. Hvorfor bestræbe sig på at analysere og beskrive naturvidenskabernes historiske udvikling, når det dog er deres seneste, aktuelle fase, der driver denne udvikling frem, såvel med hensyn til erkendelse som til praktiske anvendelser af denne? Herpå er der givet mange forskellige svar i den tid, der er gået siden videnskabs-historien blev et regulært fag, der koster bevillinger, som på en eller anden måde burde retfærdiggøres.

Nogle – og heriblandt en af fagets store pionerer George Sarton – slog sig til tåls med en art symmetriargument: mennesket udfolder sine største evner inden for videnskab, kunst og religion. Når nu både kunsthistorie og religionshistorie er veletablerede discipliner, mangler der noget i den almene kulturhistorie, hvis ikke denne også beskæftiger sig med videnskabens udvikling.

Andre har betragtet videnskabshistorien som et bidrag til hvad de kalder „videnskabens selvforståelse“ – et begreb, hvis indhold jeg ikke rigtigt er klar over. Der eksisterer jo ingen „videnskab“ der kan forstå sig selv – kun individuelle videnskabsmænd og deres produkter; og medens erfaringen viser, at mange forskere føler et behov for at kende deres fags historie og reflektere over den vej, der førte frem til deres eget virkefelt, så viser erfaringen også, at mange andre forskere fuldstændigt ignorerer deres fags historie uden af den grund at blive dårligere videnskabsmænd. Man bliver næppe en bedre forsker af at kende forskningens historie, ligesom man vel næppe bliver en bedre kunstner eller mere religiøs af at kende henholdsvis kunstens eller religionernes historie.

Måske burde man derfor stoppe op her og ikke tillægge videnskabshistorien nogen selvstændig betydning. I så fald reduceres den til en slags ornament til glæde for den del af menneskeheden, for hvilken historien som sådan er noget fundamentalt – og så iøvrigt trøste sig med, at dette er og formentlig vil blive ved at være en talrig gruppe. Alligevel forekommer det mig, at der er lidt mere at sige om spørgsmålet, bl. a. fordi videnskabshistorien jo ikke er den eneste metavidenskab knyttet til naturvidenskaberne. Der var også videnskabsteorien og videnskabssociologien. Blandt disse viser den første sig som en slags storforsbruger af videnskabshistoriske resultater. Analysen af videnskabens principper og metoder sker kun sjældent alene på grundlag af den helt moderne videnskab. Den underbygges eller søges underbygget med historiske eksempler og analyser af, hvorledes store forskere i fortiden har løst deres metodologiske problemer. Dette betyder, at videnskabshistorien bliver leverandør af materiale til videnskabsteorien. Dette er ingen ny situation, men der er grund til at fremhæve at

det må være historikeren, der står inde for dette materiales pålidelighed, således at videnskabsteoretikeren ikke kommer til at bygge på et uholdbart fundament. Dette giver videnskabshistorien en ny rolle som kritikgrundlag for videnskabsteorien, eller som det arsenal hvorfra der kan hentes våben til bekæmpelse af de forsøg, der fra tid til anden gøres på at gøre videnskabsteorien til en normativ disciplin, der påtager sig at fortælle videnskabsmændene, hvorledes de retteligt bør gå frem i deres forskning.

Et eksempel på denne funktion kan hentes fra den hos talrige ældre tidligere videnskabsteoretikere fremsatte anskuelse, at naturvidenskaben bygger og må bygge på en induktiv metode, dvs. den indsamler fakta på må og få og uddrager så naturlove af dem ved en eller anden matematisk behandling af materialet. Til støtte herfor anførtes ofte et udsagn af Galilei, der lød: „Mål alt hvad der er måleligt, og gør det måleligt, som endnu ikke er det“. Dette harmonerede smukt med den metode, som Francis Bacon havde gjort sig til talsmand for i sine læste bøger om videnskabens fremme. Dette smukke historiske fundament smuldrer imidlertid totalt, når man har gennemlæst de 21 bind af Galileis samlede værker uden at finde det omtalte udsagn, og når man herunder har opdaget at Galilei selv som oftest benyttede en helt anden, hypotetisk-deduktiv metode, der blandt andet betød, at man ikke skulle måle mere end højst nødvendigt. Videnskabsteorien er da også senere kommet på bedre tanker, og går nu i almindelighed ud fra, at naturvidenskaben ingensinde har brugt rent induktive metoder og aldrig er gået forudsætningsløst til værks. Dette lyder umiddelbart langt mere plausibelt, men må naturligvis også gøres til genstand for en historisk efterprøvning.

Man kunne nævne andre felter end videnskabsteorien, hvor videnskabens historie er forudbestemt til at spille en rolle som kritisk fundament for præmisser, der benyttes i en anden sammenhæng. Men lad dette være nok til at understrege, at videnskabshistorien kan og bør spille en rolle udover sine egne enemærker, når det drejer sig om at destruere forudfattede meninger om og dogmatiske holdninger til naturvidenskaben og dens mangeartede relationer til såvel det materielle som det intellektuelle liv i samfundet. Denne kritiske funktion af videnskabshistorien gør den måske ikke til en grundvidenskab i egentlig forstand; men den begrunder, at vi formentlig ikke har råd til at undvære den.

Litteraturhenvisninger

I det følgende anføres en række værker om de eksakte videnskabers historie, der kan tjene som vejledning for dem, der ønsker at kende mere til emnet. I listen er der ikke medtaget som skrifter om enkelte videnskabsmænd, idet det er let at finde frem til disse ved hjælp af bibliotekernes biografiske kataloger. Litteratur af særlig lettilgængelig art, der kan benyttes som en første indledning til et nærmere studium, er mærket med en * efter forfatternavnet. – For fuldstændighedens skyld er der tilføjet ganske enkelte værker om de biologiske fags og medicinens historie. Vi begynder med nogle få skrifter om selve

Studiet af de eksakte videnskabers historie

G. Sarton*: *The Study of the History of Science*, Cambridge, Mass., 1936, og *The Study of the History of Mathematics*, Cambridge, Mass., 1936 (udgivet i eet bind New York, 1957).

Disse små skrifter af en af videnskabshistoriens pionerer i vort århundrede giver mange gode råd og vink om, hvordan man kommer i gang med at studere faget, med gode henvisninger til litteraturen op til 1935. En god indledning til fagets moderne problematik er

R. H. Stuewer (ed.): *Historical and Philosophical Perspectives of Science*, Minneapolis, 1970 (Minnesota Studies in the Philosophy of Science, Bd. 5).

Heri findes bl. a.

E. McMullin: „*The History and Philosophy of Science: A Taxonomy*“, s. 12–67.

M. Hesse: „*Hermeticism and Historiography: An Apology for the Internal History of Science*“, s. 134–162.

Her giver McMullin's kapitel en meget klar analyse af bl. a. videnskaben som proces og som resultat og de deraf følgende to aspekter af videnskabshistorien. Mary Hesse's af-snit er en god indledning til debatten om intern og extern videnskabshistorie.

Biografiske og bibliografiske hjælpemidler

A. V. Howard*: *Chambers's Dictionary of Scientists*, London, 1951 og senere udg.

T. I. Williams* (ed.): *A Biographical Dictionary of Scientists*, London, 1969.

Dictionary of Scientific Biography, vol. 1–14, New York.

De to første af disse værker er korte, et-binds leksika over naturvidenskabsmænd fra oldtiden til vore dage. Det tredje er et mere omfattende og ajourført værk, der i mange år vil være videnskabshistoriens biografiske standardværk.

F. Russo: *Bibliographie de l'histoire des sciences et des techniques*, 2 éd., Paris, 1969.

Indeholder talrige henvisninger både til forskernes egne værker og til litteraturen om dem og er den bedste korte bibliografi, der findes i øjeblikket.

G. Sarton: *Introduction to the History of Science*, I–III (5 Bd.) (til år 1400), Baltimore, 1927–48.

Et kæmpeværk, der for sin tid gav en næsten udtømmende, kritisk oversigt over hele den videnskabelige og videnskabshistoriske litteratur vedrørende oldtid og middelalder. For den senere periode har man intet tilsvarende værk, men kun en simpel fortegnelse over forskernes egne publikationer i de mange bind af

J. C. Poggendorff: *Biographisch-literarisches Handwörterbuch zur Geschichte der exacten Wissenschaften*, Leipzig, 1863 ff.

Den nyeste litteratur registreres løbende i

Bulletin Signalétique 522: Histoire des sciences et des techniques, Paris (Centre National de la recherche scientifique)

der giver korte indholdsangivelser af både nye bøger og tidsskrifter.

Kildesamlinger

Chase and Archibald: *The Rhind Mathematical Papyrus I–II*, Oberlin, Ohio, 1927–29.

O. Neugebauer and R. D. Parker: *Egyptian Astronomical Texts I–III*, London, 1960.

O. Neugebauer and A. Sachs: *Mathematical Cuneiform Texts*, New Haven, 1945.

O. Neugebauer: *Astronomical Cuneiform Texts I–III*, London, 1955.

Intet nok så grundigt studium af litteraturen om videnskabens historie kan erstatte udbyttet og glæden ved at stifte bekendtskab med selve kilderne. De fire ovennævnte værker er store, videnskabelige udgaver, der viser, hvorledes kilderne til den ægyptiske og babyloniske matematik og astronomi ser ud. I det følgende anføres en række mere lettilgængelige bøger, der bringer udvalgte kilder i engelsk oversættelse med mere eller mindre fyldige indledninger og kommentarer. Læser man *om* en videnskabs historie, vil udbyttet blive langt større om man også samtidig læser *af* denne videnskabs historie i en sådan kildesamling.

- M. R. Cohen and I. E. Drabkin: *A Source Book in Greek Science*, Cambridge, Mass., 1958.
 I. Thomas: *Greek Mathematical Works*, 1-2, London, 1939-41.
 E. Grant (ed.): *A Source Book in Medieval Science*, Cambridge, Mass., 1974.
 D. J. Struik: *A Source Book in Mathematics 1200-1800*, Cambridge, Mass.
 D. E. Smith: *A Source Book in Mathematics 1-2*, New York, 1959.
 H. Shapley and H. E. Howarth: *A Source Book in Astronomy, 1500-1900*, New York, 1929.
 H. Shapley: *Source Book in Astronomy, 1900-1950*, Cambridge, Mass., 1960.
 W. F. Magie: *A Source Book in Physics*, New York, 1935.
 H. M. Leicester and H. S. Klickstein: *A Source Book in Chemistry, 1400-1900*, Cambridge, Mass., 1963.
 H. M. Leicester: *Source Book in Chemistry, 1900-1950*, Cambridge, Mass., 1968.

Almene fremstillinger af videnskabshistorien

- S. F. Mason*: *A History of the Sciences - Main Currents of Scientific Thought*, London, 1953.
 R. J. Forbes and E. J. Dijksterhuis*: *A History of Science and Technology*, 1-2, London, 1963.
 R. Taton (éd.): *Histoire générale des sciences*, I-III (4 Bd.), Paris 1957-64 (også engelsk oversættelse).

*Vor kulturarv** Bd. 1-6, København 1961-70

indeholder følgende videnskabshistoriske bidrag

Bd. 1, s. 163-214: „Oldtidens videnskab“ af Olaf Pedersen.

Bd. 2, s. 501-566: „Middelalderens tænkning og videnskab“ af Olaf Pedersen.

Bd. 3, s. 139-218: „Ideernes historie“ (i renaissance) af Sten Lindroth.

Bd. 4, s. 185-262: „Videnskaben“ (i 1800-tallet) af Henrik Sandblad.

Bd. 5, s. 139-244: „Fra videnskabens verden“ (1900-tallet) af G. Aspelin, Mogens Pihl og H. V. Brøndsted.

E. Lund, M. Pihl, J. Sløk*: *De europæiske ideers historie*, København, 1962.

J. D. Bernal*: *Science in History*, London, 1954 (2. udg. 1957).

Disse fremstillinger dækker hver for sig alle videnskaber gennem hele den historiske tid. De er gennemgående ret populære, men mere eller mindre udførlige. Artiklerne i *Vor Kulturarv* indeholder et rigt illustrationsmateriale. Bernal's bog giver en gennemført marxistisk tolkning af videnskabshistorien.

Værker om flere fag i forskellige perioder

O. Neugebauer: *The Exact Sciences in Antiquity*, Copenhagen, 1951 (senere udg. New York, 1962).

Et standardværk, der oprindeligt er forelæsninger holdt ved Københavns Universitet, især om matematik og astronomi i Ægypten og Babylon.

B. L. van der Waerden: *Science Awakening*, Groningen, 1965.

Supplerer Neugebauer's bog, især hvad angår den græske periode.

O. Pedersen: *Matematik og naturbeskrivelse i oldtiden*, København, 1975.

Dækker ægyptisk, babylonisk og græsk matematik og astronomi, samt Platon's og Aristoteles's erkendelsesteori og videnskabsteori. De tre ovennævnte bøger forudsætter nogle matematiske forkundskaber.

G. Sarton*: *A History of Science*, I-II, Cambridge, Mass., 1952-59.

B. Farrington*: *Græsk naturvidenskab - Hvad den betyder for os*, København, 1962.

Disse to værker kan læses uden særlige forkundskaber. Sarton's to bind er de første

dele af et meget grundigt og omfattende værk, der imidlertid ikke nåede længere end til den græske periode. Farrington's bog er en klassisk filologs forsøg på en marxistisk tolkning af den videnskabelige udvikling i den græske oldtid.

- O. Pedersen og M. Pihl*: *Historisk Indledning til den klassiske Fysik, I: De eksakte naturvidenskaber i oldtid og middelalder*, København, 1963 (revideret udgave på engelsk: *Early Physics and Astronomy*, London, 1974).

Bogen indeholder en kortfattet skildring af astronomiens, fysikkens og kemiens udvikling, efterfulgt af et leksikon over alle de videnskabsmænd, der er nævnt i teksten, samt udførlige litteraturhenvisninger.

- P. Duhem: *Le système du monde*, 1–10, Paris, 1913–1960.

Et standardværk, der især omhandler verdensbilledets udvikling, men også tager hensyn til mekanik og fysik i oldtid og middelalder. Det er uudværligt for ethvert dybtgående studium.

- A. C. Crombie*: *Mediaeval and early modern science*, 1–2, New York, 1959.

Den bedste korte fremstilling af middelalderens naturvidenskab i almindelighed.

- H. Butterfield*: *Den naturvidenskabelige revolution – Den moderne videnskabs oprindelse 1300–1800*, København, 1964.

Om den naturvidenskabelige renaissance under hensyntagen til nyere opfattelser af renaissanceproblemet.

- H. T. Pledge*: *Science since 1500*, London, 1959.

Noget tør og skematisk, men indeholder et væld af nyttige årstal og facts.

- A. Wolf*: *History of Science, Technology and Philosophy*, 1–2, London, 1935–39.

Omfattende, elementær fremstilling dækkende perioden 1500–1800.

Specielt om matematik

- H. G. Zeuthen*: *Forelæsning over Matematikens Historie*, I–II (til circa 1700), Kjøbenhavn 1893–1903 (genoptrykt 1949).

På visse punkter forældet, men et banebrydende og åndfuldt værk af stor betydning for den videnskabshistoriske tradition i Danmark.

- M. Cantor: *Vorlesungen über Geschichte der Mathematik*, I–IV, Leipzig, 1880–1908 (til omkring år 1800). Nyoptrykt Stuttgart, 1965.

Eneste store og nogenlunde fuldstændige fremstilling af matematikkens historie op til 1799.

- K. O. May: *Bibliography and Research Manual of the History of Mathematics*, Toronto, 1973.

Mest moderne og fuldstændige bibliografi.

- D. J. Struik*: *A Concise History of Mathematics*, London, 1956.

- C. B. Boyer: *A History of Mathematics*, New York, 1968.

Disse to et-binds værker egner sig som en første introduktion til matematikkens historie.

- J. E. Hofmann: *Geschichte der Mathematik*, 1–3, Berlin, 1953–57 (Sammlung Göschen No 226.875.882).

Skrevet ud fra moderne synspunkter og under hensyntagen til den moderne forsknings resultater, men meget kompakt og vanskelig at læse; gode litteraturhenvisninger.

- P. La Cour*: *Historisk Matematik*, København, 4. udg. 1942.

Dette meget populære danske værk er på afgørende punkter forældet.

- W. W. Struve: *Mathematischer Papyrus Moskau*, Berlin, 1930 (Quellen und Studien, Bd. A 1).

En strengt videnskabelig analyse af en af hovedkilderne til den ægyptiske matematik.

- O. Neugebauer: *Vorgriechische Mathematik*, Berlin, 1934.

Disse forelæsninger fra København blev optrykt uforandret i 1969, men kan stadig læses med udbytte som et af de mere avancerede værker om den førgræske matematik.

- K. Vogel: *Vorgriechische Mathematik: I Vorgeschichte und Aegypten*, Hannover, 1958. – *II Babylonien*, Hannover, 1959.

Disse to små bind giver en omfattende, men meget sammentrængt oversigt.

- A. Aaboe*: *Episoder fra Matematikkens Historie*, København, 1966.

Glimrende og pædagogisk vel tilrettelagt fremstilling, der egner sig til brug for eksempel ved specialelæsningen i gymnasieskolen.

- T. L. Heath: *History of Greek Mathematics*, 1–2, Oxford, 1921.

Stadig den mest fuldstændige oversigt over den græske matematiks udvikling.

A. P. Youschkevich: *Geschichte der Mathematik im Mittelalter*, Leipzig, 1964.

Det bedste moderne værk om den middelalderlige matematik, også i de ikke-europæiske kulturer.

J. L. Coolidge: *A History of Geometrical Methods*, Oxford, 1940.

C. Boyer: *History of Analytic Geometry*, New York, 1959.

C. Boyer: *The Concepts of the Calculus*, New York, 1939.

Disse tre værker behandler hver for sig en af matematikkens vigtige discipliner, men er på visse punkter forældede.

M. Kline*: *Mathematics in Western Culture*, London, 1954.

Et åndfuldt forsøg på at skildre matematikkens udvikling ud fra et kulturhistorisk synspunkt.

Specielt om astronomi

A. Thom: *Megalithic Sites in Britain*, Oxford, 1967.

A. Thom: *Megalithic Lunar Observatories*, Oxford, 1971.

R. Müller*: *Der Himmel über dem Menschen der Steinzeit – Astronomie und Mathematik in den Bauten der Megalithkulturen*, Berlin-Heidelberg, 1970.

A. Thom's to bøger præsenterer det forskningsmateriale, hvorpå hypotesen om en forhistorisk astronomi i sten- og bronzealderens Europa bygger. Müller giver en letlæst, sammenfattende oversigt over spørgsmålet.

S. Toulmin og J. Goodfield*: *Verdensbilledet – Astronomiens Idehistorie*, København, 1964.
En populær og letfattelig skildring af verdensbilledets udvikling.

J. L. E. Dreyer*: *A History of Astronomy from Thales to Kepler*, New York, 1953 (1. udg. Cambridge, 1906).

A. Pannekoek: *A History of Astronomy*, London, 1961.

Disse to et-binds værker er gode introduktioner, især til den teoretiske astronomis historie. Dreyer's bog har på de fleste punkter bevaret sin værdi. Pannekoek fører historien op til den moderne astronomis periode.

F. X. Kugler: *Die babylonische Mondrechnung*, Freiburg im Br., 1900.

Et pionerarbejde, der startede hele den videnskabelige udforskning af den førgræske astronomi.

O. Neugebauer: *A History of Ancient Mathematical Astronomy*, I-III, Berlin-Heidelberg-New York, 1975.

Et meget omfattende og helt ajourført hovedværk, der er uundværligt for et grundigt studium af den gamle astronomi, men kræver ret betydelige forudsætninger.

O. Pedersen: *A Survey of the Almagest*, Odense, 1974.

En analyse af oldtidens astronomiske hovedværk.

O. Pedersen*: *Middelalderens Verdensbillede*, København, 1962.

Populære forelæsnings fra Radioens Søndagsuniversitet.

A. Koyré: *From the Closed World to the Infinite Universe*, New York, 1958.

En grundig undersøgelse af det moderne verdensbilledes udvikling i senmiddelalder og renaissance.

A. Koyré: *La révolution astronomique*, Paris, 1961.

Om den teoretiske astronomis omvæltninger fra Copernicus til Kepler og Borelli.

J. B. Delambre: *Histoire de l'astronomie*, 1-6, Paris, 1817-1827.

P. Tannery: *Recherches sur l'astronomie ancienne*, Paris, 1893.

P. Tannery: *Mémoires scientifiques*, 1-17, Paris, 1912-51.

Disse værker er nærmere omtalt ovenfor side 6-7.

E. Zinner*: *Geschichte der Sternkunde*, Berlin, 1931.

Meget kompetent og omfattende fremstilling, men med overdreven vægt på den „germanske“ indsats i astronomen.

J. A. Repsold: *Zur Geschichte der astronomischen Messwerkzeuge*, 1-2, Leipzig, 1908-14.

E. Zinner: *Deutsche und niederländische astronomische Instrumente des 11.-18. Jahrhunderts*, München, 1956.

To hovedværker om astronomiske instrumenter og deres historie, der i Repsold's bog føres op til slutningen af 1800-tallet.

- F. Boll: *Stern Glaube und Sterndeutung. Die Geschichte und das Wesen der Astrologie*, Berlin, 1918.
- E. Zinner*: *Stern Glaube und Sternforschung*, München, 1953.
 To bøger om astrologien gennem tiderne, dens historiske betydning og dens forvandling fra en pseudo-videnskab til ren overtro.

Specielt om fysik

- P. La Cour og J. Appel*: *Historisk Fysik*, Bd. 1–2, 2. udg. København, 1896–97, genoptrykt.
 Der er ikke så mange gode fremstillinger af fysikkens som af matematikkens eller astronomiens historie. Det her nævnte værk er i Danmark blevet noget af en klassiker, der stadig kan læses med fornøjelse, selvom det ofte er upålideligt i detaljer.
- J. Jeans*: *The Growth of Physical Science*, Cambridge, 1947.
 Også et populært værk, der skildrer hele fysikkens udvikling i et enkelt bind, men rummer mange forkerte enkeltheder.
- E. Mach: *Die Mechanik in ihre Entwicklung*, Leipzig, 1883 og talrige senere udgaver.
 En anden klassiker om mekanikkens udvikling, skrevet ud fra et bestemt filosofisk synspunkt, der i lang tid var ret dominerende blandt fysikere.
- E. J. Dijksterhuis: *The mechanization of the world picture*, Oxford, 1961.
 En stor og sober fremstilling af den mekaniske fysiks udvikling fra oldtiden til den klassiske fysiks gennembrud af en af nutidens mest kompetente videnskabshistorikere.
- I. B. Cohen*: *Fysikkens Gennembrud*, København, 1962.
 En ret populær og lettilgængelig bog om fysikken i 1600-tallet.
- M. Jammer: *Concepts of Space*, Cambridge, Mass., 1954.
- M. Jammer: *Concepts of Force*, Cambridge, Mass., 1957.
- M. Jammer: *Concepts of Mass*, Cambridge, Mass., 1960.
 Max Jammers tre bøger giver historiske fremstillinger af udviklingen af nogle af fysikkens fundamentale begreber, præget af dyb indsigt og en elegant stil. Om nogle af fysikkens vigtigste grene handler de følgende to værker.
- E. Mach: *Principles of Physical Optics*, New York, New ed., s.d.
- E. T. Whittaker: *History of the Theories of Aether and Electricity*, I–II, New ed., London 1951–53.
 Mach's bog om den fysiske optik svarer til hans oven for nævnte fremstilling af mekanikkens udvikling, medens Whittakers bog om elektrodynamikken kræver større fysiske og matematiske forudsætninger af læseren. Endelig anføres til sidst i dette afsnit nogle bøger om den moderne fysiks historie. Ingen af dem er helt elementære.
- A. D'Abro: *The Rise of the New Physics*, 1–2, New York, 1939, optrykt 1951.
 En ret omfattende skildring af relativitetsteoriens og kvantefysikkens historie.
- M. Jammer: *The Conceptual Development of Quantum Mechanics*, New York, 1966.
- Fr. Hund: *Geschichte der Quantentheorie*, Mannheim, 1967.
 Kvantemekanikkens historie af en af dens egne pionerer.

Specielt om kemi

- J. R. Partington*: *A Short History of Chemistry*, 2. ed., London, 1948.
- J. R. Partington: *A History of Chemistry*, I–IV, London, 1961–70.
 Partington's *Short History* er den mest lettilgængelige korte fremstilling af hele kemiens udvikling, medens hans store fire-bindsværk giver en meget detaljeret fremstilling. Andre kortere værker af betydning er:
- H. S. Klickstein: *Outline of the History of Chemistry*, St. Louis and New York, 1950,
 der bl. a. indeholder en fortrinlig kronologisk oversigtstabel, samt
- H. E. Fierz-David: *Die Entwicklungsgeschichte der Chemie*, Basel, 1945.
 Om den nyere periode handler det meget kyndige værk
- A. J. Ihde: *The Development of Modern Chemistry*, New York, 1964.
 Til sidst anføres tre bøger om alkymien og dens forhold til den egentlige kemi:
- F. Sherwood Taylor*: *The Alchemists*, London, 1951.
- E. J. Holmyard*: *Alchemy*, London (Penguin) 1957.
- J. Reid: *Through Alchemy to Chemistry*, London, 1957.

Specielt om teknik

C. Singer, A. J. Holmyard, A. R. Hall (eds.): *A History of Technology*, I–V, Oxford, 1954–58.

Dette internationale samleværk omfatter hele teknikens historie i alle dens aspekter fra forhistorisk tid indtil i dag og er af meget høj forskningsmæssig standard.

H. Holst* (red.): *Opfindelsernes Bog*, Bd. 1–4, 4. udg. København, 1923–26.

Et populært dansk værk, der stadig kan studeres med udbytte, omend det hist og her er forældet.

F. M. Feldhaus: *Die Technik der Vorzeit, der geschichtlichen Zeit und der Naturvölker*, München, 1965.

En teknikhistorisk opslagsbog i form af et et-binds leksikon med talrige illustrationer.

F. Klemm*: *Technik. Eine Geschichte Ihrer Probleme*, München, 1954.

R. J. Forbes*: *Man the Maker. A history of technology and engineering*, New York, 1950.

To ret korte, og let læselige fremstillinger.

K. O. B. Jørgensen*: *De store opfindelser*, København, 1965.

Populære forelæsninger fra Radioens Søndagsuniversitet.

F. M. Feldhaus*: *Die Maschine im Leben der Völker. Ein Überblick von der Urzeit bis zur Renaissance*, Basel, 1954.

E. P. Usher*: *History of Mechanical Inventions*, New York, 1929.

Ret populære, illustrerede fremstillinger af maskinernes historie.

A. G. Drachmann: *The Mechanical Technology of Greek and Roman Antiquity*, Copenhagen, 1963.

A. G. Drachmann*: *Antikkens Teknik. Redskaber og opfindelser i den græske og romerske oldtid*, København, 1963.

Den første af disse bøger er et hovedværk om antikkens teknik af nutidens bedste kender af emnet; den anden er en mere populær, men meget pålidelig og elegant indledning.

T. Schjølter: *Roman and Islamic Waterlifting Wheels*, Odense, 1973.

Et grundlæggende værk om en vigtig side af antikkens og middelalderens teknik.

L. White jr.: *Medieval Technology and Social Change*, Oxford, 1964.

Et spændende og provokerende værk om de sociale følger af middelalderlige tekniske opfindelser (stigbøjlen, vandmøllen, landbrugsredskaber).

S. Lilley: *Men, machines and history: the story of tools and machines in relation to social problems*, London, 1968.

Interessant analyse ud fra et marxistisk grundsynspunkt.

F. R. J. Jervis: *The evolution of modern industry*, London, 1963.

W. Schwanenflügel*: *Det tekniske Fremskridt i det 19. Aarhundrede*, 2. udg. København, 1919.

Om den industrielle revolution og dens konsekvenser.

E. S. Ferguson: *Bibliography of the history of technology*, Cambridge, Mass., 1968.

En meget udførlig bibliografi til hjælp ved mere specielle studier.

Specielt om dansk videnskab

V. Meisen* (ed.): *Prominent Danish Scientists*, Copenhagen, 1932.

En samling af korte artikler om danske videnskabsmænd fra middelalderen til vore dage.

N. Nielsen: *Matematikken i Danmark*, Bd. I (1528–1800) København, 1912. – Bd. II (1801–1908) København, 1910.

En biografisk og bibliografisk håndbog.

M. Pihl*: *Betydningsfulde danske bidrag til den klassiske fysik*, Universitetsfestskrift, København, 1972.

Ti danske fysikers arbejde set på baggrund af den internationale udvikling i fysikken fra 1600-tallet til vore dage.

H. H. Kjølens*: *Fra Skidenstræde til H. C. Ørsted Instituttet*, København, 1965.

Mest om den fysiske undervisnings historie ved Københavns Universitet fra H. C. Ørsted til nutiden.

S. Veibel: *Kemien i Danmark I–II*, København, 1939–43.

Grundlæggende bio-bibliografisk værk.

- A. Garboe: *Geologiens Historie i Danmark*, Bd. 1–2, København, 1959–61.
Den mest omfattende historiske fremstilling af nogen dansk videnskab.
- H. Holst*: *Danmarks Indsats i Teknikkens Udvikling*, København, 1933.
Kort, letlæst indledning.

Specielt om ikke-europæiske kulturer

- J. Needham: *Science and Civilisation in China*, I– , Cambridge, 1961– .
Dette imponerende pionerværk er nærmere omtalt ovenfor side 13–14.
- S. Nakayama and N. Sivin*: *Chinese science – explorations of an ancient tradition*, Cambridge, Mass., 1973.
Bedste korte fremstilling af ældre kinesisk videnskab.
- P. M. D'Elia: *Galileo in China*, Cambridge, Mass., 1960.
Om den europæiske naturvidenskabs indtrængen i den kinesiske kultur i 1600-tallet.
- D. M. Bose (ed.): *A Concise History of Science in India*, New Delhi, 1971.
Et omfattende samleværk med kapitler om ældre indisk matematik og naturvidenskab af meget kompetente forfattere og forsynet med en stor litteraturliste.
- B. Datta and A. N. Singh: *History of Hindu mathematics. A source book*. Bombay, 1962.
Ikke en egentlig kildesamling, men en almen indisk matematikhistorie med en række oversatte citater.
- P. C. Ray: *History of chemistry in ancient and medieval India*, Calcutta, 1956.
En ret kort og noget overfladisk fremstilling af den gamle indiske kemi og kemiske teknologi, med en del ikke-oversatte tekster på sanskrit.
- A. Mieli*: *La science arabe et son role dans l'évolution scientifique mondiale*, reprint Leiden, 1966.
Stadig den bedste korte oversigt over den „arabiske“ naturvidenskab.
- H. Suter: *Die Mathematiker und Astronomen der Araber und ihre Werke*, Leipzig, 1900, reprint New York, 1972.
Grundlæggende biografisk og bibliografisk arbejde, omend noget forældet.
- S. H. Nasr: *Science and civilization in Islam*, Cambridge, Mass., 1968.
En åndfuld tolkning af den arabiske videnskabs historie fra et filosofisk synspunkt.
- H. Suter und A. Bjørnbo: *Die astronomische Tafeln des ... Al-Khwarizmi*, København (Vid. Selsk.) 1914.
Et godt eksempel på en arabisk „zij“ eller samling af astronomiske tabeller, med visse spor af indisk indflydelse.
- A. Sayili: *The observatory in Islam*, Ankara, 1960.
- J. Ruska: *Arabische Alchemisten*, I–II, Heidelberg, 1924.
To grundlæggende arbejder om specielle emner.
- H. J. J. Winter*: *Eastern Science*, London, 1952.
En kort, kompetent og letfattet oversigt over hele naturvidenskaben fra Islam til Kina.

Enkelte værker om biologi og medicin

- J. Anker og S. Dahl*: *Livets Udforskning fra Oldtid til Nutid. Biologiens historie i korte træk*. København, 1934.
- E. Nordenskiöld: *Biologiens historie*, Bd. 1–3, Stockholm 1920–24.
- E. Gottfredsen og E. Snorrason*: *Medicinens Historie*, København 1958.
- K. Birket-Smith (red.): *Lægekunsten gennem Tiderne*, Bd. 1–4 (i 2 vol.), Odense, 1945–46.

Tidsskrifter

- Videnskabshistoriens nyeste resultater publiceres normalt i tidsskrifter. Blandt de vigtigste af disse kan nævnes følgende:
- Ambix. Journal for ... Alchemy and Early Chemistry*, London, siden 1937.
- Annals of Science*, London, siden 1936.
- Archive for History of Exact Sciences*, Berlin, siden 1961.
- Archives Internationales d'Histoire des Sciences*, Paris, nu Wiesbaden, siden 1947.

- Centaurus, International Magazine of the History of Science, Mathematics and Technology*, Copenhagen, siden 1950.
- Chymia. Annual Studies in the History of Chemistry*, Philadelphia, siden 1948.
- Isis*, Cambridge, Mass., siden 1913.
- Lychnos*, Stockholm, siden 1936 (svensk årsskrift).
- Osiris*, Cambridge, Mass., siden 1936 (årsskrift).
- Physis*, Firenze, siden 1958.
- Revue d'Histoire des Sciences*, Paris, 1947.
- Scripta Mathematica, New York*, siden 1932.
- Sudhoffs Archiv für Geschichte der Medizin*, Berlin, siden 1907.
- Technology and Culture*, Chicago, siden 1960.
- Transactions of the Newcomen Society*, Leamington, siden 1922 (teknikhistorie).
- Ofte finder man henvisninger til videnskabshistoriske tidsskrifter, der ikke længere udkommer. Blandt de mere betydelige er:
- Abhandlungen zur Geschichte der mathematischen Wissenschaften*, Leipzig, 1887–1913.
- Archeion*, Rome, 1919–43.
- Bibliotheca Mathematica*, Stockholm, 1884–1914.
- Bulletino de bibliografia e storia delle scienze matematiche e fisice*, Rom, 1868–1887.
- Janus. Archives Internationales pour l'Histoire de la Médecine*, Amsterdam – Haarlem – Leiden, 1896–1977.
- Quellen und Studien zur Geschichte der Mathematik, Astronomie und Physik*, Berlin, 1930–38.
- Zeitschrift für Mathematik und Physik. Historisch-literarische Abteilung*, Berlin, 1856–1900.

Grundvidenskaben i dag er navnet på en foredragsrække, Det Kongelige Danske Videnskabernes Selskab begyndte i efteråret 1976. Formålet er at bidrage til en større forståelse af den forskning, der ikke direkte stiler mod praktisk anvendelse, men mod forøget indsigt i sammenhængen i verden.

Pjeceserien bygger på disse foredrag. Forfatterne er fremtrædende forskere hentet såvel i som uden for Selskabets medlemskreds. Fremstillingen er gjort så almen, at det enkelte hæfte kan tjene som udgangspunkt for en videre beskæftigelse med de behandlede fag og emner. Hertil hjælper også omfattende litteraturhenvisninger.

Behandlingen af de enkelte naturvidenskabelige og humanistiske videnskabsgrene sigter mod at give et indtryk af forskningens udvikling i den sidste menneskealder. Det drejer sig ikke alene om metoder og resultater; også spørgsmålet om grundforskningens praktiske betydning og de farer, den kan rumme, berøres. I det første hæfte drøftes den grundvidenskabelige forskning som helhed samt dens samfundsmæssige rolle.

De nedennævnte 10 pjecer forventes udsendt 1977–78. De nummererede er allerede udkommet:

1. Mogens Pihl: Hvad er grundvidenskab?
2. Erling Bjøl: Politik som videnskab.
3. Søren Egerod: Det fjerne Østens sprog – sammenhænge og påvirkninger.
4. C. Møller: Omvæltninger i fysikernes tankesæt i vort århundrede.
5. Arne Noe-Nygaard: Jordens nye ansigt.
6. Olaf Pedersen: De eksakte videnskabers historie.
P. Nørregaard Rasmussen: Økonomisk vækst.
Erik A. Nielsen: Hvad kan litteraturvidenskaben?
Ole Maaløe: Biologiens molekylære grundlag.
- B. Gomard: Retsvidenskabens opgaver og metode belyst ved eksempler fra aktieselskabsretten.

Pris kr. 12,85 incl. 18 % moms.

ISBN 87-87696-05-3