

VIDENSKAB OG SAMFUND

John Avery ¹
H.C. Ørsted Institutet
Københavns Universitet

26. november 2008

¹Oversættelse af Aase Lundsteen og Ole D. Rughede

Indhold

1	CIVILISATIONS BEGYNDELSE	5
1.1	Menneskets tidlige forfædre	5
1.2	Terra Amata	6
1.3	Soultriane og Magdalene kulturerne	6
1.4	Agerbrugsrevolutionen	7
1.5	Mesopotamien. Skriftens opfindelse	8
1.6	Mesopotamisk videnskab	8
1.7	Tidlig metallurgi i Lilleasien	11
1.8	Den ægyptiske civilisation	12
1.9	Hieroglyfskriften	16
1.10	Papirets opfindelse	16
1.11	Nilens oversvømmelse	17
2	OLDTIDENS GRAEKENLAND	19
2.1	Minoerne	19
2.2	Den mykenske kultur	20
2.3	Thales fra Milet	21
2.4	Pythagoras	23
2.5	Den pythagoræiske harmoni	25
2.6	Det pythagoræiske ideal	28
2.7	Athens guldalder	31
2.8	Anaxagoras	32
2.9	Atomisterne	33
2.10	Hippokrates	34
2.11	Sofisterne og Sokrates	35
2.12	Platon	37
2.13	Aristoteles	37

3	DEN HELLENISTISKE TIDSALDER	43
3.1	Alexander af Makedonien	43
3.2	Alexandria	44
3.3	Euklid	46
3.4	Eratosthenes	47
3.5	Aristarchos	48
3.6	Archimedes	50
4	ØSTENS CIVILISATIONER	59
4.1	Kina	59
4.2	Bogtryk	61
4.3	Indien	66
4.4	Nestorianerne og Islam	68
5	VIDENSKABEN I RENÆSSANCEN	73
5.1	Øst-vest kontakter	73
5.2	Humanismen	75
5.3	Leonardo da Vinci	76
5.4	Copernikus	81
5.5	Tycho Brahe	86
5.6	Johannes Keppler	92
6	GALILEI	97
6.1	Eksperimentalfysik	97
6.2	Teleskopet	102
6.3	Den bevæger sig alligevel!	105
7	FORNUFTENS TIDSALDER	111
7.1	Descartes	111
7.2	Newton	113
7.3	Huygens og Leibniz	123
7.4	Bernoulli'erne og Euler	127
7.5	Politisk filosofi i Oplysningstiden	131
8	DEN INDUSTRIELLE REVOLUTION	137
8.1	Tekniske forandringer	137
8.2	Cullen, Black and Watt	138
8.3	Boulton	141

8.4	The Lunar Society	144
8.5	Adam Smith	146
8.6	The dark, satanic Mills	148
8.7	Overbefolkning	152
8.8	Kolonialismen	155
9	UDVIKLINGSLÆREN	159
9.1	Linné, Lamarck og Darwin	159
9.2	Charles Darwin	161
9.3	Lyells hypotese	163
9.4	Arternes Oprindelse	166
10	Sejr over sygdomme	175
10.1	Jenner	175
10.2	Pasteur	177
10.3	Sygdommenes Kim-teori	183
10.4	Vacciner	185
10.5	Rabies	187
11	Atomer i kemien	191
11.1	Dalton	191
11.2	Gay-Lussac og Avogadro	193
11.3	Mendelejev	197
12	Elektricitet og magnetisme	201
12.1	Galvani og Volta	201
12.2	Ørsted, Ampère og Faraday	205
12.3	Maxwell og Hertz	209
13	ATOM- OG KERNEPARTIKELFYSIK	215
13.1	Elektronens opdagelse	215
13.2	Røntgenstråler	217
13.3	Radioaktivitet	220
13.4	Marie og Pierre Curie	221
13.5	Rutherfords atommodel	226
13.6	Planck, Einstein og Bohr	229
13.7	Atomtal	233
13.8	Stoffets bølgeligning	237

14 Relativitet	241
14.1 Einstein	241
14.2 Speciel relativitet	244
14.3 Almindelig relativitet	248
14.4 Massedefekten	253
15 Kernefission	259
15.1 Kunstige grundstofforvandlinger	259
15.2 Neutroner	260
15.3 Fermi	262
15.4 Hahn, Meitner og Frisch	267
16 Hiroshima og Nagasaki	277
16.1 Kædereaktioner	277
16.2 Einstein skriver til Roosevelt	281
16.3 Den første atomkerne reaktor	283
16.4 Atombomben	286
16.5 Den 6. august 1945	296
17 Gensplejsning	301
17.1 Genetik	301
17.2 DNA-strukturen	304
17.3 Proteinstruktur	307
17.4 RNA og ribosomer	311
17.5 Den genetiske kode	312
17.6 Genetisk manipulation	313
17.7 Asilomar Konferencen	316
18 Kunstig intelligens	321
18.1 De første computere	321
18.2 Mikroelektronik	328
18.3 Automation	332
18.4 Neurale netværk	339
19 Omsorg for Jorden	343
19.1 Eksponentiel vækst	343
19.2 Befolkning og fødevarerforsyning	345
19.3 Byernes vækst	350

19.4 Den demografiske overgang	351
19.5 Uerstattelige ressourcer	353

Kapitel 1

CIVILISATIONS BEGYNDELSE

1.1 Menneskets tidlige forfædre

For næsten 3 millioner år siden levede der menneskelignende skabninger ved bredderne af Lake Rudolf i Kenya. Kraniet af en af disse tidlige "homenoider" blev i 1972 fundet af Richard E. Leakey. Ved at hælde fint sand ind i den rekonstruerede hovedskal målte Dr. Leakey og hans medhjælpere hjernekapaciteten til ca 800 kubikcentimeter - betydeligt mindre end det moderne menneskes hjernevolumen på ca 1.400 kubikcm., men dog bemærkelsesværdig stor i betragtning af hjerneskallens tidlige datering. Kalium-argon dateringen af den vulkanske aske, hvori hjerneskallen blev fundet, fastslog dens alder til ca 2,8 millioner år.

Ved Oldavai kløften i Tanzania, ikke langt fra Lake Rudolf, fandt Louis og Mary Leakey (Richard Leakeys far og mor) mange rester af en noget mere udviklet homenoid, som de kaldte Homo habilis. Imellem disse rester, som viste sig at være 1,8 mio år gamle, fandt Louis og Mary Leakey mange tilhuggede sten, sandsynligvis værktøj og våben brugt af Homo habilis. Leakey familiens opdagelser, sammen med dem der blev gjort af Raymond Dart og Robert Broom, indicerer, at den menneskelige races tidlige udvikling sandsynligvis fandt sted i Afrika. Menneskets tidlige forfædre synes at have været jægere og samlere, som levede i små flokke på det østafrikanske græsland.

1.2 Terra Amata

Vi får endnu et glimt af det tidlige menneske ved Terra Amata området ved Nice i Sydfrankrig, hvor en lille stamme for 300.000 år siden i den varme periode mellem Mindel og Riss istiderne hver sommer kom for at tilbringe nogle få uger med at jage og samle føde ved Middelhavets kyst. Hytterne, som disse tidlige folk byggede under deres korte sommerbesøg ved stranden, er blandt de tidligste menneskeskabte boliger, der er fundet. De var mellem 8 og 10 m lange, og bygget i oval form af løvrige grene, der lænede sig mod en central tagstolpe i midten. Den midterste tagstolpe i hver hytte blev støttet af vertikale træstammer placeret i sandet. Rundt om hytternes ovale omkreds var der vægge af store sten til beskyttelse imod vinden, og inde i hytterne var der ildsteder til små bål. Det er næsten den tidligste brug af ild, der kendes, selv om tidligere ildsteder er fundet i lag fra Mindel istiden ved Vertezölos i Ungarn.

Vand til lejren kom fra en nærliggende kilde. Middelhavets vandstand var dengang ca 28 m højere end idag. Det dækkede det meste af lavlandet ved Nice, og nær lejren havde havet dannet en lille hule med en sandet og stenstrøet strand ind i den vestlige skråning af Boron bjerget. På bjergets skråninger groede lyng, nåletræer som Aleppo fyr og stedsegrønne ege. Aftryk af en menneskefod på godt 24 cm er bevaret i det gamle klitsand. Der er vidnesbyrd om, at disse sommergæster for 300.000 år siden brugte tiden til at samle skaldyr, til at jage og lave værktøj. Blandt dyrene de jagede var hjorte, en uddød elefantart, vildsvin, stenbuk, næsehorn og vildokse. De opholdt sig kun nogle få uger hvert år ved Terra Amata, og de fortsatte deres rejser, idet de fulgte jagtdyrenes vandring.

1.3 Soultriane og Magdalene kulturerne

I spanske og sydfranske huler, ikke langt fra Terra Amata regionen, findes spor efter ivrigt jagende storjægerkulturer, der blomstrede i en meget senere periode for mellem 30.000 og 10.000 år siden. De mennesker, som tilhørte disse sene palæolitiske kulturer, levede af den rigdom af vildt, der holdt til på de sydlige bræmmer af islaget under den Wurmiske istid: store flokke af rensdyr, heste og vildkvæg foruden mammuter og pelsklædte næsehorn. De malerier, der er fundet f.eks. ved Dordogne i Frankrig kombinerer dekorative og repræsentative elementer på en måde, som nutidens kunstnere kan misun-

de. Her og der mellem malerierne findes stiliserede symboler, der kan minde om tegn som de første skridt i retning af et skriftsprog.

I denne periode er ikke blot billedkunst, men også værktøjs- og våbenproduktion højt udviklede kunstarter. For eksempel skabte Soultriane kulturen, der blomstrede i Spanien og Sydfrankrig for ca 20.000 år siden, smukt forarbejdede lansespidsen i sten formet som laurbær- og pileblade. Forkærligheden for disse udsøgt flække-forarbejdede redskaber må have været både æstetisk og funktionelt betinget. Menneskene i den soultrianske kultur havde fine bennåle med øjer; armbånd og smykker med ben- eller elfenbensvedhæng og perler, samt lange bennåle med udskæringer til hårpleje. De havde også røde, gule og sorte farvestoffer til kropsbemaling. Den soultrianske kultur varede i 4000 år. Den sluttede omkring 17.000 år før vor tidsregning, da den blev efterfulgt af Magdalene kulturen. Vi ved ikke, om de soultrianske mennesker blev besejret af en anden omvandrende gruppe jægere, eller om de selv udviklede Magdalene kulturen.

1.4 Agerbrugsrevolutionen

Fra omkring 9000 f.v.t. blev jægerens livsstil afløst af en gennemgribende revolution: opfindelsen af jordbruget. Opstået i Vestasien fejede den neolitiske landbrugsrevolution vest over i Europa og østpå i de områder, der idag er Iran og Indien.

I den neolitiske tidsalder var landbrug og kvægavl godt etableret i den nære Orient. Kulstofdateringer viser, at omkring år 8500 f.v.t. havde de mennesker, der boede i Shanidar hulerne ved foden af Zagros bjergene i Iran, tamfår. Omkring 7000 f.v.t. havde landbrugssamfundet ved Jarmo i Iraq tamme geder, ligesom de af korn havde byg og to forskellige hvedesorter.

I Jeriko i Dødehavsdalen har man ved udgravninger fundet en før-keramisk, neolitisk beboelse, omgivet af en imponerende stenmur, 2 m bred og 4 m høj. Kulstofdateringer viser, at byens forsvarsværker blev bygget omkring 7000 f.v.t. Sandsynligvis repræsenterer muren et fastboende landbrugsfolks forsøg på at forsvare sig imod mindre udviklede nomadestammers plyndringstogter.

Omkring 4300 f.v.t. havde landbrugsrevolutionen spredt sig mod sydvest til Nildalen, hvor udgravninger langs bredderne af Fayum søen har afsløret rester af kornbeholdere og siloer. Langsomt bragte Nilen landbrugs- og kvægavlsteknikkerne sydpå, og hvor de end kom frem, fejede de jæger- og samler-kulturerne bort. Omkring 3200 f.v.t. var landbrugsrevolutionen nået

til Hyrax bjergene i Kenya. Ved dette sted blev landbrugets sydlige fremstød standset af de udstrakte sumpe ved Nilens udspring. I mellemtiden bar Middelhavet og Donau revolutionen vestpå ind i Europa, og mellem 4500 og 2000 f.v.t. spredte den sig over hele Europa så langt som til De Britiske Øer og ind i Skandinavien.

1.5 Mesopotamien. Skriftens opfindelse

I Mesopotamien, der på græsk betyder "mellem floderne", udviklede de fastboende jorddyrkende mennesker, som boede i dalene ved Tigris og Euphrat, en form for skriftsprog. Mellem de tidligste mesopotamiske skrifter er en række lertavler, fundet ved Tepe Yahya i det sydlige Iran, hvor et tidligt handelssamfund var beliggende i Elam midtvejs mellem Mesopotamien og Indien.

Den elamiske handel forsynede den sumeriske civilisation i Mesopotamien med sølv, kobber, tin, bly, ædelsten, heste, tømmer, obsidian, alabast og fedtsten. De praktisk anlagte Sumerer og Elamiter opfandt sandsynligvis skriften for at kunne føre regnskab.

I tavlerne, der er fundet ved Tepe Yahya, er indgraveret en proto-elamisk skrift, og kulstofmetoden daterer de organiske materialer til omkring 3600 f.v.t. Indskriptionerne på disse tavler er frembragt ved at presse skiftevis den rundede og den skarpt afskårne kant af en skrivegriffel (stylos) ind i det bløde ler. Lignende tavler er fundet i den elamiske by Susa nær ved Tigrisflodens udløb. Ca 3100 f.v.t. blev kileskriften udviklet, og senere mesopotamiske tavler er skrevet i kileskrift, en stavelsesskrift med symboler for stavelser.¹

1.6 Mesopotamisk videnskab

Mesopotamerne (Sumerer, Elamiter, Babyloner og Assyrer) forestillede sig Jorden som en flad skive omgivet af en krans af bjerge, medens den flød på et hav af fersk vand. Himlens halvkugle hvilede på disse bjerge, og over

¹Skriften udviklede sig på forskellig måde ud fra en billedskrift, dels i den tidlige elamiske stregskrift med indridsede lette streger forestillende ideogrammer og stavelsestegn, dels i Mesopotamien - også oprindeligt ud fra en billedlig stregskrift i Sumer - til kileskriften, der gennem lange tider brugtes som en stavelsesskrift i flere forskellige sprogområder, bl.a. så langt mod nord som helt op i Anatolien hos de indoeuropæiske Hethiter ca 1900-1100 f.v.t. O.a.



denne halvkugle bevægede stjernerne, planeterne, Solen og Månen sig. Under Jorden var en anden hemisfære, hvor de døde ånder befandt sig. Mesopotamerne forestillede sig hele det sfæriske univers indesluttet som en boble i et grænseløst hav af saltvand.

I modsætning til denne noget primitive kosmologi var Mesopotamiens matematik og astronomi forbavsende avanceret. Talsystemet var et positionssystem som vores, og var baseret på tallene 6 og 60. Vi finder stadig mindelser om det i vor nuværende metode til måling af vinkler i grader og minutter, og i vor tidsmåling i timer, minutter og sekunder.

Mesopotamerne kendte til kvadrat- og kubikrødder, og de kunne løse kvadratiske ligninger. De kendte også til eksponentielle og logaritmiske ligninger. De synes i det hele taget at have værdsat matematikken for dens egen skyld, som underholdning og rekreation i samme grad som for dens praktiske anvendelse. Stort set var deres algebra mere avanceret end deres geometri. De vidste dog en del om trekanters og cirklers egenskaber, men beviste dem ikke på nogen systematisk måde.

Skønt Mesopotamiens astronomi vel fortrinsvis tog udgangspunkt i astrologisk overtro, var den alligevel forbløffende præcis. I begyndelsen af det 4. århundrede f.v.t. udviklede f.eks. Nabu-Rimani akkurate tabeller over nymåner, fuldmåner og formørkelser. Og omkring 375 f.v.t. gav Kidinnu, den største af de babylonske astronomer, den nøjagtige længde af solåret med en nøjagtighed på kun 4 min 32,65 sek. Dette tal blev fundet ved observation af den akkumulerende fejl i kalenderen over en lang tidsperiode. Kidinnus fejl i beregningen af Solens bevægelse i Ekliptika var imidlertid mindre end den fejl, der blev gjort af den moderne astronom Oppolzer i 1887.

Hvad lægekunsten angår troede mesopotamerne, at sygdom var en straf påført mennesker af guderne, både for begåede forbrydelser og for fejl og forglemmelser i udførelsen af de religiøse pligter. De troede, at helbredelsen af sygdomme involverede magisk og religiøs behandling, og mente, at den sygdomsramte person var moralsk mistænkelig. Men trods denne baggrund af overtro indeholdt Mesopotamiens lægekunst også praktiske midler. Anvisningerne mod vandladningsbesvær var f.eks. følgende: "Knus Valmuefrø i øl og lad patienten drikke det. Knus noget Myrrha, bland det med olie, og blæs det ind i urinrøret med et bronzerør. Giv patienten Anemone knust i Alppanu-øl."

Indtil fornylig troede man ikke, mesopotamerne havde nogen ide om hygiejne og forebyggende medicin. Men følgende bemærkelsesværdige tekst blev fornylig offentliggjort. Det er et brev skrevet af Zimri-Lim, konge af Mari,

omkring 1780 f.v.t. til hans kone Shibtu: "jeg har hørt, at Lady Nanname er blevet syg. Hun har mange kontakter med folk i paladset. Hun ser mange damer i sit hjem. Giv derfor strenge ordrer om, at ingen skal drikke af koppen, som hun har drukket af. Ingen bør sidde på den plads, hun har benyttet. Ingen må sove i den seng, hun har sovet i. Hun må ikke mere modtage mange damer i sit hus. Denne sygdom er smitsom."

Vi må antage, at mesopotamerne kendte nogle af fysikkens love, eftersom de var istand til at løfte store sten og konstruere lange aquadukter. Deres civilisation må også tillægges et stort kulturelt fremskridt: opfindelsen af hjulet. Denne store opfindelse, som udeblev i den vestlige halvkugles civilisationer, blev gjort i Mesopotamien omkring 3600 f.v.t.

Den tidlige hebræiske kultur var tæt forbundet med den mesopotamiske, og ved læsning af Det gamle Testamente får man et levende billede af den netop beskrevne periode.

Det kan synes forbavsende, at så mange trin i menneskets kulturelle udvikling blev taget i et område, der nu næsten er ubeboelig ørken. Vi må imidlertid huske, at på den tid var klimaet i Den nære Orient ganske anderledes, meget fugtigere og køligere, end det er nu. Udtørningsprocessen efter den sidste istid er endnu i dag ikke tilendebragt, og hvert år breder Sahara sig længere sydpå.

1.7 Tidlig metallurgi i Lilleasien

Det, de tidlige civilisationer i Mellemøsten vidste om kemi og metallurgi, havde de formodentlig lært som "spin-off" af deres lervareindustri. I de palæolitiske og neolitiske faser af kulturen fandt de, som mennesker over alt på Jorden, klumper af gedigent guld og meteorjern, som de hamrede til halskæder, armbånd, ringe, redskaber og våben. Men i tidens løb, efter at fastboende samfund var etablerede i Den nære Orient gennem flere tusinde år, blev det meget mere sjældent at støde på en klump guld eller på metallisk kobber.

Selv om den nøjagtige datering og placering er usikker, er det sandsynligt, at den første egentlige metallurgi, produktionen af metallisk kobber fra kobberoxyd og kobberkarbonat malm, begyndte omkring 3500 f.v.t. i egne af det østlige Anatolien, der er rige på denne malmsforekomst. Opdagelsen er højst sandsynligt blevet gjort, fordi kulørte sten somme tider anvendtes til dekoration af lervarer. Når sten, der indeholder kobberoxyd eller kobberkarbonat, bliver opvarmet i reducerende atmosfære til høje temperaturer i en

keramisk ovn, produceres metallisk kobber.²

Forestil Dem en pottemager, der har gjort denne opdagelse. Som opdager, at han kan frembringe et meget sjældent og værdifuldt metal af en overflødig, farvet sten. Han vil opgive keramikken, og begynde en heltidsproduktion som metallurg. Han vil forsøge sig med alle andre slags kulørte sten for at finde ud af, hvad han kan lave ud af dem. Han vil også forsøge at holde sine metoder hemmelige, overdrive deres mirakuløse karakter, og han vil prøve at bevare monopol på processen. Formodentlig sådan var metallurgiens begyndelse.

Det er imidlertid umuligt at holde et gode hemmeligt i længere tid. Kendskabet til smeltning og raffinering af kobber spredte sig østpå langs bjergkæden til Khorassan og Bokhara, og derfra sydpå til Beluchistan, hvis miner forsynede folkene i Indus dalen med kobber. Fra Bokhara spredte bjergværkskunsten sig nordøst på gennem Kizil Kum ørkenen til Shang stammens forfædre, der beboede dalen omkring Den gule Flod i Kina.

I år 3000 f.v.t. havde Sumer, Ægypten og Cypern også fået viden om metallurgi, og havde endda opfundet deres egne hemmelige metoder. Ægypten fik sin kobbermalm fra miner i Sinai, medens Sumer importerede malm fra Oman. Brugen af Omans kobbermalm var heldig for sumererne, fordi denne malm indeholdt hele 14 procent tin og 2 procent nikkel, så det metal, der produceredes ved at reducere den, er naturlig bronze, hvis egenskaber er mere ønskværdige end kobberets. Efterspørgslen efter bronze fortsatte, selv efter at Oman malmen var opbrugt, og efterhånden opdagedes det, at man kunne producere bronzen kunstigt ved at blande tin og nikkel i kobber.

1.8 Den ægyptiske civilisation

Velstanden i det antikke Ægypten var dels baseret på dets rige landbrug næret af Nilen, dels på guld. Ægypten havde langt de rigeste aflejringer af guld i hele Mellemøsten. De strakte sig i den østlige ørkens fulde længde, hvor der er fundet hundreder af antikke miner. Og mod syd var især Nubien rigt på guld. De forbavsende skatte, der er fundet i Tut Ankh Amons grav - og Tut Ankh Amon var langt fra den mest magtfulde af faraonerne - giver os en vag ide om, hvordan de endnu større regenters grave må have set ud, før de blev plyndret.

²Hatti-folket i Centralanatolien ca 4000-2000 f.v.t, hvis navn senere overtages af Hethitterne, har efterladt sig pragtfulde bronze standarder, dyrefigurer og redskaber, der er sikre vidnesbyrd om en højt udviklet støbe- og smede-teknologi. O.a.

I det gamle Ægyptens religion var forskellen mellem guderne og faraonerne aldrig helt klar. Levende faraoner ansås for at være guder, og de sporede deres aner tilbage til solguden Ra. Eftersom alle faraonerne ansås at være guder, og eftersom der før samlingen af Ægypten til et hele eksisterede mange lokale guder, var den ægyptiske religion uhyre indviklet. En liste over guder, der er fundet i Thut Mosis III's grav, opremser ikke færre end 740! Den yderst konservative ægyptiske kunst, som opretholdtes vedvarende og uden stilbrud i flere tusinde år, er opstået gennem malerkunstens og billedhuggerkunstens religiøse funktion.



De berømte guder Osiris, Isis, Horus og Set var formodentlig oprindeligt virkeligt eksisterende mennesker, og deres historie, som vi kender både fra hieroglyfiske papyri og fra Plinius den ældre, beskriver måske faktiske historiske begivenheder, nemlig den første samling af Ægypten. Osiris, den gode hersker over den nedre Nil, blev myrdet og skåret i småstykker af sin misundelige bror Set. Men Osiris' sønderlemmede krop blev samlet af hans tro hustru Isis, som skabte den første mumie, og på denne måde gjorde Osiris udødelig. Som en anden ægyptisk Hamlet hævnede Horus, søn af Osiris og Isis, mordet på sin far ved at opspore sin onde onkel Set, der søgte at undslippe ved at forvandle sig til forskellige dyr. Men det lykkedes til slut Horus at dræbe Set, og på denne måde blev Horus hersker over hele Ægypten, både

den nedre og den øvre Nil.

Denne første forhistoriske samling af hele Ægypten gjorde et så stærkt indtryk på den nationale bevidsthed, at da en senere farao ved navn Menes genforenede Ægypten ca 3.200 f.v.t., gjorde han det i Horus' navn. Ligesom den mesopotamiske myte om syndfloden, og ligesom Homers digte, indeholder myten om Horus' forening af Ægypten sandsynligvis en kerne af historisk faktum blandet med fatasifuldt digt. På visse punkter i overleveringen synes personerne at være virkelig historiske personer, f.eks. når Osiris bliver beskrevet som "smuk, mørkhudet og højere end andre mænd". Andetsteds i fortællingen synes fantasien at være mest dominerende. F.eks. hævdedes gudinden Nut, mor til Osiris, at skulle være himlen, medens hendes mand Geb var Jorden. Man forestillede sig Nuts lange bøjede krop krummet over verden så kun finger- og tåspidserne berørte Jorden, medens Månen og stjernerne bevægede sig over hendes mave. Imedens lå hendes ægtefælle Geb udstrakt med al Jordens vegetation groende ud af ryggen.

Forestillingen om Osiris' genopstandelse og udødelighed havde et fast greb i den antikke ægyptiske ideverden. I begyndelsen var det kun tilladt faraonerne at efterligne Osiris og blive udødelige som ham gennem mumificeringens og gravlægningens magiske ceremonier. Som en del af ceremonien blev følgende ord fremsagt: "Horus åbner den dødes mund og øjne, som han åbnede sin fars mund og øjne. Han går! Han taler! Han er blevet udødelig! ... Som Osiris lever, så lever kongen. Som han ikke dør, således dør ikke kongen. Som han ikke forsvinder, skal kongen ikke forsvinde!" Senere blev fremgangsmåden mere demokratisk, og almindelige borgere fik tilladelse til at mumificere deres døde.

Traditionen med omhyggelig mumificering og bevarelse af de døde faraoner førte til det mest bemærkelsesværdige og karakteristiske udtryk for den ægyptiske civilisation: konstruktionen af enorme stentempler, gravkamre og pyramider. Almindelige ægyptiske huse var bygget af teglsten, men eftersom gravkamrene teoretisk skulle være evigt, kunne man ikke bruge mursten eller selv det fineste importerede cedertræ. De måtte bygges helt af sten.

Den udbredte brug af sten i arkitekturen begyndte ret pludseligt omkring år 2950 f.v.t. under Zosers regering i Det Tredie Dynasti. Under Det Andet Dynasti blev der gjort nogle få famlende og klodsede forsøg på at bruge sten til bygninger, men disse forsøg kan dårligt anses at være det revolutionerende gennembrud i den teknik, der ses i Zosers store trinpyramide, omgivet af en forbavsende række stentempler og en mur, der er 11 m høj og næsten 2 km lang.

Det er fristende at tro, at dette pludselige spring fremad inden for arkitektonisk teknik skyldtes en enkelt mands geni, den første ægyptiske videnskabsmand, hvis navn vi kender: Imhotep. De gamle Ægyptere troede bestemt, at hele teknikken med at skære og lægge massive stenblokke var opfundet af Imhotep alene, og de ophøjede ham til guddommelig status. Foruden at være farao Zosers chefarkitekt, var Imhotep også læge, og sagdes at udføre mirakuløse helbredelser. Efter sin guddommeliggørelse blev han lægekunstens gud, og hans grav blev et valfartssted for syge mennesker, der søgte helbredelse; mere eller mindre på samme måde som Lourdes idag.

Pyramidebyggernes dygtighed er aldrig overgået i noget land. Ingen lærd har været i stand til at give en tilfredsstillende forklaring på de metoder, der muliggjorde det for dem at tilpasse de enorme stenblokke til hverandre med en så forbavsende akkuratess. Man ved derimod, at deres metode til stembrydning var følgende: Langs den linie, hvor en kalkstensblok skulle brydes fra klippen, skar man en V-formet fure med kobbeværktøj. I bunden af furen blev der boret kilehuller, og trækiler blev hamret ind i hullerne. Kilerne blev overhældt med vand, og kraften fra udvidelsen af træet løsnede blokken fra klippevæggen. Det er klart, at det var en langsom og møjsommelig metode til brydning af sten, og det var derfor ud fra et økonomisk synspunkt mere fordelagtigt at skære én stor blok, fremfor hundrede små. Desuden var store blokke at foretrække ud fra ønsket om at opnå kæmpestørrelse og evighed i den færdige struktur.

Ved bygningen af Cheops store pyramide (ca 2600 f.v.t.), hvorpå 100.000 mand siges at have arbejdet i 30 år, blev der brugt 2.300.000 blokke. Stenenes gennemsnitsvægt var 2,5 tons, men mange af dem vejede hele 15 tons, og de enorme granitplader, der danner taget på kongens kammer, vejer næsten 50 tons hver.

Blokkene blev trukket fra stenbruddene på slæder, der blev trukket med reb af et mandskabshold. Foran på hver slæde stod en mand, der hældte vand foran mederne, så det ler, de skulle glide hen over, blev gjort glat. På slæden stod også en formand, der klappede rytmisk i hænderne for at koordinere arbejdernes bevægelser. Hans klap blev forstærket af en anden formand, som slog to træstykker imod hinanden i den samme rytme.

1.9 Hieroglyfskriften

Det ægyptiske tegnsystem af hieroglyffer (hellige billeder, eller præste-skriften) begyndte at udvikles omkring 4000 år f.v.t. På den tid var det mere en billedskrift end en lydskrift. Ægypterne havde imidlertid kontakt med den sumeriske civilisation i Mesopotamien, og da sumererne udviklede et system af stavelses-tegn omkring 3100 f.v.t., var ægypterne ikke længe om at benytte ideen. I sumerernes kileskrift stod et tegn for en stavelse. I den ægyptiske udgave af ideen stod de fleste af symbolerne for kombinationer af to konsonanter, og der eksisterede ingen tegn for vokaler. Nogle få symboler var imidlertid rent alfabetiske, d.v.s. de stod for lyd, som vi idag ville repræsentere med et enkelt bogstav. Dette er vigtigt ud fra et kulturhistorisk synspunkt, eftersom det bragte Fønikerne ind på ideen om et alfabet af moderne type.

I Sumer blev symbolernes billedlige kvalitet tabt på et meget tidligt tidspunkt, så i kileskrift er skrifttegnene helt abstrakte. I modsætning hertil var det ægyptiske system udformet til at dekorere monumenter, og til at skulle virke imponerende på den illitterære betragter. Disse formål tjentes bedst ved at opretholde de raffinerede billedlige symboler.

1.10 Papirets opfindelse

De gamle ægyptere var de første, der lavede bøger. Så tidligt som 4000 f.v.t. begyndte de at lave bøger i form af ruller ved at skære papyrusrør i tynde strimler og lime dem sammen til ark af dobbelt tykkelse. Arkene blev limet sammen i enderne, så de dannede en lang rulle. Somme tider var rullerne virkelig lange. F.eks. er en rulle, der nu findes på British Museum, 43 cm bred og 45 m lang.

Papir af den type, vi bruger idag, blev ikke opfundet før år 105. Denne enormt vigtige opfindelse blev gjort af en kinesisk eunuk ved navn Tsai Lun. Den slags papir, Tsai Lun opfandt, kunne fremstilles af mange ting: f.eks. bark, træ, hamp, klude o.s.v. Det valgte materiale blev forarbejdet til en masse blandet med vand og et bindemiddel, spredt ud på et klæde til delvis tørring, og endelig opvarmet og presset til tynde ark. Kunsten at lave papir spredte sig langsomt vestpå fra Kina, og nåede til Bagdad ca år 800. Det blev bragt til Europa af korsriddere, der vendte hjem fra Mellemøsten. På den måde nåede papiret til Europa lige tids nok til at Gutenbergs trykpresse kunne danne basis for den informationsekspllosion, der havde en så afgørende

indvirkning på historien.³

1.11 Nilens oversvømmelse

Datoen for Nilens oversvømmelse blev hvert år forudsagt af præsterne, så bønderne i tide kunne flytte deres familier og ejendele. Den ægyptiske kalender bestod af 365 dage, hvoraf de 360 var søgnedage og de 5 var helligdage, på hvilke de vigtigste guders årsdage blev fejret. Kalenderens 360 søgnedage var delt i 36 10-dages uger. Tre uger udgjorde en måned, så året bestod af 12 måneder, hver bestående af ca. det samme antal dage som en månepriode. Men det nøjagtige antal dage i et år er ikke 365, men 365,2422..., og derfor kom der efterhånden forstyrrelse i den ægyptiske kalender. Præsterne fandt derfor, at den sikreste metode til forudsigelse af Nilens oversvømmelse var observation af stjernen Sirius' genkomst.

Nilens periodiske oversvømmelse betød, at landet hvert år måtte inspiceres og grænserne drages påny. Nilens oversvømmelse, og det overvågningsproblem det skabte - sammen med de ingeniørmæssige problemer ved bygningen af pyramiderne - gjorde, at ægypterne udviklede den geometriske videnskab. (Geometri er græsk og betyder "jordmåling"). En gammel ægyptisk papyrus om matematik blev fundet i det 19. århundrede og befinder sig nu på British Museum. Den var kopieret af skriveren Ahmose ca. 1650 f.v.t., men den matematiske viden, den indeholder, er sandsynligvis meget ældre. Papyruskriftet har titlen "Anvisninger til at opnå kendskab om alle mørke ting", og den beskæftiger sig med ligninger, brøker og metoder til beregning af arealer, rumfang, etc.

Ægypterne vidste f.eks. at en trekant, hvis sider er 3, 4 og 5 enheder lange, er en retvinklet trekant. De kendte mange specielle retvinklede trekanter af den slags, og de vidste, at i disse specielle tilfælde er summen af kvadraterne på de to korte sider lig med arealet af kvadratet, der kan dannes med den længste side. Der er imidlertid intet bevis på, at de vidste, at dette forhold gælder alle retvinklede trekanter. Det blev overladt til grækeren Pythagoras at opdage og bevise denne store læresætnings almindelige rigtighed.

³Skønt næppe den første papirproduktion i Danmark, var Tycho Brahes papirmølle på Hven i slutningen af 1500-tallet meget beundret i samtiden. O.a.

Kapitel 2

OLDTIDENS GRAEKENLAND

2.1 Minoerne

Den vestlige civilisations udviklingshistorie begynder sædvanligvis med grækerne, men det er vigtigt at huske, at den græske kultur var baseret på Mesopotamiens og Ægyptens meget tidligere civilisationer. De kulturelle fremskridt i disse meget tidligere kulturlag blev overført til grækerne dels gennem direkte kontakt, dels gennem de minoiske og mykenske kulturer.

Den minoiske kultur på Kreta er den civilisation, vi kender gennem legenderne om Theseus, Minotauros og Labyrinten, og fra myten om Daidalos og Ikaros. Bortset fra de græske myter, hvis sandhed man betvivlede, kendte man intet til den minoiske civilisation før 1900. Dette år begyndte den engelske arkæolog Sir Arthur Evans at grave i den store jordvold ved Knossos på Kreta. Hvad han fremdrog, var det skønneste palads, der til hans forbavselse engang syntes at have haft bekvemmeligheder som rindende koldt og varmt vand, og døre med låse og nøgler af metal. Sir Arthur Evans mente, at det måtte være det palads, der havde tilhørt den legendariske kong Minos ¹

Den minoiske kultur synes ikke at have være baseret på landbrugs-økonomi, men på fabrikation og på kontrol af søhandelen i Middelhavet. Denne kultur blomstrede mellem 2600 og 1400 f.v.t. Ved afslutningen af den tid blev paladset i Knossos ødelagt, og der er vidnesbyrd om spredte plyndringer. Andre fund viser, at omkring 1400 f.v.t. eksploderede en nærliggende ø, Thera, i et vulkansk udbrud af sjælden styrke, og sandsynligvis forårsagede kombi-

¹som bevidnes i Lindos-krøniken, der findes på Nationalmuseet, og af Homer anses for græsk! O.a.

nationen af dette vulkanudbrud og en invasion af mykenerne den minoiske civilisations endeligt. Paladset i Knossos var beboet efter 1400 f.v.t., - men af mennesker, der talte græsk.

Den minoiske civilisation, som den viser sig i de elegante kunstværker fra Knossos, synes at have været let og lykkelig. Paladset i Knossos var ikke befæstet, men var tilsyneladende blot beskyttet af magten til søs. Kvindedragterne på oldtidens Kreta lignede lidt de kjoler, der var populære i 1900-tallets Europa, bortset fra at man på Kreta blottede brysterne. Nogle af vægmalerierne i Knossos viser dans og tyrefægtning. I tyrelegene blev tyren ikke dræbt. Tyrefægteren var akrobat, ofte en kvinde, som greb om den angribende tyrs sænkede horn, og blev kastet i en saltomortale hen over tyrens ryg.²

2.2 Den mykenske kultur

Den mykenske civilisation udvikledes i Troja og Mykene (den legendariske Agamemnons hjem) og andre steder rundt om Det ægæiske Hav. Det er den civilisation, vi kender fra Homers episke digte om Odysseus, Priamos, Ajax, Agamemnon, Paris og Helena. Som i tilfældet med den minoiske civilisation mente man indtil for ganske nylig, at myterne om den mykenske civilisation kun var sagn. Vi ved nu, at den Homeriske digtning hviler på en basis af sandhed, og denne forbavsende indsigt skyldes navnlig den dygtige forretningsmand og arkæolog Heinrich Schliemanns arbejde.

Som lille (og fattig) dreng blev Schliemann inspireret ved at læse Homers Illiade, og han besluttede, at når han blev voksen, ville han finde oldtidens Troja, som de fleste mente måtte være et indfald af Homers fantasi. For at kunne gennemføre dette måtte han først blive meget rig, en opgave han realiserede gennem de første 45 år af sit liv.

Da han endelig havde samlet en vældig formue, kunne han opfylde sin drengetids drøm. Ankommet til Grækenland, satte han en annonce i avisen, hvori han beskrev sig selv og meddelte, at han havde brug for en hustru.

²Den minoiske kultur kan især studeres i museet i Heraklion på Kreta. Den kunstneriske smag er uovertruffen. Skriftsprog (endnu udechiffrerede billed- og stregskrifter) har været i brug før den mykenske periode. Arkitektur og anlægsarbejder, søfart og navigation har forudsat en ikke ringe matematisk indsigt. Kulturen viser fremragende beherskelse af agerbrug, tekstil-, keramik- og metalforarbejdning. Religionen har været centreret om en modergudinde, som i Anatolien, før Zeus ifølge legenden fødes på Kreta. O.a

Annoncen blev besvaret af en ung, smuk og intelligent græsk pige, som han straks giftede sig med.

Hjulpet af en hær af udgravere, af sin smukke hustru og sit fremragende intellekt, samt en kopi af Homer, lykkedes det faktisk Schliemann at finde det gamle Troja i Lilleasien! På dette sted afdækkede han ikke én, men hele ni antikke byer, hver bygget på ruinerne af den forrige. Under Trojas mure fandt han desuden en skat bestående af 8750 guldsmykker, som han anså for at være kong Priamos' skat. Han fortsatte med at udgrave rester af den mykenske civilisation mange andre steder rundt om Ægæerhavet.

Schliemanns opdagelser viser, at mykenerne var både teknisk og kunstnerisk talentfulde. De talte et indo-europæisk sprog, en oldgræsk dialekt,³ og de var således sprogligt beslægtet med de stammer, der erobrede Persien, Indien og Europa.

Den mykenske civilisation varede indtil omkring 1075 f.v.t. Fra den tid og frem til ca 850 f.v.t. gennemlevede de græsktalende folk ved Ægæerhavet en mørk tidsalder. Sandsynligvis blev de civiliserede Mykener besejret af nye bølger af halv-primitive, græsktalende stammer nordfra. Man ved, at grækerne ankom til det ægæiske område i tre bølger. De første var Jonerne. Efter dem kom Achaierne, og endelig Dorerne. Krige mellem Achaierne og Jonerne svækkede begge grupper, og sluttelig blev begge besejret af Dorerne. Denne erobring, foretaget af de halv-primitive Dorer, var sandsynligvis den begivenhed, der satte punktum for den mykenske civilisation. I hvert fald mistede grækerne skrivekunsten i den mørke tidsalder mellem 1075 og 850 f.v.t., og det kunstneriske og kulturelle niveau forringedes.

2.3 Thales fra Milet

Begyndende omkring 850 f.v.t. skete der en genfødsel af den græske kultur. Denne kulturelle renæssance tog fart i Jonien på vestkysten af vor tids Tyrkiet, hvor grækerne var i nær kontakt med den babylonske civilisation. Homers digtning blev formentlig skrevet i Milet, en by på Lilleasiens kyst, omkring 700 f.v.t. De første tre filosoffer i den græske verden, Thales, Anaximander og Anaximenes, kom også fra Milet.

Thales blev født i 624 og døde 546 f.v.t. Senere tiders grækere anså ham for at være grundlæggeren af næsten enhver gren af viden. Hver gang oldti-

³dechiffreret i 1950-erne af den fremragende engelske amatør Michael Ventris gennem studiet af den mykenske stregskrift "Linear B". O.a.

dens vise mænd skulle opregnes, blev Thales uvægerligt nævnt først. Imidlertid var de fleste af de fremskridt, som grækerne beundrede Thales for, sandsynligvis ikke blevet gjort af ham. Han formodes at være født af en fönikisk mor, og at have rejst meget i Ægypten og Babylon, og han har formodentlig opsamlet sit kendskab til videnskaberne fra disse gamle civilisationer.

En af de bedrifter, der gjorde Thales berømt, var hans forudsigelse af en solformørkelse, som (ifølge moderne astronomer) fandt sted den 28. maj 585 f.v.t. Den dag, formørkelsen fandt sted, var Mederne og Lyderne ved at indlede et slag, men formørkelsen overbeviste dem om, at de i stedet burde slutte fred og vende hjem igen. Thales forudsagde ikke den nøjagtige dag, men kun året, da formørkelsen ville finde sted, men alligevel var grækerne imponerede. Den astronomiske viden, der satte ham i stand til at fremsætte forudsigelsen, havde han utvivlsomt lært af babylonerne, som to århundreder før havde udviklet et system til nøjagtig forudsigelse af formørkelser.

Thales bragte den ægyptiske geometri til Grækenland, og inden for samme område leverede han desuden nogle originale bidrag. Han forandrede geometrien fra at bestå af et sæt ad hoc regler til en abstrakt og deduktiv videnskab. Han var den første, der tænkte sig, at geometrien ikke handlede om reelle linier af endelig tykkelse og imperfekt rethed, men om perfekt rette linier af uendelig lille tykkelse. (Ekkøer af dette synspunkt findes i Platons filosofi.)

Thales grundede over stoffernes sammensætning, og han anså vand for at være det fundamentale element. Han kom til denne slutning, fordi dyr kan leve af planter, og planter (troede Thales fejlagtigt) kan leve af vand uden nogen som helst anden næring.

Der fortaltes mange historier om Thales. F.eks. fortæller Aristoteles, at nogen spurgte Thales: "Hvis du er så klog, hvorfor er du da ikke rig?". Thales blev fornærmet over spørgsmålet, og for at give spørgeren en lærestreg, opkøbte han i stilhed alle byens olivenpresser om vinteren i et år, da han med sit kendskab til vejret vidste, at olivenhøsten ville blive ekstraordinær stor. Da sommeren kom, var høsten enorm, og han var nu i stand til at udleje presserne til en hvilken som helst pris, han forlangte. Han gjorde sig selv rig i én sæson, og vendte derefter tilbage til filosofien efter at have vist, at filosoffer let kunne blive rige, hvis de ønskede det, men at de havde større ambitioner end rigdom.

Platon fortæller en anden historie om Thales. Ifølge Platon var Thales så optaget af at foretage nogle astronomiske observationer, at han glemte at tænke på, hvor han gik, så han faldt i en brønd. Han blev hjulpet op af en køn og kvik serveringspige fra Thrakien, som lo ad ham, fordi han var

så interesseret i stjernerne, at han ikke kunne se, hvad der lå lige for hans fødder!

Thales havde en elev ved navn Anaximander (610-546 f.v.t.), som også medvirkede til at bringe ægyptisk og babylonsk videnskab til Grækenland. Han importerede soluret fra Ægypten, og han var den første, der prøvede at tegne et kort over hele verden. Han tegnede himlen som en kugle med Jorden flydende i centret af rummet. Himmelfæren roterede én gang i døgnet omkring en akse, der gik gennem Polarstjernen. Anaximander vidste, at Jordens overflade er krum. Han regnede dette ud ved betragtning af det faktum, at nogle stjerner forsvinder under den sydlige horisont, når man rejser nordpå, medens andre kommer til syne mod nord. Anaximander mente imidlertid, at kun en nord-syd krumning var tilstrækkelig. Han forestillede sig derfor, at Jorden var cylindrisk snarere end kugleformet. Ideen om en kugleformet Jord måtte vente til Pythagoras.

Den tredje filosof fra skolen i Milet var Anaximenes (570 - 500 f.v.t.), Anaximanders elev. Han var den første græker, der klart skelnede mellem planeterne og stjernerne. Lige som Thales spekulerede han over stoffets sammensætning, og han konkluderede, at det fundamentale element var luft. Luft kunne (troede han) komprimeres til vand, og vand yderligere komprimeres til jord. Anaximenes udtænkte således i princippet den moderne ide om stofferne tre faser: gas, væske og fast stof, som forandres fra det ene til det andet, eftersom tryk og temperatur ændres.

2.4 Pythagoras

Pythagoras, der levede fra 582 til 497 f.v.t., er en af de interessanteste og mest betydelige skikkelser i Europas kulturhistorie. Det er svært at afgøre, om han var en religiøs førerskikkelse eller videnskabsmand. Men for at kunne beskrive ham er det nødvendigt først at sige lidt om religionen i oldtidens Grækenland.

Ved siden af den officielle religion, tilbedelsen af Olympens guder, eksisterede der samtidig andre kulturer, og mellem disse var tilbedelsen af Bakkus eller Dionysos den vigtigste. Bakkus, Dionysos og Bromios var alle navne på en thrakisk gud med flere navne, som repræsenterede naturens kræfter. Dionysos' tilbedere forsøgte at vende tilbage til naturen, og at søge væk fra civilisationens anspændelse, ved at kaste alle civilisationens bånd af sig og for en tid vende tilbage til en slags dyrisk tilstand under genoplivning af

længst undertrykte instinkter. Tilbederne var ofte kvinder, unge piger og slaver, som på bestemte aftener samledes på bjergskråningerne og begyndte at danse. Dans og vindrikning fortsatte hele natten og stemningen blev gradvis mere løssluppen og primitiv.

Drukne af vinen (Bakkus' blod) og af de vilde rytmer fra trommer og fløjter kom Bakkus-tilbederne efterhånden i en tilstand af primitivt vanvid, der fik dem til at rive levende dyr i småstykker og spise kødet rå. Gennem sådanne riter genskabte Bakkus-tilbederne legenden om Dionysos. Ifølge denne blev Dionysos, Zeus' og Persefones smukke søn, revet i stykker af Titanerne og derefter spist, bortset fra hjertet, som blev returneret til Zeus. Dionysos blev derefter genfødt og Titanerne dræbt af Zeus' tordenkiler. Af Titanernes aske skabtes menneskeslægten, og derfor rummer mennesket ikke blot Titanernes ondskab, men også Dionysos' guddommelighed.

Legenden om Orfeus indeholder en parallel til legenden om Dionysos. I sorg over sin tabte hustru beslutter Orfeus for stedse at afstå fra sex, og det forarger Thrakiens kvinder. Medens Orfeus synger en sidste smuk melodi, river de thrakiske kvinder ham i stykker, og hans hoved driver med strømmen ned af floden Hebros, stadig syngende.

I orfismen, som var en reformeret udgave af Dionysos kulten, fremhæves tanken om den på én gang guddommelige og onde menneskenatur. Tilhængere af den orfiske religion troede, at på grund af elementet af ondskab og arvesynd i den menneskelige sjæl, var denne fordømt til vedvarende død og genfødsel. Sjælen kunne imidlertid løses fra reinkarnationens kredsløb og genvinde guddommelighed og udødelighed. Orfisternes udveje til rensning af sjælen indeholdt både den bakkiske katharsis og askese (renselse og afholdenhed o.a.). Orfismen indbefattede således også nogle primitive tabuer. Det var f.eks. kultens tilhængere forbudt at spise bønner, at berøre en hvid hane, at rode op i ilden med et jern, at spise af et helt brød, etc.

Pythagoras, der var elev af Anaximander, blev leder og reformator af den orfiske religion. Han var født på øen Samos tæt ved Lilleasiens fastland, og som andre tidlige joniske filosoffer siges han at have rejst meget i Ægypten og Babylon. I 529 f.v.t. rejste han fra Samos til Kroton (nu Cotrone, anlagt ca 700 f.v.t., besat af romerne år 194. o.a.) en stor græsk koloni i det sydlige Italien. Da han ankom til Kroton var hans ry fløjet i forvejen, og en stor skare borgere kom ud fra byen for at gå ham imøde. Efter at Pythagoras havde talt til forsamlingen, forlod 600 af dem deres hjem til fordel for Pythagoras' broderskab, og det uden så meget som et farvel til deres familier.

I en periode på omtrent 20 år fik Pythagoræerne politisk magt i Kro-

ton, og de havde også politisk indflydelse i andre græske kolonier ved det vestlige Middelhav. Men da Pythagoras blev en gammel mand, opløstes det broderskab, han havde grundlagt. Det mistede magten. Templet i Kroton blev brændt, og Pythagoras selv flyttede til Metapontion, en anden græsk by i Syditalien.

Selv om det aldrig igen fik politisk indflydelse, overlevede det pythagoræiske broderskab i mere end 100 år, og de pythagoræiske ideer blev en grundpille i den vestlige civilisation, der endelig blev skabt. Sammen med Thales var Pythagoras grundlæggeren af den vestlige filosofi. Hans ideer var af en forbavsende bredde og originalitet, der ikke fandtes hos Thales.

Det pythagoræiske broderskab optog kvinder på lige vilkår med mænd, og alle medlemmer var fælles om dets besiddelser. Selv broderskabets videnskabelige opdagelser blev anset for at være skabt i fællesskab af alle dets medlemmer.

2.5 Den pythagoræiske harmoni

Pythagoræerne praktiserede lægekunst, og også en form for psykoterapi. Ifølge Aristoxenos, en filosof som studerede under pythagoræerne: "De brugte medicin for at rense legemet, og musik til renselse af sjælen." Musik var af stor betydning for pythagoræerne, som den også var det for de oprindelige tilhængere af Dionysos og Orfeus.

Både i musikken og i lægevidenskaben er forestillingen om harmoni af stor betydning. Her gjorde Pythagoras en bemærkelsesværdig opdagelse, der forenede musik og matematik. Han opdagede, at de harmonier, der er behagelige for det menneskelige øre, kan skabes ved at dele en lyrestreng i længder, der kan udtrykkes som simple forhold mellem hele tal. Hvis vi f.eks. deler strengen i to halvdele ved at holde den fast i midten (idet spændingen holdes konstant), vil tonen stige en oktav. Hvis længden reduceres til $2/3$ af grundlængden, stiger tonen fra den oprindelige tone, med det musikalske interval vi kalder en toneart, og så fremdeles.

Efter at have opdaget, at musikkens harmonier fastlægges af matematikken, indpassede Pythagoras denne opdagelse i orfismens rammer. Ifølge den orfiske religion reinkarneres sjælene i en række legemer. På samme måde er, ifølge Pythagoras, musikkens "sjæl" den matematiske struktur af harmonien; og "kroppen" gennem hvilken den frembringes, er det plumpe fysiske instrument. Akkurat som sjælen reinkarneres i mange kroppe, kan den matematiske

ide udtrykkes gennem mange specielle instrumenter. Og som sjælen er udødelig, eksisterer musikkens ide evigt, selv om de instrumenter, gennem hvilke den udtrykkes, går til grunde.

Ved at skelne meget klart mellem matematiske ideer og deres fysiske udtryk bygger Pythagoras på de tidligere arbejder af Thales, som var af den opfattelse, at geometri havde med dimensionsløse punkter og perfekt rette linier at gøre i højere grad, end med reelle fysiske objekter. Pythagoras' og hans disciples lærebygning tjente på sin side som en stærk inspiration for Platons idealistiske filosofi. Pythagoras udstrakte også tanken om harmoni til astronomien. Han var den første, vi kender, som erkendte, at Jorden er kugleformet. Han var også den første, der pegede på, at Månens bane har en hældning i forhold til Jordens ækvator, og den første græker der erkendte, at morgenstjernen (Phosphoros) og aftenstjernen (Hesperos) er den samme planet. Efter hans tid kaldtes den Afrodite af grækerne, og senere Venus af romerne.

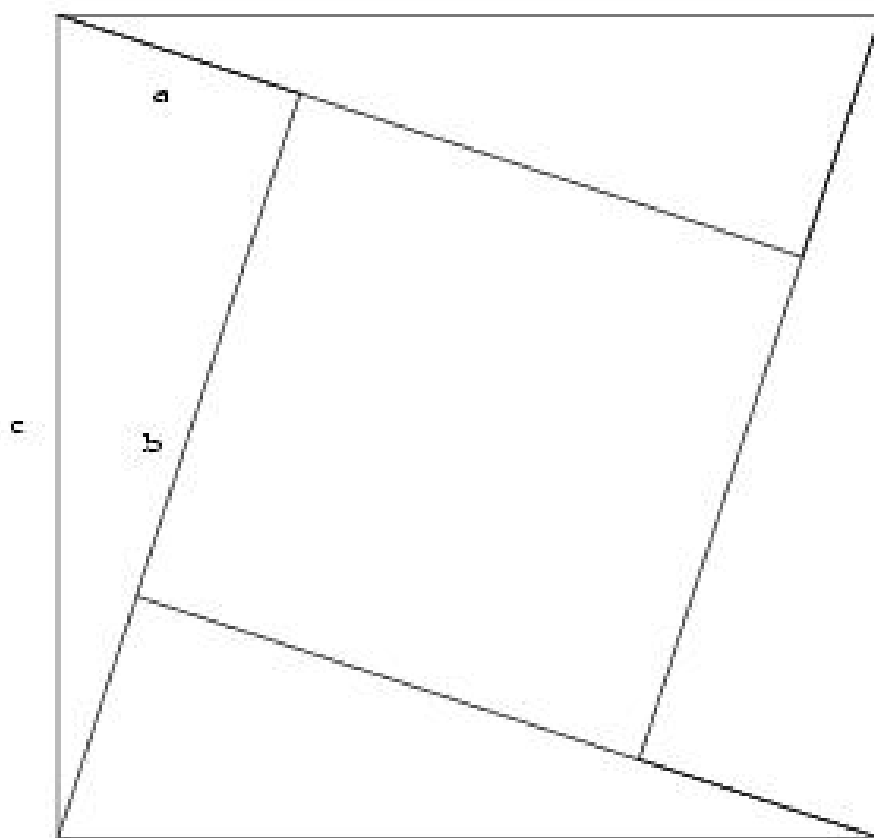
Pythagoras pegede på, at Solen og planeterne har andre banebevægelser end stjernerne på himlen. Hver har sin egen bevægelse. Dette førte til, at han i sin kosmologi indførte en selvstændigt roterende kugle for hver af planeterne og for Solen. Pythagoras forestillede sig, at disse sfærer var koncentriske og gennemsigtige, og at de drejede rundt om Jordkuglen.

Tanken om planeternes sfærer blev yderligere udviklet af de senere græske astronomer, af hvilke den største var Hipparchos (190-120 f.v.t.) og den blev medtaget i en berømt bog, "Almagest" skrevet af Ptolemaios (75-10 f.v.t.).

Efter Roms fald overlevede Ptolemaios' Almagest i den højt civiliserede arabiske verden. Den blev oversat til latin i 1175, og den dannede grundlaget for den astronomiske tænkning indtil renæssancen. Således havde de himmelske sfærer, som Anaximander, Pythagoras, Hipparchos og Ptolemaios forestillede sig dem, en indflydelse i lang tid, og endog en vis beregningsmæssig nytte, før de blev erstattet af de meget bedre, solcentrerede kosmologier efter Copernikus, Tycho Brahe, Keppler, Galilei og Newton.

Pythagoras søgte efter matematisk harmoni i planeternes bevægelser. Han troede, at akkurat som noderne i musikkens skalaer er forbundet af simple matematiske forhold, således måtte også planeternes bevægelser lyde en simpel matematisk lov. Pythagoræerne forestillede sig endog, at samtidig med at de himmelske sfærer drejede sig, frembragte de en slags sfærisk musik, der kun kunne høres af de indviede. Aristoteles lo ad pythagoræernes visioner om matematisk harmoni i planeternes bevægelser, men til slut blev drømmen efter to tusind års forløb opfyldt i Kepplers og Newtons love.

Efter at have fundet matematisk harmoni i lydets verden, og efter at have søgt den i astronomiens, prøvede Pythagoras at finde matematiske sammenhænge i den synlige verden i øvrigt. Blandt andet fandt han de fem mulige regelmæssige polyedre. Hans største bidrag til geometrien er imidlertid den berømte pythagoræiske sætning, som anses at være den vigtigste læresætning i hele matematikken.



Babylonerne og Ægypterne vidste, at for mange specielle retvinklede trekanter er summen af de korte sideres kvadrater lig kvadratet på den lange side. Ægyptiske landmålere brugte f.eks. en trekant med sidelængderne 3, 4 og 5 enheder. De vidste, at der mellem de korte sider dannes en ret vinkel, og at det for denne specielle rette trekant gælder, at summen af de korte sideres kvadrater er lig med den lange sides kvadrat. Pythagoras beviste, at dette forhold gælder for alle retvinklede trekanter.

Ved at undersøge konsekvensen af sin store læresætning fandt Pythagoras og hans tilhængere, at kvadratroden af 2 er et irrationalt tal (med andre ord, det kan ikke udtrykkes som et forhold mellem to hele tal). Opdagelsen af de irrationale tal foruroligede dem så meget, at de opgav algebraen. De koncentrerede sig udelukkende om geometrien, og gennem de følgende to tusinde år dominerede geometriens ideer videnskab og filosofi.

2.6 Det pythagoræiske ideal

Ifølge pythagoræerne kan sindet være disharmonisk, på samme måde som et musikinstrument kan være ude af stemning. I medicinen og psykiatrien bestræbte de sig på at opnå legemlig harmoni i kroppens organer og i sindet. Når vi taler om en "muskel-spænding", "tonic eller tonicum" som styrkende medicin, eller en opstrammer, og om "mådehold", bruger vi ord, der stammer fra pythagoræerne.

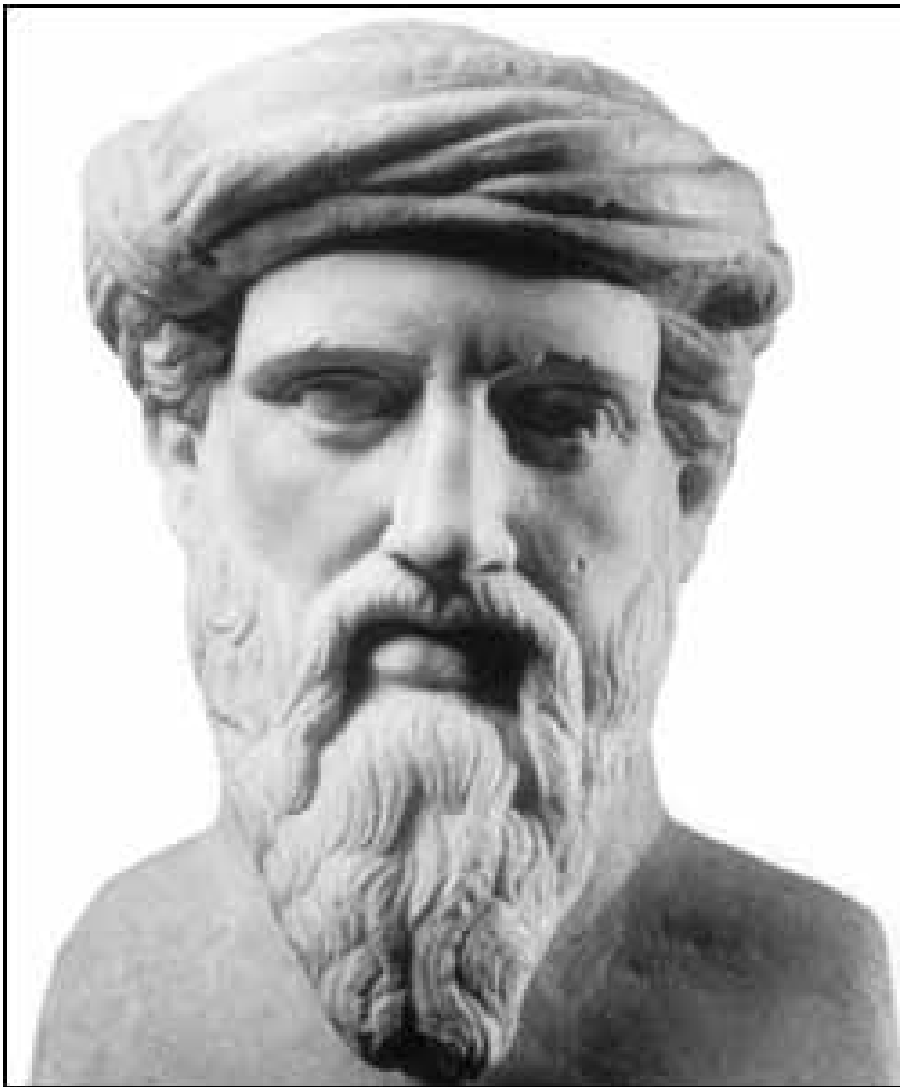
Inden for psykiatrien brugte pythagoræerne forskellige metoder til at befri sindet for dominerende lidenskaber og spændinger. Disse metoder blev udmålt efter patientens grad af modenhed. På det laveste trin stod katharsis ved et bakkisk orgie, efterfulgt af en lang beroligende søvn, og derefter en asketisk livsførelse for at udvikle selvkontrol. På frigørelsens højeste trin blev sindet draget bort fra selvoptagethed ved hjælp af studier af naturens evige sandheder, som de afsløredes i matematikken. Ifølge Plutarch: "Funktionen af geometrien i pythagoræismen er at bringe os bort fra sansernes verden ind i intellektets og det eviges verden."

Den orfiske religion minder i visse henseender om buddhisme og hinduisme. Det er ikke umuligt, at de har et fælles udspring, da grækerne sprogligt var i slægt med de indo-europæiske folk, der erobrede Indien i det første årtusind f.v.t. I buddhismen så vel som i orfismen tilstræber man at frigøre sig fra dødens og genfødselens kredsløb gennem herredømme over selvet. Men pythagoræerne modificerede orfismen ved at indføre et element, der ikke findes i buddhismen. I orfismen er det højeste trin af befrielse og renselse opnået ved fordybelse over universets struktur, og nøglen til denne struktur er matematikken.

Pythagoras var den første, der hævdede, at matematikken er nøglen til forståelse af naturen. Han havde fuldstændig ret i denne opfattelse. Ifølge det pythagoræiske natursyn er det matematisk harmoni, der styrer universets grundlæggende love. I den pythagoræiske etik er filosofien den højeste

kaldelse, og målet med filosofien er at forstå naturen gennem opdagelse af de matematiske relationer, der behersker universet.

Meget af det, som Pythagoras håbede at opnå gennem matematikken, er nået idag. Kvanteteorien har f.eks. vist, at atomets indre struktur er styret af matematiske relationer analoge med dem, der bestemmer en lyrestrengs harmonier. Vi har virkelig fundet matematisk harmoni i naturens grundlove. Men man kan sætte spørgsmålstegn ved, om filosofien har bragt harmoni i de menneskelige relationer, som Pythagoras ville have håbet!



Vi nævnte, at ordet "filosofi" blev opfundet af pythagoræerne. Ordet "teori" i dets moderne betydning skyldes også dem. Ordet kommer fra det græske ord "thea", der betyder "skue" (som i ordet "teater"). På græsk findes et beslægtet ord "theorio", der betyder "at få øje på", "at betragte" eller "at betænke". I den pythagoræiske etik var fordybelse sat allerhøjst. Pythagoræerne troede, at "den største renselse af alt er fordybelse i den uegennyttige videnskab. Og mennesket, som vier sig hertil, er den sande filosof, der mest effektivt har befriet sig fra fødselens kredsløb."

Et af pythagoræernes mottoer var: "Et diagram og et skridt, ikke et diagram og en mønt". Euklid, som tilhørte en pythagoræisk tradition, irettesatte engang en elev, der spurgte, hvilken profit man kunne påregne ved kendskab til geometrien. Euklid tilkaldte en slave og sagde, idet han pegede på eleven: "Han ønsker at tjene på geometrien. Giv ham en drachme!" Eleven blev derefter udelukket fra Euklids skole.

Grækerne i den klassiske tid havde råd til at se bort fra praktiske ting, eftersom deres almindelige arbejde blev udført af slaver. Det er uheldigt, at håndværkere og metallurger i det gamle Grækenland var slaver, medens filosofferne var mænd, som nægtede at snavse hænderne til. En uoverstigelig kløft adskilte filosofferne fra håndværkerne; og det erfaringsmæssige kendskab til kemi og fysik, som håndværkerne gennem århundreder havde opnået, blev aldrig en del af den græske filosofi.

Pythagoras' idealisme blev senere udviklet - og overdrevet - af Platon, den berømteste elev fra den pythagoræiske skole. Platon anså den virkelige verden, som den opfattes med sanserne, for at være det ufuldkomne udtryk for ideernes verden. Han mente, at filosofferne ikke burde beskæftige sig med den virkelige verden.

De ovennævnte forhold hindrede klassikkens grækere i at gøre brug af både observationer og udledninger, og af den grund var de meget bedre til matematik, end de var i andre grene af videnskaben. I matematikken kommer man videre ved at drage rene slutninger ud fra et sæt aksiomer ⁴ Denne insisteren på ren udledning giver matematikken dens store kraft og sikkerhed, men i andre videnskabsgrene er den rene deduktion ufrugtbar, og må forenes med observationer og fortolkninger for at være nyttig.

⁵

⁴d.v.s. ubeviselige grundsætninger, der anses for umiddelbart indlysende. Siden Aristoteles' tid betegner aksiomer i filosofien, sætninger, der er basis for vor øvrige viden, men ikke selv behøver at bevises. O.a.

⁵Matematikkens sikkerhed og styrke, som John Avery omtaler, opnås på dens egne

Pythagoræernes optagethed af harmoni og ideel symmetri reflekteres i den græske kunst. Klassikkens grækere mente, at akkurat som harmonien i musikken er styret af ideale forholdstal, er harmonien i arkitektur og billedkunst bestemt af ideale proportioner. Alle klassisk græske templer viser bestemte dimensionsforhold, som ansås at være ideale. Klassisk græsk billedhuggerkunst viser ikke virkelige skikkelser påvirket af øjeblikkets følelser, men rolige, harmoniske og ideale skikkelser.

Det græske drama fremviser ikke bestemte individers særlige egenskaber, men søgte snarere at beskrive universelle sandheder i den menneskelige natur. I det græske drama kan man endog se refleksionen over den deducerende metode, som karakteriserede græsk filosofi: I begyndelsen af et skuespil står personerne over for omstændigheder, ud fra hvilke handlingsforløbet uvægerligt følger, ligesom Euklids geometriske regler nødvendigvis følger af hans læresætninger.

2.7 Athens guldalder

Årene mellem 478 og 431 f.v.t. var Athens guldalder. Athen og Sparta opnåede stor prestige gennem deres sejr i den persiske krig, og de to byer blev ledende i forhold til de andre græske bystater. Athen var anfører for det deliske forbund, medens Sparta var leder af det peloponnesiske. Den græske verden var således delt i to blokke, og skønt Athen og Sparta havde været allierede under den persiske krig, blev de snart politiske og handelsmæssige rivaler.

Ved hjælp af sin store flåde førte det demokratiske Athen en yderst aggressiv politik for at få monopolistisk kontrol over søhandelen i Middelhavet. Det gav Athen stor velstand, men det bragte desuden den deliske liga i konflikt med det peloponnesiske forbund, en konflikt, der tilsidst førte til Athens nedgang. Men i perioden mellem 478 og 431 f.v.t. kunne Athen glæde sig over en enorm velstand. Flygtninge fra de joniske byer på det asiatiske fastland strømmede over Ægæerhavet til Athen og medbragte deres forfinede kultur. Disse flygtninge berigede i høj grad Athens kulturelle liv, og deres ankomst markerede begyndelsen på Athens intellektuelle førerskab.

Athenienserne besluttede at bruge overskuddet fra den deliske ligas skatkammer til at genopbygge Akropolis, der var blevet ødelagt af perserne, og

præmisser, og i vidtgående elementær sammenhæng, men både matematisk og filosofisk er også matematikkens ultimative beviskraft tvivlsom. O.a.

Athens strateg Perikles satte sin ven, billedhuggeren Feidias, i spidsen for projektet. Det nye Akropolis domineredes af Parthenon, der blev bygget mellem 447 og 432 f.v.t. De fleste af Parthenons skulpturer blev i forrige århundrede bragt til England af Lord Elgin, og befinder sig nu i British Museum. Det berømte "Elgin Marmor", sammen med ruinerne af Parthenon i Athen, symboliserer ånden fra Perikles' tidsalder.

Velhavende og selvsikre, stolte af sejren i den persiske krig, og af deres demokratiske forfatning udtrykte athenerne deres tidsalders ånd i billedhuggerkunst, drama, arkitektur, poesi og filosofi, der lyser op gennem alle århundrederne.

2.8 Anaxagoras

En af Perikles' nærmeste venner var filosofen Anaxagoras (500-428 f.v.t.), som kom til Athen fra Jonien, da han var 38 år gammel. Anaxagoras' ankomst var vigtig, for med den kom den joniske tradition fra Mellemøsten til Athen. (På lignende måde havde Pythagoras 100 år tidligere bragt den joniske filosofi til de græske kolonier i det vestlige Middelhav).

Anaxagoras var rationalist og (i modsætning til Pythagoras) formentlig også ateist. Han troede, at stjernerne og planeterne var skabt af de samme kræfter, som havde skabt Jorden, og at naturens love er de samme for himmellegemerne som for alle ting på Jorden. Han mente, at Solen og stjernerne var smeltet sten, og at Solen havde omtrent samme størrelse som den græske halvø. (En stor meteorsten, der faldt ned i Grækenland på Anaxagoras' tid, må have fået ham på den tanke).

Anaxagoras vidste, at Månen skinner på grund af reflekteret sollys, og at der er bjerge på Månen. Faktisk mente han, at Månen var nogenlunde som Jorden, og han havde den opfattelse, at den sandsynligvis var beboet. Han forklarede korrekt årsagerne til både sol- og måneformørkelse og Månens faser.

Selv de kulturelt udviklede athenere fandt disse synspunkter en smule for avancerede. Anaxagoras blev fængslet, anklaget (og sandsynligvis med rette) for ateisme. Det faktum, at han var nær ven af Perikles, hjalp ham ikke. Perikles' politiske fjender, som ikke turde angribe den store leder direkte, valgte at genere ham ved at angribe hans venner.

Perikles brugte sin veltalenhed til at forsvare Anaxagoras, og det lykkedes ham at få venen løsladt fra fængslet. Men Anaxagoras mente imidlertid ikke,

det var sikkert at forblive i Athen. I året 434 f.v.t. trak han sig tilbage til den lille by Lampsakos ved Hellespont, hvor han tilbragte resten af sit liv.

2.9 Atomisterne

I det 5. århundrede f.v.t. var der stor diskussion mellem de græske filosoffer om, hvorvidt der findes noget som helst permanent i Universet. Heraklit (540-475 f.v.t.) hævdede, at alt var i en (flydende) tilstand af evig forandring. Parmenides (540-ca 470 f.v.t.) hævdede derimod, at intet forandres - at al forandring er illusorisk. Leukippos (490-ca 350 f.v.t.) og hans elev Demokrit (470-ca 380 f.v.t.) var så heldige at ramme noget, som en moderne videnskabsmand ville anse for at være et næsten korrekt svar.⁶

Ifølge Demokrit vil vi, hvis vi skærer et æble i to halvdele, igen skærer disse i nye halvdele, og fortsætter på denne måde længe nok, efterhånden have nogle stykker, der er så små, at de ikke længere kan deles. Demokrit kaldte disse endelige stykker af stof for "a-tomer", der betyder "udelelige" (af græsk "tomos", snit). Han forestillede sig, at rummet mellem atomerne var tomt, og han mente, at når en kniv skærer gennem et æble, passerer knivens æg ind gennem det tomme rum mellem atomerne, og tvinger dem derved fra hinanden.

Demokrit troede, at hvert atom forbliver uforandret i de processer, vi kan observere med vore sanser, når stof synes at forandre form. Desuden troede han, at atomerne er i en tilstand af konstant bevægelse, og at de kan kombineres med hverandre på forskellige måder, hvorved de fremtræder som de fysiske og kemiske forandringer af stoffet, vi kan iagttage i naturen. Med andre ord, hvert atom er i sig selv uforgængeligt; men måden, atomerne forener sig med hverandre på, er en tilstand af evig forandring på grund af atomernes bevægelse.

Dette er næsten det samme svar, vi ville give idag på spørgsmålet om, hvilke ting i Universet, der er permanente, og hvilke der forandrer sig. Naturligvis kan de objekter, vi kalder atomer, deles yderligere, men hvis Demokrit levede idag, ville han sige, at vi blot gjorde den fejltagelse, at kalde de forker-te ting "atomer". Vi burde faktisk bruge ordet om de fundamentale partikler, såsom kvarker, der virkelig er udelelige.

⁶Parmenides huskes især for sine paradokser. "Alle kretensere lyver!" udtalt af Parmenides, der selv var fra Kreta, er et sådant paradoks. O.a.

I diskussionen om, hvilke ting i Universet, der er uforanderlige, og hvilke der ændrer sig, burde vi også ud fra vort moderne synspunkt tilføje, at Universets fundamentale love er uforanderlige. Ved stadig at følge disse uforanderlige love forandrer stof og energi ustandselig form, men naturens fundamentale love forbliver de samme. F.eks. ændrer planeternes form sig konstant, men disse konstante forandringer styres af Newtons bevægelseslove, der er evige.

Af antikkens forskellige filosoffer er Demokrit den der kommer nærmest til vort moderne synspunkt. Men Demokrits ideer var imidlertid, lige som Anaxagoras', for avancerede for hans samtid, selv om Demokrit ikke direkte kastedes i fængsel for sine meninger, skabte disse dog betydelig modvilje. Ifølge Diogenes Laertius mishagede Demokrits ideer Platon så meget, at han ønskede alle hans bøger brændt. (Platons ønske blev faktisk opfyldt! Ingen af Demokrits 72 bøger har overlevet). Aristoteles argumenterede også imod atomismen, og på grund af den enorme autoritet, Aristoteles' meninger havde, forsvandt atomismen som ide næsten helt fra vestlig tankegang indtil John Daltons tid, 1766-1844.

At Demokrits ideer ikke forsvandt helt, skyldtes Epikurs indflydelse (341-270 f.v.t.). Epikur gjorde mekanikken og atomlæren til hjørnestene i sin filosofi. Den romerske digter Lukretius (95-55 f.v.t.) fortolkede Epikurs filosofi i et langt digt, han kaldte "De Natura Rerum" (Om Tingenes Natur). I løbet af middelalderen forsvandt dette digt helt, men i 1417 opdagedes et enkelt bevaret manuskript. Digtet blev da publiceret, idet man brugte Gutenbergs nyopfunde trykpresse, og digtet blev yderst populært. På den måde blev atomisternes ide ikke helt tabt, og efter at være genoplivet af John Dalton, blev den en af grundstenene i moderne videnskab.

2.10 Hippokrates

Lægen Hippokrates blev født omkring 460 f.v.t. på øen Kos. Efter traditionen besøgte han Ægypten i en tidlig periode af sit liv. Her studerede han medicin, især Imhoteps medicinske arbejder. Det siges også, at han studerede under Demokrit. Efter at være kommet hjem til Kos grundlagde han oldtidens mest rationelle medicinske skole. Han havde mange elever, og blandt dem sine sønner og svigersønner. I den sidste del af sit liv underviste og praktiserede han i Thrakien og i Athen.

Den medicinske skole, som Hippokrates stiftede, var berømt for sin ra-

tionalitet og høje etiske standard. Hippokrates' medicinske etik lever videre den dag idag i det løfte, som læger skal afgive. Hippokrates' rationalitet er åbenbar i alt, hvad der er skrevet om hans skole. F.eks. indeholder en bog om epilepsi, kaldet den hellige sygdom, følgende afsnit:

"Hvad angår denne sygdom, der kaldes guddommelig, har den afgjort sin natur og årsag, lige som alle andre sygdomme. Den stammer som disse fra ting, der trænger ind i og igen forlader kroppen. ...Sådanne ting kan kaldes hellige eller ej, som du foretrækker, for forskellen betyder ingenting, og der er ikke behov for at skelne på denne måde noget steds i naturen: For alting er guddommeligt, og alting er naturligt. Alting har sine oprindelige årsager, der kan findes af dem, som søger derefter."

Flere end 50 af Hippokrates' bøger var samlet i Alexandria i det 3. århundrede f.v.t. Alexandrinerne mente, de alle sammen var skrevet af Hippokrates, men mange af dem har uden tvivl været skrevet af hans elever. Lægerne fra den hippokratiske skole mente, at renlighed og hvile er vigtige for en syg eller såret patient, og at lægen skulle blande sig så lidt som muligt i naturens egen helbredelsesproces. Skolens bøger indeholdt mange omhyggelige iagttagelser af sygdomme. Hippokrates og hans skole modstod fristelsen til at teoretisere uden en basis af omhyggeligt observerede kendsgerninger, lige som de modstod fristelsen til at introducere overnaturlige årsager til sygdomme i deres lægekunst.

Hippokrates siges at være død i sit hundrede år. Ifølge overleveringen var han humanistisk, opmærksom, lærd, afbalanceret og rolig med et alvorligt eftertænksomt væsen, evnede at beherske sine følelser, og havde dyb medfølelse med de lidende patienter. Vi mærker hans indflydelse endnu idag, både som en af de store grundlæggere af den rationelle medicin, og som pioner med hensyn til diagnosticering gennem iagttagelse og videnskabelig ræsonneren.

2.11 Sofisterne og Sokrates

Da Athen var et demokrati, skete det ofte, at byens borgere talte ved offentlige møder. Veltalenhed kunne føre til indflydelse, og velhavende athenere importerede lærere til at lære dem retorikkens kunst. Disse lærere, kaldet "sofister" (bogstaveligt "visdomister"), underviste foruden i retorik også i en form for filosofi, der benægtede eksistensen af den absolutte sandhed, den absolutte skønhed og den absolutte retfærdighed. Ifølge sofisterne er "mennesket alle tings målestok", alle sandheder er relative, "skønheden sidder i

øjet der ser", og retfærdighed er ikke guddommelig eller absolut, men en menneskelig opfindelse.

Filosoffen Sokrates var i modsætning til sofisterne. Han troede lidenskabeligt på eksistensen af de absolutter, som sofisterne benægtede. Ifølge Sokrates ville en smuk ting være smuk, hvad enten et menneske betragtede den eller ej, og fra sofisterne tilegnede Sokrates sig en metode til at lede argumentationen ved at stille spørgsmål, som fik folk til at se tingene for sig på netop den måde, Sokrates ønskede.

Sofisterne talte om moral og om politiske spørgsmål, hellere end om Universets natur. Sokrates var modstander af sofisterne, men som dem negligerede også han studiet af naturen og koncentrerede sig i stedet om menneskelige moralske og politiske problemer; "alle tings målestok". Sofisterne, Sokrates, og hans elev Platon, havde stor indflydelse på adskillelsen mellem moralfilosofien (sædelære og etik) og naturfilosofien (naturvidenskab).

Afslutningen af den klassisk græske kulturs periode indledtes 431 f.v.t., da Athen ved en ekstrem kommerciel politik begyndte at fordrive korinthiske købmænd fra markederne rundt om Det ægæiske Hav. Korinth reagerede ved at overtale det peloponnesiske forbund til at erklære Athen krig. Dette var begyndelsen til en langvarig krig, der ruinerede Grækenland.

Da de indså, at de ikke kunne modstå Spartas landstyrker, forlod athenerne landbrugslandet rundt om Athen og søgte tilflugt inden for murene. Athenienserne fortsatte imidlertid den blomstrende udlandshandel, og brødfødte byens befolkning med korn importeret fra østen. De skibe, der kom med korn, medbragte også pest, og en stor del af Athens befolkning døde af pest, deriblandt byens store førerskikkelse Perikles. Der fandtes ingen lederskikkelse af format til at være hans efterfølger, og Athens demokratiske regering degenererede til et pøbelregime.

Da Athens flåde i 404 f.v.t. blev ødelagt i et skæbnesvangert søslag, overgav byen sig til Sparta. Men spartanerne huskede dog, at uden Athen ville de ikke have været i stand til at modstå Persien. Derfor ødelagde de ikke Athen fuldstændigt, men stillede sig tilfredse med at ødelægge Athens mure, og således reduceredes byen til status som satellit til Sparta.

På jagten efter en syndebuk for denne ulykke faldt pøbelen over Sokrates, en af de få intellektuelle, der endnu var i live efter den peloponnesiske krig, og de dømte ham til døden for ikke at tro på byens guder.

I en kort periode dominerede Sparta den græske verden. Men snart brød krigen ud igen, og den politiske scene forfaldt i et kaos af krige mellem bystaterne.

2.12 Platon

Mørket faldt over den klassiske græske verden, men civilisationens lys gik ikke helt ud. Sokrates var død, men hans elev Platon holdt mindet om ham i live ved at skrive dialoger, hvori Sokrates optrådte som en af figurerne.

Platon (427-317 f.v.t.) var en adelsmand, der nedstammede fra Athens tidlige kongeslægt. Hans rigtige navn var Aristokles, men han blev kaldt ved sit kælenavn Platon (der betyder bred) på grund af sine brede skuldre. Efter Sokrates' død forlod Platon Athen. Han sagde, at byens problemer ikke ville høre op, før en filosof blev konge. (Måske havde han sig selv i tankerne?) Han rejste til Italien, hvor han studerede hos pythagoræerne. 387 f.v.t. returnerede han til Athen og grundlagde en skole, der blev kaldt Akademiet, fordi den stod på en grund, som engang havde tilhørt en græker ved navn Akademos.

Platon grundlagde en filosofi baseret på den pythagoræiske idealisme. I pythagoræernes filosofi skelnedes der skarpt mellem matematiske ideer og deres fysiske udtryk. Geometri f.eks. ansås at beskæftige sig, ikke med virkelige fysiske objekter, men med ideale figurer, konstrueret af perfekt rette linier uden tykkelse. Platon udviklede og udbyggede Pythagoras' idealisme. I Platons filosofi er den virkelige verden korrump og falsk, medens ideernes verden er guddommelig og evig. Et virkeligt bord f.eks. er det ufuldkomne udtryk for ideen om et bord. Vi burde derfor vende blikket bort fra den virkelige verden, og leve i ideernes verden.

Denne filosofi var præcis, hvad athenienserne ønskede. Alle vegne rundt om dem faldt deres verden sammen. De vendte med glæde ryggen til den virkelige verdens ubehageligheder og tog imod Platons invitation til at leve i ideernes verden, hvor intet går til grunde, og hvor matematikkens gyldne love hersker evigt.

Ifølge alle beretninger var Platon en fremragende matematiker, og på grund af hans indflydelse opåede matematikken en bestandig plads i undervisningen.

2.13 Aristoteles

Platons yndlingselev var en ung mand fra Makedonien ved navn Aristoteles. Platon kaldte ham "skolens intelligens". Han var født 381 f.v.t. Søn af en hoflæge ved kongen af Makedoniens hof. 17 år gammel rejste han til Athen for at studere. Han tilsluttede sig Platons akademi og arbejdede der i 20 år,

indtil Platon døde. Aristoteles forlod da akademiet, idet han udtalte, at han misbilligede den vægt, der blev lagt på matematik og teori, og hele forfaldet i naturvidenskaben.

Aristoteles rejste gennem Grækenland og giftede sig med en søster til herskeren i en af de byer, han besøgte. I 312 f.v.t. sendte Filip II, der netop var blevet konge af Makedonien, bud efter Aristoteles, og bad ham blive lærer for sin da 14-årige søn Alexander. Aristoteles accepterede stillingen, og forblev i denne gennem flere år. I løbet af denne periode erobrede Makedonien under Filip de fleste af de græske bystater. Filip planlagde da at føre en samlet makedonsk og græsk styrke i et angreb mod Perserriket. Men 336 f.v.t., før han fik påbegyndt invasionen af Persien, blev han myrdet, formentlig af en af hustruen Olympias' hjælpere, da hun var jaloux, fordi Filip havde taget sig en anden hustru. Alexander overtog da faderens trone og invaderede Persien i spidsen for den makedonsk-græske hær.

Aristoteles, der ikke længer behøvedes som kongelig vejleder, vendte tilbage til Athen, hvor han grundlagde sin egen skole, som han kaldte Lyceum. I Lyceum opbyggede han en samling af manuskripter, der kunne minde om et moderne universitetsbibliotek.

Aristoteles var en glimrende organisator af viden, og hans skrifter udgør næsten et een-mands-leksikon. Hans bedste arbejder drejer sig om biologi, hvor han studerede og klassificerede mere end 500 dyrearter, af hvilke han også dissekerede en mængde. Aristoteles' klassificering af levende væsener viser hans viden om arternes indbyrdes slægtskab. Dette slægtskab blev senere af Darwin fremhævet til støtte for evolutionsteorien. Man kan ikke med fuld ret sige, at Aristoteles fremsatte evolutionsteorien, men han kom dog et stykke i retning af ideen. I sin beretning om dyrene skriver han:

"Naturen fortsætter lidt efter lidt fra livløse ting hen imod levende, så det er umuligt at bestemme den nøjagtige demarkationslinie, eller på hvilken side af linien en mellemform hører hjemme. Således kommer på en stigende skala efter de livløse ting planten. Inden for planterne vil en adskille sig fra en anden, hvad angår den åbenbare vitalitetsmængde. Kort sagt, medens hele planteriget mangler liv i forhold til dyrene, har det dog en form for liv sammenlignet med andre legemlige genstande. I planter er der observeret en fortsat skala af udvikling hen imod dyret."

Aristoteles' klassifikation af levende væsener lyder som følger, idet man begynder nederst på skalaen og bevæger sig opad: Livløst stof, lavere planter og svampe, højerestående planter, gopler zoofyter og søpunge, mollusker, insekter, skaldyr, ottearmede blæksprutter og blæksprutter, fisk og reptiler,

hvaler, landdyr og mennesket. Skarpsindigheden i Aristoteles' iagttagelser og analyser kan fastslås ud fra den kendsgerning, at han klassificerede hvaler og delfiner som pattedyr (hvad de er) frem for fisk (som de for en overfladisk betragtning kunne synes at tilhøre).

En af Aristoteles' vigtigste undersøgelser var hans studier i udviklingen af kyllingefostre. Lige siden hans tid har kyllingen været den klassiske genstand for fosterstudier. Han studerede også drøvtyggernes fire-delte maver og pattedyrenes reproduktionssystems anatomi. Han benyttede diagrammer til illustration af indviklede anatomiske forbindelser. En vigtig opfindelse inden for undervisningsteknikken.

Aristoteles' fysik og astronomi var langt fra så vellykkede som hans biologi. Inden for disse områder tilføjede han ikke egne observationer. I det hele taget gentog han blot sin lærer Platons ofte fejlagtige ideer. I sin bog "På Himlen" skriver Aristoteles:

"Som vore forfædre henregnede himlen, og rummet over den, som forbeholdt guderne, således viser vor fornuft og tænkning, at disse er ufordærvede, uskabte og uberørt af dødelige problemer. Der behøves ingen magt for at holde himlen i bevægelse, eller for at afholde den fra at bevæge sig på anden måde. Vi behøver heller ikke antage, at dens stabilitet afhænger af en bestemt gigant, Atlas' støtte, som påstås i en gammel fabel, som om alle legemer højt oppe besidder tyngde og har en jordisk natur. Det er ikke således, den er blevet bevaret i så lang tid. Heller ikke, som Empedokles påstår, ved at hvirvles hurtigere rundt end dens naturlige bevægelse nedad."

Empedokles (490-430 f.v.t.) var en pythagoræisk filosof, som bl.a. studerede centrifugalkraften. Han eksperimenterede f.eks. med spande med vand, som han svingede rundt over hovedet, idet han vidste, at vandet ikke løb ud. Det afsnit, vi lige har citeret, viser, at Empedokles havde fremsat den korrekte forklaring på stabiliteten af Månens kredsløb. Månen falder hele tiden imod Jorden, men samtidig bevæger den sig hurtigt i en retning vinkelret på linien, der forbinder den med Jorden. Kombinationen af de to bevægelser giver Månens kredsløb dets næsten cirkulære form.

Empedokles har således ramt den spire til ideerne, som Newton senere udviklede i sin store teori om den universelle tyngde og planeternes bevægelse. I ovenstående citat benægter Aristoteles imidlertid Empedokles' hypotese. Han hævder i stedet, at himlen er væsensforskellig fra Jorden, og ikke behersket af de samme love.⁷

⁷Newton beskæftigede sig meget med Empedokles' roterende vandspande, gentog og

Aristoteles troede, at himmellegemerne var dannet af et femte element - Æteren ⁸. Af den grund, mente han, var himlen ikke underkastet de samme love, som gælder for jordisk stof. Han antog, at for jordiske legemer fulgte den naturlige bevægelse en ret linie, men for himmelske foregik den naturlige bevægelse i en cirkel, fordi "én slags bevægelse er guddommelig og udødelig, idet den ikke har nogen slutning, men i sig selv er slutningen af en anden bevægelse", og bevægelse i en cirkel er "perfekt, idet den ikke har nogen begyndelse eller ende, og heller ikke standser."

Denne doktrin, at himmellegemernes bevægelser må være ensartede og cirkulære, var en arv fra Platon. Faktisk havde Platon over for sit akademi opstillet problemet at skulle affinde sig med planeternes tilsyneladende irregulære bevægelser over for den ensartede cirkelbevægelse, som Platon mente, de måtte have. I en berømt udtalelse sagde Platon, at problemet var "at redde skinnet".

Problemet med "at redde skinnet" blev løst ved en særlig tilnærmelse af Platons elev Eudoxis. Han forestillede sig et system af koncentriske kugler forbundet med hverandre ved hjælp af akser. I dette billede roterer hver kugle jævnt omkring sin egen akse, men da kuglerne er forbundet med hverandre på en indviklet måde, gengiver modellens resulterende bevægelser således planeternes tilsyneladende komplicerede bevægelser.

Aristoteles anerkendte Eudoxis' system og tilføjede endog selv nogle få sfærer for at gøre systemet mere nøjagtigt. Ved at skelne mellem himlene og Jorden gav Aristoteles endnu et svar på spørgsmålet om, hvad der forandrer sig i Universet, og hvad der er uforanderligt: Ifølge Aristoteles er området inden for Månens sfære fordærvet og foranderligt, men uden for denne er alting evigt og guddommeligt. Forandring er af det onde, men varighed af det gode. Det er læresætningernes følelsesmæssige indhold hos Platon og Aristoteles. De to store filosoffer fra det 4. århundredes græske civilisation, der var i hastig forfald. ⁹

Foruden at skrive om biologi, fysik og astronomi, diskuterede Aristoteles også etik, politik og litterær kritik, og han gav et væsentligt bidrag til den

beskrev forsøget 1686 i Principia, og argumenterede på basis af resultaterne for sondringen mellem absolut og relativ bevægelse. O.a.

⁸egentlig kvintessensen; de øvrige fire elementer var jord, luft, ild og vand. O.a.

⁹Først Keplers matematiske geni formåede næsten 2000 år senere at beskrive solsystemets bevægelser korrekt som ellipsebaner, og geometrien på Platons og Aristoteles' tid har åbenbart ikke været udviklet nok til at gennemskue, at både cirklen og den rette linie blot er specialtilfælde af ellipsen O.a.

vestlige tanke ved at udvikle en formel teoretisk logik. Hvad han skrev om logik, blev gjort populært af Thomas Aquinas (1225-1274), og i en periode mellem Aquinas og renæssancen dominerede Aristoteles' filosofi inden for teologi og filosofi. Faktisk blev Aristoteles' værk om logik så vigtigt for lærd filosofi, at hans meninger om andre emner blev accepteret som den absolutte autoritet. Desværre blev Aristoteles' fremragende arbejder om biologi glemte, og det blev hans mindre heldige arbejder om fysik og astronomi, der fik indflydelse. For det 16. og 17. århundredes søgende videnskabsmænd blev Aristoteles derfor med tiden symbolet på fejlagtighed, og mange af deres kampe og sejre skyldtes, at Aristoteles' doktriner måtte forkastes.

Selv efter at Athen havde mistet enhver politisk magt, vedblev byen at være en universitetsby, som f.eks. Oxford og Cambridge. Platons Akademi fortsatte undervisningen i næsten et tusind år. Det blev endelig lukket i 529 af kejser Justinian, der frygtede dets indflydelse som et tilholdssted for "hedensk filosofi".

Aristoteles' Lyceum fortsatte nogen tid som en aktiv institution, men det gik snart tilbage for det. Selv om Athen vedblev at være centrum for moralsk filosofi, var centret for naturvidenskabelig aktivitet flyttet til Alexandria. Den samling manuskripter, som Aristoteles havde grundlagt ved Lyceum, blev kernen i det store bibliotek i Alexandria.

Platons og Aristoteles' bøger overlevede bedre end andre antikke filosofers, måske fordi Platon og Aristoteles oprettede deres skoler. Platons dialoger er en bog af størrelse som Biblen, og den omhandler alle former for viden. Aristoteles' forelæsninger er samlet i 150 bind. Naturligvis er hvert enkelt bind ikke så omfangsrigt som en moderne trykt bog. Af disse har 50 overlevet. Enkelte af dem blev fundet år 80 i en hule i Lilleasien af nogle af general Sullas soldater, og de bragtes til Rom for at blive kopieret.

Nogle af Aristoteles' arbejder gik tabt i Vesten, men blev bevaret i arabiske oversættelser gennem hele den mørke middelalder. I det 12. og 13. århundrede blev disse skrifter oversat til latin af europæiske lærde, der havde kontakt med den arabiske kultur. Ved hjælp af disse oversættelser genopdagede Europa med begejstring Aristoteles, og indtil det 17. århundrede erstattede han Platon som filosofen, man studerede.

Platons og Aristoteles' indflydelse var (måske ufortjent) meget stor på grund af deres litterære formåen, og fordi så mange af deres bøger overlevede på grund af de skoler, de grundlagde. Måske også fordi Platon og Aristoteles skrev om al slags viden, og gjorde det så smukt, at de syntes at have sagt det sidste ord.

Kapitel 3

DEN HELLENISTISKE TIDSALDER

3.1 Alexander af Makedonien

Hvor megen indflydelse havde Aristoteles mon på sin elev Alexander af Makedonien? Vi ved, at Alexander (der havde symptomer på megalomania - storhedsvanvid) i 327 f.v.t. henrettede Aristoteles' nevø Kallisthenes, så Aristoteles' indflydelse kan ikke have været særligt omfattende.¹

På den anden side må vi forestille os Alexander, drivende sin modstræbende hær fra Det kaspiske Hav til Parthien, fra Parthien til Baktrien, fra Baktrien til Himalayas bjerge, og derfra sydpå til Indus, hvor han vendte hjemad igen på grund af et oprør blandt sine officerer, der led af hjemve. Dette forsøg på at nå til verdens yderste grænser synes at være motiveret lige så meget af videlyst som af begær efter magt.

Alexander var ikke græker, men alligevel anså han sig selv som en apostel for græsk kultur. Som den athenske taler Isokrates bemærkede: "Ordet græker er ikke så meget betegnelse for fødsel som for mentalitet, og bliver brugt om en fælles kultur, snarere end om fælles afstamning."²

¹Kallisthenes fulgte hæren som Alexanders histograf, og nægtede hånligt at ære Alexander med knæfald, perserhoffets skik, som Alexander til makedonernes vrede forlangte indført. Sammen med to pager blev Kallisthenes anklaget for sammensværgelse mod Alexanders liv og dømt til døden. O.a.

²Som ætling af Achilleus ofrede Alexander i Troja, og bekransede stamfaderens grav 334 f.v.t. Til billedet af Alexander hører også omtale af hans højsind mod Dareios' mor Sisygambis, og dronning Stateira. En grusom hævn blev taget over Bessos for snigmordet

Selv om han var grusom og yderst temperamentsfuld, kunne Alexander også vise en næsten hypnotisk charme, og denne charme var en vigtig faktor i hans succes. Han forsøgte at behage folk i de lande, han rejste igennem, ved at antage nogle af deres skikke. Han giftede sig med tre "barbariske" prinsesser ³ og til sine makedonske officerers bestyrtelse iførte han sig den persiske konges krone og klædedragt.

Hvor Alexander end kom hen, grundlagde han byer efter græsk mønster, og kaldte mange af dem Alexandria. Efter et drikkeorgie i Babylon ⁴ blev Alexander i 323 f.v.t. ramt af feber og døde i en alder af kun 32 år. Hans løst sammensatte rige faldt med det samme fra hinanden. De tre største områder overtog tre af hans generaler. Det persiske Rige gik til Seleukis og blev kendt som Det Seleukidiske Rige. Antigonios blev konge af Makedonien og beskytter af de græske bystater. En tredje general, Ptolemaios, overtog Ægypten. ⁵ Selv om Alexanders drøm om en politisk samlet verden brød sammen umiddelbart efter hans død, havde hans rejser gennem næsten hele den kendte verden den effekt, at der skete en sammenblanding af de gamle kulturer i Grækenland, Persien, Indien og Ægypten, hvorved der dannedes en verdenskultur. Det tidsrum, der var behersket af denne kultur, bliver sædvanligt kaldt den hellenistiske tidsalder (323-146 f.v.t.). Og skønt den hellenistiske kultur var en blanding af alle de store kulturer i den antikke verden, havde den et umiskendeligt græsk præg; og i denne periode var det græsk sprog, som lærde mennesker talte over så at sige hele den kendte verden.

3.2 Alexandria

Intet steds i den hellenistiske epoke var de kosmopolitiske karaktertræk mere udprægede end i Alexandria i Ægypten. Ingen by har nogen sinde i historien haft en større blanding af alle folkeslag. Fordi den lå et sted, hvor verdens handelsruter krydsedes, blev Alexandria verdens hovedstad, ikke politisk, men kulturelt og intellektuelt.

på Dareios, hvem Alexander lod begrave i Persepolis under fyrstelige æresbevisninger. O.a.

³Baktriens prinsesse Roxane, Dareios' datter Stateira Barsine og Ochos' datter Parysatis, O.a.

⁴et afskedsgilde for admiral Nearchos, O.a.

⁵Ptolemaios lod 325 Alexander begrave i Memfis og senere bisætte i Alexandria. Hans sarkofag førtes 1802 til British Museum. Den skønne sarkofag i Ankara er ubrugt. O.a.

Milet havde på sit højdepunkt en befolkning på 25.000. Athen havde på Perikles' tid omkring 100.000 indbyggere, men Alexandria var den første by i historien, der nåede et indbyggertal på over 1 million!

Fremmede, der kom til Alexandria, var imponerede af byens vidundere - Maskiner, der automatisk skænkede helligt vand, når man indkastede en fem-drachme mønt, vanddrevne orgler, skydevåben drevet af komprimeret luft og statuer, der kunne bevæges ved hjælp af vand eller damp!

For de lærde var Alexandrias største tiltrækningskraft Det store Bibliotek og Museion, der var skabt af Ptolemaios I. Æren for at have gjort Alexandria til verdens intellektuelle hovedstad må gå til Ptolemaios og hans efterfølgere (som alle kaldtes Ptolemaios, bortset fra den sidste af denne linie, den berømte dronning Kleopatra). Fordi han indså betydningen af de skoler, der var blevet grundlagt af Pythagoras, Platon og Aristoteles, oprettede Ptolemaios I en skole i Alexandria. Denne skole kaldtes Museet, fordi den var tilegnet Muserne.

Tæt ved Museion byggede Ptolemaios et stort bibliotek til bevarelse af vigtige manuskripter. Den samling manuskripter, Aristoteles havde samlet i Lyceum i Athen blev kernen i dette store bibliotek. Alexandrias Bibliotek var åbent for offentligheden, og siges på dette tidspunkt at have rummet 750.000 bind. Foruden at opbevare vigtige manuskripter blev biblioteket et centrum for studier, kopiering og distribution af bøger.

De alexandrinske skrivere anvendte papyrus til bøgerne, og papyrus var relativt billigt. Ptolemaierne var ivrige efter, at Ægypten skulle beholde sit omtrentlige monopol på bogproduktion, og forbød derfor eksport af papyrus. Pergamon, en rivaliserende hellenistisk by i Lilleasien havde også et bibliotek, der i størrelse kun blev overgået af biblioteket i Alexandria. Da skriverne i Pergamon ikke kunne skaffe papyrus fra Ægypten, søgte de at forbedre behandlingen af skind, som traditionelt brugtes til at skrive på i Asien. Det resulterede i materialet, der på latin kaldtes membranum pergamentum. Det vi kalder pergament.⁶

⁶Under Cæsars kampe om Alexandria brændte det pragtfulde bibliotek, der da indeholdt 900.000 bind. Kleopatra, der havde indyndet sig hos Antonius fik dernæst af denne foræret hele biblioteket i Pergamon, der da rummede 200.000 bind. Alle blev ført fra Pergamon til Alexandria, hvor de blev opstillet i Museion. Filosofferne ved Museion nød stor anseelse, og spillede vist nok en ikke ringe rolle, da Vespasian i 69 blev udråbt til kejser. Hadrian besøgte to gange Alexandria og kom flere gange i Museion for at tage del i disputaterne, ligesom senere Marcus Aurelius O.a.

3.3 Euklid

En af de første lærde, der kaldtes til det nyoprettede Museion, var Euklid. Han var født 325 f.v.t. og blev formodentlig uddannet ved Platons Akademi i Athen. Medens han var i Alexandria, skrev Euklid den mest succesrige lærebog gennem alle tider: Geometriens Elementer.

De fleste læresætninger i denne fremragende bog stammer ikke direkte fra Euklid. De var skabt af mange generationers klassisk græske geometere. Euklids bidrag bestod i at tage den klassiske periodes læresætninger, og arrangere dem i en orden, der er så logisk og elegant, at det næsten ikke kan gøres bedre. En af Euklids store fortjenester er, at han reducerede antallet af aksiomer til et minimum, og han skjuler ikke betvivleligheden af visse læresætninger.

Euklids axiom om parallelle linier har en interessant historie: Denne læresætning fastslår, at "Gennem et givent punkt, ikke på en linie, kan én og kun én linie tegnes parallelt med en given linie." Matematikere tvivlede først, om det var nødvendigt med en sådan læresætning. De formodede, den kunne bevises ved hjælp af Euklids andre, mere simple læresætninger. Efter grundig overvejelse fandt de imidlertid, at aksiomet virkelig er et af de helt nødvendige fundamentaler i klassisk geometri. De begyndte så at spekulere på, om der fandtes en anden slags geometri, hvori parallel-postulatet kunne undværes. Disse ideer udvikledes i det 18. og 19. århundrede af Lobachevski, Bolyai, Gauss og Riemann, og i det 20. århundrede af Levi-Civita. I 1915 blev den matematiske teori for ikke-euklidisk geometri endelig basis for Einsteins almindelige relativitets-teori.

Foruden klassisk geometri indeholder Euklids værker også emner vedrørende talteori. Han diskuterede f.eks. irrationale tal, og han beviser, at rækken af primtal er uendelig. Han diskuterede også geometrisk optik, eller perspektivlære, samt astronomi.

Euklids Elementer er trykt i mere end 1.000 udgaver siden opfindelsen af bogtrykkerkunsten - flere end nogen anden bog, bortset fra Biblen. Dens indflydelse har været enorm. Euklids Elementer har i mere end to tusinde år været modellen for rationel tankegang.⁷

⁷Om Euklid fortælles den morsomme anekdote, at han på kongens spørgsmål, om ikke der findes lettere veje til de matematiske sandheder, end den Euklid lærte, svarede Ptolemaios: "Til geometrien findes ingen særlig vej for konger!" O.a.

3.4 Eratosthenes

Eratosthenes (276-196 f.v.t.). Direktør i Alexandrias Bibliotek. Sandsynligvis den højst kultiverede mand i hele den hellenistiske æra. Hans interesser og evner var universelle. En fremragende historiker; faktisk den første, der nogensinde prøvede at opstille historiske begivenheder i kronologisk orden. Han var også litteraturkritiker, og skrev en afhandling om græske komedier. Ydede mange bidrag inden for matematikken, deriblandt et studium af primtallene, og en metode til generering af primtal, kaldet "Eratosthenes' Si".⁸

Som geograf lavede Eratosthenes et verdenskort, der på hans tid var det nøjagtigste, der nogensinde var set. De forskellige geografiske steders placering på Eratosthenes' kort var udregnet efter astronomiske observationer. Bredderne var beregnet ved at måle vinklen til Polarstjernen over horisonten, medens længderne formentligt var beregnet udfra tiden for måneformørkelser.

Som astronom udførte Eratosthenes nogle uhyre nøjagtige målinger af vinklen mellem Jordens akse og planen for Jordens tilsyneladende bevægelse omkring Solen. Han forberedte også et kort over himlen indeholdende 675 stjerners positioner.

Eratosthenes største bedrift var imidlertid en forbløffende præcis beregning af Jordens radius. Den værdi, han angav for Jordradien, er mindre end 30 km fra den værdi, vi nu anser for den korrekte. For at kunne udføre denne bemærkelsesværdige beregning, gik Eratosthenes naturligvis ud fra, at Jorden er rund, og han gik ligeledes ud fra, at Solen er så langt fra Jorden, at lysstrålerne fra Solen er næsten parallelle, når de rammer Jorden. Han vidste, at direkte syd for Alexandria lå byen Syene, som Solen står lodret over ved middagstid på midsommerdagen. Med disse givne parametre, gjaldt det nu kun om at finde Jordens radius ved at måle afstanden mellem Alexandria og Syene. Derpå målte han kl. 12 på midsommerdagen vinklen til Solen i Alexandria. Ud fra disse to værdier beregnede han Jordens omkreds til lidt over 250.000 stadier eller ca 40.000 km. Dette er så meget mere end størrelsen af den da kendte verden, at Eratosthenes (helt korrekt) konkluderede, at det meste af Jordens overflade må være dækket af vand. Han fastslog, at hvis det ikke var for Atlantens mægtige udstrækning, kunne man sejle fra Spanien til Indien langs den samme breddegrad.

⁸Ved fra talrækken at fjerne alle lige tal fra 4 og opefter, alle multipla af 3 fra 6 og opefter, o.s.v. O.a.

Eratosthenes' venner (en af dem var Archimedes) spøjte med hans amatørisme. De påstod, at han bredte sig for meget over sine mange talenter, og gav ham kælenavnet "Beta" ud fra den betragtning, at på alle områder, han valgte at beskæftige sig med, var Eratosthenes kun den næstbedste, i stedet for at være den bedste. Det var uretfærdigt. I geografi var Eratosthenes uden al tvivl "Alfa".

Eratosthenes' fremragende arbejde inden for geografin illustrerer en forskel mellem klassisk græsk og hellenistisk videnskab. I den klassisk græske verden var filosofferne højt hævet over hverdagens gøremål. Men i det travle, kommercielle Alexandria var mænd som Eratosthenes i tæt berøring med praktiske problemer, f.eks. inden for navigation, metallurgi og ingeniørkunst. Denne tætte kontakt med det praktiske liv gav hellenistisk videnskab en sund realisme, der savnedes i den langt overvejende teoretiske videnskab i det klassiske Grækenland.

3.5 Aristarchos

De hellenistiske astronomer beregnede ikke blot Jordens størrelse, de målte også Solens og Månens størrelse, samt deres afstande fra Jorden. Aristarchos (ca 320-250 f.v.t.) var en af de astronomer, som arbejdede med dette problem. Lige som Pythagoras var han født på øen Samos, og han studerede måske under Straton fra Lampsakos i Athen. Han blev imidlertid snart draget mod Alexandria, hvor tidens mest spændende videnskabelige arbejde blev gjort.

Aristarchos beregnede Månens størrelse ved at bemærke formen af Jordens skygge på Månens overflade. Ud fra formen af Jordens skygge anslog han, at Månens diameter er omtrent en trediedel af Jordens, hvilket er næsten korrekt.

Ud fra Månens diameter og synsvinkel fra Jorden kunne Aristarchos beregne Månens afstand fra Jorden. Derefter sammenlignede han afstanden fra Jorden til Månen med afstanden fra Jorden til Solen. For at kunne gøre dette måtte han afvente det øjeblik, da Månen var nøjagtig halv. På det tidspunkt danner nemlig Jorden, Månen og Solen en retvinklet trekant med Månen i trekantens rette vinkelspids. Aristarchos kunne så nede fra Jorden måle vinklen mellem Solen og Månen. I forvejen kendte han afstanden fra Jorden til Månen, så nu kendte han to vinkler og en side i den retvinklede trekant. Det var tilstrækkeligt til, at han kunne beregne de øvrige størrelser i trekanten, hvoraf den ene udgjorde afstanden mellem Jorden og Solen. Hans beregning

af denne afstand blev ikke særlig nøjagtig, fordi små fejl i udmålingen af vinklerne svulmede op under beregningerne.

Aristarchos beregnede, at Solen er ca 20 gange længere væk fra Jorden, end Månen er, skønt den faktisk er omtrent 400 gange så langt væk. Men selv den alt for korte afstand, Aristarchos fandt frem til, overbeviste ham om, at Solen er enorm. Han regnede ud, at Solens diameter er omtrent 7 gange Jordens, og dens rumfang ca 350 gange større end Jordens. I virkeligheden er Solens diameter mere end 100 gange Jordens, og dens volumen overgår Jordens med en faktor på mere end 1 million!

Selv denne undervurdering af Solens størrelse var nok til at overbevise Aristarchos om, at Solen ikke bevæger sig rundt om Jorden. Han fandt det latterligt at forestille sig den enorme Sol cirkende rundt om den lillebitte Jordklode. Han foreslog derfor en model for Solsystemet, i hvilken Jorden og planeterne bevæger sig i cirkler rundt om Solen, der står stille i centrum. Han fremsatte også den ide, at Jorden drejer sig omkring sin egen akse en gang i døgnet.

Selv om det var Solens kolossale størrelse, der gav Aristarchos ideen til denne model, indså han snart, at den sol-centriske model havde mange fordele inden for beregningskunsten: F.eks. blev det meget lettere at forklare planeternes lejlighedsvis baglænsbevægelse. Desværre udarbejdede han ikke detaljerede tabeller til forudsigelse af planeternes positioner. Havde han gjort det, ville fordelene ved den heliocentriske model have været så åbenbare, at den formentlig ville have været universelt anerkendt næsten to tusinde år før Copernikus' tid, og videnskabshistorien ville have fået et helt andet forløb.

Aristarchos var ikke den første, der fremsatte ideen om, at Jorden bevæger sig i en cirkelbane som de øvrige planeter. De pythagoræiske filosoffer, især Filolaos (ca 480-420 f.v.t.) havde også peget på, at Jorden bevæger sig. Men den pythagoræiske model af Solsystemet var mærket af fejl, medens Aristarchos' model var korrekt i alle detaljer.

Aristarchos havde fuldstændig ret, men at have ret er ikke altid populært. Hans synspunkter blev ikke accepteret af et flertal i astronomernes kreds, og han blev anklaget for gudsbespottelse af filosofen Kleantes, som tilskyndede myndighederne til at straffe Aristarchos for hans kætteri. Heldigvis var det en tolerant og oplyst tidsalder, så Aristarchos blev aldrig anklaget.⁹

⁹Hans arbejde "Om Solens og Månens Størrelse og Afstand", er det første forsøg på at bestemme afstandene i verdensrummet. Det er bevaret, og blev oversat til latin i 1498. O.a.

Den model af solsystemet, som de hellenistiske astronomer endelig endes om, var ikke Aristarchos', men en alternativ (og ringere), udviklet af Hipparchos (ca 190-120 f.v.t.). Hipparchos ydede mange store bidrag inden for astronomi og matematik. Han var f.eks. den første til at beregne og publicere tabeller over trigonometriske funktioner. Han opfandt også mange instrumenter til nøjagtige observationer med det blotte øje. Han opdagede jævndøgn-præcessionen, introducerede en klassifikation af stjernerne efter deres tilsyneladende klarhed, og udarbejdede ¹⁰ et stjernekort, der langt overgik Eratosthenes'. Endelig indførte han en model af solsystemet, der tillod temmelig akkurate beregninger af Solens, Månens og planeternes fremtidige positioner.

På engelsk har man udtrykket "wheel within wheels", når noget yderst indviklet skal forklares. Det stammer fra Hipparchos' model af solsystemet! I dette system er hver planet udstyret med et stort hjul, der bevæger sig med jævn fart omkring Jorden (eller i nogle tilfælde omkring et punkt tæt ved Jorden). Uden på dette store hjul var anbragt et mindre hjul, kaldet epicyklen, som også drejede rundt med jævn hastighed. Et punkt på det mindre hjul skulle da forestille at gengive planetens bevægelse. I nogle tilfælde behøvede Hipparchos' model endnu flere "hjul inden i hjulene" for at gengive planetens bevægelse. Hjulenes størrelse og hastighed var valgt ud fra princippet om "at redde skinnet".

Hipparchos' model blev populariseret af den berømte ægyptiske astronom Claudius Ptolemaios (ca 75-135) i en bog, der var dominerende inden for astronomien indtil Copernikus. Ptolemaios' bog blev af beundrere kaldt "Megale Mathematike Syntaxis", Den store Matematiske Komposition. Gennem den mørke middelalder, der fulgte efter Roms fald, blev Ptolemaios' bog bevaret og oversat til arabisk af de civiliserede muslimer. De forkortede navnet til "Almagest", Den Største, og bogen beholdt sin førerstilling, indtil Copernikus i det 15. århundrede reddede Aristarchos' heliocentriske model fra glemslen.

3.6 Archimedes

Archimedes var den største matematiker i den hellenistiske tidsalder. Sammen med Newton og Gauss anses han faktisk at være en af de største matematikere overhovedet.

¹⁰da der 134 f.v.t. viste sig en Nova i stjernebilledet Skorpionen, O.a.

Archimedes fødtes 287 f.v.t. i Syracus på Sicilien. Han var søn af en astronom, og en nær slægtning til Hieron II, kongen af Syracus. Som de fleste af tidens videnskabsmænd var Archimedes uddannet på Museion i Alexandria, men i modsætning til de fleste andre, forblev han ikke i Alexandria, men vendte tilbage til Syracus, formentlig på grund af slægtskabet med Hieron. Da han var en velhavende adelsmand, behøvede Archimedes ikke Ptolemaios' protektion.

Der fortælles mange historier om Archimedes: F.eks. regnes han for at have været så distræt, at han tit ikke kunne huske, om han havde spist. En anden (mere tvivlsom) historie har at gøre med opdagelsen af "Archimedes' lov" inden for læren om hydrostatik. Ifølge overleveringen havde Hieron købt en guldkrone af kompliceret form, og var begyndt at mistænke guldsmeden for at have snydt ham ved at blande sølv i guldet. Da Hieron vidste, at hans intelligente slægtning Archimedes var ekspert i matematik og fysik, tog han kronen med til Archimedes, og bad ham afgøre, om den var støbt af rent guld (ved kontrol af vægtylde). Kronen var imidlertid for kompliceret tildannet, så selv Archimedes kunne ikke beregne dens rumfang.

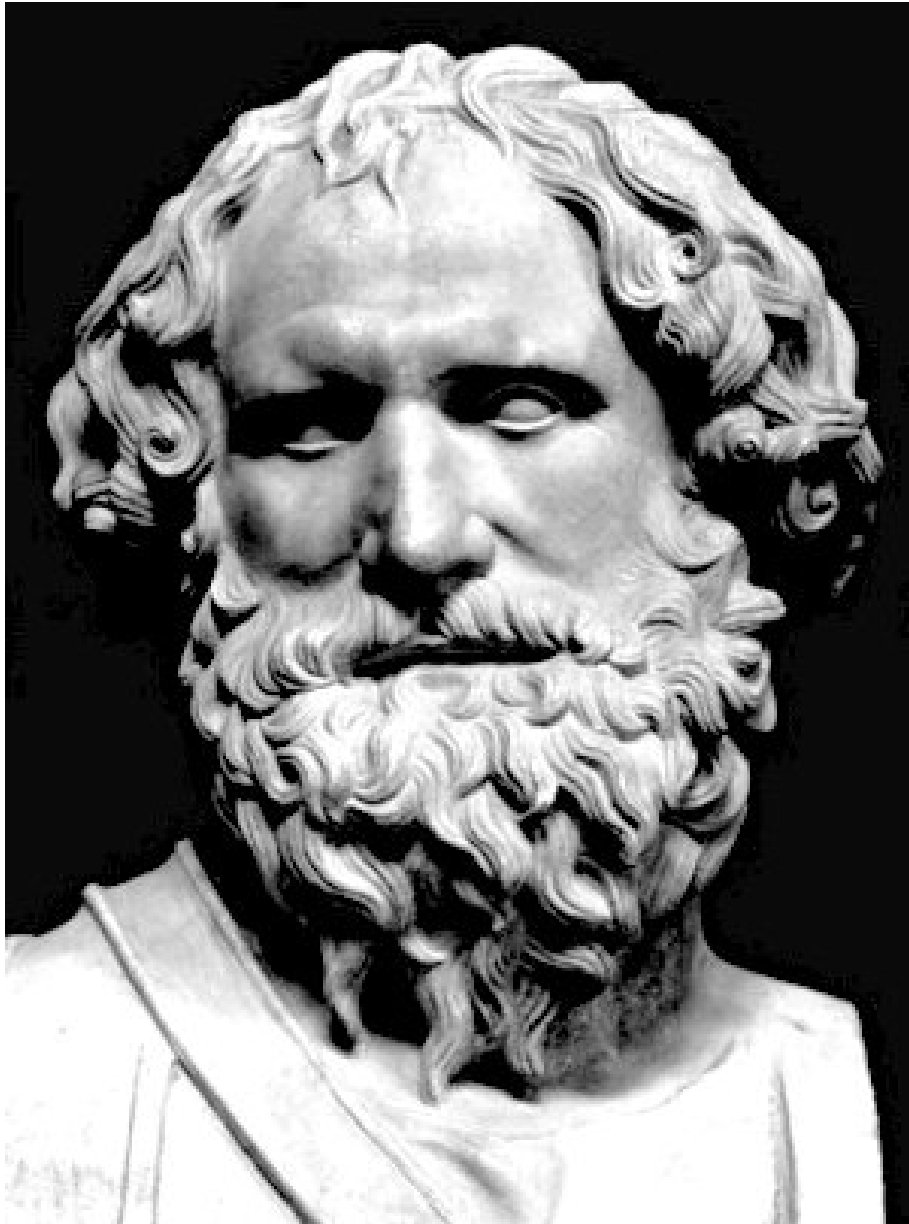
Medens han sad i badet, og spekulerede over dette problem, gjorde Archimedes sig tanker om, at kroppen synes mindre tung, når den er under vand. I et pludseligt intuitivt glimt opdagede han, at vægten, kroppen blev reduceret med, måtte være lig den vægtmængde vand, den fortrængte. Han sprang ud af badet med råbet "Eureka, Eureka!", og løb splitternøgen gennem Syracus' gader, for at fortælle Hieron om opdagelsen.

Historien om Hierons krone illustrerer forskellen mellem den klassiske og den hellenistiske periode. I klassikken var geometrien en gren af religionen og filosofien. Af æstetiske grunde var de redskaber, den klassiske geometer måtte bruge, begrænset til passer og lineal. Med sådanne begrænsninger var mange problemer uløselige. Det er f.eks. med geometriens klassiske restriktioner umuligt at løse problemet om vinklers tredeling. I historien om Hierons krone har Archimedes frigjort sig fra klassikkens begrænsninger, og er villig til at tage ethvert tænkeligt middel i brug for at nå sit mål.

Man mindes Alexander den Store, som, ifølge overleveringen, konfronteret med Den gordiske Knude løste problemet med et eneste hug af sit sværd!

I bogen "Om Metoder", som han sendte til sin ven Eratosthenes, indrømmer Archimedes, at han skærer figurer ud af papir, og vejer dem, for på den måde at få fornemmelse af arealer og tyngdepunkter ¹¹ - men efter sådanne

¹¹en endnu ganske brugelig integrationsmetode, når det drejer sig om et skøn over kom-



overslag, beregnede han naturligvis arealer og tyngdepunkter efter strengere metoder.

Et af Archimedes' store bidrag til matematikken var hans udvikling af metoder til at finde overfladeareal og rumfang af legemer med krumme overflader. For at gøre dette, anvendte han "begrænsningens doktrin". For at finde en cirkels areal f.eks., begyndte han med at tegne det indskrevne kvadrat. Arealet af kvadratet var den første tilnærmelse til cirkelns areal. Derefter tegnede han en regulær oktagon, og udregnede dens areal, der var en endnu bedre tilnærmelse. Dette efterfulgtes af regulære mangekanter med 16 og 32 sider o.s.v., idet enhver forøgelse af sideantallet bragte ham nærmere til cirkelns sande areal.

Archimedes omskrev dernæst cirklen med regulære polygoner, og på den måde fik han både en øvre såvel som en nedre grænse for arealet. Det sande areal var indfanget mellem de to grænser. Således viste Archimedes, at værdien af tallet π ligger mellem $223/71$ og $220/70$.

Somme tider førte Archimedes' brug af begrænsningens doktrin til eksakte resultater. Således var han i stand til at vise, at forholdet mellem en kugles rumfang, og rumfanget af dens omskrevne cylinder, er som 2:3, og at kuglens areal er $2/3$ af cylinderens. Han var så glad for dette resultat, at han ønskede, en kugle og en cylinder skulle indhugges på hans gravsten sammen med brøken $2/3$.

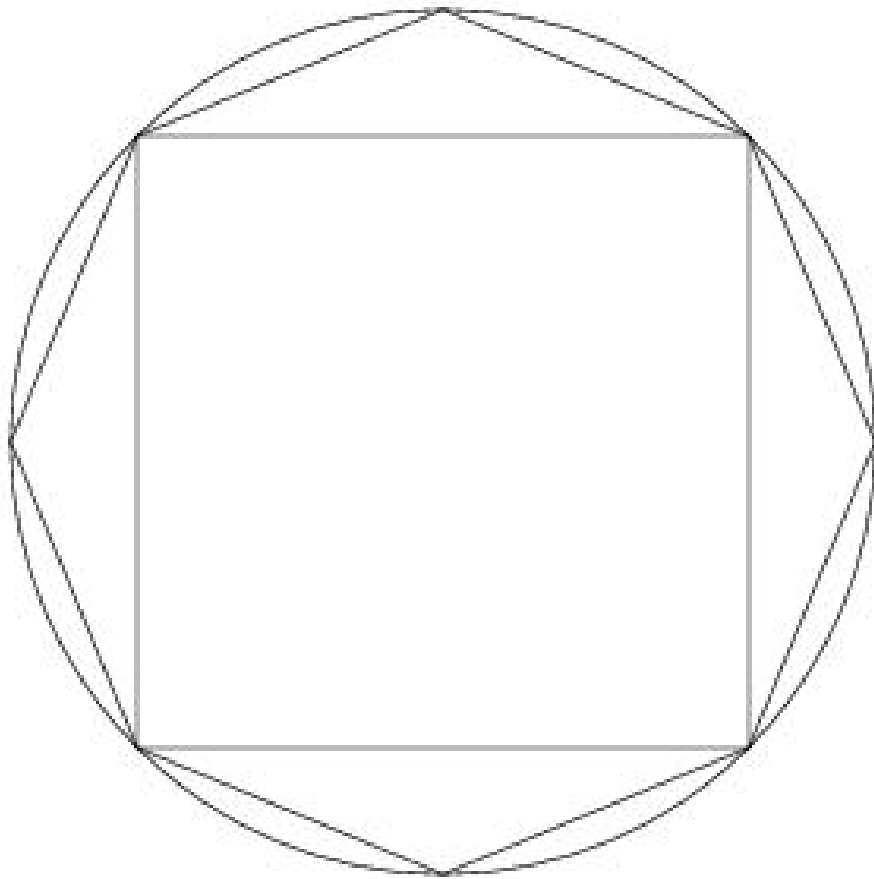
Et andet problem, som Archimedes var i stand til at løse nøjagtigt, var arealberegningen af en plan figur begrænset af en parabel. I bogen "Om Metoder" siger Archimedes, at han havde for vane at begynde løsningen af et sådant problem ved at forestille sig en plan figur sammensat af et meget stort antal strimler, eller i tilfældet et massivt legeme, af et stort antal tynde skiver. Det er præcis den fremgangsmåde, der anvendes inden for integralregningen.

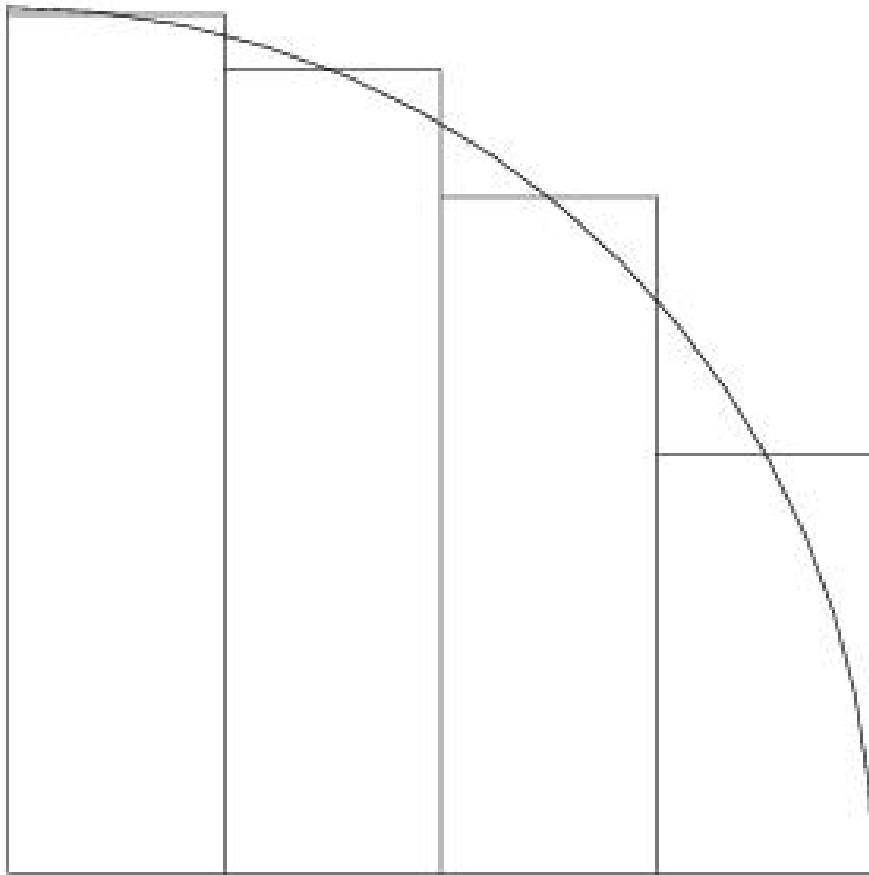
Archimedes må have æren for opfindelsen af både differential- og integralregning. Han anvendte, hvad der svarer til integralregning, for at udfinde rumfanget og arealet, ikke blot af kugler, cylindre og kegler, men også af kugleudsnit og af omdrejningslegemer som paraboloider, hyperboloider med 2 net og ellipsoider ¹². Hans metode til konstruktion af tangenter foregriber differentialregningen.

Desværre var Archimedes ikke i stand til at få formidlet sin opfindelse af regnemethoden til andre af tidens matematikere. Vanskeligheden var, at der

plicerede arealer, og man ikke har et planimeter ved hånden O.a.

¹²som han kaldte henholdsvis retvinklede og stumpnæsede konoider samt sfæroider. O.a





endnu ikke eksisterede et begreb som algebraisk geometri. Pythagoræerne var aldrig kommet over chok'et ved at opdage de irrationale tal, og havde derfor opgivet algebraen til fordel for geometrien. Sammenkædningen af geometri og algebra, og udviklingen af regnemetoder, som kunne anvendes af mindre geniale regnekunstnere, måtte derfor afvente Decartes, Fermat, Newton og Leibnitz.

Archimedes var far til statikken (både faste og flydende legemers ligevægtslære) Han angav tyngdepunktsbestemmelser for mange slags figurer, og udførte omfattende systematiske studier over vægtstængers egenskaber. Han hævdes at have sagt: "Giv mig et sted at stå, og jeg skal rokke Jorden i dens hængsler!"¹³.

Det bringer imidlertid en anden historie om Archimedes i erindring: Hieron var en smule skeptisk ved Archimedes' netop citerede udtalelse, og opfordrede ham til at bevise sin påstand ved at flytte noget ret mægtigt, uden at det dog nødvendigvis behøvede at være så stort som Jorden. Archimedes modtog udfordringen med godt humør, fastgjorde et taljesystem til et fuldt lastet skib i havnen, satte sig behageligt til rette, og trak uden større anstrengelse skibet gennem vandet og op på bredden.

Archimedes anvendte en meget kompakt notation til at udtrykke store tal. Hans system er i det væsentlige det samme som vores eksponentielle notation, og det tillod ham at behandle meget store tal med allerstørste lethed. I en mærkelig lille bog med titlen "Sandregneren", bruger han denne notation ved beregningen af antallet af sandskorn, der behøves til at fylde Universet. (Selvfølgelig måtte han fremsætte et groft gæt på Universets størrelse.) Archimedes skrev den lille bog for at belyse forskellen mellem mængder, der er meget store, men dog afgrænsede, og uendelige mængder. Han ønskede at vise, at intet, selv ikke antallet af sandskorn, der skal til for at fylde Universet, er for stort at beregne og udtrykke ved hjælp tal. Sandregneren er vigtig som et historisk dokument, fordi Archimedes deri ved et tilfælde omtaler Aristarchos' heliocentriske model, der ikke nævnes i den ene bog af Aristarchos, som er bevaret.

Foruden at være et matematisk geni viste Archimedes sig også i besiddelse af fremragende fornemmelse for mekanik; meget lig den begavelse Leonardo da Vinci havde. Blandt Archimedes' opfindelser er et planetarium og en elegant pumpe i form af et spiralrør. Denne type pumpe kaldes "Archimedes'

¹³et ikke uinteressant problem i n-legeme teorien, vi desværre ikke kender Laplaces eller senere matematikers mening om O.a.

Skrue" og bruges stadig i Ægypten. Spiralen anbringes i en vinkel med vandets overflade, med den nederste ende halvt nedsænket. Når spiralrøret roterer om sin længdeakse, tvinges vandet op.

Archimedes var almindeligt respekteret på grund af hans humanitet og overvældende intellekt, både i livet som efter sin død. Alligevel fik han ikke lov at leve i fred. Historien om hans død er både dramatisk og symbolsk:

Gennem et par år blev Syracus angrebet af romerne, og byen ville hurtigt være faldet, hvis ikke Archimedes havde udtænkt sindrige krigsmaskiner, der især tilføjede den romerske flåde stor skade. Han siges at have opfundet et system af spejle, der reflekterede sollyset, så det satte de angribende skibe i brand; og kraner, der løftede skibene ud af vandet og kæntrede dem. Romerne turde tilsidst næsten ikke nærme sig Syracus' mure. Men efter i 2 år at have afvist alle romernes angreb, faldt byen 212 f.v.t. under et overraskelsesangreb. Romerske soldater for plyndrende og hærgende gennem byen. En af dem fandt Archimedes i dybe tanker foran et diagram, han havde tegnet i sandet, medens han arbejdede på et matematisk problem. Da soldaten beordrede Archimedes at følge med, skal han have set op fra sit arbejde og svaret: "Forstyr ikke mine cirkler!". - Soldaten slog ham ihjel på stedet.¹⁴

Archimedes' død og ødelæggelsen af den hellenistiske civilisation illustrerer kulturens skrøbelighed. Der var kun et skridt fra Archimedes til Galilei og Newton. Kun et kort skridt fra Eratosthenes til Columbus, fra Aristarchos til Copernikus, og fra Hippokrates til Pasteur. Disse trin i menneskehedens kulturelle udvikling måtte vente næsten to tusinde år, fordi den strålende hellenistiske kultur blev ødelagt, og Europa kastet tilbage i en mørkealder.

I perioden mellem 202 og 31 f.v.t. udvidede Rom gradvist sin kontrol over de hellenistiske stater. Ved at skride ind i en strid mellem Kleopatra og hendes bror Ptolemaios blev Cæsar i stand til at opnå indflydelse i Ægypten. Han satte ild til den ægyptiske flåde i Alexandrias havn. Ilden bredte sig ind i byen, hvor Alexandrias store Bibliotek gik op i flammer, som vi har hørt. Var disse bøger blevet bevaret, ville vor viden om den antikke verdens historie, videnskab og litteratur have været ufatteligt meget rigere. Hele verdenshistorien havde formentlig fået en helt anden gang.

¹⁴Ifølge Livius, var det Archimedes, der satte Syracus i stand til at afslå alle romernes angreb under Marcellus. Da byen faldt, og Archimedes blev dræbt, rejste Marcellus et gravmæle over ham og lod deri indhugge tegningen til Archimedes' sætning: at rumfangene af en kegle, en halvkugle og en cylinder på samme grundflade og med samme højde forholder sig som 1:2:3. På det kendte Cicero gravet, da han år 75 var i Syrakus som kvæstor. O.a.

Den romerske erobring gav 600 års politisk stabilitet i Vesten, og hjalp med at sprede civilisationen op i Nordeuropa. Romerne havde talent for praktisk organisation, og for nyttig anvendelse af viden inden for ingeniørkunst og i folkesundheden.

Romerske veje, broer og aquadukter, af hvilke mange stadig er i brug, vidner om de romerske ingeniørers fremragende kunnen. Det store vandsystem, der forsynede Rom med vand, sendte 1 mio. kubikmeter vand til byen hver dag. Et kloaksystem (cloacae) fra det 6. århundrede f.v.t. befinder sig under Roms gader, og er for en stor dels vedkommende i brug den dag idag til gavn for borgernes sundhed.

Kuglerammen blev brugt i Rom som en hjælp ved beregninger. Instrumentet var oprindeligt et brædt med et antal fordybninger, hvori småsten (calculi) kunne glide frem og tilbage. Ordet "kalkulere" (og engelsk "calculus") kommer således fra det latinske ord for småsten.

Romerrigets imponerende tekniske fremskridt lå inden for ingeniørkunst, folkesundhed og anvendte videnskaber, snarere end i den rene grundvidenskab. Den vestlige del af Romerriget blev i det 5. århundrede besejret af nogle barbariske stammer fra Nordeuropa, og Vesten gik en mørk tidsalder imøde.

Kapitel 4

ØSTENS CIVILISATIONER

4.1 Kina

Efter Roms fald i det 5. århundrede blev Europa et kulturelt tilbagestående område. Men Mellemøstens og Asiens store civilisationer fortsatte at blomstre, og det var gennem kontakt med disse civilisationer videnskaben genfødt i Vesten.

Samtidig med Europas mørke tidsalder befandt Kinas civilisation sig på et særlig højt trin. Kunsten at arbejde i bronze udvikledes i Kina under Shang Dynastiet (1500-1100 f.v.t.), og den nåede sit ypperste under Chou Dynastiet (1100-250 f.v.t.)

I Chou perioden udvikledes mange af de kulturelle karakteristika, vi erkender som udpræget kinesiske. I denne periode udviklede kineserne et regelsæt for omgangsformer baseret på høflighed og etik. Mange af disse regler stammer fra K'ung-Fu-Tzu (Confucius') lære. Kung-fu-tse var en filosof og regeringsembudsmand, der levede mellem 551 og 479 f.v.t. I sine skrifter om etik og politik forsvarede han respekten for traditioner og autoriteter; og effekten af hans lære var at styrke de konservative tendenser i den kinesiske civilisation. Han var ikke religiøs leder, men moralsk og politisk filosof, som filosoferne i det antikke Grækenland. Traditionelt får han æren for samlingen af de Fem Klassikere inden for kinesisk litteratur, der omfatter bøger om historie, filosofi og poesi, sammen med regler for religiøse ceremonier.

Kung-fu-tses rationelle lære blev udbygget med Lao-Tzus og hans elevs mere mystiske og intuitive lære. Lao-tsu levede omtrent samtidig med Kung-fu-tse, og han grundlagde den taoistiske religion. Taoisterne troede, at

forening med naturen kunne opnås ved passivt at underordne sig naturens kræfter.

Stort set fulgte politikerne og de lærde Kung-fu-tses praktiske lære, medens digtere og kunstnere i øvrigt blev taoister. Den intuitive følsomhed over for naturen, som den taoistiske tro inspirerede til, fik disse kunstnere til at skabe litteratur og kunstværker af usædvanlig klarhed og styrke gennem en karakteristisk økonomiseren med midlerne. Den taoistiske religion har meget tilfælles med buddhismen, og dens tilstedeværelse i Kina gjorde det lettere for buddhismen at bane sig vej fra Indien til Kina og Japan.

Fra 800 f.v.t. og frem svækkedes Chou Dynastiets centrale autoritet mere og mere, og Kina blev regeret af lokale godsejere. Denne periode uden samlende forening sluttedes af Shi-Huang-Ti i 246 f.v.t. Fra at være høvding i den lille nordlige stat Ch'in, blev Shi-huang-ti den første egentlige kejser af Kina. (Navnet Kina kommer af stednavnet (Ch'in)).

Shi-huang-ti var en effektiv, men ubarmhjertig regent. Under hans regering (246-210 f.v.t.), blev Den store kinesiske Mur bygget for at forsvare Kina mod angreb fra de beredne mongolske horder, og den er et af verdens vidundere. Muren er 2.300 km lang og strækker sig gennem alle slags terræn. Den markerer en nedbørsgrænse mellem det rige agerbrugsland mod syd og de tørre stepper mod nord.

De fleste steder er muren 8-9 m høj og ca 5 m bred. For at kunne færdiggøre dette fantastiske byggeprojekt udnyttede Shi-huang-ti enevælden til den yderste konsekvens. Tusinder af familier blev fordrevet fra deres hjem og forflyttet til det barske nord for at arbejde på muren. Han brændte alle de udgaver af Kung-fu-tses værker, han kunne finde, fordi hans modstandere citerede fra disse skrifter for at bevise, at hans enevælde gik ud over alle grænser.

Straks efter Shi-huang-tis død opstod en folkelig reaktion på hans hårde regime, og Shis arvinger blev styrtet. Men Shi-huang-tis forening af Kina overlevede, selv om Ch'in Dynastiet (250-202 f.v.t.) blev efterfulgt af Han Dynastiet (202 f.v.t.-220 efter). I nordøst udvidede Han-kejserne Kinas grænser ind i Turkestan, og derved åbnedes en handelsrute, hvor igennem Kina eksporterede silke til Persien og Rom.

Igennem Han perioden var Kina ret åben over for udenlandske ideer, og blev stærkt påvirket af den indiske kultur. F.eks. var den kinesiske pagode inspireret af Indiens buddhistiske templer. Han-kejserne gjorde Kung-fu-tses filosofi til Kinas officielle, og Kung-fu-tses værker blev kopieret i stort antal. Opfindelsen af papiret i slutningen af det 1. århundrede gjorde dette projekt

mulig, og det stimulerede i høj grad lærdommen og litteraturen.

Han-kejserne satte lærdom højt, og i overensstemmelse med Kung-fu-tses politiske ideer blev lærdom under deres regeringer et adgangsmiddel til højere poster inden for regeringen. Den kejserlige regering under Han Dynastiet gennemførte mange storstilede overrislingsarbejder og projekter til kontrol af flodløbene. Disse projekter var meget vellykkede. De medførte at Kinas fødevarerproduktion forøgedes, og de gav den kejserlige regering høj prestige.

Ligesom Romerriget faldt Han Dynastiet, da det blev angrebet af barbarer fra nord. Men hunnerne, der stormede ind over det nordlige Kina i år 220, var dog hurtigere til at tilegne sig civilisationen, end de stammer der besejrede Rom. Desuden vedblev den sydlige del af Kina at være uafhængig, og af disse grunde blev Kinas mørke tidsalder kortere end Europas.

I 581 blev Kina genforenet under Sui Dynastiet. Disse kejsere fik de fleste hunner fordrevet, og de byggede kanaler, vejsystemer og store kornmagasiner, så hungersituationer kunne afværges. Det var værdifulde projekter, men for at gennemføre dem brugte Sui kejserne meget barske metoder. Resultatet var, at deres dynasti omstyrtes og blev erstattet af T'ang Dynastiet (618-906).

Tang Dynastiets periode var strålende for Kina. Medens Europa sank dybere og dybere i en sump af overtro, uvidenhed og blodsudgydelse, gik Kina ind i en tidsalder af politisk fred, kreativitet og kultur. I denne periode omfattede Kina Turkestan, det nordlige Indokina og Korea. Tang kejserne genindførte og forstærkede systemet med embedsmandseksaminer, der var indført under Han Dynastiet.

4.2 Bogtryk

Det var i Tang peioden, kineserne gjorde en opfindelse af allerstørste betydning for menneskehedens kulturelle udvikling. Det var opfindelsen af bogtrykket. Sammen med skrivekunsten er bogtrykkunsten en af de vigtige opdagelser, der danner basis for den kulturelle udvikling.

Bogtrykket blev opfundet i Kina i det 8. eller 9. århundrede, formentlig af buddhistmunke som var interesserede i at fremstille mange kopier af de hellige tekster, de havde oversat fra Sanskrit. Reproduktionen af bønner anså buddhisterne desuden også fortjenstligt.

Kineserne havde længe haft den skik at pensle indgraverede officielle segl med blæk, og bruge dem til stempeling af dokumenter. Det blæk, de anvendte, var lavet af sod, vand og et bindemiddel (det, vi kalder "tusch"). På trods af

navnet tusch, er det en kinesisk opfindelse, der senere spredtes til Indien, og derfra til Europa.

Vi har nævnt, at papir af den type der bruges idag, blev opfundet i Kina i det 1. århundrede. Kinas buddhistmunke havde således de ingredienser, de behøvede for at gøre trykning mulig. De havde udmærket blæk, billigt og godt papir, og desuden traditionen at stemple dokumenter med indgraverede blæksmurte segl. De første bloktryk fremstilledes i det 8. århundrede. De blev fremstillet ved at man udskar en træblok, af samme størrelse som en bogside, og med ophøjede trykpartier. Derefter blev blokken penslet med blæk, og presset mod papirarket.

"Diamant Sutra" er den ældste trykte bog. Den daterer sig fra 868, og består af kun 6 trykte sider. Den blev opdaget i 1907 af en engelsk videnskabsmand, som af nogle buddhistmunke i kinesisk Turkestan fik lov til at åbne nogle af klosterets tilmurede rum. De havde efter sigende været forseglet i 900 år. Rummene viste sig at indeholde et bibliotek på omkring 15.000 manuskripter, deriblandt "Diamant Sutra".

Bloktrykning spredte sig hurtigt gennem hele Kina, og nåede også til Japan, hvor trykning med træblokke nåede store højder i arbejder af kunstnere som Hiroshige og Hokusai. Kineserne udførte enkelte tidlige eksperimenter med udskiftelige typer, men de blev aldrig populære i Kina, fordi det skrevne kinesiske sprog indeholder langt mere end 10.000 forskellige skrifttegn. Men trykning med løse typer havde stor succes i Korea så tidligt som i det 15. århundrede.¹

Det kinesiske skriftsprog uegnethed til anvendelse af typografi med løse typer var en stor tragedie i den kinesiske kultur. Skrivekunsten var udviklet på et meget tidligt tidspunkt i kinesisk historie, men skriften vedblev at være en billedskrift med ideogrammer eller billeder for hvert ord. En egentlig fonetisk skrift blev aldrig udviklet.

Denne manglende udvikling af et fonetisk skriftsystem har måske rod i

¹Trods det meget store antal skrifttegn er det naturligvis ikke uoverkommeligt at lære at læse og skrive kinesisk. Skriften er baseret på 214 radikaler eller determinativer, man allerførst bør lære sig. Et skrifttegn læses fra øverste venstre hjørne og ned langs venstre side, hvor en eller to tegnkomponenter under hinanden identificerer begrebsområdet. Dernæst læses meningspræcisionen i en tegnkomponent, der udfylder hele tegnets højre side. Alle tegn skrives med et antal penselstrøg efter helt faste regler, og tegnene læres efter antallet af strøg. Det er således ikke vanskeligt at orientere sig i en ordbog, hvor tegnene desuden er ordnet efter de 4 toner, der anvendes i kinesisk. Skriften forløber ovenfra og ned, og fra højre mod venstre. O.a.

det kejserlige regeringssystem. Det kinesiske Kejserrige bestod af et kæmpe-mæssigt geografisk område, hvori mange forskellige sprog blev talt. Det var nødvendigt at have et universelt sprog af en art for at kunne regere et sådant rige. Det kinesiske skriftsprog løste denne opgave på forbilledlig vis.

Vi kan forestille os, at kejseren sendte to ens breve til embedsmænd i to forskellige sprogområder. Læste de brevene højt, kunne de to embedsmænd bruge vidt forskellige ord, selv om skrifttegnene i brevene var de samme. På den måde var det kinesiske skriftsprog en slags "esperanto", der tillod kommunikation mellem forskellige sproggrupper; og dets brugelighed gjorde, at det ikke blev erstattet af et fonetisk system.²

Ulemperne ved det kinesiske skriftsprog var dobbelte: For det første er det svært at lære at læse og skrive det. Læsning var derfor forbeholdt en lille elite, hvis medlemmer havde råd til en længere uddannelse. Traditionen med embedsmands-eksaminerne gjorde derved deltagelsen i regering og forvaltning afhængig af et højt kundskabsniveau. På den måde opretholdt de gamle etablerede og veluddannede familier et længevarende monopol på magt, rigdom og uddannelse. I teorien var social bevægelse mulig, men i praksis eksisterede den næsten ikke.

Den anden store ulempe ved det kinesiske skriftsprog var, at det ikke egnede sig til trykning med udskiftelige løse typer. I vesten skete en "informationsekspllosion" efter introduktionen af trykning med løse typer, men det skete aldrig i Kina. Det er ironisk, at skønt papir og bogtryk er opfundet af kineserne, udeblev effekterne af disse utroligt vigtige opfindelser i Kina. - De revolutionerede vestens kulturer i stedet for.

Opfindelsen af bloktrykningen under Tang Dynastiet havde en vældig stimulerende effekt på litteraturen, og Tang perioden betragtes som den kinesiske poesis guldalder. En samling af Tang poesi fra det 18. århundrede indeholder 48.900 digte, skrevet af over 2.000 digtere.³

²Inden for det egentlige Kinas område tales flere end 600 forskellige dialekter og sprog, hvoraf mange overhovedet ikke forstås af de øvrige sprogbrugere. Skriftsproget derimod forstås over alt. O.a.

³I begyndelsen af 1960-erne indførte folkerepublikken en skriftreform, der skulle afhjælpe analfabetismen og gøre skriftsproget tilgængeligt for masserne. Reformen anses af mange for en katastrofe, fordi den klassiske skrift nu ikke længer forstås. Skriftsprogets konservatisme borger jo ikke alene for den uendelig vigtige funktion som fælles socialt instrument, men specielt i Kina også for bevarelsen og den fortsatte udvikling af landets kulturelle og historiske traditioner. Det gamle kulturland har imidlertid i historiens løb oplevet og overlevet så mange omvæltninger, at man tør regne med, det også med tiden vil overvinde disse vanskeligheder. O.a.

Teknikken at skabe smukke brugs- og prydenstande af keramik og porcelæn blev opfundet under Tang Dynastiet. Kunsten at lave porcelæn nåede sit højdepunkt under Sung Dynastiet (960- 1279), der efterfulgte Tang perioden. Det var også under Sung Dynastiet, kinesisk landskabsmaling nåede sit højdepunkt af perfektion.

I denne periode begyndte kineserne desuden at bruge det magnetiske kompas til navigation. Den første kinesiske tekst, der klart beskriver det magnetiske kompas, daterer sig fra 1088. Men man mener, at kompasset blev opfundet i Kina på et meget tidligere tidspunkt. Det oprindelige kinesiske kompas var en viser, udkåret af magnetjærnsten, som drejede rundt på et glat "spådomsbord".

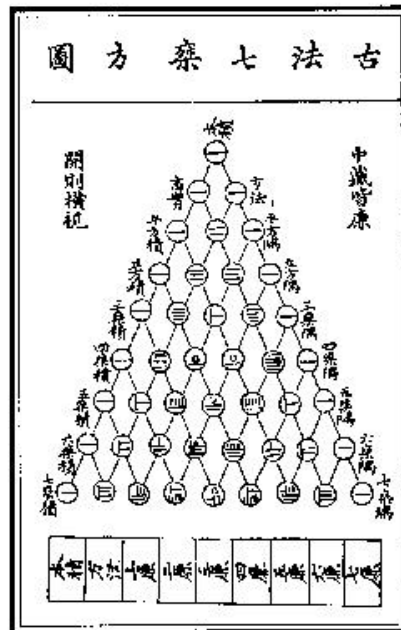


FIGURE 103

Historikeren Joseph Needham mener, at på et eller andet tidspunkt mellem 1. og 6. århundrede opdagede man i Kina, at magnetjærnstens retningsegenskab kunne overføres til små jærnnåle. Disse kunne anbringes på små træstykker eller flåd, der flød i vand. Det menes, at kineserne i begyndelsen af Sung Dynastiet var klar over magnetnålels afvigelse fra sand geografisk Nord. Omkring 1190 havde viden om kompasset udbredt sig til vesten, hvor det revolutionerede navigationen og ledte til de store opdagelsesrejser, der karakteriserede

det 15. århundrede.⁴

Efter Sung Dynastiet kom en periode, hvor Kina regeredes af mongoler (1279-1328). Blandt de mongolske kejsere var den berømte Kublai Kahn, sønnesøn af Djengis Kahn. Han var en intelligent og dygtig regent, som værdsatte den kinesiske kultur, og sponsorerede mange kulturelle projekter. Det var i den mongolske periode, kinesisk drama og fiktion udvikledes til fuldkommenhed.⁵

I en periode regerede mongolerne ikke bare i Kina, men også i det sydlige Rusland og Sibirien, i Centralasien og Persien. De var venlige over for europæerne, og deres kontrol over hele ruten gennem Asien åbnede for direkte kontakt mellem Kina og Vesten.

Blandt de første europæere, der drog fordel af denne nyåbnede rute, var en familie af venetianske købmænd ved navn Polo. Efter at have brugt 4 år på at krydse Centralasien og den forfærdelige Gobi Ørken, nåede de frem til Kina i 1279. De blev varmt modtaget af Kublai Kahn, der inviterede dem til sit sommerpalads ved Shangtu ("Xanadu"). Den store Kahn interesserede sig især for Marco Polo, en ung mand, der tilhørte familien, og som havde ledsaget sine onkler Nicolo og Maffeo på rejsen. Marco Polo blev i Kina i 17 år som en betroet diplomat i Kublai Kahns tjeneste.

Senere, da han var vendt tilbage til Italien, deltog Marco Polo i en krig mellem Venedig og Genoa. Han blev taget til fange af genoenserne, og medens han var fængslet, dikterede han historien om sine eventyr til en medfange, der tilfældigvis var en god romanforfatter. Resultatet blev en farverig og læseværdig bog, der hjalp med til at genoplive vesten efter middelalderen. Udforskningsperioden, der efterfulgte middelalderen, var til dels inspireret af Marco Polos beretning. (Columbus havde et eksemplar af bogen, og gjorde ivrigt notater i margenen!). I bogen beskriver Marco Polo de fabelagtige rigdomme i Kina, og kinesernes brug af papirpenge, kul og asbest.

⁴Aristoteles omtaler magnetjærnstens tiltrækning, og lader Thales fra Milet være opdageren. Plinius d.æ. har den morsomme skrøne om hyrden Magnus, hvis skosøm blev tiltrukket af stenen, hvorved han opdagede dens magnetiske kraft. O.a.

⁵En indskrift fra 1294 i Kublai Kahns tempel for Kung-fu-tse lyder: "Helligt bud fra kejseren, som regerer ved den høje himmels nåde, tilkendegives alle offentlige embedsmænd indenlands og udenlands: Da Kung-fu-tses lære er en lov bestemt til at regere alle slægter, er de, hvis hverv det er at bestyre staterne, særlig opfordret til offentligt at ære ham, i Kheu-feo, i Shang-du, i rigets hovedstad Ta-du, i byer, i alle landsdele, herreds-, amts- og provins- hovedstæder. Som følge heraf befales det at bygge templer, offentlige skoler og højskoler. I templerne skal Kung-fu-tse nemlig æres, og i skolerne skal hans lære foredrages." O.a.

Andre kinesiske opfindelser, der blev bragt til vesten, omfattede smedeblåesere, der blev drevet af vandkraft, propelleren og den roterende kornrenser, stempelblæsebølge, trækvæven, trillebøren, egnede seletøjer til trækdyr, armbrøsten, dragen, dybdeboringsteknik, støbejern, hængebroer ophængt i jernkæder, sluseporte, skibsgatteret og krudtet. På samme måde som papiret, bogtrykket og det magnetiske kompas skulle krudtet og dets anvendelse få en mægtig social og politisk indflydelse.

4.3 Indien

I Indien er fundet spor af en meget tidlig floddals- civilisation i egnen ved navn Mohenjo-Daro. Men omkring 2500 f.v.t. blev denne tidlige kultur ødelagt af en eller anden stor katastrofe, muligvis en serie oversvømmelser. Fra de efterfølgende 1000 år ved man meget lidt om Indiens historie. I denne mørke periode mellem 2500 og 1500 f.v.t. blev Indien invaderet af Indo-Arierne, som talte Sanskrit, et sprog der er i familie med græsk.⁶

De noget mindre og mørkere indfødte, Draviderne, blev enten drevet ud af landet eller gjort til slaver af Indo-Arierne. En hel del blandede ægteskaber forekom i tidens løb, men for at hindre dette indførte Indo-Arierne et kastesystem, der godkendtes religiøst.

Ifølge hinduismen bliver en afdøds sjæl genfødt påny i et andet legeme. Hvis den afdøde hele livet trofast har udført sin kastes pligter, bliver den dødes sjæl måske genfødt i en højere kaste. Efter således at være avanceret gennem kastesystemet, vil sjælen måske til slut, efter et liv som brahmin, være rensat i så høj grad, at den har frigjort sig fra dødens og genfødselens kredsløb.

Gautama Buddha grundlagde en ny religion i Indien i det 6. århundrede. Buddha var af den overbevisning, at alle menneskets sorger og bekymringer skyldes tilknytningen til jordiske ting. Han mente, at den eneste måde at undgå sorgen på er at give afkald på alt verdsligt begær. Han tilskyndede også sine disciple til at efterleve høje etiske normer ved at følge "ottefoldsvejen". Blandt Buddhas udtalelser er bl.a. følgende:

⁶Den engelske orientalist Charles Wilkins (1749-1839) var den første, der fik støbt typer til trykning af sanskrit og bengalsk. 1785 udgav han Bhagavadgita i engelsk oversættelse, og interessen for sanskrit vakte hos sprogforskere som brdr. Schlegel og Franz Bopp i Tyskland, samt hos vor Rasmus Rask, hvorefter det sproglige slægtskab stod klart. O.a.

“Had standses aldrig med had. Had standses med kærlighed,, ‘Lad mennesket besejre vrede med kærlighed. Lad det besejre ondt med godt.” og “Alle mennesker frygter for straf. Alle mennesker elsker livet. Husk på du er som dem, og forårsag ingen blodsudgydelse.”

En af de første til at omvende sig til buddhismen var kejseren, Ashoka Maurya, der regerede i Indien mellem 273 og 232 f.v.t. I en af sine sejrige krige blev Ashoka Maurya så led ved blodbadet, at han besluttede aldrig mere at brug krig som politisk middel. Han blev en af historiens mest humane regenter, og gjorde meget for at sprede buddhismen i Asien.

Under Mauryas dynasti (322-184 f.v.t.), Gupta Dynastiet (320 f.v.t.-500 efter), samt under rajah Harsha (606-647) havde Indien perioder af enhed, fred og velstand. Til andre tider var landet delt og forstyrret af indre krige. Især blev Gupta perioden anset for at være det klassiske Indiens guldalder. I dette tidsrum var Indien førende inden for lægekunst og matematik.

Guptaerne etablerede både universiteter og hospitaler. Ifølge den kinesiske buddhistiske pilgrim Fa-Hsien, som besøgte Indien i 405, havde “adelsmænd og familiefædre grundlagt hospitaler i byerne, hvor alle landets fattige, trængende, syge og krøblinge kan søge optagelse. De modtager enhver form for hjælp ganske gratis.”

Indiske læger havde lært sårrensning, brugen af salver og kirurgisk praksis. De havde ligeledes udviklet antistoffer mod gift og slangebid, og de kendte nogle metoder til vaccination imod visse sygdomme. Når medicinstuderende i Indien var færdiguddannede, aflagde de en ed, der minder om Hippokrates’ ed: “Ikke for dig selv, ikke for opfyldelsen af noget jordisk begær eller for nogen personlig fordel, men udelukkende til gavn for den lidende menneskehed skal du behandle dine patienter.”

Inden for indisk matematik var især algebra og trigonometri højt udviklet. Astronomen Brahmagupta (598-660) anvendte f.eks. algebraiske metoder på astronomiske problemer. Betegnelsen nul og decimalsystemet blev opfundet i Indien, formodentlig mellem det 8. og 9. århundrede. Disse matematiske teknikker blev senere overført til Europa af araberne.

Mange indiske fabrikationsmetoder blev også overført til vesten af araberne. Især var tekstilfabrikationen højt udviklet i Indien, og araberne, der var mellemliddet i handelen med vesten, lærte at efterligne nogle af de mest berømte af stofferne. Et af de tekstiler, de efterlignede, kaldtes “quattan” af araberne, et ord der på engelsk blev til “cotton”. Andre indiske tekstiler er cashmere (Kashmit), chintz og sirts (Caliko) fra Calcutta, der dengang hed Calicut. Navnet musselin kommer fra Mosul, hvor det blev fremstillet, me-

dens damask blev fremstillet i Damaskus.

Indisk minedrift og metallære var også højt udviklet. Middelalderens europæere satte stor pris på det fine laminerede stål fra Damaskus. Men det var ikke kun i Damaskus teknikken til fremstilling af stål var opstået. Araberne havde lært at fremstille stål af perserne, og perserne havde lært det i Indien.

4.4 Nestorianerne og Islam

Efter nedbrændingen af Alexandrias store bibliotek, og ødelæggelsen af den hellenistiske kultur, havde man mistet de fleste af de klassisk græske og hellenistiske filosofers værker. Nogle få af disse arbejder overlevede imidlertid, og blev oversat fra græsk, først til syrisk, derefter til arabisk, og endelig til latin. Ad denne omvej vendte nogle brudstykker fra den klassisk græske og hellenistiske kulturs undergang tilbage til vestens bevidsthed.

Vi har nævnt, at Romerriget gik i opløsning i det 5. århundrede, fordi det blev angrebet af barbariske, germanske stammer fra det nordlige Europa. På det tidspunkt var Det romerske Rige imidlertid delt i to halvdele. Den østlige del med hovedstaden Byzantz (Konstantinopel) overlevede indtil 1453, da den sidste kejser blev dræbt, medens han forgæves søgte at forsvare byens mure imod tyrkerne.

Det byzantinske Rige havde mange syrisktalende indbyggere. Syrisk erstattede faktisk græsk som det førende sprog i det vestlige Asien i begyndelsen af det 3. århundrede. I det 5. århundrede fandt en splittelse sted i den kristne byzantinske kirke: Den nestorianske Kirke, hvis medlemmer troede på Jesus som menneske, udskilte sig fra den officielle byzantinske kirke.⁷

Nestorianerne blev bitterligt forfulgt og udvandrede, først til Mesopotamien, senere til det sydvestlige Persien.⁸ Nogle nestorianere udvandrede så langt væk som til Kina.

I den tidlige del af middelalderen var den nestorianske hovedstad ved Gondisapur et vigtigt center for intellektuel aktivitet. Platons, Aristoteles', Hippokrates', Euklids, Archimedes', Ptolemaios', Herons og Galens værker blev oversat til syrisk af nestorianske lærere, som havde bragt disse bøger med

⁷Nestorios var en græsk munk. 428 patriark i Konstantinopel. Modstander af kirkefaderen Kyrillos i Alexandria, der blev støttet af pave Coelestin i Rom. På kejser Theodosius II's synode i Efesos 431 måtte Nestorios falde, blev forvist og døde i elendighed ca 440. O.a.

⁸hvor de har eksisteret helt op til vor tid som "kaldæiske kristne". O.a.

fra Byzantz.

Blandt de mest fremragende nestorianske oversættere var medlemmer af en familie ved navn Bukht-Yishu (der betyder "Jesus har givet"). Denne familie frembragte syv generationer af lærde, hvis medlemmer talte ikke blot flydende græsk og syrisk, men også arabisk og persisk.

Den islamiske religion opstod pludselig i det 7. århundrede som en overvældende mægtig bevægelse, der fik mange tilhængere. Inspireret af Mohammeds lære (570-632) erobrede araberne, og de folk de omvendte, hurtigt det vestlige Asien, Nordafrika og Spanien. I de første stadier af erobringen inspirerede den islamiske religion sine tilhængere til en fanatisme, der ofte var fjendtlig over for lærdom. Men den oprindelige fanatisme forandrede hurtigt til en værdsættelse af de erobrede områders antikke kulturer. Den islamiske verden nåede i middelalderen en civilisation af meget høj kulturel standard.

Medens de 100 år fra 750 til 850 således først og fremmest var præget af oversættelser fra græsk til syrisk, var årene fra 850 til 950 en periode med oversættelse fra syrisk til arabisk. Det var inden for disse sidste hundrede år Yuhanna Ibn Masawiah (et medlem af Bukht-Yishu familien, og lægelig rådgiver for kaliffen Harun al-Rashid) udførte mange vigtige oversættelser til arabisk.

Den dygtighed, lægerne i Bukht-Yishu familien var i besiddelse af, overbeviste kalifferne om værdien af græsk lærdom. På den måde kom familien til at spille en yderst vigtig rolle i bevarelsen af den vestlige kulturarv. Kaliffen al-Mamun, søn af Harun al-Rashid, grundlagde i Bagdad et bibliotek og en translatørskole, og Bagdad overtog snart Gondisapurs rolle som et center for lærdom.

Ordet kemi er dannet af de arabiske ord "al-chimia", "alkymi", der betyder "forandrende". Den tidligste arabiske alkemi-skribent var Jabir (760-815), en ven af Harun al-Rashid. Meget af det han skrev beskæftiger sig med det okkulte, men ind imellem findes en vis mængde virkelig kemisk viden. Jabir giver f.eks. i sin "Bog om Egenskaber" følgende opskrift på tillavningen af det, vi nu kalder blyhydroxycarbonat (blyhvidt), der bruges til maling og keramik-glasurer:

"Man tager 1 pund sølverglød, støder det til støv, og varmer det langsomt på ilden med 4 pund eddike, indtil det sidstnævnte er reduceret til halvdele af det oprindelige rumfang. Så tager man 1 pund soda og opvarmer det sammen med 4 pund fersk vand, indtil rumfanget af sidstnævnte er halveret. Filtrer de to opløsninger, indtil de er helt klare, og tilsæt gradvis sodaopløsningen til sølverglødsopløsningen. Derved dannes en hvid substans, som

bundfælder sig. Hæld det tiloversblevne vand fra, og lad resten tørre. Det vil blive et kridhvidt salt."

En anden betydelig alkemisk skribent var Rahzes (ca 860-950). Han blev født i den antikke by Ray, tæt ved Teheran, og hans navn betyder "manden fra Ray". Rahzes studerede medicin i Bagdad, og blev overlæge på hospitalet der. Han gav den første nøjagtige beskrivelse af skoldkopper og mæslinger, og hans medicinske forfatterskab omhandler metoder til at sætte brækkede knogler i gips. Rahzes var den første, der klassificerede substanser i kategorierne plante-, dyre- og mineralriget. Ordet "al-kali", han benytter i sit forfatterskab, betyder "forkalkning" på arabisk. Det er kilden til vort ord alkali og til symbolet K for kalium.

Den største læge i middelalderen, Avicenna (Abu-Ali al Hussain Ibn Abdullah Ibn Sina, 980-1037), var perser lige som Rahzes. Man mener, han skrev mere end 100 bøger. De blev oversat til latin i det 12. århundrede, og var blandt de vigtigste lægebøger, der brugtes i Europa, indtil den engelske læge Harveys tid. Avicenna skrev også om alkymi, og han er interessant, fordi han benægter muligheden af grundstoffernes omdannelse.

Inden for matematikken var Al-Kwarizmi (ca 780-850) en af de mest fremtrædende arabiske forfattere. Titlen på hans bog, "Ilm al-jabr wa'd muqabalah", er oprindelsen til betegnelsen "algebra". På arabisk betyder al-jabr "ligningen". Selve navnet Al-Kwarizmis blev også til et nyt ord, nemlig "algoritme", den gamle betegnelse for aritmetik. Al-Kwarizmi benyttede både græske og hinduistiske kilder, og gennem hans forfatterskab overførtes decimalsystemet og brugen af nul til vesten.

Al-Hazen (965-1038) var en af de fremragende arabiske fysikere. Han begik den fejltagelse at påstå, at han kunne konstruere en maskine til regulering af Nilens oversvømmelser. På grundlag af denne påstand opnåede han en position i den ægyptiske kalif al-Hakims tjeneste. Men efter at have set kalif al-Hakim i aktion indså al-Hazen, at hvis han ikke konstruerede maskinen øjeblikkelig, ville han sandsynligvis komme til at betale for det med sit liv. Dette fik al-Hazen til at vælge den temmelig desperate udvej, at lade som om han var sindssyg. En list han holdt ved lige i mange år. I mellemtiden udførte han et glimrende arbejde inden for optikken, og på det område nåede han længere, end grækerne nogensinde var nået.

Al-Hazen studerede lysets refraction i atmosfæren, en bøjningseffekt, der får stjernerne til at forekomme forskudt i forhold til deres virkelige positioner,

når de er nær ved horisonten ⁹ Han beregnede højden af det atmosfæriske lag over Jordan til omtrent 16 km, og studerede også regnbuen, Solens halo og lysets refleksion fra sfæriske og paraboliske spejle. I sin bog "Om Den brændende Kugle" viser han dyb forståelse af konvekse linsers egenskaber. Al-Hazen benyttede også et mørkt rum med en lille lysåbning til at studere billedet af Solen under en formørkelse. Det er den første omtale af "camera obscura", hulkameraet, og det er formentlig korrekt at tilskrive al-Hazen denne opfindelse. ¹⁰



En anden islamisk filosof, der havde stor indflydelse på vestlig tankegang var Averröes, som levede i Spanien (1126- 1198). Hans forfatterskab bestod af kritiske kommentarer til Aristoteles' arbejder. Han chokerede både sine muslimske og kristne læsere ved at mene, at verden ikke var skabt i et bestemt øjeblik, men havde udviklet sig gennem en lang periode, - og at den stadig udvikler sig!

På samme måde som Aristoteles synes Averröes at have famlet sig frem til evolutions-ideen, der senere blev udviklet af Steensen, Hutton og Lyell; inden for biologien af Darwin og Wallace. Meget af den lærde filosofi, der udvikledes

⁹og som får den kuglerunde Sol til at forekomme oval ved solopgang og solnedgang O.a..

¹⁰Interessant nok er hulkameraet velegnet til studier af stærke lyskilder som Solen. Billedannelsen er teoretisk fri for alle de fejl, der forekommer ved linser og spejle, såsom fortegnings, sfærisk og kromatisk aberration. I monokromatisk lys har hulkameraet derfor teoretisk størst opløsningsevne. Forstørrelsen kan gøres vilkårlig stor med den fordel at lyset reduceres til et passende niveau for fotografering eller iagttagelse. Objektivhullets form er dog kritisk. O.a.

ved Paris' Universitet i det 13. århundrede, sigtede på at modbevise Averröes' teser. Men ikke desto mindre overlevede hans ideer, der således også hjalp med til at skabe det moderne verdensbillede.

Kapitel 5

VIDENSKABEN I RENÆSSANCEN

5.1 Øst-vest kontakter

Hen imod slutningen af middelalderen begyndte Europa at blive påvirket af den fremskredne islamiske civilisation. De europæiske lærde var ivrige efter at lære, men der eksisterede et "jerntæppe" af religiøs intolerance, som gjorde det vanskeligt og farligt for kristne at rejse i de islamiske lande. I det 12. århundrede blev dele af Spanien, her iblandt byen Toledo, erobret af kristne. Toledo havde været et islamisk kulturcenter, og mange muslimske lærde forblev - med deres bøger og manuskripter - i byen efter at den var kommet i hænderne på de kristne. På den måde blev Toledo et centrum for udveksling af ideer mellem øst og vest, og det var her mange af de klassiske græske og hellenistiske filosofers værker blev oversat fra arabisk til latin.

Oversættelserne blev i det 12. århundrede indskrænket til kun at omfatte bøger om naturvidenskab og filosofi. Både kristen og muslimsk religion forbød klassisk græsk litteratur. Homer, Sofokles og Euripides' skønne digte og dramaer blev først oversat til latin af renæssancens humanister.

En direkte kontakt mellem Europa og Kina blev mulig i den mongolske periode (1279-1328), fordi mongolerne kontrollerede hele ruten over Centralasien. I den periode modtog Europa tre revolutionerende opdagelser fra Kina: bogtrykkerkunsten, krudtet og det magnetiske kompas.

En anden bro mellem øst og vest blev skabt af korsfarerne. Ved at udnytte den politiske splittelse i den muslimske verden erobrede de kristne i 1099

Jerusalem og Palæstina, som de holdt indtil 1187. Det skulle blive det første af en serie korstog, af hvilke det sidste fandt sted i 1270. Europæiske hære, der vendte hjem fra Mellemøsten, havde fået smag for krydderier, luksuriøse tekstiler, smykker, læderarbejder og fine våben af stål fra orienten. Deres kontrol over Middelhavets søruter gjorde handelen på østen både sikker og profitabel. Det meste af dette handelsoverskud gik til nogle få byer som især Venedig og Firenze.

Republikken Venedig havde på det højeste af sin glansperiode som handelsmagt hele seks flåder, der kunne udlejes til privat foretagsomhed. Alle disse skibe var af samme konstruktion og ensartet rigget, således at delene let kunne erstattes fra depoter, som den venetianske konsulære tjeneste havde oprettet i udlandet. Skibene der tilhørte disse flåder kunne enten tjene som handelsskibe, eller de kunne omrigges til krigsbrug ved bestykning med kanoner. Store konvojer af venetianske handelsskibe kunne således sejle uden frygt for at blive overfaldet af pirater, når de var beskyttet af sådanne krigsskibe.

I 1420, da Venedigs kommercielle ekspansion var på sit højeste, anslog dogen Tommaso Mocenigo Venedigs årlige handelsomsætning til 10 mio dukater, hvoraf de 2 mio var fortjeneste.

Takket være disse kolossale indkomster kunne venetianerne skabe en by med pragtfulde paladser, der rejste sig som et flimrende drømmesyn over lagunens vande. Venetianerne var passionerede yndere af fornøjelser, festforestillinger og kunst. Den korsformede Sct. Marco kirke blev anvendt til musikopførelser af de store komponister som f.eks. Gabrieli og Palestrina. Elegant triumfmusik fulgte dogen, når han hvert år kastede en guldring i lagunens vand for på denne måde at symbolisere Venedigs ægteskab med havet.

Lige som athenenserne efter sejren i den persiske krig var venetianerne både stolte og selvsikre. Deres enorme rigdomme tillod dem at støtte musik, litteratur og videnskab. Malerne Tizian, Veronese, Giorgione og Tintoretto, billedhuggeren Verrochio og arkitekten Palladio arbejdede alle i Venedig, da byen var på sin velstands højde.

Venetianernes selvtillid skabte en atmosfære af intellektuel frihed, der ikke fandtes andet steds i Europa på den tid, undtagen i Firenze. Studenter fra alle lande havde - uanset deres religiøse tro - tilladelse til at studere ved Paduas universitet, der blev understøttet af venetianske midler. Copernikus studerede i Padua, og det var her Andreas Vesalius begyndte den forskning, der førte til hans store bog om anatomi. Også Galilei arbejdede på et tids-

punkt af sin karriere ved Paduas universitet.

Velstanden i det 15. århundredes Firenze var lige som Venedigs base- ret på handel. For Firenzes vedkommende foregik handelen ikke ad søvejen, men langs den italienske nord-syd- hovedvej, som krydsede floden Arno ved Firenze. Samtidig med denne handel havde Firenze en vigtig tekstilindustri. Man importerede uld fra Frankrig, Flandern, Holland og England. Ulden blev spundet, vævet til klæde og farvet, idet man gjorde brug af overlegne frem- stillingsmetoder, der for en stor dels vedkommende var hentet i Indien via den islamiske kultur. Senere blev silkevævning af stor betydning, igen takket være teknik fra Østen. Bankvæsenet i Firenze var ligeledes højt udviklet, og vort nuværende banksystem stammer fra den praksis, man dengang anvendte i Firenze.

5.2 Humanismen

Firenze blev i det 15. og 16. århundrede regeret af et syndikat af velhaven- de købmandsfamilier. Den største var Medici familien. Cosimo di Medici, Firenzes uofficielle hersker fra 1429 til 1464 var en bankier, hvis personlige rigdomme var større end de fleste samtidige kongers. Trods sin store formue levede Cosimo relativt beskedent, idet han ikke ønskede at tiltrække sig op- mærksomhed eller misundelse. I det store og hele var der en tilbøjelighed til, at Mediciernes indflydelse gjorde tilværelsen i Firenze mere beskeden end i Venedig.

Cosimo di Medici har en betydningsfuld plads i idehistorien som en af de største bidragydere til genoplivelsen af græsk lærdom. Den græske patriark og kejser Johannes Palæologos deltog 1439 i en rådsforsamling i Firenze om genforeningen af den græske og den romerske kirke. De græsktalende byzan- tinske lærde i patriarkens følge medbragte nogle af Platons bøger, der vakte Cosimo di Medicis voldsomme interesse og beundring.

Cosimo skabte øjeblikkelig et Platon Akademi i Firenze, og valgte en ung mand ved navn Marsilio Ficino som dets leder. I et af sine breve til Ficino skriver Cosimo:

“Igår ankom jeg til min villa i Careggi, ikke for at dyrke mine marker, men min sjæl. Kom ud til os, Marsilio, så hurtig som muligt. Tag Platons bog “De Summo Bono” med dig. Jeg formoder, du allerede har oversat den fra græsk til latin, som du lovede. Jeg ønsker intet højere end at finde vejen til lykken. Farvel, og kom ikke uden den orfiske lyre!”

Cosimos barnebarn Lorenzo (kaldet "il Magnifico") fortsatte sin bedstefars bestræbelser på at genoplive klassisk græsk lærdom, og han blev for Firenzes guldalder, hvad Perikles havde været for Athens. Blandt de kunstnere, som Lorenzo støttede, var Michelangelo, Botticelli og Donatello. Lorenzo skabte et fond af stipendier og priser til studenternes understøttelse. Han ydede også finansiell støtte til Pisas universitet, der opnåede berømmelse under Lorenzos beskyttelse. Det blev senere Galileis og Fermis universitet.

I Firenze var det byzantinske lærde, der forestod undervisningen i græsk. Poliziano, som oversatte Homer til latin, kunne med rette sige: "Græsk videnskab, der længe ikke har eksisteret i selve Grækenland, er genopstået og lever påny i Firenze. Der bliver undervist i og studeret græsk litteratur, således at Athen - med rødder og forgreninger - er blevet forflyttet fra at have sæde, ikke i Athens ruiner og i barbarernes hænder, men i Athen som det var med sin levende ånd og sin egen sjæl."

5.3 Leonardo da Vinci

Med denne baggrund kan det synes mærkeligt, at Lorenzo ikke kom i nærmere kontakt med Leonardo da Vinci, den mest talentfulde af eleverne ved Verrochios skole i Firenze. Man kunne have forventet et nært venskab mellem disse to, da Lorenzo, som kun var fire år ældre end Leonardo, ellers altid var hurtig til at anerkende talent og enestående evner.

Formodentlig finder man forklaringen i Leonardos stolthed og følsomhed, og i den kendsgerning at selv om begge mænd var optaget af viden, repræsenterede de vidt forskellige synspunkter. Lorenzo var fuld af entusiasme for genopvækkelsen af den klassiske lærdom, medens Leonardo allerede havde taget det næste skridt: at forkaste al blind autoritetstro inklusive fortidens autoriteter. Han stolede på sine egne observationer. Lorenzo talte flydende latin og græsk og var bredt dannet inden for græsk filosofi, medens Leonardo ikke talte disse to sprog, og for det meste var selvlært i filosofi og videnskab, selv om han dog havde studeret matematik ved Benedetto d'Abaccos skole.

Medens der ikke opstod noget nært venskab med Lorenzo il Magnifico, var Leonardo så heldig at blive ven med og protege af den fornemme florentinske matematiker, fysiker, astronom og geograf Paolo Toscanelli, der også var Columbus' ven og rådgiver. Toscanelli udstyrede Columbus med verdenskort og opmuntrede ham i planerne om at nå Indien og Kina ad den vestlige søvej. (Omend Toscanellis kort fejlagtigt viste Atlanterhavet med Europa på den

ene side og Asien på den anden!).¹

Under Toscanellis indflydelse blev den unge Leonardos stærke og originale intellekt draget bort fra kunstens fortrinsvis repræsentative aspekter, og han involverede sig mere og mere i forsøg på at forstå den underliggende struktur og iboende mekanisme ved alting, han observerede i naturen. Menneskets legeme, dyrekroppene, fuglenes flugt, strømmingen i væsker, Jordens karakter.

Både inden for malerkunst og i naturvidenskaben søgte Leonardo vejledning direkte i naturen fremfor hos tidligere kunstnere. Han skrev herom:

“En maler vil frembringe uinteressante billeder, hvis han anlægger sin standard efter andres billeder. Men hvis han studerer ud fra naturens genstande, vil han skabe gode frugter... Og jeg vil sige om disse matematiske studier, at de der studerer autoriteterne og ikke naturens arbejde er efterkommere, men ikke sønner af naturen.”

Leonardo skriver et andet sted:

“Men først vil jeg prøve med forsøg, inden jeg fortsætter, fordi det er min agt at eksperimentere først, og så gennem ræsonnementer vise, hvorfor et sådant forsøg er nødt til at forløbe på en sådan måde. Det er den sande regel at følge for dem, der analyserer naturens påvirkninger. Og selv om naturen begynder med en årsag og slutter med et forsøg, så må vi følge den modsatte vej, nemlig som jeg før sagde, at begynde med forsøget, og ved dets hjælp undersøge årsagen.”

Endelig hjalp Lorenzo il Magnifico på indirekte måde Leonardo: I 1481, da Leonardo var 29 år gammel, sendte Lorenzo ham som kommissær til Milano med en gave til hertugen af Milano, Ludovico Sforza. Selv om Milano kulturelt var langt mindre udviklet end Firenze, blev Leonardo der i 18 år under Sforzas protektion. Han syntes at arbejde bedre isoleret, uden konkurrence og kritik fra Firenzes intellektuelle kredse.

I Milano indledte Leonardo en række anatomiske studier, som han udviklede i en bog beregnet på publikation. Leonardos anatomiske tegninger fik tidligere arbejder inden for dette felt til at ligne børnetegninger. Nogle af

¹Nicolaus af Cusa, eller Cusanus efter fødebyen Cues ved Moselfloden, født Chrypffs (Krebs) 1401-1464 er Toscanellis samtidige. 1448 kardinal, 1450 biskop i Brixen, 1458 pavelig Vikar og statholder i Rom. Fremragende teolog og filosof, matematiker og astronom påvirket af nyplatonismen og Meister Eckart. Foreslog på Basel konciliet en forbedring af den julianske kalender, og er den første i middelalderen der har udtalt, at Jorden bevægede sig om Solen. Berører i bogen “De docta ignorantia” kosmologiske problemer, der endnu må anses for uafklarede. Begravet i San Pietro in Vinculi i Rom. Giordano Bruno er senere stærkt påvirket af ham. O.a.



hans anatomiske tegninger blev udgivet i en bog af Fra Pacioli, og de fik stor indflydelse. Men de fleste af de tusinder af sider notater Leonardo skrev, er først blevet offentliggjort inden for de senere år.

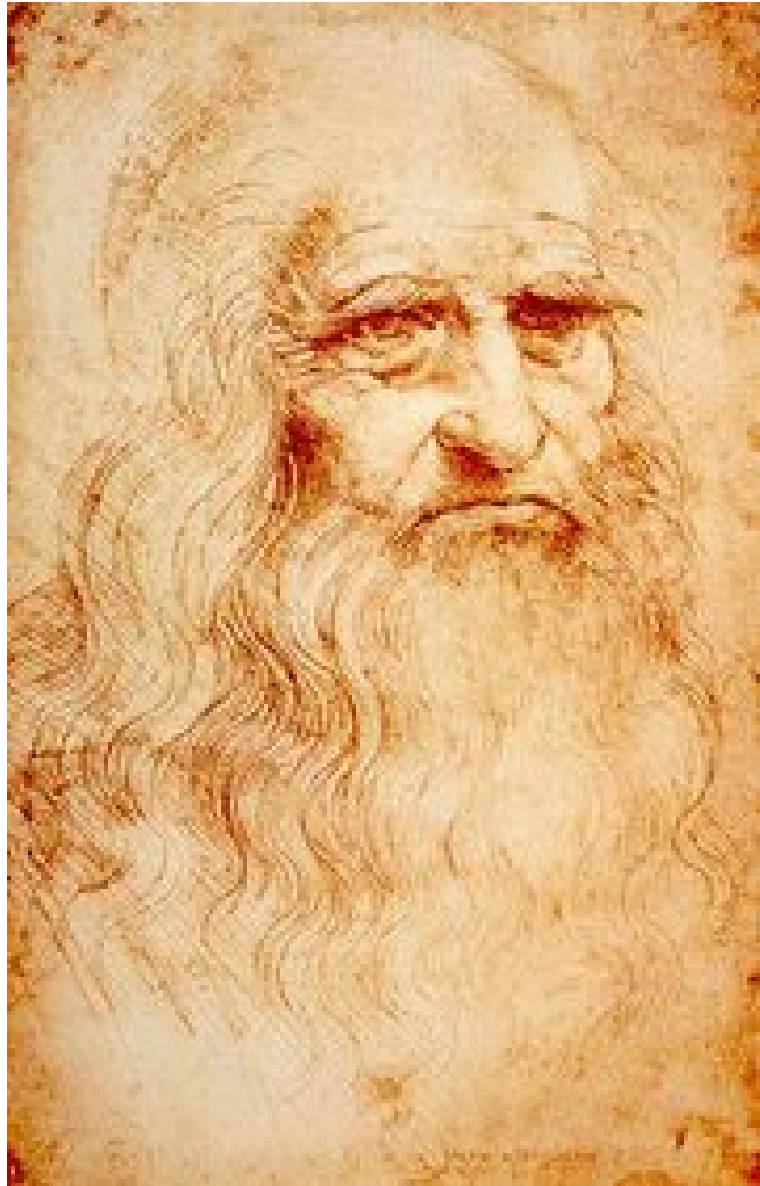


Leonardo da Vincis notesbøger dækker et utroligt udvalg af emner: matematik, fysik, astronomi, optik, ingeniørkunst, arkitektur, byplanlægning, geologi, hydro- og aerodynamik, anatomi, malerkunst og perspektivlære, samt rent litterære arbejder. Han var især interesseret i problemerne ved flyvning, og foretog mange studier af fugles og flagermus' flugt for på den måde at udtænke en flyvemaskine. Blandt hans papirer findes skitser til en helikopter, en faldskærm og en propeldreven flyvemaskine.

Inden for astronomien vidste Leonardo, at Jorden drejer om sin akse én gang i døgnet, og han forstod inertiens lov, der gør denne rotation umærkelig for os, undtagen når man sammenligner Jordens med stjernernes tilsyneladende bevægelse. Leonardo skrev i en af sine notesbøger: "Solen bevæger sig ikke". Men han publicerede ikke sine astronomiske ideer. Leonardo planlagde bestandig at få organiseret og publiceret sine noter, men havde så travlt med sine mange projekter, at han aldrig fik opgaven udført. På et tidspunkt skrev han, hvad der ligner et fortvivlelsens udbrud: "Sig mig, - Sig mig om noget nogen sinde blev gjort færdig!"²

Leonardos liv endte ved Frankrigs kong Frans I's hof. Kongen gav ham et charmerende slot at bo i og behandlede ham med stor agtelse. Frans I besøgte jævnligt Leonardo for at diskutere filosofi, videnskab og kunst. Kongen siges

²Leonardo forestillede sig Solens høje temperatur: "De siger Solen ikke er hed, fordi den ikke har ildens farve, men er mere hvid og klar. Og til de mennesker kunne man svare, at når smeltet bronze er meget varm, har den nærmest Solens farve, men ildens farve når den er mindre varm." Han tegnede Månens pletter, kaldte de lyse partier "have", og de mørke områder "øer og fastlande", samt forklarede korrekt Jordens genskin på Månen, hvad han kaldte "måneskær". O.a.



at have grædt åbenlyst, da Leonardo døde.³

5.4 Copernikus

Leonardo da Vincis levnedsløb illustrerer første fase i den "informationsekspllosion", der skabte den moderne verden: Billigt papir blev produceret i Europa, og det var materialet for Leonardos tusinder af notesider. Det ville aldrig have været muligt for ham at frembringe disse notater og skitser, hvis han havde været tvunget til at benytte det dyre pergament. På den anden side blev det fulde omfang af Leonardos geni og flid aldrig rigtig bemærket, fordi hans notater aldrig blev trykt. Copernikus, der var en yngre samtidig med Leonardo, havde meget større indvirkning på idehistorien, fordi hans arbejde blev publiceret. Medens papir således i høj grad var en forudsætning for informationsspredningen, var det bogtrykket og papiret, der tilsammen havde den absolut afgørende og revolutionerende virkning. Den moderne videnskabelige tidsalder begyndte med bogtrykkunstens indførelse.

Nicolaus Copernikus (1473-1543),⁴ blev forældreløs, da han var 10 år gammel, men til held for videnskaben blev han adopteret af sin onkel Lucas Watzelrode, Prins-Biskop af Ermland, en lille halvt uafhængig stat, der nu er en del af Polen. Takket være onklens indflydelse blev Copernikus i en alder af 23 udnævnt til domprovst ved Domkirken i Frauenburg i Ermland⁵. Han havde da allerede tilbragt fire år ved Krakows universitet, men hans første handling som domprovst var at ansøge om orlov for at studere i Italien.

Italien var på den tid et førende center for europæisk intellektuel aktivitet. Copernikus blev der i 10 år, medens han modtog et behageligt sælær fra sin domkirke, og drog fra det ene italienske universitet til det andet. Han

³I Leonardo da Vincis og Toscanellis fodspor fulgte Girolamo Fracastoro, der i bogen "Homocentricorum seu de Stellis Liber Unus" (uden held) søger at forbedre oldtidens "homocentriske sfærer", men omtaler eksperimenter med linser han stillede sammen, måske de første eksperimenter med kikkertet. Francesco Maurolico, filosof og matematiker udvidede i sin "Cosmografia" Ptolemaios' system og diskuterer forskellige astronomiske instrumenters teori, indfører bogstavregning og regler for algebraisk notation. Peter Bienewitz, bedre kendt som Apianus studerede kometer, og bemærker i "Astronomicum Caesareum", at komethalerne altid vender bort fra Solen. Den 11. februar 1524 stod alle planeterne i Fiskene i den "Store konjunktion", der gav visse astrologer anledning til at forudsige en ny syndflod, ja selve verdens undergang. O.a.

⁴søn af købmanden Niklas Koppernigk i Krakow og Thorn, O.a.

⁵68 km SV for Kaliningrad (Königsberg) O.a.

studerede medicin og kirkeret i Padua og Bologna, og blev juridisk doktor i kirkeret ved universitetet i Ferrara 1503. Takket være sin onkels indflydelse modtog Copernikus således en uddannelse, som få andre i hans samtid kunne stå mål med. Han tilbragte ialt 14 år som studerende ved forskellige universiteter, og han oplevede Italiens spændende intellektuelle atmosfære på renæssancens højeste.

I 1506 kaldte biskop Lucas Copernikus hjem til Ermland, hvor den unge domprovst tilbragte de næste seks år som sin onkels personlige læge og administrative assistent. Efter onklens død tog Copernikus sig omsider af sine pligter som provst ved domkirke-fortet i Frauenburg ved Ermlands baltiske kyst. Han blev der resten af livet, administrerede domkirkens ejendomme, fungerede som læge for indbyggerne i Ermland, og arbejdede i hemmelighed på sin heliocentriske kosmologi.⁶

Allerede som student i Krakow havde Copernikus overvejet problemet at fjerne fejlene i det ptolemaiske system. I Italien, hvor de antikke filosofers bøger netop var blevet tilgængelige på det originale græske sprog, havde Copernikus haft mulighed for at søge blandt deres skrifter efter alternative muligheder. I Ptolemaios' system drejer alle "hjul i hjulene" ikke med samme hastighed, skønt det er muligt at finde et observationspunkt kaldet "punctum equans", hvorfra bevægelseshastighederne synes at være den samme. Copernikus skriver angående dette:

"Et system af denne art synes hverken tilstrækkelig absolut eller tilstrækkelig tilfredsstillende for tanken... Efter at være blevet klar over disse mangler har jeg ofte overvejet, om der kunne findes et rimeligere arrangement af cirkler, hvori alt ville bevæge sig jævnt omkring det fælles centrum, som reglen om absolut bevægelse kræver."

Medens han forsøgte at fjerne, hvad han anså for fejlen i det Ptolemaiske system, ved at arrangere hjulene på en anden måde, genopdagede Copernicus Aristarchos' heliocentriske kosmologi, men tog også et afgørende skridt udover Aristarchos': Hvad Copernikus gjorde i de 31 år, han tilbragte på sin isolerede yderpost ved Østersøen, var at udvikle den heliocentriske model til en komplet helhed, og at udregne tabeller for planeternes positioner heri.

Nøjagtigheden af Copernikus' tabeller var en stor forbedring i forhold til dem, der var beregnet efter det Ptolemaiske system, og planeternes bevægelser fulgte det på en langt mere naturlig måde. De inderste planeter, Merkur og Venus var nærmest Solen på grund af deres små banekredse, me-

⁶Copernikus skal også have konstrueret Frauenburgs vandtårn. O.a..



dens de andre planeters lejlighedsvis tilsyneladende tilbagebevægelse kunne forklares, ganske enkelt ved at Jorden på grund af sin større banehastighed undertiden overhalede de ydre planeter. Desuden mindskedes planeternes banehastigheder på en ret naturlig måde i forhold til deres afstande fra Solen.

Trods denne succes tøvede Copernikus med at publicere den bog, han havde skrevet, hvori han forklarer sin teori. Han var bange for at blive latterliggjort, og for at hans position i det klerikale hieraki skulle komme i fare, hvis han fremsatte så uortodokse og muligvis kætterske ideer. I sin ungdom havde han deltaget i den italienske renaissance, havde tilmed oversat græske digte til latin, og havde således erklæret sig på humanisternes side i striden om, hvorvidt studiet af hedensk græsk litteratur burde genoplives. Men alderen og isolationen i det middelalderlige Ermland forvandlede ham til en aldeles konservativ kirkens mand.

Det tidlige 15. århundredes intellektuelle frihed var så småt ved at forsvinde på grund af den tiltagende bitre strid mellem Martin Luther og den etablerede kirke. Som et resultat af Luthers angreb var Romerkirken blevet strengere. For at adlyde et påbud fra sin biskop, nødtes Copernikus til at afskedige sin husholderske gennem mange år, en kvinde der sandsynligvis var hans uofficielle hustru.

Det er let at forstå, at Copernikus i en sådan atmosfære af intolerance tøvede med at offentliggøre sin uortodokse teori. Formentlig ville det aldrig være blevet til noget, havde det ikke været for en ivrig ung elev, der ankom

til Frauenburg. Eleven var George Joachim Rheticus⁷, professor i matematik og astronomi ved universitetet i Wittenberg.

Rheticus havde hørt rygter om Copernikus' heliocentriske kosmologi, og han ankom til Frauenburg "ved Jordens absolutte ydergrænse" fuld af begejstring og hero-beundring, og fast besluttet på at høre af Copernikus selv om detaljerne i hans system. Som gave medbragte han de første trykte eksemplarer af Euklid og Ptolemaios i original græsk udgave.

Copernikus kunne ikke modstå Rheticus' smigrende beundring og entusiasme, men var meget bekymret ved at have en gæst fra Wittenberg, selve centret for det lutherske kætteri. Han sendte derfor hurtigt Rheticus afsted til Löbau Slot i Kulm. Tiedemann Giese, Copernikus' nærmeste ven, var blevet udnævnt til biskop i Kulm, og Löbau slot var hans officielle residens.

På Löbau arbejdede Rheticus og biskop Giese sammen på at finde ud af, hvordan de på nogen mulig måde skulle kunne overtale Copernikus til at offentliggøre sin epokegørende bog "De Revolutionibus Orbium Coelestium". Men den gamle domprovsts forsigtighed modstod alle argumenter. Sluttelig fandt de et kompromis: Rheticus skulle tage et kort kursus i det heliocentriske system hos Copernikus. Derefter skulle han skrive en bog som en "Foreløbig Redegørelse" for Copernikus' store arbejde. Heri skulle Copernikus ikke nævnes, undtagen på en temmelig forblommet måde.

Rheticus gik med andre ord med til at vove pelsen, og blev han ikke ligefrem flået, kunne Copernikus måske overtales til at offentliggøre sin bog. Faktisk blev "Prima Narratio de Libris Revolutionum" ganske pænt modtaget.

Copernikus kunne så ikke længer modstå Rheticus' og Gieses forenede overtalelsesforsøg. Han overgav sit dyrebare manuskript til Rheticus, der triumferende tog det med til Nürnberg for at få det trykt.

På den tid var bogtrykkunsten mest fremskreden i Tysklands protestantiske egne. Ligesom Kinas buddhistiske munke havde også lutheranerne stærke religiøse motiver til at fremme bogtrykkets udvikling. Luthers kamp mod den etablerede kirke blev desuden udkæmpet ved hjælp af trykte flyveblade og pamfletter.

Copernikus' store "De Revolutionibus" var omsider gået i trykken, men 1542 blev han dødelig syg af en hjerneblødning. Den trofaste ven biskop Giese skrev: "Han har i mange dage været uden hukommelse og mental kraft. Han så først sin færdige bog i sidste øjeblik på sin dødsdag."⁸

⁷fra Rhaetia, Tyrol O.a.

⁸Med dedikationen til pave Poul III stillede Copernikus bogen under kirkens beskyt-

Publikationen af "De Revolutionibus" gav ikke anledning til øjeblikkelig uro. Copernikus var heller ikke en mand, af hvem man ville vente en forkastelse af etableret tænkemåde. Han var uhyre lærd, men med et klart konservativt livssyn. Alligevel var der tanker i Copernikus' kosmologi, som gav anledning til en intellektuel revolution, da først de blev forstået. Jorden mistede sin position som Universets centrum. Hvis Copernikus havde ret, måtte Universet være ufattelig stort.

Ifølge den copernikanske kosmologi bevæger Jorden sig rundt om Solen i en bane, hvis radius er ca 149 mio km. Efterhånden som Jorden bevæger sig i sin store bane, er den somme tider nærmere en bestemt stjerne, somme tider fjernere. Stjernernes positioner, som vi observerer dem i forhold til hverandre, burde derfor ændre sig, som Jorden med tiden bevæger sig rundt i sin bane. Denne effekt, der kaldes "den stellare parallakse" kunne ikke observeres med de instrumenter, man havde til rådighed i det 16. århundrede.⁹

Copernikus' forklaring af den manglende stellare parallakse var, at "sammenlignet med fixstjernernes afstand er Jordens afstand fra Solen forsvindende lille!" Hvis dette var sandt om de nærmeste stjerner, hvad så med de fjerneste?

Et umådelig frygtindgydende og uendelig tomt rum syntes at åbne sig for øjnene af de mennesker, der forstod betydningen af den copernikanske kosmologi. Menneskene beherskede ikke længer blot et lille net univers, specielt kreeret for dem. De var med et fortabt blandt stjernerne, drivende rundt på en lille jordklump gennem rummets ufatteligt øde dybder. Derfor Blaise Pascals udbrud: "Le silence eternal de ces espaces infinis m'effraie!" Den evige

telse. Rheticus måtte desværre forlade Nürnberg efter at have overladt trykningen til matematikprofessoren Johannes Schoner og præsten Andreas Osiander. For egen regning udstyrede Osiander bogen med en fortale, hvori han erklærede, at der var tale om en beregningshypotese, der ikke havde krav på at være den eneste eller endelige sandhed. Det falsum blev imødegået. Giordano Bruno omtalte Osianders skrift som: "et overflødigt brev tilføjet Copernikus' bog af jeg ved ikke hvilket uvidende og forudindtaget æsel." Galilei sagde: "Det er sandelig et arbejde af en inkompetent person, der har gjort så grove fejl, som Copernikus aldrig ville have begået"; og Kepler afslørede indigneret ophavsmanden O.a.

⁹Det var Thyco Brahes alvorlige, og videnskabeligt begrundede argument for at forkaste Copernikus' system til fordel for sit eget, hvori Jorden fremdeles er Universets midtpunkt. Thyco havde udviklet de mest forfinede instrumenter i tiden, og havde drevet observationerne til det yderste, men kunne ikke eftervise parallaksen. Thyco Brahes beskrivemåde er naturligvis fuldt så rigtig som Copernikus', når man kun tager solsystemets relative bevægelser i betragtning. O.a.

stilhed i disse uendelige rum forfærder mig!

5.5 Tycho Brahe

De næste skridt i den af Copernikus begyndte revolution blev taget af to mænd, der var hinandens slående kontraster. Tycho Brahe (1546-1601) var en velhavende, aristokratisk dansk adelsmand. Johannes Keppler (1571-1630) var en neurotisk og fattig lærer ved en provinsiel tysk skole. Men trods disse forskelle samarbejdede de to mænd for en tid, og Johannes Keppler fuldførte Tycho Brahes arbejde.

Da Tycho blev født, var Skåne en del af Danmark. Skibe der sejlede til og fra Østersøen skulle betale told, når de passerede det smalle Øresund mellem Helsingør og Helsingborg. Fra begge sider af sundet kontrolleredes søtrafikken ved hjælp af fæstningernes kanoner.

Tycho Brahes far ¹⁰ var lensmand på Helsingborg ¹¹ Tychos farbror (Jørgen Brahe til Tostrup) var søkriger, viceadmiral i kong Frederik II's flåde. Denne onkel var barnløs og havde fået det løfte, at han måtte adoptere et af broderen Ottens børn i ægteskabet med Beate Bille Clausdatter. Hun nedkom lykkeligt 14. december (gl.stil) 1546 med tvillinger, men da det ene barn døde, var forældrene ikke meget for at skilles ved Tycho. Resultatet blev at viceadmiralen i Brahe-familiens typisk selvrådige stil kidnappede Tycho. Otte truede først med bål og brand, men blev snart beroliget og affandt sig godmodigt med situationen.

Tychos adoption var lige så heldig for videnskaben som biskop Watzelrodes adoption af Copernikus, skønt viceadmiralen allerede 1565 skulle få en heroisk død, der skabte en særlig taknemlighed i Det danske Kongehus. Hjemkommen fra syvårskrigen, hvor Jørgen Brahe havde udmærket sig i kamp mod svenskerne ¹² red han sammen med Frederik II over Højbro, hvor kongens hest stejlede så han faldt i vandet. Kongen ville være druknet, om ikke Jørgen Brahe straks havde kastet sig i vandet og reddet hans liv. Desværre på bekostning af sit eget. Få dage efter døde admiralen den 21. juni 1565 af en sygdom, vistnok lungebetændelse, han havde pådraget sig i det snavsede vand. Kong Frederik II viste sin taknemlig mod admiral Brahe gennem særlig

¹⁰Otte Brahe til Knudstrup, dansk rigsråd O.a.

¹¹fra 1567 O.a.

¹²i slaget ved Øland 1564 sammen med Otto Rud, hvor han erobrede skibet Makalös, og i slaget ved Rügen juni 1565, hvor Herluf Trolle blev dødelig såret. O.a.

velvilje over for adoptivsønnen Tycho, som da meget mod familiens ønsker var blevet astronom.

Tycho Brahe havde 14 år gammel iagttaget en forudsagt solformørkelse¹³. Det slog ham som "noget guddommeligt, at man kendte stjernernes bevægelser så nøje, at det var muligt at forudsige deres bevægelser og indbyrdes positioner." Ingen af hans families argumenter kunne bevæge ham fra at studere astronomi, hvad han gjorde ved Københavns universitet, i Leipzig, Wittenberg, Rostock, Basel og Augsburg.¹⁴

I Rostock lod Tycho Brahe sig 1566 provokere til en duel¹⁵, og blev såret i næsen, så han resten af livet måtte dække arret med en plade af electron, en guld-sølv legering. Hertil anvendte han en klæbende salve af egen tilvirkning, som han altid havde på sig i en lille sølvdåse.

Medens han studerede, begyndte Tycho at samle på og selv fremstille astronomiske instrumenter. Den livslange higen efter præcision i astronomiske observationer indledtes i hans syttende år, da han 1563 observerede en konjunktion af Jupiter og Saturn. Han opdagede en fejl på en hel måned i nogle af de bedste tabeller, der fandtes¹⁶. Det havde gjort et stort indtryk på Tycho, at man, i det mindste når det drejede sig om himmellegemerne, var i stand til at forudsige fremtidige begivenheder. Men her var forudsigelsen forkert! Han besluttede at gøre det bedre.

Tycho blev allerførst berømt blandt astronomerne ved sine observationer af en Nova, der pludselig viste sig på himlen den 11. november 1572¹⁷. Han brugte sine glimrende instrumenter til at vise, at den nye stjerne var meget fjernt fra Jorden, i hvert fald uden for Månens sfære, og at den med sikkerhed ikke bevægede sig i forhold til fixstjernerne. Det var en revolutionerende konklusion på den tid. Ifølge Aristoteles, der endnu ansås for den største autoritet vedrørende naturfilosofiske emner, var al udvikling og forfald begrænset til at finde sted inden for Månens sfære. Tychos resultat betød, at

¹³21. august 1560 O.a.

¹⁴Hovmesteren, Anders Sørensen Vedel, der senere oversatte Saxos Danmarkshistorie, havde af familien fået strenge pålæg om at holde Tycho fra astronomiske studier i Leipzig, men indså snart, at man ikke kunne tvinge forskertrangen. Han og Tycho Brahe blev venner for livet. 1569 besøgte Tycho Brahe Peter Bienewitz Apianus i Ingolstadt O.a.

¹⁵med Manderup Parsberg, medlem af regeringen fra 1580 og mangeårig rigsråd hos Christian IV O.a.

¹⁶de Alfonsinske! I de nyere Pruteniske, beregnet af Erasmus Reinhold i Wittenberg på basis af det coppernikanske system, var fejlen nogle dage O.a.

¹⁷i stjernebilledet Cassiopeia O.a.

Aristoteles kunne have taget fejl!¹⁸

Tiltrukket af byens skønhed og i ønsket om at være nærmere de sydlige kulturcentre overvejede Tycho at flytte til Basel. Men i 1576 blev han bedt om at møde hos kong Frederik II. Dels i anerkendelse af Tychos voksende ry som astronom, dels på grund af den taknemlighedsgæld kongen følte efter admiral Brahes død, gav han Tycho Brahe øen Hven i Øresund. Af sit skatkammer bevilgede Frederik II ydermere generøse midler til Tychos konstruktion og anlæg af et astronomisk observatorium.

1577 dukkede en komet op på himlen. Tycho observerede den lige så nøjagtigt som planeterne, idet han omhyggeligt målte og registrerede dens positioner. Gennem parallaktiske beregninger viste han, at kometen måtte være længere væk end Månens bane. Det viste igen, at Aristoteles havde taget fejl. I hvert fald fulgte kometerne ikke Aristoteles' regler for himmellegemerne, og de var ikke atmosfæriske fænomener, som Aristoteles havde troet.

I sin bog om kometer forelagde Tycho Brahe i 1577 sin egen kosmologi. Den var en mellemting mellem Ptolemaios' og Copernikus', og sigtede på at eliminere den chokerende tanke om Jordens banebevægelse. Ifølge Tychos system går Merkur, Venus, Mars, Jupiter og Saturn i kredsløb om Solen, men Solen bevæger sig (ligesom Månen) i kredsløb om Jorden, der således forblev stationær i Universets centrum.

Tycho troede hans system var sandt, fordi det ikke var ham muligt selv med de bedste instrumenter at observere den stjerneparallakse, der måtte eksistere, hvis Jorden virkelig bevæger sig i et kredsløb om Solen. Parallaxen eksisterer faktisk, men fordi afstanden til de nærmeste stjerner er så umådelig stor, kan den kun observeres med særlige store teleskoper. Parallaxen blev så endelig observeret i det 19. århundrede af den tyske astronom Friedrich Wilhelm Bessel (opfinder af Bessel-funktionerne).¹⁹

¹⁸Tycho brugte hele vinteren 1572-73 til de nøjagtigste observationer af stjernens position i forhold til alfa, beta og gamma Cassiopeiae. Stjernen lyste klarere end Sirius, svækkedes og skiftede til rødlig farve, indtil den i marts 1574 ikke længer var synlig for det blotte øje. Man havde usikre efterretninger om tidligere novaer bl.a. fra Plinius d.æ., men dette var de første videnskabeligt dokumenterede observationer. Under et besøg i København viste Tycho i foråret 1573 sine observationer til vennen Pratensis, der overtalte ham til at publicere arbejdet. "De Nova Stella Anni 1572" (Hafniae 1573) gjorde Tycho Brahe berømt i hele den civiliserede verden. O.a.

¹⁹Det lykkedes først Bradley, den tredje Astronomer Royal, at forklare aberrationen og nutationen da han i 1728 kunne meddele Royal Society sine undersøgelser af stjernens gamma Draconis positionsforandring med årstiden. Uden forståelse af disse fænomener havde det langt vanskeligere parallakseproblem ingen udsigt til løsning. Med et stort heliometer

Af egne, og af de rigelige midler han modtog af Frederik II, opførte Tycho Brahe på Hven et pragtfuldt observatorium, han kaldte Uraniborg.²⁰ Det var ikke blot udstyret med de mest præcise astronomiske instrumenter, verden nogen sinde havde set, men desuden med et kemisk laboratorium, en papirmølle og et bogtrykkeri, samt boliger for hans hjælpere - og et fængsel for uregerlige fæstere.

Med videnskabelige assistenter og tjenestefolk flyttede Tycho Brahe ind. Det eneste han savnede var sin yndlingselg. Dyret var flyttet fra Brahernes Knudstrup til Landskrona slot, og skulle bringes til Hven ombord i en båd. Men i nattens løb vandrede elgen op ad trappen i slottet, fandt et stort fad ubevogtet øl, og drak så meget, at den desværre faldt og brækkede benet på vej ned igen. Den måtte skydes.

Enevældig residerede Tycho Brahe på Hven i en storslået, men også højt beundret stil. Strømmen af lærde, der kom for at se Uraniborgs vidundere blev modtaget udsøgt værdigt. Blandt de besøgende var kong Jacob VI af Skotland, der senere besteg den engelske trone som James I, og den unge prins Christian, senere kong Christian IV.

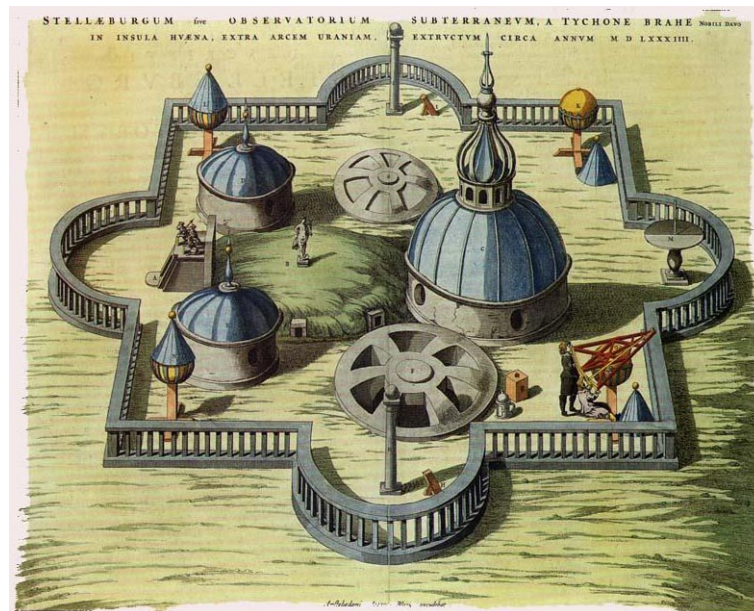
Hjulpet af sine assistenter observerede og registrerede Tycho Solens, Månens, planeternes og stjernernes positioner med en nøjagtighed, der aldrig tidligere var set i astronomiens historie. Han korrigerede for lysbrydningen i atmosfæren og for instrumenternes fejl, hvorved han opnåede en nøjagtighed i positionsbestemmelserne på mindre end 2 bueminutter. Det er den absolutte grænse for, hvad der kan opnås uden teleskopets hjælp.

Ikke alene blev Tychos observationer udført med en hidtil uset nøjagtighed, men de blev desuden fortsat over en periode på 35 år. Før Tychos tid havde astronomer på må og få beskrevet en observation nu og da, men ingen havde overvejet at foretage systematiske observationer af himmellegemernes positioner. Tycho formåede at udarbejde en "journal" over planetpositionerne, bl.a. fordi han kunne fordele arbejdet mellem sine talrige assistenter.

I 12 år gik alt godt for Tycho Brahe på Hven. Men skærtorsdag 1588 døde Frederik II efter sygdom siden julen, og blev efterfulgt af den da 11-årige Christian IV. Frederik II have næret særlig taknemlighed mod admiral

konstrueret af Fraunhofer målte så Bessel i 1838 ved observatoriet i Königsberg stjernen 61 Cygnis parallakse til 0,30 buesekunder, og beregnede dens afstand til 11 lysår. Henderson ved observatoriet i Kap Det gode Håb kunne 1839 meddele alfa Centauris parallakse: ca 1 sek svarende til en afstand på ca 4 lysår for vor nærmeste nabostjerne O.a.

²⁰Grundstenen blev lagt 8. august 1576, men Uraniborg stod først fuldt færdig 1580; 1584 udvidet med Stellaeburgum, Stjerneborg O.a.



Brahe, der reddede hans liv, og havde behandlet adoptivsønnen Tycho med stor hengivenhed og generøsitet.²¹

Den unge selvfølede Christian IV skar ned på den finansielle støtte, Tycho hidtil havde modtaget fra det kongelige skatkammer, og anklagede Tycho for pligtforsømmelser og despoti.²²

Da flere forsøg på at omstemme Christian IV slog fejl, tog Tycho Brahe imod et tilbud fra kejser Rudolf II, og begav sig til Prag, hvor han ankom foråret 1599 og blev udnævnt til kejserlig matematiker. Her må det indskydes, at kongelige velyndere som Rudolf var mere interesseret i astrologi end i astronomi. Den kejserlige matematikers fornemste pligt var at stille horoskoper for hoffet. En af Tychos videnskabelige assistenter forlod ham i Prag. I stedet ansatte Tycho Brahe en ung matematiker: Johannes Keppler.²³

²¹Den folkekære konge havde hele livet forstået at knytte dygtige og begavede mennesker til sig, og søgte af al evne at fremme åndslivet. Efter råd fra Peder Oxe og den lærde kansler Johan Friis udvidede han 1569 Kommunitetet, hvor 100 studenter nød fri kost. Universitetes indtægter forøgedes betydeligt ved jordegods og tiender. Sorø kloster blev 1586 indrettet til kongelig skole, hvor lige mange adelige og borgerlige, 60 ialt, fik fri undervisning, kost og klæder. O.a.

²²Tycho Brahe blev frataget det ene len efter det andet, og havde tilsidst kun øen Hven, som Frederik II havde givet ham på livstid. Anklaget for bondeplageri og for gentagen forsømmelighed bl.a. ved pasningen af Kullen fyr, hvor han jo dog ikke selv kunne være fyrbøder, forlod han 1597 Hven og tog ophold i København. Her forbød man ham at foretage astronomiske observationer på den del volden, han 1589 havde fået til låns til samme formål, ligesom man forbød ham at udføre kemiske eksperimenter i sin gård i Farvergade. Det er vanskeligt at frigøre sig fra fornemmelsen af fjenders og misunderser intriger bag Tychos tunge beslutning om at drage udenlands med alle sine instrumenter. Fra Rostock skrev han et underdanigt bønsskrift til Christian IV for langt om længe blot at modtage et koldt og afvisende svar. Med en ufattelig mangel på pietet blev de pragtfulde bygningsanlæg på Hven nedbrudt i Christian IV's tid, og stenene anvendt til en kongsgård. Da den franske biskop Huet 1652 besøgte Hven for at se Uraniborg og Stjerneborg var der ingen spor af bygningerne. O.a.

²³Tycho havde på Frederik II's opfordring udarbejdet Christian IV's horoskop, der forelå i 1577; klogeligt med forbehold for unøjagtighed med hensyn til fødselstidspunktet. Tycho Brahe havde ikke meget til overs for astrologien, som han mente kunne angive visse tendenser i et menneskes liv, men over alt dette stod Guds og menneskets egen fri vilje. Kepplers horoskoper, som også han kun nødtigt beskæftigede sig med, er berømte, bl.a. Wallensteins. O.a.

5.6 Johannes Keppler

To tusinde år før Keplers tid havde Pythagoras drømt om en matematisk harmoni i planeternes bevægelser. Kepler og Newton skulle komme til at indfri denne drøm. Også på anden vis var Kepler en sand efterfølger af Pythagoras: I hengivenhed til filosofien hævdede han sig over barndommens og opvækstens lidelser. Han kom af en familie af utilpassede og trættekære kværvulanter. Med nød og næppe undgik Keplers far at blive hængt. Han mor blev anklaget som heks af naboerne, kom i fængsel, og blev kun reddet takket være Keplers kærlige og utrættelige forsvar.

I en alder af 4 år var Johannes Kepler nær død af kopper, og hans hænder blev slemt forkrøblede. Om barndommens sygdomme skrev han: "Jeg led uafbrudt af hudsygdomme, ofte af svære sår, ofte af skorper efter kronisk rådnende sår på fødderne. De var længe om at læges, og sårene blev ved at bryde ud igen. På min højre hånds langfinger havde jeg orm, og på den venstre et stort sår."

Keplers åndelige styrke kompenserede for de legemlige svagheder. Hans strålende begavelse blev hurtigt anerkendt, og han fik stipendier til at studere teologi ved Thübingen universitet. Her var han hjerteskrærende ensom, og upopulær blandt sine studiekammerater.

I Thübingen udmærkede Kepler sig som student, og kort før sin eksamen fik han tilbudt en stilling som lærer i matematik og astronomi ved den protestantiske skole i Graz. Med stillingen modtog han titlen "Provinsen Steiermarks Matematiker", da Graz var hovedstad i den østrigske provins Steiermark.

Johannes Kepler var allerede da en ivrig tilhænger af Copernikus, og om sommeren det første år i Graz begyndte han at spekulere på, hvorfor planeternes omløbstider øgedes regelmæssigt i forhold til deres afstande fra Solen, og hvorfor planeternes baner havde de særlige størrelser Copernikus tillagde dem.

9. juli 1595, midt i en forelæsning han holdt for klassen, fik Kepler en ide, der forandrede hele hans livsbane. I virkeligheden var ideen fuldstændig forkert, men den slog ned i Kepler med en sådan styrke, at han troede, han med et slag havde løst Universets gåde.

Kepler havde for sin klasse tegnet en ligesidet trekant med dens indskrevne og omskrevne cirkler. Det slog ham pludselig, at forholdet mellem cirklerne mindede om forholdet mellem Jupiters og Saturns baner. Hans livlige fantasi sprang straks fra den todimensionale figur til Pythagoras' og

Platons fem fuldkomne legemer.

Kun fem forskellige fuldstændig symmetriske mangesidede figurer er mulige i rummets tre dimensioner: tetraederet, kuben, oktaederet, icosæderet og dodekaederet. Her stopper listen. Som Euklid beviste, er det en særegenskab ved det tredimensionale rum, at der kun er fem mulige polyedre. Disse fem blev fundet af Pythagoras og populariseret af Platon, den mest berømte af de pythagoræiske filosoffer. Fordi Platon gjorde så meget ud af de fem rumfigurer i sin dialog "Timaios", blev de kendt som "De platoniske Legemer".

Keppler indså i et intuitivt glimt (ganske vist helt forkert) hvorfor der måtte være præcis 6 planeter: De seks planetariske kredsløbs-sfærer var naturligvis adskilt af de 5 platoniske legemer. Det forklarede også kredsløbenes størrelser. Alle sfærerne, undtagen den yderste, var indlejret i et platonisk legeme, der igen lå inden i en anden sfære!

Keppler, som da var 23 år gammel, blev overvældet af begejstring. Sin opdagelse beskrev han straks i en bog med titlen "Mysterium Cosmographicum", Det kosmiske Mysterium. Bogen indledtes med en introduktion, der stærkt understøttede Copernikus' kosmologi. Derefter fulgte udviklingen af Kepplers vidunderlige (men falske) løsning af det himmelske mysterium ved hjælp af de fem platoniske legemer. Det var ikke muligt for Keppler at få Jupiters kredsløb til at passe ind i modellen, men som han forklarer naivt, "det vil ikke undre nogen, den store afstand taget i betragtning". Tallene passede heller ikke for de andre planeter, men Keppler mente, at Copernikus' afstandsangivelser blot var unøjagtige.

Efter disse fejlagtige forklaringer afsluttes bogen imidlertid med en anden ide, der kommer tæt på sandheden om tyngdekraften. Keppler prøver at løse problemet om årsagen til, at de ydre planeter bevæger sig langsommere end de indre, og siger:

"Hvis vi ønsker at komme sandheden nærmere og skabe overensstemmelse i proportionerne, må vi vælge mellem disse to antagelser: Enten er planeternes sjæle mindre aktive, jo længere borte de er fra Solen, eller der findes kun én bevægende sjæl i kredsløbenes centrum: Solen, som driver planeterne, des stærkere jo nærmere de er ved Solen, men hvis kraft er så at sige opbrugt på grund af den lange afstand, og ved den svækkelse af kraften det medfører, når den virker på de ydre planeter."

I *Mysterium Cosmographicum* forsøgte Keppler at finde en nøjagtig matematisk relation mellem planeternes banehastighed og banestørrelse. Men det lykkedes ham ikke i dette første forsøg. Mange år efter, hen imod slut-

ningen af sit liv, løste han endelig problemet.

Keppler sendte en kopi af sin bog til Tycho Brahe med et brev, hvori han omtaler Tycho som "matematikernes prins, ikke blot i vor tid, men til alle tider". Tycho var naturligvis glad for dette "fan-brev" og så originaliteten i Keplers bog, omend han nærede reservation over for bogens hovedteser.²⁴

I mellemtiden var den religiøse hadefuldhed vokset, og Kepler var, som mange andre protestanter, ved at blive udstødt af det katolske Østrig. Han henvendte sig til Tycho Brahe om hjælp; og Tycho, der havde brug for en videnskabelig assistent, skrev til Kepler fra Benátky slottet nær Prag: "De har uden tvivl allerede hørt, at jeg allernådigst er kaldt hertil af Hans Kejserlige Majestæt, og jeg er blevet modtaget på den venligste og mest velvillige måde. Jeg ønsker De ville komme hertil, ikke drevet af skæbnens modgang, men gerne af egen vilje og lyst til samarbejde. Men uanset Deres grunde vil De i mig finde en ven, der ikke vil nægte Dem sine råd og sin hjælp i modgangen."

At sige, at Kepler blev glad for denne chance for at arbejde sammen med Tycho Brahe, ville vist nok være mildt udtrykt. Copernikus' tal passede ikke rigtigt i Keplers model, og det var hans inderlige håb, at Tychos præcise observationer ville give et mere passende resultat. I måske mindre maniske øjeblikke indså Kepler også, at hans model alligevel ikke var korrekt, men han håbede, at han med Tychos data ville være i stand til at finde den sande løsning. Kepler længtes efter af se Tychos skat af præcise data, og skriver herom:

"Tycho ejer de bedste observationer, og således så at sige materialet til opførelsen af en ny bygning. Han har også medarbejdere, og hvad han ellers kunne ønske sig. Blot mangler han arkitekten, der vil drage nytte af alt dette efter hans eget mønster. For selv om han har en lykkelig skæbne og virkelig har arkitektoniske evner, er han alligevel hindret i sin fremdrift af mængden af fænomener, og af den kendsgerning, at sandheden ligger dybt skjult i dem. Nu kommer alderdommen krybende ind på ham og svækker hans ånd og

²⁴Også til Galilei i Padua sendte Kepler et eksemplar af bogen *Mysterium Cosmographicum*. Straks efter at have læst introduktionen svarede Galilei tilbage, idet han udtrykte sin glæde over at være i stand til at korrespondere med en ven og fagfælle, der ligesom han ønskede at undersøge og opdage sandheden parat til at give afkald på de klassiske filosofers fejlagtige lære. Kepler, der ikke selv havde astronomiske instrumenter, skrev derpå og bad Galilei om højden af Nordstjernen og af en stjerne i Ursa Maior, begge observeret på bestemte datoer med seks måneders mellemrum. Ideen var at konstatere parallaksen som bevis for Jordens banebevægelse. O.a.

kræfter."

Faktisk havde Tycho kun kort tid tilbage. Keppler ankom til Prag år 1600, og i 1601 beskriver han:

"Den 13. oktober, under måltidet i selskab med Magister Minkowitz ved det fornemme Rosenborgske bord, tilbageholdt Tycho Brahe sit vand udover etikettens krav. Da han drak mere, fornåm han trykket på blæren forstærkes, men satte høfligheden højere end helbredet. Da han kom hjem, var han knap i stand til at lade vandet. Efter fem søvnløse nætter kunne han stadig kun lade vandet under den største pine, og alligevel var passagen vanskelig. Søvnløsheden fortsatte, med en indre feber, der gradvis gik over i delirium. Maden han spiste, og som han ikke kunne holdes fra, forværrede ondet. ... Den sidste nat gentog han atter og atter, som en der digter et vers: "Lad mig ikke synes at have levet forgæves"."²⁵

Få dage efter Tycho Brahes død udnævntes Keppler til at efterfølge ham som kejserlig matematiker af Det hellige romerske Kejserrige. Keppler fortæller, at problemet med at analysere Tycho Brahes data greb ham så meget, at han næsten mistede forstanden. Med en fanatisk flid, hvis lige næppe findes i videnskabens historie, dækkede han tusinder af sider med beregninger. Endelig, efter mange års kamp og utallige mislykkede forsøg, vristede han tre præcise love for planeternes bevægelse ud af Tychos observationsdata:

- 1) Planeternes baner er ellipser med Solen i det ene brændpunkt.
- 2) Brændstrålen, en linie fra Solen til en hvilken som helst planet bestryger lige store arealer i lige lange tidsrum.
- 3) Kvadraterne på planeternes omløbstider er proportioanlt med kuberne på deres middelfastande fra Solen.

Takket være Kepplers anstrengelser havde Tycho Brahe bestemt ikke levet forgæves. Kepplers tre love skulle danne basis for Newton store universelle love for bevægelse og tyngde. Keppler selv forestillede sig en tyngdekraft, der holdt planeterne i deres baner om Solen, og skrev:

"Hvis man anbringer to sten et hvilket som helst sted i rummet, tæt ved hinanden og uden for rækkevidde af noget materialt legemes kraftpåvirkning, ville de nærme sig til hinanden på samme måde som magnetiske legemer; til

²⁵Tycho Brahes smukke gravmæle med valgsproget "At være, ikke at synes" er i Teyn kirken i Prag. På grundlag af de fremragende observationer, der alene ville have tilsikret ham eftermælet som en af verdens største astronomer, fandt han to nye ujævnheder: Variationen og den årlige ligning samt desuden en variation af månebanens inklination. De af ham påbegyndte efemerier, der under gunstigere omstændigheder kunne være blevet de christianske tabeller (efter Christian IV), måtte fuldføres af Keppler. O.a.

et fælles punkt imellem dem, idet hver af dem nærmer sig den anden i forhold til den andens masse..."

"Hvis Jorden holdt op med at tiltrække vandet i havene, ville havene stige og flyde til Månen. ...Hvis Månens tiltrækningskraft når ned til Jorden, siger det sig selv, at Jordens tiltrækningskraft i endnu højere grad udstrækker sig til Månen, og endda endnu meget længere..."

"Intet skabt af jordisk substans er fuldstændig uden vægt; men mindre tætte masser, enten af naturen eller på grund af opvarmning, er relativt lettere... Ud fra definitionen af lethed følger stoffets bevægelse; for man skal ikke tro at det, når det er løftet op, forsvinder ud i verdens periferi, eller at det ikke tiltrækkes af Jorden. Det er blot mindre tiltrukket end tungere stof, og erstattes derfor af tungere stof."

Keppler forstod også den korrekte forklaring på tidevandet. Han forklarede, at fænomenet først og fremmest forårsagedes af Månens tyngdekraft, medens det i mindre udstrækning skyldtes Solens tyngdefelt.

Da Keppler offentliggjorde disse revolutionerende tanker, gjorde han det desværre i et uigennemskueligt virvar af vidtløftigheder og fantasi, der frastødte hans mest betydningsfulde læser Galileo Galilei. Englænderne var faktisk de første til at værdsætte Keppler. Kong James I (som Tycho modtog på Hven) inviterede Keppler til at slå sig ned i England, men han afslog invitationen. Skønt Trediveårskrigen formørkede skyerne over Europa, kunne Keppler ikke formå sig til at forlade den tyske kulturelle baggrund, han var vokset op med og følte sig hjemme i. Galileo Galilei, hans samtidige som burde have haft stort udbytte af Kepplers indsigt, ignorerede i mellemtiden Keppler og afbrød korrespondancen med ham.²⁶

²⁶I sin *Astronomia Nova, seu Physica Coelestis Tradita Commentariis de Motibus Stellae Martis ex Observatonibus G. V. Tychonis Brahe*, Prag 1609, forklarer Keppler de to første planetlove, der eliminerede en restfejl på 8 bueminutter i forhold til Tychos observationer. Det kunne der ikke være, forklarer Keppler "eftersom den guddommelige Godhed har givet os Tycho Brahe, en yderst nøjagtig observator." Efter korrespondance med Galilei modtog Keppler en af Galileis ti gode kikkerter gennem prins Ernest af Bøhmen i Köln, og bekræfter 1610 Galileis Jupiter observationer, idet han priser Gud. 1611 udgiver Keppler i Augsburg "Dioptrice" eller "demonstration af de ting ingen hidtil har kunnet iagttage, men som er synlige med teleskopet". Det er grundlæggelsen af den videnskabelige optik og den optiske astronomi. Den tredje planetlov fremsatte Keppler i "Harmonices Mundi Libri V". 1620 udgiver Keppler astronomiens historie i "Epitome Astronomiae Copernicanae" og 1627 de "Rudolphinske Tabeller" påbegyndt af Tycho Brahe. Første bind dedicerede Keppler til John Napier i Merchinston, fordi han deri for første gang anvender Napiers logaritmer, der snart kom i brug over alt i Europa. O.a.

Kapitel 6

GALILEI

6.1 Eksperimentalfysik

Galileo Galilei blev født i Pisa 1564. Han var søn af Vincenzo Galilei, en intellektuel florentinsk adelsmand, hvis formue var lige så lille, som hans kulturelle dannelse var stor. Vincenzo Galilei var matematiker, komponist og musikkritiker, og af ham må Galileo have lært tankens selvstændighed, eftersom Vincenzo i en af sine bøger skriver: "Det forekommer mig, at de der prøver at bevise påstande ved blot at stole på autoritetens vægt, optræder helt absurd."

Dette skulle blive Galileos trosbekendelse gennem hele livet. Han var udset til nedbryde hele den Aristoteliske fysik med eksperimenternes forhammer.

Vincenzo Galilei, der vidste hvad fattigdom betød, forsøgte først at overtale sønnen til at blive købmand. Men da Galileo tidligt viste umiskendelige tegn på genialitet, besluttede Vincenzo at sende ham til universitetet i Pisa, skønt det tærede slemt på familiens finansielle ressourcer.

Både hjemme og på universitetet blev Galileo bevidst holdt borte fra matematikken. Efter faderens ønske studerede han medicin, der var meget bedre betalt end matematik. Ved et tilfælde kom han imidlertid til at overvære en forelæsning om Euklid, der blev givet af Ostilio Ricci, en af faderens venner, som tilhørte storhertug Ferdinand di Medicis hof.

Under forelæsningen blev Galileo så slået af den logiske skønhed og konsistens, at han tiggede Ricci om at låne nogle af Euklids værker. Dem slugte han i en mundfuld, der efterfulgtes af Archimedes' værker. Så højt beundrede Galileo Archimedes' metode, at han dannede sine egne videnskabelige

metoder derefter.

Uden at have bestået nogen eksamen blev Galileo efter tre års studier ved universitetet i Pisa tvunget til at vende hjem. Faderen havde ikke flere penge til hans underhold, og Galileo var ikke i stand til at opnå nogen stipendier, sandsynligvis fordi hans kritiske spørgsmål og uærbødige holdning til alle slags dogmer gjorde ham upopulær hos lærerne. Men da havde han allerede gjort sin første videnskabelige opdagelse.

Ifølge overleveringen antages Galileo at have gjort denne opdagelse under en gudstjeneste i Pisas katedral. Hans opmærksomhed blev fanget af en lampe, der hang ned fra en hvælving, og som kirketjeneren havde sat i svingning, da han tændte den. Efterhånden som svingningerne mindskedes syntes svingningstiden dog stadig at være den samme. Galileo kontrollerede tidsintervallerne ved at tælle sine pulsslæg. Hjemme fortsatte han eksperimentet med et pendul og fandt, at svingningstiden ikke afhænger af udslaget, forudsat udslagene er små; og desuden at svingningsfrekvensen kun afhænger af pendulets længde.

Efter at have bedømt pendulers svingningstid ved hjælp af sin puls, vendte Galileo proceduren om, og opfandt et instrument læger kunne anvende til at tage deres patienters puls med. Instrumentet bestod af et pendul, hvis længde kunne justeres, indtil svingningerne svarede til patientens puls. Lægen kunne så aflæse pulsfrekvensen på det kalibrerede pendul. Galileis pulsometer blev hurtigt taget i anvendelse af Europas læger. Den berømte hollandske læge Christian Huygens (1629-1695) udviklede senere Galileis opfindelse til det pendulur, vi kender idag.

Medens han boede hjemme efter at have forladt Pisas universitet, opfandt Galilei en flydevægt til måling af væskers massefylde baseret på Archimedes' hydrostatiske principper.

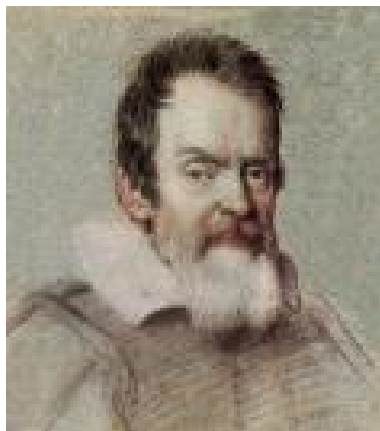
Galileis forfatterskab og opfindelser, særlig afhandlingen om den hydrostatiske vægt ¹, gjorde ham kendt, og i en alder af 26 blev han udnævnt til matematikprofessor ved Pisas universitet. Men hverken alderen eller værdisigheden, der fulgte med den nye titel, havde dæmpet ham. Som professor udfordrede han lærdomsautoriteterne endnu skarpere, end han havde gjort førhen som student. Systematisk begyndte han nu at efterprøve alle Aristoteles' dogmer med resultaterne af egne eksperimenter.

Aristoteles havde hævdet, at en faldende genstands hastighed tiltager i

¹La bilancetta, der dog først blev udgivet 1655 efter hans død, og Theoremata circa centrum gravitatis solidorum 1587 O.a.

forhold til genstandens vægt. Således skulle ifølge Aristoteles en genstand, der er 10 gange tungere end en anden, falde ti gange så hurtigt som denne. Ideen var baseret på den almindelige erfaring, at en sten falder hurtigere end en fjer.

Galilei indså, at udfaldet kompliceres af luftmodstanden. Der var i virkeligheden to spørgsmål at besvare: 1) Hvordan ville et legeme falde i et lufttomt rum? og 2) hvad er effekten af luftmodstanden? Galilei anså det første af disse to spørgsmål for det mest fundamentale; og for at kunne besvare det eksperimenterede han med faldvægte af tunge materialer som jern og bly, hvorved effekten af luftmodstanden blev reduceret til et minimum.



I ønsket om at modbevise Aristoteles kravlede Galilei, ifølge hans egen elev og levnedsskildrer Viviani, op i Pisas skæve Tårn i nærværelse af alle de andre lærere og filosoffer og alle studenterne og "beviste ved gentagne eksperimenter, at faldhastighederne for ens konstruerede legemer af forskellig vægt ikke tiltager i forhold til deres vægt, men at de tvært imod alle falder med samme hastighed." Nogle historikere betvivler Vivianis fremstilling af denne begivenhed, da den ikke omtales af andre samtidige kilder.

Galilei påstod, at i et lufttomt rum ville en fjer falde til jorden som en sten. Dette eksperiment var ikke muligt på Galileis tid, men det er senere blevet efterprøvet, og Galileis forudsigelse viste sig at være sand!

Galilei opdagede desuden, at faldende legemers hastighed tiltager, efterhånden som de falder, og han ønskede derpå at finde en kvantitativ lov der beskrev denne acceleration. Desværre havde han ingen god metode til måling af små tidsintervaller. Derfor besluttede han at studere en lignende proces, der var langsom nok til at kunne måles: Han begyndte at studere måden,

hvorpå en kugle, der ruller ned ad et skråplan, efterhånden øger hastigheden. I en beskrivelse af disse eksperimenter fortæller Galilei:

“Efter at have anbragt brædtet i en skrå stilling... lod vi kuglen rulle ned langs en rille i brædtet og noterede, på en måde der senere vil blive beskrevet, den tid som rulningen varede. Vi gentog eksperimentet mere end en gang for at måle tiden med så stor præcision, at forskellen mellem to observationer aldrig oversteg en tiendedel af et pulsslag.

Efter at have udført dette forsøg og overbevist os om dets troværdighed, lod vi nu kuglen rulle kun en fjerdedel af rendens længde, og efter at have målt rulningens varighed opdagede vi, at den var præcis halvdelen af den tidligere målings. Vi prøvede derefter med andre afstande. Sammenlignede tiden for hele længden med den for den halve, for to trediedele eller tre fjerdedele, eller en hvilken som helst anden brøkdelen. Ved sådanne eksperimenter, gentaget hundreder af gange, fandt vi altid, at de afstande der var gennemløbet forholdt sig til hinanden som kvadratet på tiderne...”

“Til måling af tiden anvendte vi et stort og højt anbragt kar med vand. Til bunden af dette kar var loddet et rør med lille lysning, som gav en tynd ståle vand, der løb ned i et lille glas i den tid hver nedrulning tog. ...Vand, der på denne måde var opsamlet, blev efter hvert rulleforsøg vejlet på en meget nøjagtig vægt. Forskellene og forholdene mellem disse vejninger gav os forskellene og forholdene mellem tiderne, og det med en sådan præcision, at skønt forsøgene gentoges mange, mange gange, var der ingen målelige uregelmæssigheder i resultaterne.”

Disse eksperimenter indicerede en lov for faldende legemers bevægelse, som Galilei allerede havde gættet: Et faldende legemes acceleration er konstant. Hastigheden tiltager lineært i forhold til faldvejen målt i tid. Faldvejen er proportional med kvadratet på faldtiden.

Ved at udvikle disse ideer og forsøg fandt Galilei, at et projektil har to slags overlejrede bevægelser: den jævnt accelererede faldbevægelse, der lige er beskrevet, og en hermed samtidig horisontal bevægelse med jævn hastighed. Han viste, at når der ses bort fra luftmodstanden, resulterer disse to typer bevægelse i en parabolisk bane.

Galilei formulerede også inertiens principper - en af mekanikkens love der fastslår, at i fraværet af en virkende kraft vil et legeme forblive i ro eller, hvis det er i bevægelse, vil bevægelsen fortsætte konstant i det uendelige. Tæt knyttet til inerti-princippet er relativitets-princippet, der blev formuleret af Galilei og senere udvidet af Einstein: I et lukket rum er det umuligt at afgøre ud fra eksperimenter af nogen art, om rummet er i hvile eller i en tilstand af

konstant jævn bevægelse.

For eksempel kan en person i et tog afgøre, om toget bevæger sig, ved at se ud af vinduet eller mærke vognens vibrationer. Men hvis vinduerne er til-dækkede og skinnerne fuldstændig lige og jævne, ville man ikke kunne afgøre om toget er i hvile eller bevægelse. En genstand, der tabes i et tog i jævn bevægelse, rammer gulvet i et punkt direkte under det, hvorfra genstanden falder, akkurat som det ville være tilfældet, hvis toget holdt stille.

Galileis relativitetsprincip fjernede en af de indvendinger, der var frem-sat imod Copernikus' kosmologiske system. Modstanderne af Copernikus hævdede, at dersom Jorden virkelig bevægede sig, ville en kanonkugle skudt lige op i luften ikke falde tilbage i kanonen, men ville lande et andet sted. De sagde også, at fuglene og skyerne ville sakke bagud i forhold til Jordens bevægelse.²

I 1597 fremsendte Kepler en kopi af sin bog "Mysterium Cosmographi-cum". Galilei læste bogens introduktion, der var det første trykte forsvar for Copernikus fra en professionel astronom, og svarede i et brev til Kepler:

"...Jeg vil læse Deres bog tilende, overbevist om at finde meget der er fremragende i den. Jeg skal gøre det med så meget større fornøjelse, fordi jeg i mange år har været tilhænger af Copernikus' system; og det forklarer mig mange af de årsager til naturens fænomener, der ellers er helt ufattelige efter den almindeligt accepterede hypotese.

Mange argumenter jeg har samlet til støtte for det copernikanske system, og som modbeviser det modsatte synspunkt, har jeg endnu ikke vovet at publicere af frygt for at dele skæbne med Copernikus, som - selv om han har opnået udødelig berømmelse hos nogle - stadig er genstand for uendelig mange menneskers spot og spe (for så stort er antallet af tåber). Jeg ville bestemt offentliggøre mine refleksioner med det samme, hvis der fandtes flere mennesker som Dem. Da der ikke gør det, vil jeg afstå fra publikation."

Kepler svarede, idet han tilskyndede Galilei til at offentliggøre sine ar-gumenter til fordel for det copernikanske system:

"...Hav tillid, Galileo, og kom frem! Hvis jeg gætter rigtigt, er der kun få blandt prominente matematikere i Europa, der ville ønske at tage afstand fra os, for således er sandhedens magt."

Men Galilei svarede ikke på Keplers brev, og forblev tavs om det cop-

²Discorsi e dimonstrazioni matematiche intorno a due nuove scienze attenenti alla me-chanica ed ai movimenti locali, Leyden 1638, fremstiller lovene for jævn og jævnt accele-reret bevægelse, hvormed fundamentet for dynamikken var lagt. O.a.

pernikanske system.³

På den tid var Galilei 33 år gammel, og var 7. december 1592 blevet matematikprofessor ved universitetet i Padua. Det lykkedes hans aristoteliske "venner" ved universitetet i Pisa at få ham drevet ud, men da det langt om længe lykkedes dem, var hans berømmelse blevet så stor, at han øjeblikkelig fik tilbudt en stilling i Padua til en tre gange så høj løn.

Forflyttelsen var ganske heldig for Galilei. Padua var en del af Den frie venetianske Republik, officielt uden for inkquisitionens magt, og Galilei tilbragte 15 lykkelige og produktive år her. Han holdt stort hus med en mestermekaniker og uddannede håndværkere, der fremstillede hans opfindelser, blandt hvilke var termometeret. Hans forelæsninger blev overværet af begejstrede tilhørere, undertiden op til 2.000. - Og med en venetiansk pige fik han to døtre og en søn.⁴

6.2 Teleskopet

I 1609 hørte Galilei nyheden om, at en hollandsk optiker havde kombineret to brillelinser på en måde, så fjerne genstande syntes tæt ved. Om denne begivenhed skrev Galilei:

"Forlydender nåede mig, om at en vis flamlænder havde konstrueret en "kijker", ved hvis hjælp synlige genstande, omend meget fjernt fra betragte-

³Galileis tavshed var sikkert begrundet i Brunos skæbne. Filippo (som munk kaldet Giordano) Bruno, født 1548, var 1576 flygtet til Norditalien, Geneve og Paris, 1583 til London, hvor han først optrådte med sin lære, der var påvirket af Nikolaus af Cusa og grundet på det coppernikanske system. Igen til Paris og Wittenberg, hvorfra han 1591 blev lokket til Italien af en ung venetianer, der ønskede undervisning af ham, men i stedet overgav ham til Inkquisitionen i Venezia 1592. Herfra blev han to år senere udleveret til den romerske Inkquisition og sad fængslet i Rom i 6 år uden at det vides, hvad der er sket ham i den tid. Den 17. februar 1600 blev Bruno brændt offentligt på Campo di Fiore, Blomstertorvet i Rom, hvorfra Italiensfarere vil mindes den dystre statue rejst 9. juli 1889 til minde om filosofen Bruno. O.a.

⁴1604 observeredes en Nova; ikke så lysstærk som Tycho Brahes Supernova 1572, "Stella Nova Anni 1572". Hipparchos blev 134 f.v.t inspireret af en nova til at lave sit stjernekatalog. Stjernen over Betlehem formodes at være den nova kinesiske astronomer observerede år 5 f.v.t. i Capricornus. Med moderne lysstærke teleskoper registreres novaer let. Nova Pyxis f.eks. havde udbrud 1890, 1902, 1920 og 1944. Den nærmere Nova 1604 var dog et sjældent fænomen, der vakte den største opmærksomhed. Fra sit hjem i Padua observerede Galilei den med primitive midler over kirken Sct. Antoni, og holdt forelæsninger om den, som studenterne strømmede til. Han korresponderede med lærde kolleger om sagen og fastslog, at den lå uden for Månens kredsløb blandt fixstjernerne. O.a.

rens øje, kunne ses så klart som var de ganske tæt ved. Til denne forunderlige effekt, som nogle mennesker troede på, men andre benægtede, knyttedes adskillige eksperimenter."

"Nogle få dage senere fik jeg rygtet bekræftet i et brev fra (en tidligere elev i) Paris. Det bragte mig ind på helhjertede undersøgelser for at udfinde, med hvilke midler jeg mon selv kunne udvikle et lignende instrument. Det lykkedes mig senere ved grundige studier af teorien for lysets brydning.

Først fremstillede jeg et blyrør, i hvis ender jeg monterede to glaslinser, begge plane på den ene side, men den anden side konveks på den ene og konkav på den anden. Idet jeg så anbragte mig med øjet nær den konkave linse, så jeg genstande tilfredsstillende store og tæt ved; for de forekom tre gange nærmere og ni gange større end set alene med det blotte øje.

Dernæst konstruerede jeg et andet mere akkurat instrument, der gengav objekter som om de var forstørret mere end tres gange. Endelig lykkedes det mig, idet jeg hverken sparede på anstrengelser eller omkostninger, at konstruere et instrument til eget brug, så glimrende at genstande set der igennem forekom næsten tusind gange større og mere end tredive gange nærmere, end iagttaget med det naturlige syn."

Galilei viste en af sine kikkerter til sine velyndere, Venedigs rådsherrer. I et brev til sin svoger Benedetto Landucci skriver Galilei 29. august 1609 fra Venedig:

"Mange adelsmænd og senatorer, skønt aldrende, besteg toppen af et af de højeste tårne adskillige gange for at iagttage skibene, der kunne ses, langt borte og for fulde sejl ind, to timer førend de kunne ses uden mine linser. For det gør ting på 50 miles afstand så store, som var de kun fem mile væk."

Senatet spurgte Galilei, om han ville overlade byen et lignende instrument som hjælp til byens forsvar imod angreb fra havet. Da han gjorde det, tredoblede de øjeblikkelig hans honorar, og sikrede ham i hans stilling ved at gøre ham til professor for livstid.⁵

Efter at have perfektioneret teleskopet, så godt han kunne, rettede Galilei det imod Månen, planeterne og stjernerne. Derved gjorde han en række revolutionerende opdagelser, som han bekendtgjorde i en lille bog med titlen "Siderus Nuncius" Astronomisk meddelelse. Virkningen af denne lille bog var så kolossal, som det ses af rapporten Sir Henry Wotton, den britiske

⁵En af Galileis "Perspiciller" findes endnu og opbevares i Firenze. Det er et kartonrør af 1,2 m længde og 5 cm i diameter med påskriften "Tubum opticum vides, Galilei inventum, et opus quo Solis maculas et extimos lunae montes et Jovis satellites, et novam quasi rerum universitatem primum dispexit A.D. 1609" O.a.

ambassadør i Venedig, skrev:

“For nu at berøre øjeblikkets begivenheder, fremsender jeg hermed til Hans Majestæt de besynderligste nyheder (som jeg med rette må kalde det) Han overhovedet nogen sinde har modtaget fra noget steds i verden; hvilke er i medfølgende bog (udgivet på selve dagen idag) af matematikprofessoren i Padua, som ved hjælp af et optisk instrument (der både forstørrer objektet og bringer det nærmere), opfundet i Flanderen og forbedret af ham selv, har opdaget fire nye planeter kredsende omkring Jupiters sfære, udover mange andre ukendte fixstjerner; ligeledes den sande årsag, man så længe har søgt, til Via Lactae (Mælkevejen); og endelig at Månen ikke er kugleformet, men er opfyldt af mange bjerge, og hvad der er mærkværdigst af alt, belyst af Solens lys ved refleksion fra Jordens klode, som han synes at forklare. Således at han inden for hele emnet har kuld kastet al tidligere astronomi..”

“Disse ting har jeg været så frejdig at oplyse til Deres Højhed, hvorom her tales i alle kroge. Og forfatteren er på vej af skæbnen til enten at blive umådelig berømt eller umådelig latterlig. Med næste skib vil Deres Højhed modtage et af de ovennævnte instrumenter fra mig, således som det er forbedret af denne mand.”

Hvorhen Galilei end rettede sit kraftige teleskop, så han myriader af nye stjerner, der så voldsomt oversteg de tidligere kendte, at menneskehedens formodning om at vide noget som helst om Universet pludselig forekom ynkelig. Mælkevejen fremtrådte nu som et hav af stjerner så talrige, at Galilei fortvivlet afstod fra at beskrive dem i detaljer. Universets mægtighed som postuleret af Nikolaus Copernikus og Giordano Bruno (den ene latterliggjort, den anden brændt levende) kunne nu sanses direkte af Galilei. Alle vegne han så hen, fandt han belæg der støttede det copernikanske system og gendrev Aristoteles og Ptolemaios.

Jupiters fire måner, som Galilei 7/1-2/3 1610 havde opdaget, fulgte planeten i dens bevægelse og tilbageviste således argumentet, at hvis Jorden drejede rundt om Solen, ville Månen ikke være i stand til at kredse rundt om Jorden. Jupiter med sine måner dannede en slags copernikansk miniature-system med den tunge planet i centrum og de fire små måner kredsende om den med hastigheder, der aftog i forhold til deres afstande fra Jupiter.

Galilei opdagede, at Venus viser faseforandringer, og at disse faser ledsages af variation i planetens apparente størrelse. Copernikus havde forudsagt, at såfremt det menneskelige syn forbedredes, ville netop disse ændringer i Venus' fremtræden kunne iagttages. Galileis observationer beviste, at Venus bevæger sig i en bane omkring Solen: Når den befinder sig på den modsatte

side af Solen i forhold til Jorden, ses den lille og fuld. Når Venus er mellem Solen og Jorden, er den stor og bueformet.

Galilei observerede også bjergene på Månen. Han målte deres højde ved at iagttage, hvorledes sollyset strejfer bjergtoppene lige ved "solopgangsbæltet" på Månen, og han målte nogle af bjergenes højde til adskillige kilometer. Det modbeviste Aristoteles' doktrin om, at Månen er en perfekt kugle, og skabte lighedspunkter mellem Jorden og Månen.

Galilei så, at den mørke del af Månen er svagt selvlysende, og hævdede at det skyldtes lys reflekteret fra Jorden.

Sagt generelt, var det indtryk Galilei fik af sine månestudier, at Månen mere eller mindre er et himmellegeme af samme slags som Jorden, og at de samme fysiske love gælder på Månen som på Jorden.

Alle disse observationer understøttede i høj grad det copernikanske system, selv om det endelige argument, observation af stjerneparallaxen, vedblivende manglede indtil det 19. århundrede. Skønt han savnede dette absolut afgørende bevis, mente Galilei at have tilstrækkelig holdbare grunde til at være mere åben og begynde at undervise i det copernikanske system. Hans lille bog *Siderus Nuncius* havde gjort ham vidt berømt. Han havde set, hvad intet menneske hidtil havde set, og havde opdaget nye verdener. Hans navn var på alles læber, og han sammenlignedes ofte med Columbus.

6.3 Den bevæger sig alligevel!

1610 forlod Galilei Padua for at overtage en ny stilling som matematiker ved Mediciernes hof i Firenze. Foråret 1611 aflagde han et triumferende besøg i Rom. Kardinal del Monte skrev, da han omtalte dette besøg: "Hvis vi levede i det antikke Rom, tror jeg virkelig der ville have været rejst en søjle på Capitol til ære for Galilei!" Paven modtog Galilei i en venlig audiens, og prins Cesi udnævnte ham til medlem af *Akademia dei Lincei*.

De jesuitiske astronomer var i særlig grad venlige imod Galilei. De bekræftede hans observationer og forbedrede nogle af dem. Men Galilei fik også mange fjender, især blandt universiteternes forstøkkede aristoteliske professorer. Han nød uenighed og offentlighed, og kunne ikke modstå fristelsen til at lade sine modstandere fremstå på en så naragtig måde, at de ofte blev bitre personlige fjender.

Ikke blot modsagdes Aristoteles af Galileis lov om faldende legemers acceleration, men Galileis princip om inerti modsagde også det aristoteliske

dogme “omne quod movetur ab alio movetur- alt, der bevæger sig, bevæges af noget.”⁶

Tilhængere af Aristoteles troede, at hver planet bevægedes af en engel. Desuden benægtede Galilei også Aristoteles’ lære, om at udvikling og forfald er begrænset til at finde sted inden for sfæren under Månens kredsløb.

Selv om Galilei i begyndelsen blev venlig modtaget og hædret af astronomer blandt jesuitterne, gjorde han medlemmer af denne orden til sine fjender på grund af uenighed om prioriteten til opdagelsen af solpletterne.⁷ Galileis skrift om solpletterne vandt stort bifald. Kardinalen Carlo Maffeo Barberini, der senere blev pave Urban VIII, skrev således til Galilei og priste bogen varmt.

1613 gav Medicierne et middagsselskab og inviterede professor Castelli, en af Galileis elever som var blevet matematikprofessor i Pisa. Efter middagen drejede samtalen ind på Galileis opdagelser, og storhertuginde Christina, mor til hertug Cosimo di Medici, spurgte om Castellis mening med hensyn til om Jordens bevægelse modsagde Biblen.

Da Galilei fik samtalen refereret, var hans reaktion at offentliggøre et hæfte med titlen “Brev til Castelli”, senere udvidet i et større skrift med titlen “Brev til Storhertuginde Christina”. Hæfterne, der cirkulerede vidt og bredt, indeholdt bl.a. følgende afsnit:

“...Lad os antage teologien samstemmer med den højeste guddommelige betragtning, og indtager den kongeligste trone blandt videnskaberne som følge af denne værdighed. Ved at opnå den højeste autoritet på den måde, gennem ikke at nedstige til de lavere og mere ydmyge spekulationer i de underordnede videnskabsgrene, og ikke tage noget hensyn til dem, der jo slet ikke omfattes af saligheden, skulle dens professorer ikke være så arrogante at tiltage sig autoritet til at afgøre kontroverser i professioner, de hverken har studeret eller praktiseret. Det ville jo være som om en absolut despot, der hverken var læge eller arkitekt, men i øvrigt følte sig fri til at bestemme hvad

⁶Ikke at forveksle med årsagsprincippet eller princippet om agens, at f.eks. enhver bevægelse må have en oprindelig årsag. Oldtidens fysikere forestillede sig, at den jævne bevægelse kun kunne opretholdes af en vedvarende bevægende kraft eller årsag, da jo al erfaring viste at bevægelsen ellers ville gå istå, f.eks. på grund af gnidning, som følge af trækdyrets udmattelse, etc. O.a.

⁷Fra oldtiden var man bekendt med solpletterne, men Galilei projicerede dem med teleskopet og studerede dem nøje fra 1610, så han kunne udtale sig om deres natur, og korrekt fastslog Solens egenrotation. Forinden offentliggjorde pater Scheiner tre breve herom, men blev straks imødegået af Galilei. O.a.

som helst, ville give sig af med at ordinere mediciner eller oprejse bygninger efter eget forgodtbefindende, til alvorlig skade for hans patienters liv og resulterende i det hurtige sammenbrud af hans bygningsværker..."

Galileis sigte med offentliggørelsen af disse hæfter var at overvinde de teologiske indvendinger imod det coppernikanske system. - Virkningen blev den stik modsatte. Hans "Brev til Castelli" påkaldte Inkquisitionens opmærksomhed, og i 1616 forbød Inkquisitionen enhver, især Galilei, at have eller forsvare det synspunkt, at Jorden drejer sig om sin akse og bevæger sig i kredsløb om Solen.

Galilei blev bragt til tavshed, i det mindste for en tid. De næste 18 år levede han frit og fortsatte ugenert sit arbejde. Han fortsatte f.eks. sit arbejde med optikken og konstruerede et sammensat mikroskop.

1623 bragte gode nyheder: Kardinal Barberini var blevet valgt til pave. Han var en fremragende intellektuel og Galileis nære ven. Galilei rejste til Rom for at hylde den nye pave, og blev modtaget med stor varme. Han kom i seks lange audienser hos paven, som lod ros og gaver regne ned over ham. Den nye pave nægtede ganske vist at tilbagekalde Inkquisitionens dekret af 1616, men Galilei forlod Rom med det indtryk at han havde lov til at tale om Copernikus' system, forudsat han afholdt sig fra teologiske betragtninger.⁸

Nu regnede Galilei med at tiden var inde til at fremføre beviser for den coppernikanske kosmologi, og begyndte at arbejde på en bog, der skulle skrives i model af en platonisk dialog. Personerne, der samtaler i dialogen, er Salivati en coppernikansk filosof, Sagredo en neutral men intelligent lægmand, og Simplicio en lidt dum aristoteliker, som altid ender med at tabe i argumentationen.

Galileis bog, "Dialog om To førende Verdenssystemer", er en stærk og kun let forklædt argumentation til fordel for det coppernikanske system. Da den blev publiceret i 1632 var reaktionen dramatisk. Bogen blev næsten øjeblikkelig bandlyst, og censoren der havde tilladt trykningen blev bandlyst i unåde. Da Inkquisitionens udsendinge ankom til boghandlerne for at konfiskere kopier af "Dialog", opdagede de at hele oplaget var fuldstændig udsolgt.

⁸Palazzo Barberini i Rom blev bygget i 17. århundrede af Maderno, Borromini og Bernini, til dels af sten fra Colosseum og det skønne Pantheon. Herfra "låntes" også tagstens hule malmbjælker i forhallen til Peterskirken, der indviedes 1626 med Michelangelo Buonarrotis pragtfulde kuppel, arkitektur og fresker. Barberinierne kvalificerede sig til romernes eftermæle: "Quod non fecerunt barbari, fecerunt Barberini." Hvad barbarerne ikke gjorde, gjorde Barberini, der var berygtet for bjergsomhed og nepotisme, nemlig ødelagde antikkens Rom. O.a.

Paven var rasende. Han følte sig forrådt. Galileis fjender havde åbenbart overbevist ham om, at bogens *Simplicio* var en karrikatur af paven selv. Galilei, der var 70 år gammel og alvorlig syg, blev slæbt til Rom og truet med tortur. Hans datter Marie Celeste pålagde sig strenge bodsøvelser og fastede i troen på, at det ville forstærke virkningen af hendes bønner for faderen. Hun havde imidlertid et svagt helbred, og blev blot syg.

Under trusler om tortur opgav Galilei i mellemtiden sit forsvar for Jordens bevægelse. Da han rejste sig fra den knælende stilling efter tilbagekaldelsen, skal han ifølge overleveringen have mumlet: "Eppur si muove!- Den bevæger sig alligevel! Det er temmelig usandsynligt, at han mumlede noget som helst af den art, eftersom det ville have været fatalt farligt at gøre det, og fra det øjeblik var Galilei en knækket mand. Sandheden om det svar på tiltale, som eftertiden forestiller sig han gav, forbliver i det dunkle. Som Galilei ytrede før Inkquisitionen knækkede hans kraft:

"Det står ikke i nogen skabnings magt at gøre disse ideer hverken sande eller falske, eller anderledes end deres egen natur, og som de faktisk er."

Galilei fik lov at besøge datteren Marie Celestes sygeleje, men på grund af hendes svage kondition var Galileis prøvelser for meget for hende. Snart efter døde hun. Galilei var derefter Inkquisitionens fange. Han udnyttede tiden til at skrive en bog om sit livslange arbejde indenfor dynamik og materielle strukturers styrke. Manuskriptet til denne bog, "To nye Videnskaber", blev smuglet ud af Italien og udgivet i Holland.

Inkquisitionen lempede på betingelserne i fængslet, da Galilei blev blind, og han fik tilladelse til besøg. Mange kom for at besøge ham, der iblandt John Milton, som da var 29 år gammel. Man kan ikke undgå at spørge sig selv, om Milton under mødet med Galilei havde nogen forudelse om sin egen skæbne. Galilei var blind, og det skulle være Miltons skæbne at blive det. De to mænd havde også andet til fælles: Veltalenhed.

Galilei var en facetteret personlighed, en dygtig musiker og kunstner ved siden af at være en stor videnskabsmand. Virkningen af hans ideer forstærkedes af hans veltalenhed i skrift som i tale. Det bekræftes i det følgende afsnit fra Galileis "Dialog", hvor Sagredo kommenterer Platons dualisme mellem himmelsk fuldkommenhed og jordisk fordærv:

"...Jeg kan kun med største forundring, nej end mere mistro høre det tillagt som en stor ære og fuldkommenhed, at naturlige legemer skulle være uigennemtrængelige, udelelige, uforanderlige, etc., efter at jeg på den anden side hører det bedømt som en stor fejl at være formelig, frembringelig og foranderlig. Det er min opfattelse, at Jorden er ædel og beundringsværdig

på grund af dens mange forskellige forandringer, omdannelser og slægter, der uophørligt fremtræder på den. Hvis den, uden at have været udsat for nogen som helst ændringer, havde været en stor sandbunke, eller en jademasse, eller hvis, siden syndflodens tid, havene der dækkede den var frosset til, så den fremdeles var én stor krystalkugle, hvorpå intet nogen sinde havde groet, udviklet eller omdannet sig, så ville jeg betragte den som en jammerlig klump uden nytte i Universet; en ørkesløs masse, ja med eet ord: Overflødig, præcis som havde den aldrig eksisteret i naturen. For mig ville forskellen være den samme som mellem en levende og en død skabning.

Jeg siger det samme om Månen, Jupiter, og alle de andre Glober i Universet. Jo mere jeg fordyber mig i betragtninger over forfængeligheden ved offentlige diskussioner, jo tommere og simpleere finder jeg dem. Hvilken større dårskab kan man forestille sig end at kalde ædelstene, sølv og guld for ædle, men jord og støv for mindre ædelt? Betænker disse mennesker da ikke, at dersom der var lige så stor knaphed på jord, som der er på juveler og kostelige metaller, ville der ikke findes en konge, som ikke med glæde ville give en hoben diamanter, rubiner og mange guldbarrer for at købe blot den smule jord, der rækker til at plante en Jasmin i en lille potte, eller til at plante en Tangerine i den, så man kunne se den skyde op, vokse og sætte så dejlige blade, duftende blomster og delikate frugter?..."

Processen imod Galilei blæste kolde vinde gennem det sydlige Europas intellektuelle atmosfære og markerede slutningen på den italienske renæssance. Forinden var renæssancen imidlertid flyttet nordpå og havde frembragt skikkelser som Dürer og Gutenberg i Tyskland, Erasmus og Rembrandt i Holland og Shakespeare i England. I 1642, samme år som Galilei døde i Italien, fødtes Isaac Newton i England.

Kapitel 7

FORNUFTENS TIDSALDER

7.1 Descartes

Indtil aften den 10. november 1619 var algebra og geometri to forskellige discipliner. På denne efterårsaften fejrede tropperne under kurfyrsten af Bayern Mortensaften i landsbyen Neuburg i Bøhmen. Blandt dem var en ung franskmand ved navn René Descartes (1596-1659), som havde meldt sig til kurfyrstens hær for at undslippe det parisiske society. I nattens løb havde Descartes en række drømme, der - som han senere forklarede - indgød ham begejstring og omvendte ham til et liv i filosofi, samt overdrog ham en vidunderlig nøgle til at trænge ind i naturens hemmeligheder.

Det naturfilosofiske program, som Descartes påbegyndte i fortsættelse af sine drømme, førte til opdagelsen af den analytiske geometri, der kombinerer geometrien og algebraen. Descartes' metode bestod i det væsentlige i at tilforordne ethvert punkt i planen et talpar, x og y . Disse tal repræsenterer afstandene fra punktet til koordinataksene, to faste på hinanden vinkelrette liner. Enhver algebraisk ligning i x og y frembringer således ved afbildning en graf i planen.¹

Descartes indså styrken i at anvende algebraen til afbildning og studium af geometriske figurer, og han udviklede sin metode i en udmærket bog, der var blandt dem som Newton senere studerede i Cambridge. Descartes' pionerarbejde inden for den analytiske geometri banede vejen for Fermats, Newtons og Leibniz' udvikling af differential- og integralregning. (Foruden at

¹"Essays philosophiques" udkom 1637 og består af fire bøger. Den første af disse er den epokegørende "Discours de la méthode". I fjerde grundlægges den analytiske geometri. O.a.

tage skridt i retning af opfindelsen af integralregningen opdagede den store franske matematiker Pierre de Fermat (1601-1665) uafhængigt af Descartes den analytiske geometri, men offentliggjorde nu aldrig dette arbejde.)

Med analytisk geometri kunne man uden større besvær beregne de ellipseformede planetbaner, som Keppler havde indført i astronomien, så vel som de paraboliske faldbaner eller kasteparabler Galilei havde fundet.

Descartes arbejdede også på en teori, der skulle forklare planetbevægelserne som resultatet af en slags æterhvirvler, men denne teori havde ikke det samme held med sig som hans analytiske geometri, og måtte sluttelig forlades.

Inden for optikken, fysiologien og filosofien udførte Descartes betydningsfulde arbejder, og han er ophavsmanden til den berømte sætning: "Cogito, ergo sum", Jeg tænker, altså er jeg; udgangspunktet for hans videnskabsteori. Han besluttede at tvivle om alt, det var muligt at betvivle, og fastholdt det umiddelbart indlysende: visheden om sin egen eksistens som det eneste og virkelig sikre.



Descartes fik en tragisk død ved kombinationen af to onder, han altid havde søgt at undgå: kulde, og det at stå tidligt op om morgenen. Allerede som student tilbragte han det meste af sin tid i sengen. Han havde mulighed for at hengive sig til denne form for "livmodereksistens", fordi hans far havde efterladt ham nogle ejendomme i Bretagne. Descartes solgte disse ejendomme og investerede pengene, så de gav rigeligt udbytte. Han giftede sig aldrig, og det lykkedes ham at undgå enhver form for social forpligtelse.

Descartes ville måske have kunnet leve lykkelig på den måde til sin høje

alder, hvis han havde kunnet modstå en smigrende indbydelse fra dronning Christina af Sverige. Gustav Adolfs intelligente og viljestærke datter Christina var besluttet på at bringe kulturen til Sverige, til stor fortrydelse for visse svenske adelsmænd der mente, at midlerne fra det kongelige skatkammer udelukkende burde anvendes til kanoner og forsvarsværker. Uheldigvis for Descartes var han blevet så berømt, at dronning Christina ønskede at få timer i filosofi hos ham, og hun sendte et krigsskib til Holland, hvor han på det tidspunkt opholdt sig, for at hente ham til Sverige. Descartes, der ikke kunne modstå det smigrende tilbud fra en kongelig velynder, forlod sit fristed i Holland og drog til det kolde nord.

Desværre havde Christina kun tid til lektioner kl. 5 om morgenen tre gange om ugen. Stakkels Descartes var derfor tvunget til at stå tidlig op i de bælgmørke svenske vinternætter for at give Christina lektioner i et slotsbibliotek fuldt af træk. Hans robusthed kunne ikke stå mål med dronningens, og inden vinteren var forbi, døde han 11. februar 1650 i Stockholm af lungebetændelse.²

7.2 Newton

Juledag 1642 (samme år som Galilei døde) fødte Hanna Newton, der netop var blevet enke på godset Woolsthorpe, en lille landsby i Lincolnshire, England, et barn, der kom for tidligt til verden: Isaac Newton. Som hun senere sagde: Drengen var så lille, at han kunne være i et quart-krus, og man forventede ikke, han kunne leve. Men han levede og overlevede til at gennemføre en betydelig videnskabelig syntese: foreningen af Copernikus', Brahes, Keplers og Descartes' arbejder.

Da Isaac Newton var 4 år gammel, giftede hans mor sig igen og flyttede

²Descartes filosofi fik den største indflydelse på sin tid. Den fremhævede metodiske principper i forskningen med krav om naturlige årsagsforklaringer, og betonedede uafhængigheden af al overleveret autoritet. I sin verdensopfattelse skelner han mellem *substantia cogitans*, sjælen (der føler lyst ved forestillingen om fuldkommenhed, idet dyden er at retrække fornuftig virksomhed) og *substantia extensa*, materien, der fylder hele rummet og er uendelig delelig. Verden er hvirvelbevægelser i den oprindeligt kaotiske materie. Levende væsener betragtes mekanistisk som en slags levende maskiner, men om formål kan man ikke spekulere, mener Descartes, da det vil være forsøg på at granske Guds hensigter. Den moderne inertilære må også tilskrives Descartes. Skarpt over for ideen om en uendelig delelig materie stod korpuskularteorien, især udviklet af Englands store Robert Boyle (1627-1691) og "eksperimentalfysikerne", der mødtes i London fra 1645. O.a.

til sin nye mand. Hun efterlod drengen til hans bedstemors omsorg, hvad der kan have været medvirkende til at gøre Newton mere alvorlig og indadvendt, end han ellers ville være blevet. En af barndomskammeraterne huskede ham som "en nøgtern, tavs og tankefuld fyr, der næsten aldrig deltog i de andre drenges fjollede fornøjelser."

Som dreng holdt Newton af at bygge mekaniske modeller, men viste oprindeligt ingen særlig begavelse som skoleelev. Han havde endnu mindre interesse i driften af familiegodset, men en slægting, der var student ved Trinity College, tilrådede at han kom på latinskole (grammar school) som forberedelse til et studium ved universitetet i Cambridge.

Da Newton kom til Cambridge, fandt han en erstatningsfar i Isaac Barrow, der var hans lærer. Under Barrows vejledning, og medens han endnu studerede, viste Newton sin matematiske begavelse ved at finde binomialformlen.

I 1665 blev Cambridge Universitet lukket på grund af pest, og Newton tilbragte to år på familiegodset i Woolsthorpe. Han var da 23 år gammel. I løbet af disse to år udviklede Newton binomial-teoremet til begyndelsen af differentialregningen.

Newtons berømte eksperimenter inden for optikken dateres også inden for disse år. Galileis opsigtsvækkende eksperimenter blev stærkt diskuteret på den tid, og Newton begyndte at udtænke måder at forbedre teleskopet på. I et skrift om sine optiske eksperimenter siger Newton:

"I året 1666 (på hvilket tidspunkt jeg var optaget af at slibe glas i ikke-sfæriske former) lavede jeg et tresidet prisme, for med det at gøre forsøg over de beundrede farvefænomener. For at kunne udføre dem havde jeg mørkelagt mit værelse, og havde lavet et lille hul i vinduesskodderne for at lade en passende mængde sollys trænge ind, så det derefter kunne brydes imod den modsatte væg.

Det var i begyndelsen en meget behagelig underholdning at betragte de livlige og intense farver, der herved frembragtes. Efter at have iagttaget dem mere grundigt blev jeg forbavset over at se dem i en aflang form, som jeg ifølge de gældende bøjningslove forventede skulle være cirkulær."

Newton beskriver derpå sit afgørende eksperiment. I dette eksperiment blev lysstrålen fra hullet i vinduesskodderne brudt gennem to prizmer efter hinanden. Det første prisme spredte lyset i et regnbuelignende bånd af farver. Fra dette spektrum udvalgte han en stråle i en enkelt farve, og tillod strålen at passere igennem det andet prisme; men da lys af kun en enkelt farve passerede igennem det andet prisme, ændredes farven ikke, og billedet blev

heller ikke bredt ud i et bånd. Uanset hvad Newton gjorde med det, forblev rødt lys altid rødt, når det én gang var udskilt fra de øvrige farver. Gult lys forblev gult, grønt forblev grønt, og blått vedblev at være blått.

Newton målte derpå størrelsen af afbøjningen, de forskellige farver lys blev udsat for ved passage gennem det andet prisme. Han opdagede at rødt lys brydes mindst, derefter kom orange, gult, grønt, blått og til sidst violet, som afbøjes mest. Newton sammensatte de adskilte farver og fandt, at tilsammen frembragte de igen hvidt lys.

I afslutningen af beskrivelsen af sine eksperimenter forklarer Newton: "...og således fandtes den sande årsag til billedlængden (dannet af det første prisme) ikke at være nogen anden, end at lys ikke er ensartet eller homogent, men består af forskellige stråler, hvoraf nogle er mere bøjelige end andre."

"Som lysstråler er forskellige med hensyn til brydningsgrad, er de også forskellige i deres tilbøjelighed til at udvise denne eller hin bestemte farve... Til samme grad af brydning svarer altid samme farve, og til den samme farve svarer altid samme grad af brydning."³

"Farvearten og brydningsgraden, som tilhører en hvilken som helst særlig slags lys, ændres ikke ved brydning i eller spejling fra naturlige legemer, heller ikke af nogen som helst anden årsag, jeg kunne iagttage. Når en hvilken som helst slags stråler er blevet godt udskilt fra dem af anden art, har de vedholdende bevaret deres farve, idet de modstod mine yderste anstrengelser for at ændre den."⁴

I pestårene 1665 og 1666 begyndte Newton også det arbejde, der førte til hans store love om bevægelse og den universelle tyngdekraft. Refererende til året 1666 skriver han:

"Jeg begyndte at tænke på tyngden som udstrækkende sig til Månens bane, og efter at have fundet ud af at anslå kraften, hvormed en roterende globe inden i en kugle presser imod kuglens overflade, ud fra Keplers regel om at planeternes omløbstider står i trehalve (potens)forhold til afstandene fra deres banecentre, udledte jeg, at kræfterne, der holder planeterne i deres baner, må være omvendt proportionale med deres afstand fra centret de omkredser; derefter sammenlignede jeg kraften, der er nødvendig for at holde Månen i sin bane med tyngdekraften ved Jordens overflade, og fandt at de stemte meget godt overens."

³I et og samme brydende medium! O.a.

⁴Altså ikke ganske korrekt, da brydningsgraden afhænger af de optiske mediers brydningsindex! O.a.

Alt dette var i pestårene 1665 og 1666, for på den tid var jeg ved indledningen til min periode af opfindelser, og værdsatte matematik og filosofi mere end på noget senere tidspunkt."

Galilei havde studeret projektilers bevægelse, og Newton var istand til at bygge videre på dette arbejde ved at forestille sig Månen som en slags projektil, der faldt imod Jorden, men samtidig bevægede sig hurtigt sideværts. Kombinationen af de to bevægelser giver Månen dens næsten cirkulære bane.

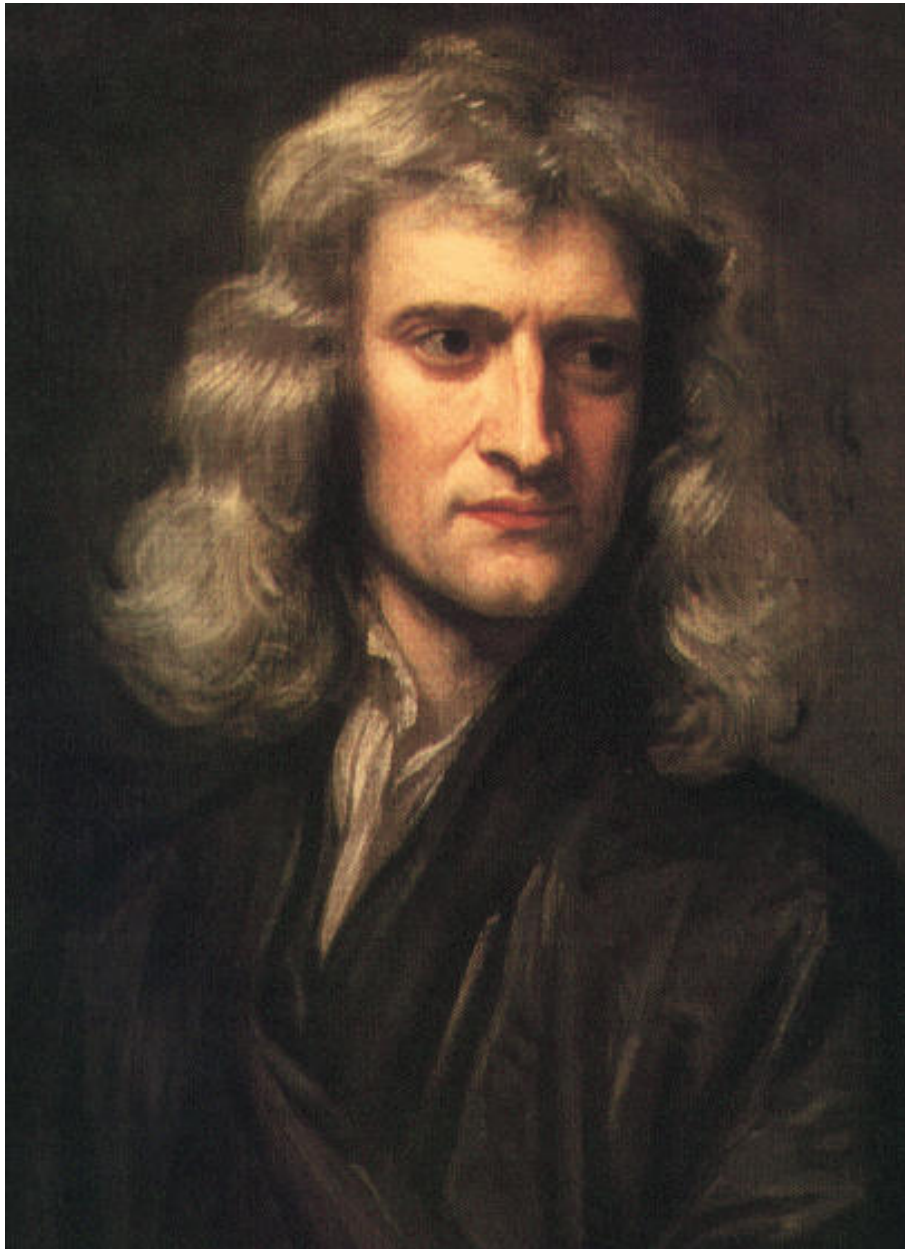
Ud fra Keplers tredje lov havde Newton udledt, at kraften, hvormed Solen tiltrækker en planet, må mindskes med kvadratet på afstanden mellem planeten og Solen. Med stor dristighed gættede han på, at kraften er universel, og at enhver genstand i Universet tiltrækker enhver anden genstand med en gravitationskraft, der er ligefrem proportional med produktet af de to masser, og omvendt proportional med kvadratet på afstanden mellem dem.

Newton gættede også korrekt, at når Jorden tiltrækker en genstand uden for dens overflade, virker det som om al Jordens masse var koncentreret i Jordens centrum. Han kunne imidlertid ikke fremsætte beviset for dette teorem, eftersom det beroede på integralregning, der endnu ikke eksisterede i 1666. (Senere i livet opfandt Newton integralregningen).

Trods det manglende bevis fortsatte Newton og "...sammenlignede kraften, der behøves til at holde Månen i sin bane med tyngdekraften ved Jordens overflade, og fandt at de stemte meget godt overens." Han var ikke tilfreds med denne ret ufuldstændige triumf, og viste ikke sine beregninger til nogen. Ikke alene beholdt han sine ideer om gravitationen for sig selv (sandsynligvis på grund af det manglende bevis) men han afstod også gennem mange år fra at publicere sit arbejde om infinitesimalregning. Da Newton publicerede dem, var disse regnemetoder kort forinden offentliggjort af den store tyske matematiker og filosof Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716), og resultatet blev derfor en bitter strid mellem de to om ophavsretten. Newton publicerede imidlertid sine optiske eksperimenter, og alene de var tilstrækkelige til at gøre ham berømt.

I 1669 trak Isaac Barrow, Newtons lærer, sig velvilligt tilbage fra posten som Lucasian Professor of Mathematics, så Newton kunne overtage stillingen. I en alder af 27 blev Newton således chef for Cambridge' matematiske institut. Han forventedes at afholde otte lektioner om året, resten af tiden havde han til rådighed til videnskabelig forskning.

Newtons prismeeksperimenter havde overbevist ham om, at den eneste mulige måde at undgå farvefejl i billeddannelsen med teleskopet var helt at



undgå refractionen. Derfor ændrede han Zucchis først konstruerede spejleleskop fra 1616, og 1672 præsenterede han sit andet teleskop for det nystiftede Royal Society, der dernæst indvalgte ham som medlem af selskabet.

I mellemtiden blev problemerne om tyngden og planeternes bevægelse i stigende grad diskuteret af medlemmerne af Royal Society. I januar 1684 samledes tre medlemmer af selskabet i et kaffehus i London. Den ene af dem, Robert Hooke (1635- 1703), var forfatter til bogen "Micrographia" og professor i geometri ved Gresham College, en begavet men irriteret mand. Han var begyndt sin karriere som Robert Boyles assistent og fortsatte med vigtige arbejder inden for mange videnskabelige områder.⁵ Hooke mente, at han kunne beregne planeternes bevægelser ved at antage, at de blev tiltrukket af Solen med en kraft, der mindskes med kvadratet på afstanden.

Disse Hookes udtalelser hørte Sir Christopher Wren (1632- 1723), skaberen af St. Paul's Cathedral, og den unge astronom Edmund Halley (1656-1742). Wren opfordrede Hooke til at fremvise sine beregninger, og han tilbød at forære Hooke en bog til en værdi af 40 shillings, hvis han kunne bevise sin omvendte kvadratlov på regulær matematisk vis. Hooke forsøgte i flere måneder, men var ikke i stand til at vinde Wrens belønning.⁶

I mellemtiden havde Halley i august 1684 foretaget en rejse til Cambridge for at tale med Newton, om hvem rygtet sagde, at han vidste mere om planeternes bevægelser, end han havde offentliggjort i sine afhandlinger. Ifølge en næsten samtidig beretning var det der skete følgende:

"Uden at omtale sine egne eller Hookes og Wrens overvejelser bragte han (Halley) straks emnet for sin visit på bane ved at spørge Newton, hvilken banekurve planeterne ville beskrive under antagelse af at tyngden mindskes med kvadratet på afstanden. Newton svarede straks: En ellipse! Glad og slået af forbavselse spurgte Halley, hvordan han kunne vide det? "Hvordan", svarede han, "Jeg har beregnet det"; og spurgt om beregningen, kunne han ikke finde den, men lovede at sende den til ham."

Newton rekonstruerede snart beregningen og sendte den til Halley. Fyldt af entusiasme og beundring tilskyndede Halley Newton til at beskrive al-

⁵Her iblandt mange undersøgelser vedrørende tyngden, der må anerkendes for originalitet og forskelligartethed. O.a.

⁶Halley, matematikprofessor i Oxford 1703, sekretær i Royal Society 1713, Astronomer Royal 1720, fandt at kometen 1456, 1531, 1607 og 1682 var periodisk. Beregnede ellipsebanen og forudsagde genkomst i 1758, - deraf navnet "Halleys Komet". Påviste som den første fixstjernernes egenbevægelse (Sirius, Procyon og Arcturus). Oversatte Apollonius fra Pergaes bøger om keglesnit og forholdssnit fra græsk og arabisk. O.a.

le sine arbejder om bevægelse og tyngdekraft, og ansporet heraf begyndte Newton at bringe orden på sine forskningsresultater. Han vendte tilbage til problemerne, der havde optaget ham under pestårene, og gjorde nu hurtige fremskridt, fordi han siden da havde opfundet infinitesimalregningen. Den tillod ham at bevise nøjagtigt, at Jordens tyngdekraft virker som om al Jordens masse var koncentreret i Jordens centrum. Newton var desuden nu i besiddelse af en bedre beregning af Jordens radius, der i mellemtiden var blevet bedre opmålt af den franske astronom Jean Picard (1620-1682). Så da han denne gang beskæftigede sig med tyngdens problemer, faldt alting på plads.

Ved efterårstid 1684 var Newton parat til at give en række forelæsninger om dynamik og sendte sine lektionsnoter til Halley i form af en lille bog med titlen "On the Motion of Bodies". Halley overtalte Newton til at udvikle disse noter i et større arbejde, og med stor takt og tålmodighed kæmpede han for at hindre kontroverser i at udvikles mellem Newton, der var nervøst overfølsom, og Hooke, der temmelig højlydt påberåbte sig sin andel af opdagelserne, idet han antydede at Newton gjorde sig skyldig i plagiering.

Skønt Newton utvivlsomt er den største fysiker gennem tiderne, havde også han sine svagheder som menneske, og han reagerede ved at udstrege hver eneste reference til Hooke i sin bog. Royal Society tilbød først at bekoste udgivelsen af Newtons bog, men bakkede diskret ud, da en strid mellem Newton og Hooke forekom sandsynlig. Gavmildt tilbød Halley så at betale for publiceringen, og i 1686 blev Newtons store bog trykt med titlen "Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica", Naturfilosofiens matematiske principper. Den indeholder tre dele:

I første bog, "The Motion of Bodies", beskrives mekanikkens generelle principper, og i den fremsætter Newton sine tre bevægelseslove. Han diskuterer desuden differential- og integralregningen, begge dele opfundet af ham selv.

I anden bog, "The Motion of Bodies (In resisting Mediums)", anvender Newton disse metoder på systemer af partikler og i hydrodynamikken. F.eks. beregner han lydets hastighed i luft på basis af luftens sammentrykkelighed og tæthed, og han behandler en stor mængde andre problemer, såsom bevægelsen af et legeme, når bevægelsen foregår i et dæmpende medium som luft eller vand.

Den tredje bog hedder "The System of the World (In mathematical Treatment)". I denne bog udleder Newton til en begyndelse hele solsystemets opførsel ud fra hans tre bevægelseslove og loven om den universelle tyngde-

kraft. Af dette udleder han ikke blot alle Keplers tre love, men beregner også planeternes og deres måners omløbstider. Og han forklarer desuden sådanne detaljer som Jordens fladtrykte ikke-sfæriske form og jordaksens langsomme precession om en fast orienteret akse i rummet. Newton beregnede også Månens uregelmæssige bevægelse som et resultat af Jordens og Solens forenede tiltrækning, og bestemte Månens masse ud fra tidevands-fænomenet.

Newtons Principia anses i almindelighed for at være det største videnskabelige arbejde nogen sinde. At fremlægge en samlet teori, der forklarer en så stor variation af fænomener på grundlag af så få antagelser, var en storslået og aldrig før set bedrift. Newtons samtidige indså da også straks betydningen af det, han havde præsteret.

Den store hollandske fysiker Christian Huygens (1629-1695), opfinderen af penduluret og ophavsmand til lysets bølgeteori, rejste til England med det udtrykkelige formål at møde Newton. Voltaire, som af personlige sikkerhedsgrunde var tvunget til at opholde sig tre år i England, brugte tiden til at studere Newtons Principia, og da han vendte tilbage til Frankrig, overtalte han sin elskerinde Madame de Châtelet til at oversætte Principia til fransk. Alexander Pope, der udtrykte sin samtids generelle mening, skrev et berømt couplet i det håb, at det engang måtte blive indhugget som Newtons gravskrift:

"Nature and Nature's law lay hid in night. God said: "Let Newton be!", and all was light!"

"Natur og naturens lov lå i natten gemt. Gud bød: "Lad Newton fremstå!", hvorpå alt var nemt!"

Newtons syntese var det første store fremskridt i en epoke af menneskelig tænkning, der blev kendt som "Oplysningstiden", "Rationalismen" eller "Fornuftens Tidsalder". Vi kan spørge, hvad det var i Newtons arbejde, der gjorde et så stærkt indtryk på det 18. århundredes intellektuelle? Svaret er, at i Det newtonske Verdenssystem er hele solsystemets udvikling bestemt med bevægelseslovene, stjernernes, planeternes og månernes placeringer og deres hastigheder på et givet tidspunkt. Kender man disse, er det muligt at forudsige hele fremtiden og at klarlægge hele fortiden.

Det newtonske Verdenssystem er som et kæmpemæssigt ur, der går på en forudsigelig måde, når det først er sat igang. I dette verdensbillede knytter man ikke længer frygt og overtro til kometer og formørkelser. Også de er nu en del af verdens majestætiske urværk. De newtonske love er simple og matematiske i formen. De er helt generelle, og de er helt uforanderlige. I dette billede kan naturen selv betragtes som mirakuløs, skønt der ikke findes

mirakler eller undtagelser fra naturlovene.⁷

Newtons samtidige vidste, at der var andre naturlove at opdage foruden dem om bevægelse og tyngdekraft, men de tvivlede ikke om, at alle naturens andre love med tiden ville blive opdaget. Den intellektuelle optimismes klima var sådan, at mange mennesker troede, disse opdagelser ville blive gjort i løbet af nogle få generationers tid, eller i det mindste i løbet af nogle få århundreder.

1704 offentliggjorde Newton en bog med titlen "Opticks", som derefter udkom i 1717 og 1721 i udvidede udgaver. Blandt de mange fænomener, der fremlægges i bogen, er farver dannet ved hjælp af tynde hinder. For eksempel opdagede Newton, at når to svagt konvekse linser lægges mod hinanden, opstår der smalle farvede "Newton-ringe" i det tynde luftlag mellem glasfladerne. Et lignende interferensfænomen er det smukke farvespil i sæbebobler og tynde oliehindere på vand.⁸

For at forklare disse ringe, postulerede Newton, at "...enhver lystråle gennem passage af et brydende medium bringes i en overgangstilstand, der optræder med lige store intervaller hen langs strålen, hvorved strålen i hvert overgangsområde er særlig tilbøjelig til at trænge gennem den næste brydende overflade, men mellem overgangene lettere reflekteres derfra."

Newtons ringe blev senere forklaret på grundlag af lysets bølgeteori, der fremførtes af Huygens og Hooke. Hver farve har en karakteristisk bølgelængde, og lysstråler af en given farve reflekteres let, når forholdet mellem bølgelængden og filmtykkelsen er sådan, at bølgen ved refleksion fra filmens underside forstærkes konstruktivt ved interferens med bølgen, der reflekteres fra den øverste overflade. Skønt han tilskrev lyset periodiske "tilstande af let refleksion" og "tilstande af let transmission", og selv om han foreslog, at bestemte bølgelængder modsvares af bestemte farver, afviste Newton imid-

⁷Newtons love fejrede strålende triumfer i fysikken i de følgende århundreder, og ikke mindst inden for astronomiens celeste mekanik, skønt tyngdekraftens årsag og mediet, hvormed eller hvor igennem den virker, endnu stadig er fuldstændig ukendt. Herom skrev Newton f.eks. til vennen Bentley: "That gravity should be innate, inherent, and essential to matter, so that one body may act upon another at a distance through a vacuum, without the mediation of anything else, by and through which their action and force may be conveyed from one to another, is to me so great an absurdity, that I believe no man who has in philosophical matters a competent faculty of thinking, can ever fall into it." (Third Letter to Bentley) O.a.

⁸Newtonringe er analoge med og afbilder derfor topografiske konturlinier i luftlaget mellem optiske overflader. Det udnyttes f.eks. til test af plane og krumme optiske flader O.a.

lertid lysets bølgeteori, og mente i stedet, at lyset bestod af småpartikler, korpuskler, der udsendes eller emitteres fra lysende genstande.⁹

Newton troede på sin korpuskular-teori for lyset, fordi han ikke på grundlag af Huygens' bølgeteori kunne forstå, hvordan lyset kaster skarpe skygger. Det er mærkeligt, fordi hans "Opticks" bl.a. indeholder følgende passage:

"Grimaldi har informeret os om, at hvis en stråle af sollyset ledes ind i et mørkt rum gennem et meget lille hul, vil genstandes skygger i dette lys blive større, end de burde være, hvis strålerne ramte genstandene i rette linier, og at disse skygger har tre parallelle omrids, bånd eller skalaer af farvet lys sammenfaldende med dem. Men hvis hullet forstørres, bliver omridsene bredere og blandes med hverandre, så de ikke kan skelnes."

Efter denne omtale af lysbøjningen fundet af den italienske fysiker Francesco Maria Grimaldi (1618-1663) diskuterer Newton sine egen undersøgelser af bøjningen. Newton må således have været opmærksom på fænomenet, at lys fra en meget lille lyskilde ikke kaster fuldstændig skarpe skygger!¹⁰

Newton følte selv, at hans arbejder inden for optikken var ufuldkomne, og medtager i slutningen af sin bog en række spørgsmål, "Queries", som han gerne ville have undersøgt. Han håbede at denne liste ville hjælpe andres undersøgelser. Skønt hans samtidige i almindelighed var overdådige i deres ros, var hans egen vurdering beskeden. "Jeg ved ikke, hvordan verden opfatter mig", skrev han. "Selv synes jeg blot, jeg har været som en lille dreng, der leger ved stranden og morer sig med nu og da at finde en mere blank sten eller et kønnere sneglehus end sædvanligt, medens sandhedens store ocean lå helt uopdaget foran mig."

⁹Et af Newtons argumenter var (Opticks, III, I, Qu. 29), at lysets dobbeltbrydning i Islandsk Spat kun kunne forstås som en vekselvirkning mellem krystallen og lysets ikke-symmetriske smålegemer. Som Newton udtrykker det: "Det er vanskeligt at fatte, hvordan lysstråler kan have permanente egenskaber i to retninger, men ikke i alle øvrige, med mindre de er legemer." Bølgeteorien fik særlig ny fremgang med Thomas Youngs publicering 1802-4 i Philosophical Transactions of the Royal Society, om det dengang nye interferensprincip. O.a.

¹⁰Det må huskes, at Newtons lyspartikelteori på hans tid redegjorde tilfredsstillende for alle kendte optiske fænomener, og at Newton beskæftigede sig indgående med Huygens' bølgeteori; for så vidt anerkendte dens brugelighed, og derved brød med en af sin tids hovedfordringer i fysikken: Havde man to modstridende teorier, måtte et afgørende eksperiment være grundlaget for det definitive valg mellem en af dem. Problemet er ingenlunde afklaret i den moderne fysiks forståelse af de elektromagnetiske fænomener, hvor lysets partikelnatur forekommer rigtig f.eks. i absorptions- og emissions-fænomenerne, medens bølgenaturen er en betingelse for beskrivelsen af felttilstande og specielt interferensfænomenet. Man taler derfor om bølge-partikel dualiteten, som det senere forklares. O.a.

På kontinentet havde matematikken og fysikken i mellemtiden udviklet sig hastigt stimuleret af René Descartes' skrifter. En af Descartes' mest fremtrædende efterfølgere var den hollandske fysiker Christian Huygens (1629-1695).

7.3 Huygens og Leibniz

Huygens var søn af en højtstående embedsmand i den hollandske regering. Efter at have studeret matematik ved universitetet i Leyden offentliggjorde han den første lærebog, der nogensinde var skrevet om sandsynlighedsregning. Han blev imidlertid hurtig træt af den rene matematik, og fik i stedet voksende interesse for fysikken.

I 1655, medens Huygens sammen med sin bror og filosofen Benedict Spinoza arbejdede på at forbedre teleskopet, opdagede han en metode til slibning af linser. Denne metode anvendte han ved konstruktionen af et 7,5 m teleskop, og med dette instrument gjorde han en række astronomiske opdagelser. Blandt andet fandt han Saturns ringe ¹¹ og en af Saturns måner, pletter på Mars' overflade, samt Orion-tågen.

Huygens var den første, der forsøgte en talmæssig beregning af afstanden til en stjerne. Ved at antage at Sirius er lige så lysstærk som Solen, beregnede han afstanden til Sirius til ca 4 trillioner km. I virkeligheden er Sirius meget klarere end Solen, så den sande afstand er ca 20 gange større end Huygens' skøn. ¹²

En af Huygens' andre glimrende opfindelser er penduluret. I en forbedring af Galileis studier viste han, at for et pendul der svinger i en cirkelbue er svingningstiden ikke fuldstændig uafhængig af udsvingets størrelse. Derefter opfandt Huygens et pendul med begrænset, ikke ganske cirkulært udsving, hvor svingningerne er isokrone. Dette forbedrede pendul brugte han til regulering af loddets fald, når det drev en tandhjulsmechanisme. På den måde opfandt han penduluret, ret nøjagtig som vi kender det idag.

Da vi omtalte Newtons bidrag til optikken, blev det nævnt, at Huygens var i modsætning til Newtons teori om lysets små partikler eller korpuskler,

¹¹som Galilei havde set i sin primitive kikkert, men ikke tydelig nok til at erkende den rigtige sammenhæng O.a.

¹²Alfa Canis Majoris, Hundestjernen eller Sirius er himlens klareste stjerne, besynderligt nok klassificeret af Ptolemaios som en rød stjerne i år 144. Afstanden er 8,7 lysår, og Bessel fandt i 1844, at det er en dobbeltstjerne bestående af Sirius A med ca 2,2 gange Solens masse og en usynlig ledsager Sirius B, ca 0,94 gange Solens masse. O.a.

og i stedet forsvarede en bølgeteori. Huygens mente, at partiklernes hurtige bevægelser i et varmt legeme, som f.eks. i en stearinlysflamme, frembringer en bølgelignende forstyrrelse i det omgivende medium, og han mente, at denne bølgelignende forstyrrelse i Æteren forårsager synets sanseindtryk ved at påvirke synsnerverne i øjets bagvæg.

I 1678, medens han arbejdede i Frankrig under Ludvig XIV's protektion, skrev Huygens en bog med titlen "Traité de la Lumiere", Afhandling om Lyset, hvori han siger:

"...Det er utænkeligt at tvivle på, at lyset består af en form for stof. For overvejer man dets frembringelse, er man klar over, at det her på Jorden i hovedsagen skabes ved hjælp af ild og flammer, som så afgjort indeholder legemer i hurtig bevægelse, da de opløser og smelter mange andre legemer, selv de solideste; og hvis man tager dets mange virkninger i betragtning, indser man, at når lys er samlet som i konkave spejle, har det den egenskab at brænde, som ilden gør, d.v.s. det adskiller legemers partikler. Dette er så afgjort tegn på bevægelse i det mindste efter sand filosofi, ifølge hvilken man opfatter årsagerne til alle naturlige virkninger som udtryk for mekaniske bevægelser..."

"Når man desuden overvejer den store hastighed, hvormed lyset udbreder sig i alle retninger, og hvordan strålerne, når de kommer fra forskellige retninger, selv fra diametralt modsatte, gennembryder hverandre uden hindring, forstår man let, at når vi ser en lysende genstand, kan det ikke være ved nogen overførsel af stof, der kommer til os fra genstanden på samme måde som et skud eller en pil gennemkrydser luften; for det ville ganske afgjort i høj grad modsige disse to lysets egenskaber, især den anden. Lyset spreder sig på en eller anden måde, og hvad der kan føre os til forståelse af det, er den viden vi har om lydets spredning i luften."¹³

Huygens kendte lysets hastighed temmelig nøje fra den danske astronom Ole Rømer (1644-1710), som havde observeret Jupiters måner fra de nærmere og fjernere afsnit af Jordens bane. Ved at sammenligne de beregnede

¹³Huygens meget originale betragtning er ganske interessant, selv fra et moderne synspunkt. Skønt der klart er tale om en energioverførsel f.eks. ved Solens stråling til Jordens overflade, er forestillingen om en materiel transport af diskrete lyskvanter, der gennemkrydser rummet med lysets hastighed, næppe rigtig. Derimod kan man forestille sig, at kvanter, der emitteres fra Solen, bidrager til et energetisk felt, hvori bidraget skaber en forstyrrelse, der udbreder sig med en af feltforholdene bestemt hastighed, og at der fra feltet i den umiddelbare nærhed af et absorberende legeme overføres energikvanter til dette. O.a.

og observerede tidspunkter for månernes bestemte indbyrdes positioner, blev Rømer i stand til at beregne tiden for lysets udbredelse tværs over Jordens banediameter. På den måde anslog Ole Rømer lysets hastighed til at være ca 227.000 km/sek. I betragtning af det tidlige tidspunkt for denne første vellykkede måling af lysets hastighed, er resultatet bemærkelsesværdig tæt på den moderne anerkendte fastsættelse af lysets hastighed til 299 792,458 km/sek ¹⁴ Ole Rømer demonstrerede dermed, at skønt lyshastigheden er enorm, er den dog ikke uendelig stor.

Huygens formodede, at en lysbølges udbredelse var analog med lydets, eller f.eks. med udbredelsen af de bølgeringe, der kan ses i en stille vandoverflade, når en sten kastes i. Han udviklede et matematisk princip til beregning af lysbølgers udbredelse efter et kortere tidsinterval, hvis den oprindelige flade, der repræsenterer bølgefronten, er kendt. Huygens antog, at hvert punkt på den oprindelige bølgefront måtte være kilde til kugleformede småbølger, der bevæger sig ud i mediet med lysets hastighed. Indhylningsfladen, der markerer grænsen mellem området uden for alle småbølgerne og området inden for disse, er selve den fremadskridende bølgefront.

Hvis man anvender Huygens' princip til beregning af bølgefronter for lys, der udbreder sig fra en punktformig lyskilde hen over en knivsæg, opdager man, at en del af bølgen når ind i skyggeområdet. Det er præcis den effekt, der blev observeret af både Grimaldi og Newton, og som Grimaldi betegnede "afbøjning". Afbøjningseffekten blev senere, efter Thomas Young (1773-1829) og Augustin Jean Fresnel (1788-1827) et stærkt argument til fordel for Huygens' bølgeteori for lyset. Man kan selv observere bøjningseffekten ved at se på en punktliskilde, som f.eks. en fjern gadelampe, gennem et stykke fintmasket stof, en smal sprække, eller et lille hul.

Et andet bøjningsfænomen kan iagttages i lys, der strejfer overfladen af en grammofonplade. Lyset vil synes farvet i spektrets smukke farver. Virkningen opstår ved, at hver rille er kildested for et tog af småbølger i overensstemmelse med Huygens' princip. Under visse vinkler vil bølgetogene ses at interferere, idet hver farve har sin ganske bestemte interferensvinkel.

Interessant nok har den moderne kvanteteori (undertiden kaldet bølgemekanikken) vist, at både Huygens' bølgeteori og Newtons korpuskularteori for lyset indeholder sande aspekter. Lys, viser det sig, har både bølgelignende og partikellignende egenskaber. Ydermere har kvanteteorien vist, at elementarpartikler som elektroner også har bølgelignende egenskaber! F.eks. kan

¹⁴hvorpå meter-definitionen nu hviler O.a..

elektroner afbøjes af atomerne i en krystal på en måde, der er fuldstændig analog med lysets afbøjning i grammofonpladens riller. Således er forskellene mellem Huygens' og Newtons opfattelser af lysets natur specielt interessante, siden de foregriber den moderne fysiks bølge-partikel dualitet.

En af Christian Huygens' venner var den tyske filosof og matematiker Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716). Leibniz havde universelle og glimrende evner. Foruden at være matematiker og filosof var han også jurist, historiker og diplomat. Han formulerede doktrinen om magtbalance og forsøgte at forene den katolske og den protestantiske kirke. Han grundlagde videnskabelige akademier i Berlin og St. Petersborg, opfandt kombinations-analyse, introducerede determinanter i matematikken, opfandt uafhængigt integralregningen samt en regnemaskine, der kunne udføre alle fire regningsarter. Han var rådgiver for Peter den Store og skabte tesen om, at "dette er den bedste af alle verdener", som Voltaire i romanen "Candide ou l'optimisme" satiriserer så nådesløst komisk over.

Leibniz lærte matematik af Christian Huygens, hvem han mødte under en rejse som udsending for kurfyrsten af Mainz. Da Huygens også var en mand af mange interesser, fandt han den åndrige Leibniz tiltalende, og gik med glæde ind på at undervise ham. Leibniz fortsatte sin korrespondance med Huygens og vedblev at modtage opmuntringer fra ham til slutningen af den ældre mands liv.

1673 besøgte Leibniz England, hvor han blev indvalgt som medlem af The Royal Society. Samme år begyndte han arbejdet om integralregning, som han fuldendte og offentliggjorde i 1684. Newtons opfindelse af infinitesimalregningen var gjort meget tidligere end Leibniz' selvstændige arbejde, men Newton offentliggjorde ikke sine opdagelser før 1687. Dette dannede baggrund for den bitre strid om førsteretten mellem henholdsvis Newtons og Leibniz' beundrere. Striden var ulykkelig for alle implicerede, specielt Leibniz. Han havde modtaget en stilling i storfyrsten af Hannovers tjeneste, en stilling han havde i 40 år. I 1714 blev storfyrsten kaldt til England for at overtage tronen som George I. Leibniz ønskede naturligvis at følge storfyrsten til England, men måtte lades tilbage, i hovedsagen på grund af striden med Newtons tilhængere. To år senere døde Leibniz, forsømt og glemt. Kun hans sekretær deltog i begravelsen.

7.4 Bernoulli'erne og Euler

Blandt Leibniz' tilhængere var en usædvanlig familie af matematikere ved navn Bernoulli. De nedstammede fra en rig købmandsfamilie i Basel, Schweiz. Familiens overhoved Nikolaus Bernoulli den Ældre prøvede at tvinge sine tre sønner Jakob (1654-1705), Nikolaus (1662-1716) og Johan (1667-1748) til at efterfølge sig og videreføre familiens forretning. Men den ældste søn Jakob havde selv lært sig den Leibniz'ske integralregning, og blev i stedet matematikprofessor ved universitetet i Basel. Hans motto var "Invicto padre sidera verso". Imod min faders vilje studerer jeg stjernerne.

Nikolaus II og Johan blev snart grebet af broderens begejstring og lærte integralregning af ham. Johan blev matematikprofessor i Groeningen og Nikolaus blev knyttet til fakultetet i det nydannede Akademi i St. Petersburg.

Johan Bernoulli havde tre sønner, Nikolaus III (1695-1726), Daniel (1700-1782) og Johan II (1710-1790), som alle ydede væsentlige bidrag til matematikken og fysikken. Nikolaus Bernoulli den Ældres familie frembragte således 9 berømte matematikere inden for tre generationer.

Daniel Bernoullis begavelse var så fremragende, at han skilte sig ud selv fra andre medlemmer af familien. Han blev matematikprofessor ved Videnskabsakademiet i St. Petersburg, da han var 25 år gammel. Men efter otte russiske vintre vendte han tilbage til barndomsbyen Basel. Da lærestolen der i matematik allerede var optaget af hans far, der havde overtaget den efter Jakobs død i 1705, fik Daniel en anden ledig lærestol, først i anatomi, dernæst i botanik og til slut i fysik. Trods mangfoldigheden af titler lå Daniels fornemste præstationer inden for den udvidede matematik, og han er blevet kaldt "den matematiske fysiks fader".

En god ven af Daniel Bernoulli og hans brødre var en ung mand ved navn Leonhard Euler (1707-1783). Han kom i Bernoulli'ernes hjem en gang om ugen for at få private timer hos familiefaderen Johan Bernoulli. Euler var bestemt til at blive den mest frugtbare matematiker i historien, og familien Bernoulli indså hurtigt, hvor store evner han havde. De overtalte Eulers far til ikke at tvinge Leonhard ind i en teologisk karriere, men i stedet give ham lov til sammen med Nikolaus III og Daniel at arbejde ved Akademiet i St. Petersburg.

Euler giftede sig med datteren af en schweizisk maler og slog sig ned i et liv i roligt arbejde, fik en stor familie og producerede en enestående mængde artikler. En nylig udgave af Eulers arbejder består af 70 kvartbind af offentliggjort forskning og 14 bind manuskripter og breve. Hans bøger og artikler er

for størstedelens vedkommende helliget algebra, talteori, geometrisk analyse, variationsregning (opfundet af Euler), geometri, trigonometri, mekanik, optik og astronomi; men de indeholder også bidrag til skibsbygningsvidenskab, arkitektur, filosofi og musikteori!

Euler kunne skabe en så stor produktion takket være sit rolige og glade væsen, en overordentlig god hukommelse og en beundringsværdig evne til koncentration, som gjorde det muligt for ham at arbejde selv midt iblandt sin store støjende familie. Vennen Tibault beskrev Euler siddende "...med en kat på skulderen og et barn på skødet. - På den måde skrev han på sit udødelige arbejde."

I 1771 blev Euler helt blind. Med sine sønners og trofaste videnskabelige assistenters hjælp fortsatte han alligevel at udføre arbejde af fundamental betydning. Han havde for vane at udføre beregninger med kridt på en tavle til støtte for assistenterne, selv om han ikke selv kunne se, hvad han skrev. Ganske typisk var Euler netop ved at lave sådanne beregninger, da han døde.

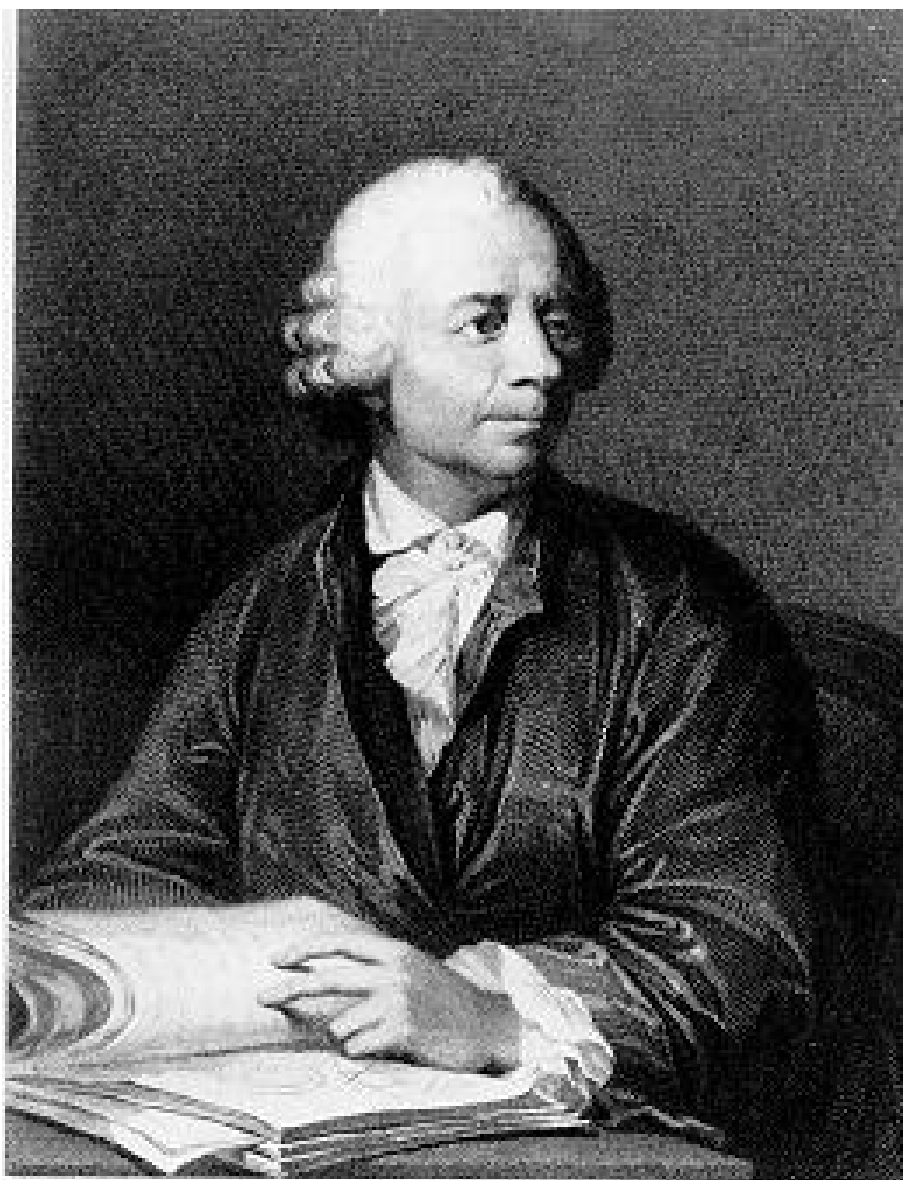
Den 18. september 1783 underviste Euler et af sine børnebørn i matematik og lavede nogle beregninger vedrørende balloners bevægelse. Derpå tilbragte han eftermiddagen i diskussion med to af sine assistenter om den nyopdagede planet Uranus. Kl. 5 fik han en hjerneblødning, mistede bevidstheden og døde kort efter. Som en af hans levnedsskildrere udtrykte det: "Kridtet faldt ud af hans hånd; Euler holdt op at regne - og at leve".

(Uranus blev fundet 13. marts 1781 af William Herschel, der først mente, det var en komet, han ville kalde Georgium Sidus efter kongen George III. Laplaces beregninger viste 5 måneder senere, at der var tale om en planet, og navnet Uranus blev foreslået af Bode. O.a.)

I det 18. århundrede var det skik i det franske videnskabsakademi at foreslå et matematisk emne hvert år, og at udlove en pris for den bedste artikel om det pågældende problem. Leonhard Euler og Daniel Bernoulli vandt begge Pariserprisen mere end ti gange, og de deler udmærkelsen ved at være de eneste, der har opnået det. Johan Bernoulli siges engang at have smidt sin søn ud af huset, fordi denne vandt prisen et år, da han selv havde konkurreret forgæves om den.

Euler og Bernoulli'erne gjorde mere end nogen andre for at udvikle den Leibniz'ske form for integralregning til et virkelig dueligt arbejdsredskab, og til at sprede kendskabet dertil ud over Europa. De anvendte denne regningsart på en mængde forskellige problemer, lige fra formen af skibes sejl til den kinetiske gasteori. Et eksempel på den slags problemer, de overvejede, er den svingende streng:





I 1727 udviklede Johan Bernoulli i Basel i en korrespondance med sønnen i St. Petersburg et omtrentligt sæt ligninger for en vibrerende streng under antagelse af, at strengen bestod af en række massepunkter holdt sammen af vægtløse fjedre. Derfra gik Daniel dristigt videre til kontinuumsgrænsen, hvor masserne bliver uendelig talrige og uendelig små.

Det resulterede i Daniel Bernoullis berømte bølgeligning, der er, hvad vi nu kalder en partiel differentiaalligning. Han viste at bølgeligningen har sinusoidale løsninger, og at summen af to vilkårlige løsninger også er løsning. Dette sidste resultat, superpositionsprincippet, er et matematisk bevis for bølgebevægelse, som Huygens havde bemærket. Det faktum, at mange forskellige bølger samtidig kan gennemtrænge et og samme medium uden at forstyrre hverandre, var et af Huygens' argumenter for at tro på, at lys er som bølger, eftersom han vidste, at lys fra forskellige retninger kan krydse et givet punkt samtidigt uden at påvirke hinanden. På grund af deres arbejder med partielle differentialer anses Daniel Bernoulli og Leonhard Euler for grundlæggerne af den moderne teoretiske fysik.

7.5 Politisk filosofi i Oplysningstiden

16., 17. og 18. århundrede er blevet kaldt "Opdagelsestiden" og "Fornuftens Tidsalder", men de kunne lige så vel kaldes "Observationstidsalderen". Over alt blev der åbnet nye verdener for den menneskelige ånd. De store opdagelsesrejser havde åbenbaret ukendte kontinenter, hvis indbyggere havde alternative livsstile. Udforskningen af himlen med teleskopet afslørede rummets enorme dybder, der indeholdt myriader af hidtil ukendte stjerner, og udforskningen af mikroverdenen med mikroskopets hjælp afdækkede en helt ny og forunderlig indviklet verden af noget uendelig småt.

I denne periodes videnskab lå hovedvægten på omhyggelig observation. Den samme optagethed af iagttagelse findes hos de hollandske og engelske malere fra den tid. De store hollandske mestre som Jan Vermeer (1632-1675), Frans Hals (1580-1666), Pieter de Hooch (1629-1678) og Rembrandt van Rijn (1606-1669) opnåede en udpræget realisme i malerier og tegninger, som var det kunstneriske sidestykke til de observationer pionererne Antony van Leeuwenhoek og Robert Hooke gjorde inden for mikroskopien. Disse kunstnere blev støttet af middelklassens mæcener. En middelklasse, der var blevet udbredt og magtfuld både i England og Nederlandene på grund af den udbredte verdenshandel, som begge disse nationer var engageret i.

Medlemmer af den kommercielle middelklasse behøvede et klart og realistisk verdenssyn for at have held med deres forretninger. På den anden side ville en adelsmand i denne periode kunne have materiel fordel af et noget romantisk og fortegnet verdenssyn, der ville sætte ham i stand til at overse den lidelse og sociale uretfærdighed hans privilegier hvilede på. Opblomstringen, der fandt sted for den del af middelstanden, der beskæftigede sig med handel, idet den fremhævede dyder som flid, fornuft og realitetssans, gik hånd i hånd med fremskridtene inden for den eksperimentelle videnskab, der forudsatte de samme dyder for at opnå succes.

I England havde Underhuset, der afspejlede middelklassens interesser, opnået politisk magt, og havde demonstreret med Puritanernes oprør under Cromwell i 1640 og "The Glorious Revolution" i 1688, at Parlamentet kunne henrette eller afsætte enhver monark, der prøvede at regere uden dets samtykke.¹⁵

I Frankrig var situationen imidlertid en ganske anden. Efter at have gennemgået en periode af uro og borgerkrig forsøgte franskmændene at opnå orden og stabilitet ved at gøre kongemagten mere uindskrænket. Bevægelsen i Frankrig i retning af den uindskrænkede kongemagt kulminerede i Louis XIV's lange regeringstid. Solkongen Ludvig, "L'état c'est moi", blev konge i 1643 og sad på tronen til sin død i 1715.

Den historiske baggrund, vi lige har ridset op, dannede baggrunden for nyheden om Newtons videnskabelige triumfer. Dette nye blev modtaget af et Europa, der var træt af religiøse krige, - i Frankrig af en middelklasse, der

¹⁵Note vedrørende The Glorious Revolution: I 1688 kom Vilhelm af Oranien til England, hidkaldt af englænderne "for at genoprette friheden og beskytte den protestantiske religion". Han afløste den fanatisk katolske kong Jacob, som flygtede til Frankrig, og Parlamentet overdrog kronen til Vilhelm og Marie med den bestemmelse, at den skulle gå i arv til deres eventuelle børn. Inden valget måtte de begge underskrive en "Declaration of Rights", der indeholdt vigtige bestemmelser i Magna Carta og Petition of Right. Disse tre dokumenter er det grundlag, hvorpå Englands forfatning har udviklet sig til vore dage. Kongen må ikke gøre undtagelser fra lovene. Ikke pålægge skatter, og ikke holde stående hær uden parlamentets samtykke. Valg til parlamentet skal ske frit uden valgtryk, og medlemmerne skal have talefrihed. Retsplejen skal være retfærdig og mild. Katolikker er udelukket fra tronen. En Tolerancelov gav dissenterne fri religionsudøvelse, når de svor regeringen troskab. Dissenter kunne dog ikke blive embedsmænd, og den fri religion gjaldt ikke katolikker. Således forløb "The Glorious Revolution" i 1688 uden en eneste bloddråbe, og dermed endte det 17. århundredes kamp mellem parlament og kongemagt, der havde hævdet kongedømmets guddommelige karakter. Folkesuverænitetsprincippet sejrede, idet folket, repræsenteret ved Parlamentet, havde valgt ny konge, der bøjede sig for folkets krav og tilsikrede lovens overholdelse. O.a.

søgte en ideologi i kampen mod "l'ancien régime".

For de intellektuelle i det 18. århundrede blev Newtons velordnede Kosmos, adlydende naturlovene med planeterne i kredsløb om Solen, et inspirerende symbol på rationalitet. I deres søgen efter et samfund, der var i bedre overensstemmelse med den menneskelige natur, blev det 18. århundredes europæere voldsomt opmuntret af videnskabens triumfer. Fornuft havde vist sig at være en brugelig vejleder inden for naturfilosofien. Kunne fornuft og naturlove mon så ikke også danne grundlag i moralen og den politiske filosofi? I forsøget på at følge dette program lagde Oplysningstidens filosoffer grundstenene til rette inden for psykologien, antropologien, sociologien, statsvidenskaben og økonomien.



En af de tidligste og mest indflydelsesrige af disse filosoffer var John Locke (1632-1705), samtidig med, og ven af Isaac Newton. I hans "Second Treatise on Government", publiceret i 1690, var det John Lockes hensigt at gendrive doktrinen om, at konger regerer ved guddommelig ret, og at erstatte denne doktrin med en alternativ regeringsteori udledt med fornuftens hjælp af naturlovene. Ifølge Lockes teori levede mennesker oprindeligt sammen uden formel regering:

"Mennesker, der lever sammen ifølge fornuften", skrev han, "uden en fælles jordisk overordnet med autoritet til at dømme imellem sig, er den sande naturstat... En lighedsstat, hvori al magt og dømsudøvelse er gensidig, så ingen har mere end andre, og hvori der ikke er noget mere indlysende, end at alle skabninger af samme art, der ubetinget er født med ret til de samme naturgoder og de samme vilkår, også er lige blandt hverandre uden underordning eller undertrykkelse..."

"Men skønt dette er en frihedsstat, er det stadig ikke en retsstat... Naturstaten har en lov til sin styring, der forpligter alle og enhver; og fornuften,

som er denne lov, belærer alle mennesker, når de blot vil bruge den, om at eftersom alle er lige og uafhængige, bør ingen skade andre på liv, helbred, frihed eller besiddelser."

Efter Lockes opfattelse etableres regeringen på grundlag af en social kontrakt. Regeringen modtager sin magt ved borgernes samtykke til gengæld for de tjenester den yder dem, såsom beskyttelse af borgernes liv og ejendom. Hvis regeringen da svigter i ydelsen af disse tjenester, eller går hen og bliver tyrannisk, så er kontrakten brudt, og borgerne må danne en ny regering.

Lockes indflydelse på det 18. århundredes tænkning var meget stor. Hans indflydelse kan aflæses f.eks. i formuleringen af den Amerikanske Uafhængighedserklæring. I England blev Lockes politiske filosofi accepteret af snart sagt enhver. I virkeligheden strukturerede han blot ideer, der allerede var vidt udbredt, og retfærdiggjorde en revolution, der forlængst var indtrådt. I Frankrig havde Lockes skrifter på den anden side en revolutionerende virkning.

Æren for at have bragt såvel Newtons som Lockes tankegods til Frankrig og gøre det moderne tilkommer så ubetinget Francois Marie Arouet (1694-1778), bedre kendt som "Voltaire". (Navnet har allusion til begreber som kolbøtter og linedans, men stammer vist nok fra godset Veautaire, som Arouet ejede. Det har absolut ingen forbindelse med fysikeren Alessandro Volta (1745-1827) O.a.)

Foruden at overtale sin elskerinde, Marquise de Châtelet, til at oversætte Newtons Principia til fransk skrev Voltaire en yderst læseværdig kommentar til bogen. Resultatet var, at Newtons ideer (med tiden) blev højeste mode hos de franske intellektuelle.¹⁶

Voltaire levede sammen med Madame de Châtelet indtil hun døde, medens han skabte den samling skrifter, der etablerede ham som Europas førrende forfatter. En profet for fornuftens tidsalder, en fjende af uretfærdighed, feudalisme og overtro.¹⁷

¹⁶Nogen modstand undgik Principia dog ikke til en begyndelse i Frankrig. Specielt vakte Newtons brug af ordet "attraction" i betydningen tiltrækning eller tiltrækningskraft de lærdes munterhed, da "attraction" på fransk har mere tillokkende amourøse klange. Newtons strengt saglige forestillinger om en kraft der virker "som om der eksisterede en tiltrækning", hvad der jo ikke gør, siden der ikke er noget der trækker, blev derved let forstået på linie med Keplers besjælede himmellegemer. Newton blev desuden skarpt kritiseret af Huygens og Leibniz. O.a.

¹⁷Marquise'n af Châtelet var en yderst alsidigt dannet dame, begejstret for fysik og filosofi. Hun påvirkede Voltaire til beskæftigelse med naturvidenskaberne, og ville helst trække ham væk fra digterkunsten. Takket være hende afholdt han sig fra at udgive sit berygtede heltedigt "La Pucelle", hvori han med obskøn frækhed river helgenglorien af

Oplysningstiden i Frankrig anses at være begyndt med Voltaires tilbagekomst fra England i 1729. Den nåede sit højdepunkt med offentliggørelsen af "Encyclopedia" mellem 1751 og 1780. Mange forfattere bidrog til Encyklopædien, der er et kæmpearbejde i forsøg på opsummering af al menneskelig videns stade.

Turgot og Montesquieu skrev om politik og historie. Rousseau om musik, og Buffon om naturhistorie. Quesnay bidrog med artikler om landbrug. Baron d'Holbach beskrev kemien. Condorcet, Voltaire og d'Alembert bidrog med andre artikler. Hele foretaget blev ledet og lidenskabeligt inspireret af Denis Diderot (1713-1784). Mændene, der deltog i denne bevægelse, kaldte sig "Les Philosophes". De bekendte sig til troen på fornuften, og nærrede en optimistisk tillid til perfektioneringen af menneskets natur og samfund gennem uddannelse, politiske reformer og videnskabelig metode.

Oplysningstidens filosoffer forestillede sig historien som en lang fremadskriden imod opdagelsen af den videnskabelige metode. Var den først erkendt, ville den aldrig gå tabt, mente de, men ville uvægerligt lede frem til en materiel så vel som moralsk forbedring af samfundet. Les Philosophes troede, at videnskab, rationalitet og uddannelse sammen med principperne om politisk frihed og lighed med usvigelig sikkerhed ville føre menneskene ind i en lykkelig tidsalder. De påvirkede ¹⁸ den franske og den nordamerikanske revolution; og de er stadig den liberale politiske holdnings grundlag.

Jomfruen af Orleans for at rette et dødsstød mod den katolske kirke. O.a.

¹⁸O.a.: ja, skabte vel? Og blev endog for nogles vedkommende selv ofre for

Kapitel 8

DEN INDUSTRIELLE REVOLUTION

8.1 Tekniske forandringer

Vi har lige set, hvordan bogtrykkunsten i Europa var forudsætningen for skabelsen af en strålende, sammenkædet række videnskabelige opdagelser. I løbet af det 17. århundrede fik den videnskabelige udvikling større fart, og i de 18. og 19. århundreder blev produktionsmetoderne revolutioneret inden for landbrug og industri gennem de praktiske anvendelser af den nye viden.

De forandringer, der skabtes ved den industrielle revolution, resulterede i begyndelsen i socialt kaos, - uhyre rigdomme i nogle sociale klasser, og store lidelser i andre. Men senere, efter at de nødvendige sociale og politiske tilpasninger havde fundet sted, gavnede de forbedrede produktionsmetoder mere ligeligt alle samfundslag.

Faktisk kan man bemærke et generelt mønster i teknologiens sociale påvirkning: tekniske forandringer sker sædvanligvis hurtigt, men social og politisk tilvænning tager længer tid. Resultatet er i begyndelsen en periode med social forstyrrelse efter en teknisk forandring. Forstyrrelsen fortsætter, indtil samfundsstrukturen har haft tid til at tilpasse sig. Således skaber f.eks. indførelsen af en pengebaseret økonomi altid en begyndelsesperiode med pinefulde forstyrrelser i et samfund, der hidtil har været baseret på traditionelle sociale forpligtelser.

I tilfældet med Den industrielle Revolution blev det feudale samfund, med dets landsbyliv og traditionelle sociale forpligtelser, pludselig erstattet

af et industrisamfund, der udelukkende fulgte økonomiske regler, og hvori arbejde blev betragtet som en handelsvare. I begyndelsen skabte forandringen alvorlig social uro og lidelse, men nu, efter to århundreders social og politisk tilpasning, anses de industrialiserede lande i almindelighed at have haft gavn af ændringen.

8.2 Cullen, Black and Watt

De to igangsættende kræfter bag den industrielle revolution var verdenshandelen og de videnskabelige opdagelser. I det 18. århundrede mærkedes disse kræfter i særlig udpræget grad i Skotland og den nordvestlige del af England. I Skotland voksede destillationsindustrien voldsomt på grund af verdenshandelen. Og en af de vigtigste videnskabelige og tekniske udviklinger i den industrielle revolution var resultatet af undersøgelser af, hvad der sker, når væsker inddampes og kondenseres.

Det første skridt i denne udvikling blev taget af William Cullen, professor i medicin ved Glasgow og Edinburghs universiteter. I en artikel med titlen "Of the Cold Produced by Evaporation" skrev Cullen i 1749, at han havde lagt mærke til, at "...vand og nogle andre væsker under fordampning bliver en del køligere". Cullen påbegyndte derfor nogle eksperimenter, hvor han tog et termometer ind og ud af en væske og iagttog temperaturfaldet. Han bemærkede, at virkningen blev forstærket ved at "...bevæge termometeret hurtigt frem og tilbage i luften, eller hvis man blæste med en blæsebælg på det kugleformede termometerreservoir, medens det var vådt af vinsprit". På denne måde opnåede Cullen en temperatur på under 44 minusgrader. Derefter prøvede han ved hjælp af en luftpumpe at skabe et vacuum over forskellige væsker.

"Vi stillede skålen, der indeholdt æter", skrev Cullen, "i en anden lidt større skål med vand. Efter at have tømt klokken, og efter at skålen havde været nogle få minutter "in vacuo", fandt vi, at størsteparten af vandet var frosset, og skålen med æter omgivet af en tyk isskorpe."

En af Cullens favoritter blandt studenterne i Edinburgh var Joseph Black (1728-1799). Han blev Cullens videnskabelige assistent, og senere, i 1756 blev han udpeget til at overtage lærestolen i medicin ved Glasgow Universitet. I en fortsættelse af Cullens arbejde med at frembringe kulde ved fordampning af væsker, opdagede Black gennem kvantitative undersøgelser den latente varme, d.v.s. den meget store mængde varme, der kræves for at forvandle is

til vand og vand til damp.

Black blev ledet til opdagelsen af den latente varme, ikke bare af Cullens arbejde, men også ved egne iagttagelser bl.a. af det skotske vejr. I en omtale af opdagelsen skrev en af Blacks venner i Glasgow, at "...eftersom en smuk vintersolskinsdag ikke straks renser bakkerne for sne, eller en enkelt frostnat ikke straks dækker søerne med is, var dr. Black allerede overbevist om, at megen varme var absorberet og bevaret i vandet, der langsomt dryppede fra snefanerne. Og på den anden side, at megen varme udstrålede fra søen, medens den langsomt frøs til is. For under en tøperiode vil termometeret altid falde, når det fra luften anbringes i smeltende sne; og under hård frost vil det stige, når det anbringes i vand, der er ved at fryse. I det første tilfælde modtager sneen derfor varme, og i det andet afgiver vandet varmen igen."

Ved universitetet i Glasgow, hvor Joseph Black var professor i medicin, var der en butik, hvor man fremstillede og solgte videnskabelige instrumenter. Butikkens ejer var en ung mand ved navn James Watt (1736-1819), der nedstammede fra en familie af skibsbyggere og matematik- og navigationslærere. Foruden at være en særdeles dygtig instrumentmager var Watt selvlært forsker af stor dygtighed, og hans butik blev mødested for videnskabeligt interesserede og studenter. Dr. Black kom også tit i Watts butik, og et varmt venskab opstod mellem professoren og den intelligente unge instrumentmager.

I 1763 bad Glasgow Universitet James Watt om at reparere en model af en Newcomen dampmaskine. Denne type dampmaskine havde i adskillige år været anvendt til at pumpe vand op af mineskakter. Den havde en enkelt cylinder, der fyldtes med damp, så stemplet blev drevet til den ene ende af cylinderen. Derefter blev der sprøjtet koldt vand ind i cylinderen, og idet det kondenserede dampen, trak det opståede vacuum stemplet tilbage i den anden ende af cylinderen, så det på den måde afsluttede en arbejdstakt.

James Watt prøvede at reparere universitetets miniaturemodel af Newcomen maskinen, men det lykkedes ham ikke at få den til at fungere godt. Han kunne se, at den var meget lidt effektiv i betragtning af brændselsforbruget, og han begyndte at eksperimentere for at finde ud af, hvorfor den var så uøkonomisk. På grund af venskabet med Joseph Black fandt James Watt hurtigt svaret i fænomenet latent og specifik varme: maskinen var mindre effektiv på grund af den store energimængde, den behøvede for at omdanne vand til damp og til bestandig at genopvarme jerncylinderen.

I 1765 opfandt Watt en forbedret maskine med separat kondensator. Den virkende cylinder kunne i denne maskine holdes konstant varm, og den kon-

denserede damp blev returneret gennem en varmeveksler i kedlen, så returvandets latente varme kunne forvarme det nyttilstrømmende forbrugsvand. At have en ide til en ny energibesparende maskine var imidlertid et, at gøre maskinen anvendelig noget andet. James Watt havde erfaring som instrumentmager, men ikke med hensyn til ingeniørkunst i større målestok.



I 1767 blev Watt engageret til at afstikke en kanal, der skulle forene floderne Forth og Clyde gennem Loch Lomond. I forbindelse med dette arbejde måtte han rejse til London for at forklare kanalprojektet for en parlamentskommite. På hjemrejsen mødte han dr. Erasmus Darwin i Birmingham. Darwin, der interesserede sig for dampmaskiner, så hurtigt Watts evner og fordelene ved hans ide.

Erasmus Darwin (1731-1802) var tidens berømteste læge, men hans interesser var på ingen måde begrænset til lægegerningen. Han foregreb sit barnebarns, Charles Darwins, senere virke ved at formulere den første nogenlunde velovervejede evolutionsteori. På den tid, da han mødte James Watt, var han ivrig optaget af tanken om at konstruere et damplokomotiv. Hans medarbejdere i dette projekt var Benjamin Franklin og Birminghams foregangs- og industrimand Matthew Boulton.

Til Watt skrev Erasmus Darwin i august 1767: "Jeg har omhyggeligt holdt planen om Deres damp-forbedringer hemmelig, men er begyndt at få øje på



nogle vanskeligheder i Deres udførelse af den, som jeg ikke var opmærksom på, da De var her. Jeg har fundet en anden, og en anden kæphest, siden vi sås. Jeg ville ønske Vorherre ville sende Dem, så De kunne tilbringe en uge her, og Mrs. Watt sammen med Dem, - en uge, en måned, et år!"

Dr. Darwin præsenterede James Watt for Matthew Boulton, og et berømt makkerskab var skabt. Partnerne Boulton og Watt skulle ved skæbnens vilje virkeliggøre ideen om en brugelig dampmaskine og således skabe en ny tidsalder, - en tidsalder hvori mennesker ikke længer var afhængig af egen eller af slavers muskelkraft, men i stedet kunne kontrollere en næsten ubegrænset kraft leveret af maskiner.

James Watt var heldig at møde Erasmus Darwin, og at blive præsenteret for Matthew Boulton, eftersom Boulton var Englands mest begavede og progressive fabrikant, simpelt hen den bedst mulige til at fatte betydningen af Watts store opfindelse og hjælpe udviklingen af den frem.

8.3 Boulton

Matthew Boulton var søn af en Birmingham fabrikant, og da han var 17 år gammel, havde han opfundet en slags bæltespænde, indlagt med glas, som viste sig at blive meget populært, og derfor indbringende. Da han var 21 gjorde faderen ham til leder af forretningen. 28 år gammel giftede Matthew Boulton sig med en rig arving, og modtog en meget stor medgift. Da hans

kone døde fire år senere, giftede Boulton sig med hendes yngre søster, - og sin anden store formue.

I stedet for at trække sig tilbage fra forretningslivet til en tilværelse som godsejer, som de fleste af hans samtidige ville have gjort, brugte Boulton sin formue på at afprøve nye ideer. Især forsøgte han at forbedre kvaliteten af varer fabrikeret i Birmingham. Da han allerede var yderst velhavende, var han mere interesseret i at knytte kunst og videnskab til fabrikationen, end i blot at tjene penge.

Det var Boultons ide at bringe de forskellige dele af fabrikationsprocessen under samme tag, i stedet for - som det var - at have processerne spredt ud på forskellige småfabrikker som følge af indførelsen af arbejdsdeling. Han mente, forbedrede arbejdsvilkår ville resultere i forbedret produktionskvalitet.

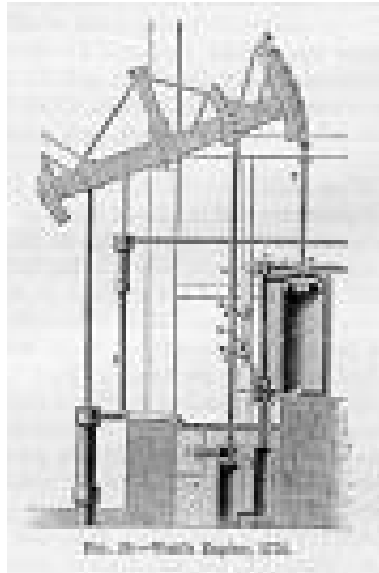


Med disse ideer in mente byggede Matthew Boulton et stort palæagtigt hus på en grund i Soho uden for Birmingham, og installerede deri alt det maskineri, der behøvedes for at færdigproducere et udvalg af mindre stålprodukter. Som resultat af hans personlige charme, og på grund af de behagelige arbejdsforhold på Soho-fabrikken, var Boulton i stand til at tiltrække de bedste og dygtigste håndværkere på egnen, og i 1765 var arbejdsstyrken i Soho nået op på 600.

Boulton fortsatte at producere forskellige brugsgenstande, som han tjente på, men samtidig introducerede han en række varer af høj kunstnerisk kvalitet, hvad der gav ham prestige, men som han også tabte penge på. Han lavede smukke forgyldte messinglysekroner til både George III og Katharina den Store, og han var ven med George III, der rådførte sig med ham om tekniske spørgsmål.

På dette tidspunkt præsenterede Erasmus Darwin James Watt for Matthew Boulton, og de to dannede partnerskab om udvikling af dampmaskinen. Den håndværksmæssige dygtighed, og ingeniørkunsten som Matthew Boulton kunne stille til rådighed for Watt, gjorde det muligt for den unge opfinder at føre sin store ide ud i livet. Men det gik kun langsomt fremad, og det oprindelige patent var ved at udløbe.

Boulton brugte da sin indflydelse i Parlamentet for at opnå en forlængelse af patentet og, som James Watt udtrykte det, "Mr. Boultons elskværdige og venlige karakter, sammen med hans omdømme som opfindsom og driftig fabrikant, skaffede mig mange og meget handledygtige venner i både Over- og Underhuset."



1775 fik firmaet Boulton og Watt en forlængelse af dampmaskinepatentet indtil år 1800. Set fra et juridisk og økonomisk standpunkt var vejen nu banet for færdiggørelsen af maskinen, og en større teknisk vanskelighed var overvundet, da jerngrosserer og kanonfabrikanten John Wilkinson i Birmingham opfandt en metode til præcise udboringer af cylindre ved at fastgøre skæreværktøjet til et meget tungt og stabilt boreskaft.

I 1780 havde Boulton og Watt fremstillet 40 maskiner, hvoraf omtrent halvdelen pumpede vand op af de dybe tinminer i Cornwall. Allerede disse tidlige modeller var mindst fire gange så effektive som Newcomen maskinen, og Watt fortsatte med at forbedre udformningen. På Boultons forslag lavede

James Watt rotormaskiner, der kunne anvendes til at drive valseværker. Han opfandt også en regulator til fartregulering af maskinerne, og blev på den måde en pioner inden for automationen. Da patentet på den separate kondensator udløb i 1800, havde firmaet Boulton og Watt fremstillet 500 maskiner. Efter 1800 steg produktionshastigheden eksponentielt, og da James Watt døde i 1819, havde hans dampmaskine-opfindelser direkte eller indirekte givet beskæftigelse til skønsmæssigt 10 mio mennesker.

Soho-fabrikken blev et næsten obligatorisk stoppested for alle fremtrædende folk på rundrejse i England. Samuel Johnson f.eks. skrev, at han blev modtaget med stor høflighed på Soho-fabrikken, og Boswell, som besøgte Soho ved en anden lejlighed, var imponeret af "omfanget og indretningen" af maskineriet. Han ville aldrig, skrev han, glemme Matthew Boultons ord, da de sammen gik gennem fabrikken: "Jeg sælger her, Sir, hvad hele verden begærer, - Kraft!"

8.4 The Lunar Society

Matthew Boulton elskede at have gæster, og inviterede regelmæssigt venner inden for videnskab og industri til middag i sit hjem. Ved disse middagselskaber vidste alle gæsterne, at videnskab og filosofi var samtaleemnet. Denne gruppe venner fandt på at kalde sig "The Lunar Society", Måneselskabet, da de havde for vane at følges ad på aftener med fuldmåne, hvor de let kunne finde hjem efter sammenkomsterne.

I den industrielle revolutions første stadier spillede Måneselskabet i Birmingham en næsten lige så vigtig rolle i udformningen af videnskabelige ideer, som Royal Society i London havde gjort på Isaac Newtons tid. Blandt medlemmerne af denne gruppe venner var, foruden Erasmus Darwin og James Watt, den iderige og kunstneriske keramikfabrikant Josiah Wedgwood (Charles Darwins anden bedstefar) samt forfatteren, kemikeren og Unitarpræsten Joseph Priestley (1733-1804).

Joseph Priestleys interesser var typiske for tiden. Centeret for den videnskabelige interesse havde bevæget sig fra astronomien til nyopdagede fænomener og sammenhænge inden for kemien, varmelæren og elektricitetslæren. Priestley, som var en frugtbar og populær forfatter til bøger af mange emner, besluttede at skrive "History of Electricity". Han ikke blot samlede og organiserede alle forgængeres resultater, men idet han gentog deres eksperimenter, gjorde han også selv en række nye opdagelser. For eksempel var Joseph Priest-

ly den første, der opdagede den omvendte kvadratlov i elektriske ladningers tiltræknings- og frastødningskraft, en lov der senere blev bekræftet af Henry Cavendish' (1731-1810) og Charles Coulombs (1736-1806) meget præcise eksperimenter.

Luftarters kemi var også populært i denne periode. Joseph Blacks medicinske disputats ved Edinburgh universitet havde åbnet dette område med en elegant kvantitativ undersøgelse af kemiske reaktioner med kuldioxid. Black havde vist, at når calciumcarbonat (kalk) opvarmes, omdannes det til en kaustisk rest, calciumoxid, og gasarten kuldioxid (kultveilte).

Black havde omhyggeligt målt vægttabet i den faste rest, når gassen var drevet ud, og han havde vist, at nøjagtig samme vægtmængde blev opsugt af den kaustiske rest, når den udsat for atmosfæren blev gendannet som kalk. Hans arbejde viste både, at vægtmængderne bevares i kemiske reaktioner, og at kuldioxid findes i atmosfæren. Blacks arbejde havde anvist brugen af præcise vejninger inden for kemien, en teknik der senere nåede det perfekte hos den store franske kemiker Anton Lavoisier (1743-1794).

Joseph Priestley, der af sin svoger, den velhavende jerngrosserer John Wilkinson, havde fået et stort brændglas, lavede et forsøg i lighed med Black. Han brugte linsen til at fokusere sollyset på en prøve af rød mercurioxid. Han opsamlede den uddrevne gas, prøvede dens egenskaber og skrev: "...hvad der forbavtede mig mere, end jeg helt kan beskrive, var, at et lys i denne luftart brændte med en bemærkelsesværdig livlig flamme". Han fandt også ud af, at en mus kunne leve længere i denne nye gas end i almindelig luft.¹

På en rejse i Frankrig fortalte Priestley om disse resultater til Anton Lavoisier, der gav gassen navnet "Oxygen", Ilt, og tilfulde fastslog sammenhængen med forbrænding og åndedræt. På samme tidspunkt opdagede også den svenske kemiker Karl Wilhelm Scheele (1742-1786) ilten uafhængig af de andre.

Joseph Priestley isolerede og studerede 9 andre nye gasarter, og han opfandt teknikken, hvormed man kan opsamle luftarter over kviksølv. Det var meget bedre end at opsamle dem gennem vand, eftersom gasarterne ikke opløstes i kvivsølvet. Han udvidede Joseph Blacks studier af kuldioxid, og opfandt en metode til opløsning af kuldioxid i drikkevarer under tryk, hvorved han således blev ophavsmanden til den moderne sodavandsindustri.

¹Mercurioxid er kviksølvtilte, ikke at forveksle med Cinnober, eller svovlkviksølv, HgS, der fra oldtiden har været anvendt til fremstilling af kviksølv, grækernes hydrargyros af hydor, vand og argyros, sølv, ved ophedning eller f.eks. ved rivning med eddike i kobberkar. O.a.

Gaskemiens udbredte popularitet i slutningen af det 18. århundrede kan også ses i den excentriske mangemillionær Henry Cavendish' arbejde. Cavendish opdagede Hydrogen ved at opløse metaller i syre og påviste, at når brint brænder i ilt, er resultatet af forbindelsen rent vand. Cavendish fik også atmosfærens kvælstof til at reagere med ilt ved hjælp af elektriske gnister. Den tilbageværende boble af atmosfærisk gas, som stædigt undlod at reagere med brint, viste sig senere at være et nyt grundstof - ædelgassen Argon.

Tidens store interesse i gaskemi ses også af Josiah Wedgwoods forslag til maleren George Stubbs, der havde fået til opgave at udføre et portræt af Wedgwoods børn:

"De to familie billeder jeg har hentydet til, mener jeg udelukkende skal portrættere børnene, helst grupperet måske på denne måde: - Sukey spiller på klaver, medens Kitty synger for hende, som hun ofte gør. Og Sally og Mary Ann på tæppet optaget af en eller anden beskæftigelse, der svarer til deres alder. Det skal være det ene billede. Pendanten til det skal forestille Jack, som står ved et bord, medens han laver fæstnelig luft med sit glasapparat, etc. og hans to brødre sammen med ham. Tom hopper og klapper i hænderne af glæde, forbavset over at se den boblende luftstrøm der stiger op, idet Jack sætter lidt kalk til syren. Jos med en kemisk bog foran sig i tænksom sindsstemning. Disse beskæftigelser vil nøjagtig beskrive deres respektive karakterer."

De feudale traditioner var dog stadig så indgroede, at George Stubbs maleri på trods af Josiah Wedgwoods forslag afbilder børnene på hesteryg, og derved præcis fremstiller dem traditionelt som børn af godsejere eller den lavere landadel. Den "fæstnelige luft" (fixable air), Wedgwood nævner, var samtidens betegnelse for kuldioxid. Josiah Wedgwoods datter Sukey (Susanah) skulle senere blive mor til den største biolog af alle, Charles Darwin.

8.5 Adam Smith

En af Joseph Blacks bedste venner ved universitetet i Glasgow var professoren i moralfilosofi Adam Smith. I 1759 offentliggjorde Smith en bog med titlen "The Theory of Moral Sentiments" med undertitlen "An Essay towards an Analysis of the Principles by which Men naturally judge concerning the Conduct and Character, first of their Neighbours and afterward of themselves."

I denne bog fremhæver Adam Smith, at mennesker let kan bedømme deres naboers opførsel. De ved med sikkerhed, når deres naboer behandler

dem godt eller dårligt. Når de har lært at vurdere deres naboer, kan de pr. analogi bedømme deres egen opførsel. De kan således udmærket afgøre, hvornår de er ubehagelige over for eller venlige imod deres nabo ved at spørge sig selv: "Ville jeg ønske, han eller hun gjorde dette over for mig?" Som Adam Smith udtrykker det:

"Vore fortsatte iagttagelser af andres opførsel får os umærkeligt til for os selv at forme visse almindelige regler, vedrørende hvad der er ret og rimeligt, og hvad der skal undgås... På denne måde skabes moralens regelsæt."

Er vi venlige imod vore naboer, viser de venlige relationer over for os, så for at sikre os fordelene ved deres venskab, er vi ivrige efter at opføre os godt over for andre mennesker. Ifølge Adam Smith medfører således den oplyste egeninteresse mænds og kvinders moralske opførsel.

I 1776 offentliggjorde Adam Smith en anden og lige så optimistisk bog over et lignende tema: "The Wealth of Nations". I denne bog undersøger han årsagerne til, at nogle nationer er mere velstående end andre. Adam Smith konkluderer, at velstandens to hovedfaktorer er opdelingen af arbejdet og økonomisk frihed.²

Som eksempel på fordelene ved opdeling af arbejdet bruger han billedet af en nålefabrik, hvori ti mand, hver specialist i en særlig fabrikationsproces, kunne producere 48.000 nåle pr. dag. En mand trak ståltråden, en anden rettede den ud, en tredje spidsede nålene, en fjerde påsatte hoveder o.s.v. Hvis hver mand arbejdede separat og udførte samtlige opgaver alene, ville den samlede produktion have være meget mindre. Jo mere kompliceret fremstillingsprocessen er, mente Smith, des mere gavn har man af en arbejdsdeling. I de mest komplicerede civilisationer har man derfor den største nytte af arbejdsdeling.

Adam Smith troede, at den anden faktor i økonomisk velstand er økonomisk frihed, især frihed for merkantile begrænsninger i form af regeringsforskrifter. Han troede, at naturlige økonomiske kræfter har tendens til at frembringe en optimal tilstand, hvori enhver lokalitet specialiserer sig i netop den økonomiske virksomhed, man er bedst egnet til.

Smith mente, at når mennesker hver for sig stræber efter egen personlig velstand, bliver resultatet også fællesskabets velstand. En bager begynder ikke bevidst at tjene samfundet ved at bage brød, men har i sinde at tjene

²"The Wealth of Nations", Nationernes Velstand, blev tidligt oversat til dansk af Frants Dræbye (1740-1814), hvis anoterede oversættelse udkom i to bind allerede 1779-80 under titlen "Undersøgelse om national Velstand". O.a.

penge til egen fordel. De naturlige økonomiske kræfter får ham imidlertid til at udføre en almennyttig tjeneste, for hvis det, han foretog sig, ikke var nyttigt, ville man ikke betale ham for det. Adam Smith udtrykte denne tanke på følgende måde:

“Da hvert enkelt menneske derfor stræber så meget som muligt efter at anvende sin kapital til støtte for den lokale industri, og således vil indrette denne industri, så dens produktion kan blive af den størst mulige værdi, kommer den enkelte nødvendigvis til at arbejde på at gøre samfundets årlige indtægter så store, som det er ham vel muligt.”

“Generelt agter han slet ikke at fremme de almene interesser, eller at vide hvor meget han fremmer dem. Ved fortrinsvis at støtte den hjemlige fremfor den udenlandske industri har han blot sin egen sikkerhed i tankerne; og ved at indrette denne industri sådan, at dens produkter får den højeste værdi, har han kun sin egen fordel i tankerne. I dette som i så mange andre tilfælde ledes han af en usynlig hånd til at fremme et mål, der ikke er omfattet af hans egne hensigter. Det er heller ikke altid det værste for samfundet, at det ikke var en del deraf. Ved at forfølge egne interesser fremmer han ofte samfundets interesser mere effektivt, end i de tilfælde hvor han virkelig har til hensigt at fremme dem.”

Ifølge Adam Smiths optimistiske synspunkter styres mennesker af “en usynlig hånd” til fremme af almenvellet, medens de bevidst kun søger personlige fordele. Denne ide blev modtaget med begejstring af Vestens hastigt voksende industrier, og det danner basis for en stor del af den moderne historie. Men der viste sig at være ufuldkommenheder i Adam Smiths teori. En gruppe mennesker, næsten fri for regeringsstyrelse - det viste sig at være formlen for maksimal økonomisk vækst, men visse tilpasninger var nødvendige, for at det kunne føre til almindelig glæde og en jævnt fordelt social retfærdighed.

8.6 The dark, satanic Mills

3

³Overskriften til dette afsnit låner John Avery utvivlsomt fra den højt beundrede hymne af William Blake (1757-1827) O.a.:

“And did those feet in ancient time
Walk upon England’s mountains green?
And was the holy Lamb of God

Både Matthew Boulton og Josiah Wedgwood var pionerer og mønsterarbejdsgivere inden for fabriksvæsenet. Matthew Boulton indførte en pensionsordning for sine arbejdere, og gjorde sig alle mulige anstrengelser for at sikre, at de arbejdede under behagelige forhold. Da han døde i 1809 blev firmaet Boulton og Watt overtaget af sønnen Matthew Robinson Boulton sammen med James Watt Jr.. De to sønner havde ikke fædrenes sans for social ansvarlighed, og selv om de ledede firmaet meget effektivt, syntes de mere interesserede i fortjeneste end i arbejderens velfærd.

En endnu værre arbejdsgiver havde Richard Arkwright (1732- 1792) været. Han havde patenteret en række maskiner til kartning, kæmning, skætning og spinding af silke, bomuld, uld og hør. Var en grov, uuddannet, som fra ringe kår blev multimillionær ved at drive sig selv omtrent lige så hårdt, som han drev sine arbejdere. Arkwright forbedrede maskiner, der var opfundet af andre, så de kunne anvendes til fremstilling af overordentlig billig og stærk bomuldstråd. Som følge deraf voksede en stor bomuldsindustri op i løbet af nogle få år. Væksten inden for bomuldsindustrien tog særlig fart efter udløbet af Arkwrights patent i 1785.

Flokke af arbejdere, der var udstødt fra landbruget på grund af sammenlægningslovene (Enclosure Acts), strømmede til byerne for at søge arbejde i de nye fabrikker. Lønningerne faldt til nær sultegrænsen, arbejdstiden steg, og arbejdsvilkårene forringedes. Dr. Peter Gaskell beskrev 1833 de engelske fabriksarbejders vilkår således:

“Den uhyrlige ødelæggelse af det personlige velbefindende, der har fundet sted blandt fabriksarbejdere i løbet af de sidste tredive år ...gør et særde-

On England's pleasant pastures seen?

And did the Countenance Divine
Shine forth upon our clouded hills?
And was Jerusalem builded here
Among these dark Satanic mills?

Bring me my bow of burning gold!
Bring me my arrows of desire!
Bring me my spear! O clouds, unfold!
Bring me my chariot of fire!

I will not cease from mental fight,
Nor shall my sword sleep in my hand,
Till we have built Jerusalem
In England's green and pleasant land. "

les stærkt indtryk og fylder ens sind med pinefulde betragtninger. ...Deres hudfarve er bleg og gusten på grund af manglen af tilstrækkelig fedtlag til udfyldning af kinderne. Af statur er de små. Mænds gennemsnitshøjde er 167 cm, ...Mange af pigerne og kvinderne går haltende eller kejtet, ...Mange af mændene har kun ringe skægvækst, og det i pletter med kun få skæghår, ...De har en trist og nedbøjet holdning, bevæger benene ujævnt og skrævende..."

"Efter at være stået op ved daggry mellem kl. 4 og 5 året rundt, sluger de et hastigt måltid, eller skynder sig til fabrikken uden overhovedet at have fået mad, ...Kl. 12 standser maskinerne, og de har en times middagspause, ...De er atter lukket inde fra kl. 1 til 8 eller 9, undtagen for en 20 minutters thepause. I hele denne lange periode er de travlt og uophørligt beskæftiget i et overfyldt rum med høj temperatur."

Dr. Gaskell beskriver arbejderboligerne på følgende måde:

"Hvad de i særlig høj grad mangler, er vandklosetter og afløb. Hele rækker af disse huse enten mangler fuldstændig afløb eller har kun delvis afløb. ...Alt det snavsede vand fra vask og køkken hældes derfor ud på for- eller baggaden, som, fordi de ikke er brolagte, er gennemskåret af dybe render, hvori vandet samles til stillestående og ildelugtende pytter. Da de er 50 eller endda flere om et eneste fælles toilet, er dette på meget kort tid tilstoppet af ekskrementer. Beboerne har intet andet alternativ end yderligere at besudle den i forvejen slemt snavsede gade."

"Ofte er en lejebolig delt af flere familier, ...De demoraliserende virkninger af denne totale mangel på privatliv må ses, for at det tilfulde kan forstås. Ved blotlæggelsen af kønnes behov og handlinger fratages de alle ydre hensyn til anstændigheden. Ærbarheden er udryddet. Faderen, moderen, broderen og søsteren, den mandlige og kvindelige lejer nærer ingen som helst skrupler ved at udføre handlinger i de andres påsyn, som selv den vilde skjuler for sine medmennesker."

"De fleste af disse huse har kældre beboet af - hvis det er muligt at finde en lavere klasse - en endnu lavere klasse, end den der lever over dem."

Misbruget af børns arbejde var et af de værste træk ved den tidlige industrialismes England. Begyndende i seks-syvårs alderen var børn som oftest tvunget til at arbejde, fordi lønningerne var så lave, at familierne ellers ville sulte, og somme tider var børnene forældreløse, hentet fra sognenes fattiggårde. Følgende uddrag fra John Fieldens bog "The Curse of the Factory System", 1836, beskriver forholdene, som børn arbejdede under i bomuldsindustrien:

"Det er velkendt at Arkwrights opfindelser (i det mindste således kaldt)

tog fabrikationen bort fra hytter og gårde i England... og samlede den i amterne i Derbyshire, Nottinghamshire og især i Lancashire, hvor de nyopfundne maskinerier blev brugt i de store fabrikker anlagt på kanten af vandløb med kraft nok til at drive et vandhjul. Pludselig krævedes der tusinder af hænder på disse steder fjernt fra byerne."



"Da der var den største efterspørgsel på små og smidige børnefinger, blev det snart skik af fremskaffe "lærlinge" fra forskellige sogne-fattiggårde i London, Birmingham og andre steder... Til overvågning af arbejdet blev udnævnt opsynsmænd, der havde interesse i at få mest muligt arbejde ud af børnene, fordi deres løn var afpasset efter den mængde arbejde, de kunne få udført."

"Naturligvis blev resultatet grusomhed, og der er en overflod af vidnesbyrd, der viser, at i mange af fabriksdistrikterne blev de mest hjerteskrærende grusomheder udøvet mod de harmløse og venneløse væsener... at de blev pisket, lagt i jern og torteret med den mest udsøgt raffinerede grusomhed, at de i mange tilfælde blev sultet til skind og ben, medens de blev pisket til deres arbejde, og at de i mange tilfælde endda blev drevet til at begå selvmord... Fabriksejernes fortjenester var enorme, men det skærpede blot den appetit, de skulle have tilfredsstillet."

Et af argumenterne, der blev brugt til at retfærdiggøre misbruget af arbejdskraften, var, at alternativet ellers var sult. Af forskellige grunde var Europas befolkningstal begyndt at vokse meget hurtigt: - dels som følge af den videnskabeligt funderede sygdomsbekæmpelse; fordi kartofflen var blevet indført i de fattiges kostvaner; og fordi bydepesten var blevet sjældnere, efter at den brune rotte ved tilfældig import fra Asien havde afløst den sorte rotte.

Man påstod, at overbefolkningerne ikke kunne forsørges, med mindre arbejderne ved beskæftigelse i spinderierne og på fabrikkerne producerede massefremstillede varer, der kunne ombyttes med importerede fødevarer. For

at de fabriksfremstillede varer kunne konkurrere, måtte arbejdskraften der producerede dem være billig. Derfor misbruget. Det var i det mindste det argument, man anvendte.

8.7 Overbefolkning

Da sandheden om misbruget af Englands industriarbejdere blev kendt, gjorde man forskellige forsøg på at forklare, hvad der var gået galt med de optimistiske forventninger i Oplysningstiden. Blandt de forfattere, der tog dette problem op, var økonomen David Ricardo (1772-1823). I bogen "The Principles of Political Economy and Taxation" formulerede Ricardo i 1817 sin "jernhårde lønlov" (iron law of wages).

Ifølge Ricardo er arbejdskraften en handelsvare, og lønningerne bestemmes af loven om udbud og efterspørgsel. Når lønningerne falder til under sultegrænsen, dør arbejdernes børn. Derved bliver der knaphed på arbejdskraft, og (prisen på varen) lønningerne stiger. Når på den anden side lønningerne stiger til over sultegrænsen, formerer arbejderbefolkningen sig hastigere. Der bliver en overflod af arbejdskraft til salg, og lønningerne falder igen. Ifølge Ricardo er der på denne måde en benhård lov, som fastholder lønningerne på det lavest mulige niveau, hvor arbejdskraften lige netop kan opretholde livet og bevares for produktionsapparatet.

Ricardos argumentation forudsætter, at industrierne totalt mangler social bevidsthed og at ingen regeringsforskrifter eksisterer. Den forudser ikke dannelsen af fagforeninger, og den forudsætter, at arbejderbefolkningen vil mangfoldiggøre sig uden tilbageholdenhed, så snart lønningerne stiger over sultegrænsen. Dette var en nøjagtig beskrivelse af hvad der skete i England i Ricardos levetid, men det er helt åbenbart ikke gældende altid og alle vegne.

En mere almindelig og mere fuldstændig beskrivelse af situationen blev givet af Thomas Robert Malthus (1766-1834). Malthus stammede fra en intellektuel familie. Faderen Daniel Malthus var ven med Rousseau, Hume og Goodwin. Den yngre Malthus' berømte bog om befolkningen affødtes af hans samtaler med faderen.

Daniel Malthus var overbevist tilhænger af Oplysningstidens optimistiske filosofi. Som Goodwin, Condorcet og Voltaire troede han, at de videnskabelige fremskridts anvendelse inden for landbrug og industri uvægerligt ville føre menneskene frem til en guldalder. Hans søn Robert var mere pessimistisk. Han pegede på, at goderne fra de videnskabelige fremskridt sandsynligvis

ville blive spist op af en voksende befolkning.

På faderens tilskyndelse udviklede Robert Malthus sine ideer i bogen "An Essay on the Principle of Population", som han udgav anonymt i 1798. I denne berømte bog peger Malthus på, at under optimale betingelser er enhver biologisk population, menneskene inklusive, i stand til at formere sig eksponentielt. For mennesker under gunstige vilkår kan befolkningstallet fordobles hvert 25. år, firedobles hvert 50. år, og tiltage med en faktor på 8 hvert 75. år. Det kan vokse med en faktor 16 hvert århundrede, og med en faktor 256 hvert 2. århundrede o.s.v.

Det er klart, at befolkningstallet ikke kan stige efter denne målestok i ret lang tid, for hvis det gjorde det, ville Jorden blive kvalt af mennesker i løbet af nogle få århundreder. Derfor, fremhæver Malthus, må forskellige kræfter spille ind for at holde befolkningstallet i skak. Malthus anførte først de "positive hindringer" for befolkningens vækst - sygdom, sult og krig - som vi nu kalder "de malthusiske kræfter". Han tilføjede en anden slags hindringer - fødselskontrol (som han kaldte "en last"), sene giftermål og "moralsk afholdenhed". Eftersom han var præst, foretrak han naturligt nok moralsk afholdenhed.

Efter Malthus' mening behøver en befolkning ikke at overstige, hvad fødevarerforsyningen kan underholde, forudsat den praktiserer sent indgåede ægteskaber, fødselskontrol og moralsk afholdenhed. Men uden disse mere pinefulde indskrænkninger vil (ifølge Malthus) befolkningstallet hurtigt vokse til det punkt, hvor de uhyggelige malthusiske kræfter - sult, sygdom og krig - begynder at decimere det.

Mærkelig nok var det det katolske Frankrig, der førte an i udviklingen af fødselskontrol. Rober Owen (en oplyst engelsk industrimand og grundlægger af andelsbevægelsen) ønskede at informere sine arbejdere om fødselskontrol. Han rejste derfor til Frankrig for at orientere sig om den teknik, man anvendte der. I 1825 bragtes en artikel (af Richard Carlile) i "The Republican". Artiklen beskrev importen af fødselskontrol fra Frankrig til England:

"...Mr. Owen blev gjort opmærksom på, at et sundt helbred hos beboerne i hans nye anlæg ville få dem til at avle børn i overflod. Han fik sagen belyst og forklaret, så han forstod dens alvor. Han fik at vide, at på kontinentet anvendte kvinderne nogle midler, der var aldeles fortræffelige til at hindre undfangelse. Mr. Owen rejste afsted til Paris for at finde ud af metoderne. Han konsulterede de mest fremragende læger, og fandt ud af den almindelige praksis blandt deres kvinder."

"... Et stykke blød svamp bindes til et bændel eller bånd, indsættes før

samlejet, og fjernes igen, så snart det har fundet sted... Hvis svampen er stor nok, d.v.s. så stor som en grøn valnød eller et lille æble, undgås besvangring, uden at det formindsker ægteskabets glæder."

Carlile fortsætter:

"...Når antallet af arbejdere i enhver bedrift og fabrik har været for stort i nogle år, bliver lønningerne stærkt reducerede, og arbejderne får det kun en smule bedre end slaver... Ved at begrænse antallet af børn, vil både børns og voksnes lønninger stige, og arbejdstiden vil ikke være længer, end den burde være."

Fødselskontrol og sene giftermål har (indtil videre) afholdt Ricardos og Malthus' uhyggelige forudsigelser fra at gå i opfyldelse i verdens udviklede, industrielle nationer. De fleste af disse lande har gennemgået den proces, der kaldes den "demografiske overgang- skiftet fra en ligevægtstilstand, hvor befolkningstallets vækst holdes i ave af de malthusiske kræfter i form af sygdom, sult og krig, til en anden ligevægtstilstand, der holdes i skak af fødselskontrol og sene giftermål.

Overgangsperioden indledes med et fald i dødeligheden på grund af forskellige faktorer, hvoraf den vigtigste er den videnskabeligt funderede sygdomsforebyggelse.

Det tager nogen tid for kulturmønsteret at tilpasse sig den lavere dødelighed, og derfor fortsætter det høje fødselstal. Familierne vedbliver at få seks eller syv børn, på samme måde som de gjorde, da de fleste af børnene døde, inden de selv fik børn. Ved begyndelsen af den demografiske overgang forhøjes befolkningstallet derfor drastisk, men efter nogen tid tilpasser de kulturelle mønstre sig imidlertid den lavere dødelighed, og en ny ligevægtstilstand er tilvejebragt med både et lavere fødselstal og en mindre dødelighed.

I Europa krævede denne tilpasning omkring to hundrede år. I 1750 begyndte dødeligheden at falde drastisk. Omkring 1800 var den halveret fra 35 døde pr. tusinde mennesker i 1750 til 18 promille i 1800. Og den fortsatte nedad. I mellemtiden faldt fødselstallet ikke, men steg til 40 fødsler pr. tusinde indbyggere i år 1800. Antallet af børn, der fødtes hvert år, var således mere end dobbelt så stort som det antal, der var tilstrækkeligt til at kompensere for dødsfaldene!

Omkring 1800 steg befolkningstallet hvert år med mere end to procent. I 1750 var Europas befolkning på ca. 150 mio. I 1800 var der omkring 220 mio. I 1950 havde det oversteget 540 mio, og var i 1970 646 mio.

I mellemtiden har fremskridtene inden for lægevidenskabelig forskning, og reduktionen af effekterne som følge af sult og krig, påvirket resten af

verden: I 1750 bestod verdens ikke-europæiske befolkning kun af ca. 585 mio. I 1850 var den nået op på 877 mio. I århundredet mellem 1850 og 1950 er befolkningerne i Asien, Afrika og Latin Amerika mere end fordoblet, og nåede 1,8 mia i 1950. I de 20 år mellem 1950 og 1970 er befolkningstallet i Asien, Afrika og Latin Amerika steget voldsommere, og i 1970 nåede denne del af verdens befolkning op på 2,6 mia, og bragte således tallet for hele verden op på ialt 3,6 mia. Det går hurtigst i Latin Amerika, hvor befolkningen næsten er fordoblet i de tyve år mellem 1950 og 1970.⁴

De seneste tal viser, at befolkningsekspllosionen er aftaget i Europa, Rusland, Nord Amerika og Japan, hvor den demografiske overgang er næsten overstået. Men befolkningstallet i resten af verden stiger stadig med halsbrækkende fart. Det kan ikke stadig vokse i samme grad ret meget længer uden at skabe udbredt hungersnød.

8.8 Kolonialismen

I 18. og 19. århundrede begyndte den fortsat accelererende udvikling af videnskaben og den videnskabeligt baserede industri at påvirke hele verden. I takt med at billigt producerede varer strømmede ud fra Europas fabrikker, forandredes verdenshandelens mønstre. Før den industrielle revolution havde handelsruterne til Asien bragt asiatiske krydderier, tekstiler og luksusvarer til Europa. F.eks. blev bomuldsstof og fine tekstiler importeret til England. Med opfindelsen af spinde- og vævemaskiner blev handelen vendt om. Billigt bomuldsstof fremstillet i England begyndte at blive solgt i Indien, og den indiske tekstilindustri visnede.

Den hastige udvikling af teknologien i Vesten åbnede desuden en bred kløft i de militære styrkeforhold mellem de industrialiserede lande og resten af verden. De avancerede industrielle nationer benyttede deres overlegne våben som en kagekniv til hastig udskæring af den øvrige verden i kolonier, der dels fungerede som ressourcer af råvarer og næringsmidler, dels som aftagere af de fabriksfremstillede varer.

I Nordamerika viste den indfødte indianske befolkning sig sårbar over for europæiske sygdomme som kopper, og et stort antal af dem døde. De tilbageværende indianere blev drevet vestpå af den strøm af immigranter, der

⁴Kinas befolkning skønnes i 1950'erne at være ca. 600 mio. I slutningen af 1960'erne ca. 700 mio, nu over 1,13 mia! O.a.

ankom fra Europa. I Mellem- og Sydamerika viste de europæiske sygdomme sig lige så fatale for indianerne der.

Med flådebombardementer demonstrerede de industrialiserede lande ofte deres hensigter: I 1854 tvang Kommandør Perry og en amerikansk flåde Japan til at acceptere den fremmede handel ved trusler om at bombardere Tokyo. Britiske krigsskibe bombarderede 1856 Canton i Kina som straf for vold imod europæere, der havde bosat sig i byen. 1864 bombarderede en styrke af europæiske og amerikanske flådeenheder Choshu i Japan, og forårsagede en revolution. I 1882 blev Alexandria, og i 1896 Zanzibar bombarderet.

Mellem 1800 og 1875 steg procentdelen af Jordens overflade, der var under europæisk herredømme, fra 35 til 67 procent. I tiden mellem 1875 og 1914 kom en ny bølge af koloniekspansion, og den del af Jordens overflade, der beherskedes af kolonimagterne (Europa, De forenede Stater og Japan) steg til 85 procent, når de tidligere kolonier er medregnet.

I tiden mellem 1880 og 1914 indtrådte en udjævning i forhold til den engelske industrielle og kolonialistiske dominans. Industrialismen havde bredt sig fra England til Belgien, Tyskland og De forenede Stater, i mindre målestok til Frankrig, Italien, Rusland og Japan. Tyskland producerede i 1914 dobbelt så meget stål som Storbritannien, og De forenede Stater fire gange så meget.

Nye våbentechnikker indførtes, og et maritimt våbenkapløb begyndte mellem de største industrilande. Englænderne indså, at deres gamle flåde var utidssvarende, så de så sig nødsaget til bygge den op igen. Årene med kolonialismens ekspansion mellem 1880 og 1914 var således præget af spændinger, da industrimagterne kappedes om at opruste, og tilegne sig så meget som muligt af den øvrige del af verden.

Meget smukt og værdifuldt gik tabt, efterhånden som gamle traditionelle kulturer brød sammen, overmandet af den moderne industrielle civilisations styrke og fristelser. Fremskridt var en religion, og imperialismen et korstog for europæerne og amerikanerne i slutningen af det 19. og begyndelsen af det 20. århundrede. Ud fra den vestlige verdens opfattelse var korstogets grusomheder retfærdiggjort ved den mission, de mente at have med at "civilisere og kristne" resten af verden. Blandt de mennesker, man sendte ud, var pædagoger og sundhedhjælpere, der ofte accepterede en temmelig ubehagelig og farefuld tilværelse i deres virke.

I begyndelsen af det 19. århundrede var verden inddelt i enklaver: Kina var en verden for sig; Indien en særskilt verden; Afrika syd for Sahara var en anden lukket sfære, og den islamiske verden var selvtilstrækkelig, som også Vesten var det. I 1900 var der kun én verden, sammenbundet af det stedse

øgende antal forbindelser i verdenshandelen og i kommunikationen.⁵

⁵Den ekspansion der indledtes med de store opdagelsesrejser og de europæiske koloniseringer medførte, foruden en blomstrende handel med varer, nærings- og nydelsesmidler, som ellers ikke fandtes i Europa, et udbredt slaveri, der ellers så at sige var udryddet i de europæiske lande. 1434 solgtes afrikanere åbenlyst som slaver i Lissabon. Columbus og de efterfølgende conquistadorer hjemførte indianske slaver fra Mellem- og Sydamerika. 1506 førtes de første afrikanske slaver til de spanske kolonier i Vestindien. Karl V gav i 1517 en flamsk yndling eneret på en årlig eksport af 4000 afrikanere til Amerika, men Portugal tog snart føringen, fra 1562 i hård konkurrence med England. 1620 indførtes de første afrikanske slaver til Jamestown i Nordamerika, hvor de første protester mod slaveriet lød allerede 4 år efter i 1624. I 1776 alene overførtes ca. 300.000 mennesker som slaver. Ialt i løbet af 300 år kom skønsmæssigt 4 mio mennesker til hele Amerika på denne måde, men tabene ved tilfangetagelsen og transporten var forfærdelige. Omkring 1700 lød stærkere røster fra abolitionisterne i Ny England og blandt Kvækerne imod slaveriet, og Uafhængighedserklæringen 1776 var uforenelig med slaveriets fortsættelse. Danmark afskaffede slavehandelen 1803, og marts 1807 forbød Englands Parlament slavehandelen fra marts 1808. 1813 fulgte Sverige, 1814 Nederlandene, 1816 Frankrig, Portugal og Spanien. Fra 1783 forbød en engelsk lov grusom behandling af slaver. 1792 gav Danmark en lignende lov for De vestindiske Øer. Men først i 1833 blev slaveriet afskaffet ved lov overalt i Det engelske Imperium, 1853 i de danske kolonier, 1863 i de hollandske, fra 1858 men først endeligt 1875 i Portugals kolonier, og 1888 i Brasilien. Overalt havde slaveriet vist sine onde sider ved at demoralisere de selvbestaltede "herrer" mere end "trællene", og ved at demonstrere amoralske menneskers ufattelige råhed over for forsvarsløse medskabninger i fornuftens og oplysningens tidsalder. O.a.

Kapitel 9

UDVIKLINGSLÆREN

9.1 Linné, Lamarck og Darwin

I løbet af det 17. og 18. århundrede havde naturforskere indsamlet oplysninger om tusindvis af plante- og dyrearter. Denne store samling ubearbejdede informationer blev sat i system af den store svenske naturforsker Karl af Linné (1707- 1778), også kendt under det latinske navn Carolus Linnæus efter faderen Linnæus. Men fra 1757 kaldte Karl sig Linné.

Karl af Linné genklassificerede alt levende, og han indførte en nomenklatur, det binominære navngivningssystem, så alle planter og dyr fik to navne - slægtsnavnet og artsnavnet. I Linnés klassifikation ligner arterne inden for en slægt hinanden meget ¹.

Linné grupperede beslægtede familier i klasser, og beslægtede klasser i ordener. Senere ordnede den franske anatom Cuvier (1769-1832) beslægtede ordener i phylæ (af græsk fyle, slægt). ²

¹F.eks. *Viola odorata* L., duftende Viol eller Martsviol og *Viola canina* L., Hundevioli. O.a.

²Efter uddannelse ved universitetet i Uppsala og de botaniske rejser til Lapland og Dalarne rejste Linné 1735 til Holland for at tage den medicinske doktorgrad og blive læge. Her udgav han sin berømte *Systema Naturae* og blev læge og botaniker hos den rige borgmester Clifford, der bl.a. bekostede Linnés rejse til London. Hos Clifford udgav han 1736-37 *Hortus Cliffortianus*, den berømte *Fundamenta Botanica*, *Flora Lapponica*, *Genera Plantarum* og *Critica Botanica*. 1741 blev Linné professor i Uppsala, der oplevede en glansperiode uden fortilfælde. Da Linné 1759 var rektor *magnificus*, var antallet af studerende steget til 1500 fra færre end 500 før hans tid. Studenterne elskede Linné og strømmede til hans berømte ekskursioner. Hans *Philosophia Botanica* fra 1751 var i lange tider intet mindre end botanikkens lovbog. O.a.

I Frankrig blev Jean-Baptiste Pierre Antoine de Monet Lamarck (1744-1829) forbavset over det nære slægtskab mellem forskellige dyrearter og offentliggjorde 1809 en bog med titlen "Philosophie Zoologique", hvori han prøvede at forklare dette slægtskab i form af en udviklingsteori. Lamarck forklarede den nære lighed mellem arterne inden for en slægt ved at antage, at disse arter havde udviklet sig fra en fælles stamform. Evolutions-mekanismen, som han tænkte sig den, var dog i det væsentlige forkert, idet han mente, at også tillærte egenskaber nedarves.

F.eks. mente Lamarck, at girafferne strakte hals for at kunne nå op at spise bladene på høje træer. Således mente Lamarck, var girafhalsen gradvis blevet længere i løbet af mange generationer. Skønt troen på de tillærte egenskabers arvelighed var en alvorlig fejtagelse, fortjener Lamarck anerkendelse for korrekt at have fremhævet, at den nære lighed mellem en slægts arter skyldes nedstamningen fra en fælles stamform.³

Den begavede læge og digter Erasmus Darwin (1731-1802), der af den engelske romantiske digter Coleridge blev anset at have "...en større bredde af viden end nogen anden mand i Europa", havde i mellemtiden i England offentliggjort "The Botanic Garden" og "Zoonomia" (1794). Darwins første bog, Den botaniske Have, var skrevet på vers, og i forordet udtalte han, at formålet var at "...indlade fantasien under videnskabens banner..." og henlede læserens opmærksomhed på "den fejrede svenske naturforsker Linnaeus' uødelige arbejder". Bogen blev umådelig populær på Darwins tid, men nutidens læser ville nok ønske, at han havde udtrykt sig i prosa i stedet for i poesi.

Darwins anden bog "Zoonomia" er mere interessant, da den indeholder en klar udtalelse om evolutionsteorien:

"...Når vi overvejer de store forandringer, der er sket med forskellige dyr", skrev Darwin, "som heste, vi har opøvet til forskellige formål som styrke og hurtighed, til at bære byrder eller til væddeløb; eller hunde, vi har opdrættet for deres styrke og mod som bulldog'en, eller for den fine lugtesans, som i tilfældet med Støveren og Spanielen, eller med Greyhound'ens hurtighed, eller evnen til at svømme i vand eller trække slæder som de ruhårede hunde i Norden ... og føj hertil de store form- og farvevariationer, vi dagligt ser hos mindre dyr som f.eks. kaniner og duer, fordi vi har opdrættet dem; ... når

³Lamarck udgav 1778 med statsunderstøttelse Flore Francaise, hvori han anvender Linnés system på den franske flora. Philosophie Zoologique var et for hans tid genialt arbejde, der dog ikke vakte særlig opsigt, og fra modstandernes side blev spottet og tiet ihjel. Først på et langt senere tidspunkt blev Lamarcks revolutionerende naturfilosofiske doktriner forstået og sammenlignet med Charles Darwins. O.a.

vi overvejer den store lighed i bygningen hos alle varmblodede dyr, både hos pattedyrene, fugle, krybdyr og hos mennesker, lige fra musen og flagermusen til elefanten og hvalen, ledes vi til at konkludere, at de alle er skabt på samme måde og af samme slags levende fiber."

Erasmus Darwins søn Robert giftede sig med Suzanna Wedgwood, den kønne og begavede datter af den berømte keramikker Josiah Wedgwood, og 1809 (samme år som Lamarck publicerede sin "Philosophie Zoologique") blev hun mor til Charles Darwin.

9.2 Charles Darwin

Som dreng holdt Darwin af sine samlinger og af at gå på jagt, men viste ingen særlige evner i skolen. Faderen der var skuffet over hans middelmådige præstationer, sagde engang til ham: "Du holder kun af jagt, hunde og rottefangst. Du vil blive en skændsel for dig selv og hele din familie!"

Robert Darwin var fast besluttet på, at sønnen ikke skulle udvikle sig til en ubeskæftiget dagdriver, som han syntes at være på vej til at blive, og 16 år gammel blev Charles sendt til universitetet i Edinburgh for at studere medicin. Men Charles Darwin var nu så sart og blid en sjæl, at han ikke kunne holde ud at overvære operationer (der dengang foregik uden kloroformbedøvelse). Desuden havde han fundet ud af, at faderen ville efterlade ham penge nok til en komfortabel tilværelse, så derfor tog han ikke medicinstudierne rigtig alvorligt. Nogle af hans venner var imidlertid videnskabsmænd, og gennem dem fik Darwin interesse for geologi og zoologi.

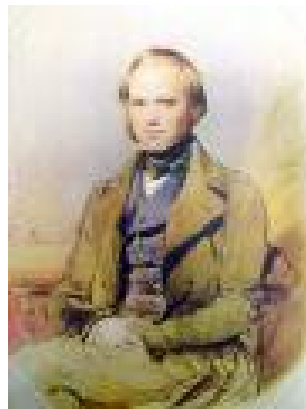
Robert Darwin indså, at sønnen ikke ønskede at blive læge. I stedet sendte han derfor Charles til Cambridge for at få en gejstlig uddannelse. Charles Darwin var også vældig populær i Cambridge på grund af sin muntre, venlige og ærlige karakter, men han var ingen seriøs studerende. Blandt de mange venner, han fik her, var også videnskabsmænd, blandt andre John Stevens Henslow, botanikprofessoren i Cambridge, og geologiprofessoren Adam Sedgwick.

I erindring om noget af det, der påvirkede ham mest i den tid, skrev Darwin:

"I mit sidste år i Cambridge læste jeg omhyggeligt og med stor interesse Humboldts "Personal Narrative of Travels to the Equinoctial Regions of America". Denne bog og Sir J. Hirschels "Introduction to the Study of Natural Philosophy" gav mig et brændende ønske om at bidrage med blot den mest

beskedne tilføjelse til naturvidenskabens ædle bygning. Ikke en af et helt dusin bøger påvirkede mig så meget som disse. Jeg tog kopier af Humboldts lange afsnit om Tenerifa og læste dem højt for Henslow, Ramsay og Dawes ... og enkelte i selskabet erklærede da også, at der ville de stræbe efter at komme hen, men jeg tror nu, de kun mente det halvt alvorligt. Jeg, derimod, mente det i fuldt alvor, og fik tilmed en introduktion til en købmand i London for at forhøre mig om skibslejlighed."

I sommeren 1831 rejste Charles Darwin til Wales for at hjælpe professor Sedgwick, som studerede de overordentlig gamle klippeformationer, der var fundet der. Da han kom tilbage til hjemmet efter den geologiske ekspedition, lå der brev fra Henslow. Heri fik Darwin tilbudt en stilling som ulønnet forsker ombord på "Beagle", en lille brig, der skulle udsendes af den britiske regering for at opmåle Sydamerikas kyst og udføre en række tidsmålinger verden rundt.



Darwin var henrykt og meget betaget af dette tilbud. Han nærede et brændende ønske om både at besøge de herlige, næsten ukendte egne, Alexander von Humboldt havde beskrevet, og at "bidrage med blot den mest beskedne tilføjelse til naturvidenskabens ædle bygning". Håb og planer blev imidlertid bremset af faderens modstand. Han troede, at Charles endnu engang ændrede mening og drev i retning af et liv i morskab og lediggang. "Hvis du kan finde blot en fornuftig mand, der vil tilråde dig at tage afsted", sagde Robert Darwin til sin søn, "vil jeg give mit samtykke."

Dybt deprimeret over faderens ord besøgte Charles Darwin sin onkel Josiah Wedgwoods gods, Maer, hvor han altid følte sig bedre tilpas end i sit hjem. Hvad der derefter skete, var med Darwins egne ord følgende:

“...Min onkel sendte bud efter mig og tilbød at køre mig til Shrewsbury og tale med min far, da han mente, det ville være klogt af mig at tage imod tilbudet. Min far havde altid påstået, at min onkel var verdens fornuftigste mand, og han gav straks sit samtykke på den venligste måde. Jeg havde været temmelig ødsel, medens jeg var i Cambridge, og for at berolige min far sagde jeg, at “jeg skulle være pokkers begavet for at bruge mere end mine månedspenge, så længe jeg var ombord på Beagle”, men han svarede med et smil “Jeg har ellers hørt, du er meget begavet!”

På den måde begyndte Charles Darwin den 27. december 1831 en 5 års rejse rundt om Jorden. Denne rejse skulle ikke alene forandre Darwins liv, men endnu vigtigere: den kom til at ændre menneskets syn på dets plads i naturen.

9.3 Lyells hypotese

Da Beagle sejlede ud fra Davenport i trist vintervejr, lå den 22-årige Darwin i sin køje, ynkeligt søsyg og med hjemve, i visheden om at han ikke ville se familie og venner i mange år. For at tvinge tankerne bort fra disse problemer læste Darwin en ny bog, som Henslow havde anbefalet: Sir Charles Lyells “Principles of Geology”. “Læs den endelig” havde Henslow skrevet, “for den er meget interessant; men interesser dig kun for kendsgerningerne i den. Den er helt igennem på vildspor, hvad teorierne angår.”

Medens Darwin læste Lyells bog med stigende spænding og opslugthed, forstod han let, hvad det var, Henslow havde at indvende: Lyell, en tilhænger af den store skotske geolog James Hutton (1726-1797), indførte en revolutionerende hypotese i geologien. Ifølge Lyell forholdt det sig sådan, at “Ingen som helst årsager, bortset fra dem der nu er virksomme, har nogen sinde været virksomme fra de ældste tider vi kan se tilbage på og frem til nu; og de har aldrig være virksomme med større energier, end de nu virker med.”

Denne ide forekom farlig og kættersk for dybt religiøse mænd som Henslow og Sedgwick. De troede, at Jordens geologi var skabt ved Noahs syndflod og måske gennem andre oversvømmelser og katastrofer, der havde fundet sted før Noahs tid. Jordens geologiske særpræg, dens bjerge, dale og sletter, anså de for sporene efter forskellige katastrofer, som Jorden havde gennemgået.

Alt dette blev nu benægtet af Lyell. Han troede Jorden var uendelig gammel - tusinde af millioner år. Gennem dette uhyre spænd af tid, mente Lyell, havde langsomt virkende kræfters vedvarende arbejde dannet Jordens

geologiske karakteristika. Store dale var skåret ud af gletcherne og af regnens og frostens vedvarende virkning; og langsomme ændringer af landets højde, fortsat over uhyre tidsrum, havde opbygget de høje bjergkæder.

Lyells tro på Jordens umådelig høje alder, baseret på de geologiske vidnesbyrd, gjorde at Darwins bedstefars udviklingsteori pludselig forekom mere sandsynlig. Over så mægtige tidsrum ville små kræfters langvarige indvirkning måske være årsag til store forandringer både i biologien og i geologien!

Ved den tid da Beagle var nået til Santiago på De capverdiske Øer, havde Darwin grundigt fordøjet Lyells bog med dens svimlende udsigter. Da han undersøgte Santiagos geologi, indså han "de vidunderlige fortrin ved Lyells måde at behandle geologien på". Træk ved øen, der ellers ville være uforståelige ud fra de sædvanlige katastrofe-teorier, blev nu fuldt forståelige på basis af Lyells hypotese.

Efterhånden som Beagle langsomt bevægede sig sydpå langs Sydamerikas kyst, drog Darwin ud på adskillige ekspeditioner for at udforske landets indre. På en af disse udflugter fandt han nogle fossile knogler i en flodsengs røde mudder. Han udgravede omhyggeligt området omkring dem og fandt resterne af ni store firbenede dyr. Nogle af dem var så store som elefanter. Nogle syntes dog af bygning at være i nært slægtskab med nulevende sydamerikanske arter. Et af de uddøde dyr, som Darwin fandt, lignede bortset fra den gigantiske størrelse en armadillo, - et sydamerikansk bæltedyr.

Beagle rundede Cap Horn pisket af iskolde bølger, så høje at skibet var nær ved at lægge sig på siden. Da briggen efter stormen var sikkert forankret i Tierra del Fuego kanalen ved Ildlandet, lagde Darwin mærke til, hvordan en indfødt kvinde stod i timevis og betragtede skibet, medens tøsneen faldt og smeltede på hende nøgne bryst og på det nyfødte spædbarn, hun stod og ammede. Det slog ham i hvor høj grad de indfødte havde tilpasset sig det kølige vejrlig, så de var istand til at overleve næsten uden ly og uden klædedragt, bortset fra et par stive dyreskind, som næsten ikke dækkede dem i et vejr, der ville have taget livet af almindelige mennesker.

I 1835, medens Beagle langsomt sejlede nordpå, havde Darwin mange lejligheder til at udforske den chilenske kyst - et usædvanligt smukt land i skyggen af de høje Andesbjerge. En dag, i nærheden af Conception Bugten, oplevede han chok'et ved en alvorlig jordrustelse.

"Det kom pludseligt og varede to minutter", skrev Darwin. "Byen Conception er nu ikke andet end dynger i rækker af mursten, tegl og tømmer."

Darwin foretog opmålinger, der viste at kystlinien ved Conception var steget mindst 1 m under jordskælvet, og 50 km derfra fandt Beagles kaptajn

Fitzroy muslingebanker, der nu lå 3 m over det nye højvandsniveau. Det var en dramatisk bekræftelse af Lyells teorier! Efter at have set hvor meget kysthøjden havde forandret sig på grund af et enkelt jordskælv, var det let for Darwin at forestille sig, at lignende hændelser i løbet af mange millioner år kunne have rejst Andesbjergenes mægtige mur.

I september 1835 sejlede Beagle vestpå til Galapagos Øerne, en gruppe små vulkanske øer ved Perus kyst. På disse øer fandt Darwin nye plante- og dyrearter, der ikke fandtes andre steder i verden. Han opdagede, at hver af disse øer havde egne arter, der lignede arterne, han fandt på de andre øer, men dog så forskellige, at de måtte klassificeres særskilt.

På Galapagos Øerne levede 13 slags finker, der ikke fandtes andre steder i verden, alle grundlæggende ens af udseende, men med forskellige træk relateret til deres levevis og føde. Da han spekulerede over disse kendsgerninger, forekom det Darwin, at den eneste forklaring var, at de 13 finkearter på Galapagos måtte nedstamme fra en enkelt art, og at nogle få medlemmer af arten formentlig af en stærk vind var ført ud til øerne fra det sydamerikanske hovedland.

“Ved opdagelsen af denne nuancering og forskellighed inden for en lille tætbeslægtet gruppe fugle”, skrev Darwin, “kunne man virkelig forestille sig, at der fra et oprindeligt fåtal af fugle i dette øhav har overlevet en art, som er blevet tilpasset efter forskellige forhold ... Sådanne forhold kunne let påvirke arternes stabilitet.”

Efterhånden som Darwin foretog omhyggelige studier af Galapagos Øernes dyr og planter, indså han, at selv om de ikke var helt identiske med de tilsvarende sydamerikanske former, lignede de dem dog så meget, at det forekom mest sandsynligt, at alle planter og dyr på Galapagos var nået frem til øerne fra det sydamerikanske fastland, og efterhånden havde udviklet sig til deres nuværende former.

Ideen om arternes gradvise tilpasning kunne også forklare den kendsgerning, som Darwin havde bemærket, at de fossile dyr i Sydamerika var nærmere beslægtet med afrikanske og eurasiske dyr, end de nulevende sydamerikanske arter var. Med andre ord, Sydamerikas fossile dyr udgjorde et forbindelsesled mellem de levende sydamerikanske arter og de tilsvarende dyr i Europa, Asien og Afrika. Den mest sandsynlige forklaring på dette var, at dyrene var nået til Amerika via en landbro, der siden måtte være gået tabt, og at de derefter havde udviklet specielle sydamerikanske former.

Beagle fortsatte rejsen vestpå, og Darwin havde mulighed for at studere Stillehavsøernes dyr og planter. Han bemærkede, at der ikke var pattedyr

på disse øer, bortset fra flagermus og nogle få arter, som søfolk havde bragt dertil. Det forekom Darwin sandsynligt, at alle Stillehavsoernes arter var nået frem til øerne ved at krydse over store havstrækninger, efter at de vulkanske øer havde rejst sig fra havbunden, og at det var forklaringen på, at der manglede så mange dyreklasser. Den kendsgerning, at hver øgruppe havde sine egne specielle arter, som ikke fandtes andre steder i verden, forekom Darwin et overbevisende vidnesbyrd om, at arterne havde tilpasset sig efter deres ankomst. Det isolerede australske kontinents mærkværdige pungdyr gjorde ligeledes et dybt indtryk på Darwin.

9.4 Arternes Oprindelse

Darwin havde forladt England ombord på Beagle i 1831 som en umoden ung mand på 22, uden egentlig ide om hvad han ønskede at stille op med sit liv. Efter fem års rejse vendte han tilbage i 1836 som en moden mand, bekræftet i sin interesse for videnskaben og i besiddelse af et formidabelt talent for iagttagelse, generalisering og evne til logisk videnskabelig konkluderen. I en beskrivelse af rejsen siger Darwin:

“Jeg har altid følt, at jeg intellektuelt modtog min første egentlige uddannelse takket være rejsen ... Alt, hvad jeg tænkte over eller læste om, var direkte med til at understøtte, hvad jeg allerede havde set eller sandsynligvis ville få at se, og denne holdning fulgte mig i alle rejsens fem år. Jeg er sikker på, at det var denne træning, der satte mig i stand til at præstere, hvad jeg end må have frembragt inden for videnskaben.”

Darwin vendte tilbage til England, overbevist af det han havde set på rejsen, at plante- og dyrearterne ikke var skabt uafhængigt og mirakuløst, men at de gradvis var ændret til deres nuværende form i den geologiske tids mange millioner af år.

Darwin var henrykt over at være hjemme igen, og ved udsigten til at se sin familie og sine venner igen. Til onklen Josiah Wedgwood skrev han:

“Jeg er helt forvirret i hovedet af så megen fryd, men jeg kan ikke være med til, at min søster skulle være den første til at fortælle dig, hvor lykkelig jeg er over at se alle mine kære venner igen. ...Jeg er utålmodig efter at gense Maer og alle dets beboere.”

I et brev til Henslow skriver han:

“Min kære Henslow, Jeg længes efter at se Dem. De har været mig den bedste ven, en mand nogen sinde har haft. Jeg kan ikke skrive mere, for jeg

er svimmel af glæde og forvirring."

1837 slog Darwin sig ned i Great Marlborough Street i London, hvor han kunne arbejde med sine geologiske og fossile samlinger. Han fik hjælp til arbejdet af Sir Charles Lyell, som blev Darwins nære ven. I 1837 påbegyndte Darwin også en bog med notater om "Transmutation of Species", Arternes forvandlinger. Hans "Journal of Researches into the Geology and Natural History of the various Countries visited by H.M.S. Beagle" (Journal over geologiske og naturhistoriske undersøgelser i de forskellige lande besøgt af H.M.S. Beagle) blev publiceret i 1839, og den blev hurtigt en bestseller. Det er en af de interessanteste rejsebøger der nogen sinde er skrevet, og siden den første udgivelse er den genudkommet mere end ethundrede gange.

Disse år var meget produktive for Darwin, men han længtes både efter sit hjem ved The Mount, og efter sin onkels gods i nærheden med sværmen af tiltrækkende døtre. I erindring om sine mange lykkelige besøg på Maer skrev han:

"Om sommeren sad hele familien ofte på trapperne til den gamle portal, med blomsterhaven foran og den stejle træbevoksede skrænt over for huset spejlende sig i søen, hvor hist og her en fisk dukkede op, eller en søfugl padlede omkring. Intet har efterladt et mere levende billede i mit sind end disse aftener på Maer."

I sommeren 1838, da han var træt af ungarlelivet i London, skrev Darwin i sin dagbog:

"Min Gud, det er utåleligt at tænke på at bruge hele livet som en intetkønnet bi med arbejde og alligevel det rene ingenting! Tænk at skulle leve alle sine dage i det røgfyldte snavsede London! Forestil dig blot en sød, blød kone på en sofa, en god kaminild og bøger, og måske musik. Gift dig, gift dig, gift dig! Q.E.D."

Da han havde truffet sin beslutning, drog Darwin direkte til Maer og friede til sin kønne kusine Emma Wedgwood, der straks sagde ja til begge familiers glæde. Charles og Emma Darwin købte et stort, behageligt landsted i Down 10 km syd for London, og her, i december 1839, fødtes det første af deres ti børn.

Darwin valgte dette lidt isolerede sted til sit hjem, fordi han var begyndt at vise tegn på en kronisk sygdom, som han led under resten af livet. Hans kræfter var meget begrænsede, og han økonomiserede med dem til fordel for arbejdet ved at undgå selskabelige forpligtelser. Hans sygdom blev aldrig præcis diagnosticeret medens han levede, men moderne lægers gæt er, at han led af Chagas' sygdom, en endemisk infektion med flagellater overført ved bid

fra en sydamerikansk blodsugende tæge.



Darwin var allerede overbevist om, at arterne havde forandret sig over meget lange tidsperioder, men hvad det var for kræfter, der forårsagede denne forandring, fandt han ud af i 1838:

“Ved et tilfælde”, skrev han, “underholdt jeg mig ved at læse Malthus’ bog “Population”. Og da jeg fra mine langvarige studier af dyrs og planters levevis var vel forberedt på at acceptere den kamp for eksistensen, der finder sted alle vegne, slog det mig straks, at under disse omstændigheder ville fordelagtige varieteter have tendens til at bevares, men ufordelagtige til at blive ødelagt. Resultatet ville være fremkomsten af nye arter.”

“Her havde jeg da endelig fået en teori at arbejde efter; men jeg var så ivrig efter at undgå forudfattede meninger, at jeg for nogen tid besluttede end ikke at nedskrive selv den korteste skitse af den. Først i juni 1842 tillod jeg mig den tilfredsstillende, med blyant at skrive et meget kort uddrag af min teori på 33 sider. Den blev udvidet i løbet af sommeren 1844 til 230 sider.”

Alle Darwins revolutionerende ideer indeholdtes i 1844- uddraget, men han offentliggjorde det ikke. I stedet begyndte han - med en utrolig Copernikus-lignende sendrægtighed - en afhandling om fjeldgæs, som det tog ham otte år at færdiggøre! Darwin havde velsagtens en forudanelse om den rasende storm af had og bigotteri, som offentliggørelsen af hans kætterske ideer ville foranledige.

Endelig, i 1854, skrev han til sin ven, Sir Joseph Hooker, der var direktør for Kew Botaniske Have, at han omsider genoptog arbejdet om arternes oprindelse. Både Hooker og Lyell kendte Darwins arbejde om udviklingen, og de havde i mange år opfordret ham til at offentliggøre det. I 1835 havde han skrevet 11 kapitler af bogen om arternes oprindelse ved naturlig udvælgelse. Men han havde anlagt den i så stor målestok, at bogen kunne have fyldt fire eller fem tykke bind, som det ville have taget Darwin resten af livet at fuldføre.

Heldigvis blev dette afværget, ved at der til Down House ankom en bombe i form af et brev fra naturforskeren Alfred Russel Wallace. Ligesom Darwin havde Wallace læst Malthus' bog "On Population" og i et forståelsens lynglimt havde han under et feberanfald i Malaya indset ideen om udvikling gennem naturlig udvælgelse. Det var præcis den samme teori, som Darwin havde arbejdet på i 20 år! I brevet havde Wallace vedlagt en kort artikel med titlen "On the Tendency of Varieties to Depart Indefinitely from the Original Type". Det var et perfekt resume af Darwins udviklingsteori.

"Jeg har aldrig set en mere slående tilfældighed", skrev den forbløffede Darwin til Lyell. "Hvis Wallace havde set mit udkast i manuskriptet skrevet i 1842, kunne han ikke have lavet et bedre uddrag. Nogle af hans udtryk står endda som overskrifterne til mine kapitler. ...Jeg ville være yderst glad for nu at publicere en skitse af mine generelle synspunkter på et dusin sider eller der omkring; men jeg kan ikke overbevise mig selv om, at jeg kan gøre det med æren i behold. ...Jeg ville meget hellere brænde hele min bog, end risikere at han eller nogen anden skulle synes, at jeg har optrådt på en lumpen måde."

Både Lyell og Hooker handlede hurtigt og beslutsomt for at hindre Darwin i at tilbageholde sit arbejde, som han var tilbøjelig til. Sluttelig fandt de en heldig løsning: Wallaces artikel blev læst for The Linnean Society sammen med et kort uddrag af Darwins arbejde, og begge artikler blev som næste skridt trykt samtidigt i selskabets skrifter. Medlemmerne i selskabet lyttede i en tilstand af forbløffet tavshed. Som Hooker skrev til Darwin næste dag, var emnet "for nyt og for ildevarslende for den gamle skole at træde op imod, førend de have forskanset sig."

Lyell og Hooker overtalte derpå Darwin til at skrive en bog af begrænset størrelse om udviklingen gennem naturlig udvælgelse. Resultatet var, at han i 1859 udgav "On the Origin of Species", Arternes Oprindelse, der sammen med Newtons Principia rangerer blandt de største videnskabelige bøger overhovedet. Hvad Newton gjorde for fysikken, ydede Darwin for biologien: Han opdagede de grundlæggende teoretiske principper, der sammenbinder alle eksperimentelt iagttagede forhold og gør dem forståelige, og han viste i detaljer, hvordan disse grundlæggende principper redegør for omstændighederne inden for et meget stort begrebsområde.

Darwins Arternes Oprindelse kan stadig læses med fornøjelse og fascination af nutidens læsere. Hans stil er levende og letlæst, og næsten alle konklusioner anses stadig at være rigtige. Han begynder med at diskutere variationen hos tamdyr og nytteplanter, og han påpeger, at nøglen til forandringer, som avlerne frembringer, er udvælgelse. Ønsker vi hurtigere heste,

udvælger vi de hurtigste i hver generation, og anvender dem dernæst som avlsdyr for den næste.

Derefter påviser Darwin, at en tilsvarende proces finder sted i naturen: enhver plante og ethvert dyr avler så meget afkom, at hvis de alle overlevede og formerede sig, ville antallet hurtigt nå op på astronomiske størrelser. Det kan ikke lade sig gøre, da pladsen og fødeunderlaget er begrænset, og i naturen foregår der derfor altid en kamp for at overleve. Tilfældige forandringer, der øger en organismes chancer for at overleve, vil med større sandsynlighed blive videregivet til næste generation, end skadelige forandringer bliver. Ved hjælp af denne mekanisme, som Darwin kaldte "den naturlige udvælgelse", sker forandringerne i naturens dyr og planter ligesom hos tamdyrende og nytteplanterne.

Forestiller vi os en vulkansk ø nyopdukket fra havets bund og helt ubeboet, må vi spørge hvad der vil ske, efterhånden som planter og dyr begynder at ankomme. Antag for eksempel, at en enkelt fugleart ankommer til øen. Antallet af fugle vil først stige, indtil stedet ikke kan ernære flere, og antallet vil derefter forblive konstant på dette niveau. Over en længere tidsperiode kan der imidlertid forekomme tilfældige variationer inden for fuglebestanden, som tillader nogle individer at drage nytte f.eks. af andre former for føde; og på denne måde, på grund af en tilfældig ændring, kan bestanden yderligere tiltage. På den måde kan en enkelt art eventuelt blive opsplittet i en række underarter, der alle indtager enhver tilgængelig økologisk niche. Nye arter, der er skabt på denne måde, vil ligne de oprindelige stamformer, selv om deres specielle præg, der i dette tilfælde vedrører deres kostsammensætning og næringsvaner, kan have ændret sig betydeligt. Således har f.eks. hvaler, sæler og oddere generelt bevaret bygningen som landpattedyr, på trods af at de i høj grad har undergået forandringer med hensyn til præg, der er specialiseret til deres liv i vandet. Ifølge Darwin er dette grunden til, at svage spor af organer eller anlæg er så nyttige i klassificeringen af plante- og dyrearter.

Klassificeringen af arterne betragtes af Darwin som en genealogisk klassifikation. Ifølge hans teori betragtes alle levende organismer som grene på en enkelt familiestamme. Det er en virkelig bemærkelsesværdig påstand, eftersom den fælles stamform til alt levende jo må have været yderst simpel og primitiv. Det følger i øvrigt deraf, at de højerestående dyrs og planters vidunderlige strukturer, hvis kompleksitet og elegance langt overgår, hvad den menneskelige intelligens frembringer, alle er skabt over tusinde af millioner år ved tilfældig variation og naturlig udvælgelse.

Vi må derfor se en lang forhistorie bag enhver detalstruktur og enhver

egenskab hos et levende væsen, og kendskabet til læren om udviklingen af de levende væseners organer og egenskaber bidrager væsentligt til vor forståelse af dem. For eksempel kan studiet af hjernens og instinkternes udviklingshistorie bidrage i høj grad til vor forståelse af psykologien, som Darwin påpegede.

Blandt de mange slående observationer, Darwin fremførte til støtte for teorien, gives der kendsgerninger inden for morfologien og embryologien. Darwin medtager for eksempel følgende citat af naturforskeren von Baer:

“Jeg er i besiddelse af to små fostre i sprit, men har undladt at påsætte navne, og for øjeblikket er jeg helt ude af stand til at sige, hvilken klasse de tilhører. De kan være firben eller små fugle, eller meget unge pattedyr, så fuldstændig er ligheden i måden disse dyrs hoved og krop dannes på. Lemmerne mangler stadig på disse fostre. Men selv om de havde været dannet på dette tidlige udviklingsstadium, ville vi ikke have fundet ud af noget, for fødderne hos firben og pattedyr, vingerne og fødderne hos fugle, og endog menneskets hænder og fødder udvikles alle ud fra den samme fundamentale form.”

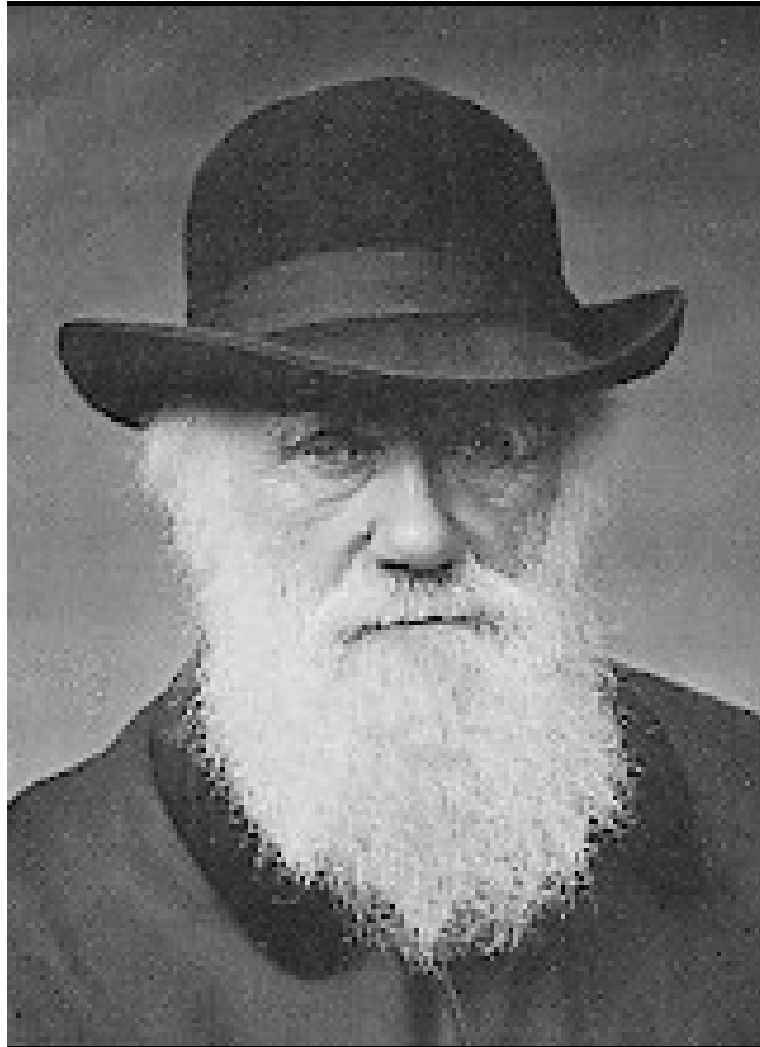
Darwin citerer også dette afsnit af G. H. Lewis:

“Den almindelige salamander-haletudse har gæller, og den gennemlever sin tilværelse i vandet. Men Salamandra atra, som lever oppe i bjergene, føder fuldt udviklede unger. Dette dyr lever aldrig i vandet. Men åbner vi en gravid hun, finder vi inden i den haletudser med perfekt ribbede gæller. Anbringes de i vand, svømmer de ligesom den almindelige salamanders eller vandfirbenets haletudser. Det er klart, at denne marine egenskab ikke har nogen forbindelse med dyrets fremtidige liv, eller har nogen betydning i fostertilstanden. Den har kun forbindelse med de fortidige tilpasninger; det er en gentagelse af faserne i slægtens udvikling.”

Darwin peger på, at “...eftersom fosteret ofte mere eller mindre tydeligt viser os strukturen af de mindre modificerede og mere oprindelige egenskaber, som gruppens forfædre har haft, forstår vi, hvorfor de tidligere men nu uddøde former så ofte i deres voksne stadier ligner fostrene af nulevende arter.”

Intet uddrag af Darwins bog yder retfærdighed imod den. Man må selv læse bogen. Han fremlægger en overvældende mængde beviser til støtte for teorien om udvikling gennem naturlig udvælgelse, og han slutter bogen med følgende ord:

“Det er interessant at betragte en bevokset skrænt, dækket af mange forskellige planter, med fugle der synger i buskene, og forskellige insekter flagrende omkring, og med orme borende sig gennem den fugtige jord, - Og at tænke på, at disse omhyggeligt konstruerede former, så forskellige fra hve-



randre, og dog afhængige af hverandre på en så kompliceret vis, alle er skabt ved love, der fungerer omkring os. ...Der er storhed i dette syn på livet - med dets forskellige evner - der oprindeligt ved Skaberen blev til i nogle få former, eller i en eneste; og at uendelig mange af de skønneste og vidunderligste former har været og bliver udviklet fra en så enkel begyndelse, medens denne planet forbliver i sit kredsløb ifølge den uforanderlige tyngdelov."⁴

⁴Charles Darwins *On the Origin of Species by Means of Natural Selection*, 1859, blev herhjemme oversat af J. P. Jacobsen og udkom i København 1872 med titlen *Om Arternes Oprindelse ved Kvalitetsvalg*. O.a.

Kapitel 10

Sejr over sygdomme

10.1 Jenner

Hvis det 19. århundredes europæere og amerikanere følte, at deres videnskabelige civilisation havde noget at tilbyde menneskeheden, har de formentlig haft ikke blot fabrikker, dampskibe, jernbaner og telegrafene i tankerne, men også de store sejre, man havde vundet over sygdommene. Den første af disse sejre blev vundet over sygdommen kopper, der dengang var så almindelig, at næsten enhver kunne regne temmelig sikkert med at få den. Under de mere alvorlige epidemier døde hver tredje patient, der var blevet smittet med kopper. De, der kom sig, blev undertiden blinde og ofte så skæmmet af sygdommen, at deres ansigter var næppe nok menneskelige.

Da kopper var så almindelig udbredt en sygdom, at folk knapt troede helt at kunne undgå den, håbede de i stedet at måtte få den i blot mild grad. Man havde tidligt bemærket, at alle, der overlevede et koppeangreb, heller aldrig blev angrebet igen. I Tyrkiet og Kina indpodede man somme tider sig selv med pus fra koppeblærer hos patienter, der var angrebet af kopper i mild form. Denne tyrkiske og kinesiske skik med indpodning blev introduceret i Europa i det 18. århundrede, og Diderot, redaktøren af den store franske Encyklopædi (udgivet 1772), gjorde meget for at popularisere skikken. Indpodningen var imidlertid farlig. Den beskyttede ganske vist imod fremtidige angreb, men den indpodede person blev ofte alvorligt syg eller døde. - Det var som en "russisk roulette".

(Denne såkaldte inokulation, overtaget fra folkemedicinen, blev praktiseret fra første halvdel af det 18. århundrede. Endnu 1776 blev f.eks. Frederikke

Charlotte og Christian Ditlev Frederik Reventlows børn inokuleret med godt resultat af hofmedikus Berger. Man havde observeret den opnåede modstandskraft hos mennesker, der havde været smittet af den milde kvægsygdøm kokopper, og den engelske landmand Benjamin Jetsy indpodede derfor 1774 sin hustru og to sønner med kokoppelymfe. De kom godt over det, hustruen dog først efter et svært angreb, men forsøget vakte forbitrelse. Påny i 1791 vaccinerede den holstenske skolelærer Peter Plett med held nogle skolebørn med kokopper, men forsøget bemærkedes ikke. O.a.)

Historien om sikker modstandskraft overfor kopper begyndte, da den engelske læge Edward Jenner (1749-1823) behandlede en mejerske fra Gloucestershire. Han troede hun havde kopper, men da han fortalte hende det, svarede hun: "Jeg kan ikke få kopper, Sir, for jeg har haft kokopper." Hun fortalte ham, at det var almindelig kendt på hendes egn, at alle der havde været syge af kokopper, der undertiden angreb landmænd og mejerifolk, aldrig blev angrebet af kopper.

Jenner indså nu muligheden for at udvikle en sikker metode til at skabe immunitet imod en af de mest frygtede sygdomme.

Den 14. maj 1796 fandt han en mejerske med aktive kokopper, og efter at have udtaget en lille smule væske fra en af blærerne på hendes hænder indsprøjtede han det i en dreng. Drengen blev syg af kokopper, men kom sig hurtigt, da sygdommen næsten altid er mild.

Derefter tog Jenner det farlige afgørende skridt at indpode kopper på drengen. Hvis drengen døde, ville Jenner have været kriminel, - men drengen var immun! Det varede to år før Jenner fandt mod og lejlighed igen til at efterprøve eksperimentet, men da han i 1798 havde gentaget det med samme lykkelige udfald, besluttede han at offentliggøre sine resultater.



Skrækken for kopper var så stor, at Jenner øjeblikkelig blev belejret med anmodninger fra mennesker, der ønskede at blive immuniseret ved indpoding med kokopper, hvilket Jenner kaldte "vaccination" efter "vacca", det



latinske ord for ko. Fremgangsmåden blev hurtigt accepteret. Den engelske kongefamilie blev vaccineret, og Parlamentet besluttede at belønne Jenner med 30.000 pund Sterling, en dengang uhyre stor sum penge.

1807 blev vaccination obligatorisk i Bayern, hvor man fejrede Jenners fødselsdag som en helligdag. Også i Rusland modtog man vaccinationen med begejstring. Det første barn, der blev vaccineret i Rusland, fik navnet "Vaccinov", og fik sin uddannelse betalt af staten. Takket være Jenner og hans patient, mejersken, var kopper begyndt at forsvinde fra Jorden.

10.2 Pasteur

I 1800, da man var begyndt at bruge vaccination imod kopper, forstod ingen, hvorfor det virkede. Der var faktisk ingen, som forstod, hvad der var årsagen til smitsomme sygdomme. Det var mere end et århundrede siden, Antony van Leeuwenhoek havde studeret bakterier med sine hjemmelavede mikroskoper, og beskrevet dem i lange breve til Royal Society. Men de fleste videnskabsmænd og læger ville på den tid have leet ved forestillingen om, at så små væsener kunne være farlige. Eksempelvis udelod den store svenske naturforsker Karl af Linné mikroskopiske organismer fra sin klassifikation af alt levende med den begrundelse, at de var for ubetydelige til at blive nævnt.

Sådan var forholdene, da Louis Pasteur blev født 1822 i Jura egnen i Frankrig, tæt ved den schweiziske grænse. Hans far var garver i den lille by Arbois. Pasteurs forældre var ikke spor rige, men de var inderlige og idealistiske, og de håbede, at deres søn en dag ville blive lærer.

Louis Pasteur blev som dreng anset for en temmelig langsomt opfattende

skoleelev, men han var ret kunstnerisk begavet. I alderen fra 13 til 19 udførte han mange realistiske og stærke portrætter af mennesker fra sin hjemby. Han havde ambitioner om at blive lærer inden for kunsten, og med dette i tankerne læste han til adgangseksamen til den berømte *École Normale* i Paris, og tjente til sit underhold ved et deltidsjob som lærer. Undertiden dog med halvsultne perioder, når pengene fra hans far var brugt op.

Det ville afgjort være lykkedes den alvorlige, flittige og kunstnerisk begavede dreng at blive en glimrende kunstprofessor, hvis han ikke pludselig havde forandret mening for at slå ind på en helt anden bane. Ad denne vej skulle Louis Pasteur komme til at indtage pladsen som en af menneskehedens store velgørere.

Forandringen indtrådte, da Pasteur overværede nogle forelæsninger hos den berømte kemiker Jean Baptiste Dumas. Denne var en fremragende forsker og en fascinerende taler, hvis forelæsninger altid blev overværet af seks-syvhundrede begejstrede og tryllebundne studenter.

"Jeg måtte komme tidligt for at få plads", skrev Pasteur til sine forældre, "akkurat som i teatret." Inspireret af Dumas' forelæsninger besluttede Pasteur at blive kemiker. Han satte penslerne fra sig, og malede aldrig siden hen.

Medens han studerede, påkaldte Pasteur sig opmærksomhed fra Antoine Jerome Balard, opdageren af grundstoffet Brom. I stedet for efter eksamen at give sig til at undervise ved gymnasier i provinsen, blev Pasteur assistent hos Balard, i hvis laboratorium han havde chancen for at arbejde på en doktorafhandling, og hvor han kunne træffe de bedste kemikere i Paris. Næsten hver torsdag blev han inviteret til professor Dumas, hvor konversationen i hjemmet altid drejede sig om videnskab.

Pasteur gjorde sin første vigtige opdagelse i en alder af 25. Han havde undersøgt vinsyresalte udvundet af vinsyre. De var meget mystiske. Når man sendte polariseret lys igennem krystallerne af disse salte, eller gennem en opløsning af dem, var de i stand til at dreje lysets polarisationsplan i en anden retning. På den anden side viste paravinsyre, der nu kaldes druesyre, og dens salte overhovedet ikke den virkning.

(Planpolariseret lys er lys, der kun svinger i én retning, vinkelret på udbredelsesretningen. Man har også elliptisk og cirkulært polariseret lys til forskel fra upolariseret. O.a.)

Det var noget af et mysterium, fordi der i øvrigt ikke syntes at være nogen kemisk forskel på vinsyre og druesyre. Men ved at studere bittesmå krystaller af paravinsyren i mikroskopet, opdagede Pasteur, at der fandtes to forskellige

slags, der forekom at være hinandens spejlbilleder. Hans livlige fantasi førte ham hurtigt til den konklusion, at de to typer krystaller var dannet af to forskellige former for vinsyre, idet molekylerne af den ene slags måtte være spejlbilledet af den anden, og Pasteur således gættede, at krystalformerne måtte være et resultat af vinsyremolekylernes former.

Ved omhyggelig adskillelse af de små bitte højrevendte krystaller fra de venstrevendte fik Pasteur en ren opløsning af højrevendte molekyler, og denne opløsning drejede lysets polarisationsplan. Og når de venstredrejede krystaller blev opløst, drejede denne opløsning det polariserede lys i den modsatte retning. Pasteur spændte fra laboratoriet, faldt den første person, han mødte i hall'en, om halsen og udbrød: "Jeg har lige gjort en stor opdagelse! Jeg er så lykkelig, at jeg ryster over hele kroppen, og jeg er lige nu ude af stand til bare at se i polarimeteret".

(Polarimeteret er et apparat med to krydsede nicolske prismer eller polarisationsfiltre, polarisatoren og analysatoren, til undersøgelse af faste stoffer og opløsninger i gennemfaldende eller reflekteret polariseret lys. Analysatorens drejning aflæses på et vinkelmål. Instrumentet benyttes i optikken, medicinen, mineralogien og krystallografien til undersøgelse af optisk aktive stoffer. Man kan let selv fremstille et polariskop, og i analysatoren se de pragtfulde farvelag i krystaller, der dannes ved indtørring af saltopløsninger på præparatglas, etc. O.a.)

Jean Baptiste Biot, grundlæggeren af hele polarimetrien, var skeptisk, da han hørte om Pasteurs resultater. Han bad den unge mand gentage forsøget, så han kunne se resultaterne med egne øje. Under Biots omhyggelige overvågning adskilte Pasteur druesyrens to krystalformer, og anbragte en opløsning af de venstrevendte krystaller i polarimeteret.

"Ved det første glimt at farve fra de to halvdele af polariskopets synsfelt", skrev Pasteur, "og uden så meget som at foretage en aflæsning", så Biot at der optrådte en stærk venstredrejning. Den berømte gamle mand, der var synligt rørt, greb derpå min hånd og sagde: "Min kære søn, jeg har hele livet elsket videnskaben så højt, og dette rører mig i hjertet!"

Da han fortsatte arbejdet med højre- og venstrevendte molekyler, følte Pasteur, at han var kommet nær til en forståelse af selve livets mysterium, eftersom molekyler der roterer polariseret lys, som Biot havde vist, næsten udelukkende var molekyler, der stammede fra eller var dannet i levende organismer. Han opdagede snart, at han kunne fremstille en optisk aktiv opløsning af vinsyre på en anden måde. Når han lod skimmelsvampen *Penicillium glaucum* vokse i en opløsning af druesyre, forsvandt den venstredrejende form,

og kun den højredrejende blev tilbage. På denne måde vakttes Pasteurs interesse for de mikroskopiske organismers stofskifte.

Pasteurs krystallografiske arbejde med optisk aktive stoffer havde gjort ham berømt blandt kemikere, og han blev udnævnt til professor i kemi ved universitetet i Strasbourg. Her forelskede han sig og blev snart gift med datteren af universitetets rektor, Marie Laurent. Ægteskabet var meget lykkeligt for Pasteur. Med hans assistent Emil Roux's ord: "Madame Pasteur elskede sin mand så meget, at det også omfattede hans studier. ...Hun var en mere end uadskillelig ledsager for sin mand. Hans bedste medarbejder." Hun hjalp ham i enhver henseende. Beskyttede ham imod hverdagens bekymringer, modtog diktat, og kopierede hans videnskabelige afhandlinger i den smukkeste håndskrift; diskuterede hans eksperimenter og stillede intelligente ledende spørgsmål, der hjalp ham til at afklare tankerne.

Efter nogle få år i Strasbourg blev Pasteur udnævnt til dekan for det videnskabelige fakultet ved universitetet i Lille. Ved udnævnelsen udtrykte den franske regering over for Pasteur, at man forventede, han ville stille universitetets videnskabelige fakultet i distriktsindustriens og landbrugets tjeneste.

Pasteur tog denne opgave ganske alvorligt, og bragte snart studiet af mikroorganismerne til gavn for den lokale industri, der producerede alkohol af saften fra rodfrugter. Han påviste, at hver gang saftkarrene indeholdt bakterier, blev saften ødelagt, og han viste, hvordan de lokale fabrikanter kunne fjerne skadelige bakterier fra deres opbevarings- og behandlingskar. Resultatet af dette arbejde var simpelt hen, at industrien blev reddet.

Pasteurs arbejde med gæringsprocesserne bragte ham i konflikt med sin tids mest berømte kemikere. Han troede, det var de levende gærcellers virksomhed, der forvandlede sukker til alkohol, da han havde observeret, at gæren var levende, og at mængden af produceret alkohol var direkte proportional med den tilsatte mængde gær. På den anden side havde den svenske kemiker Jens Jakob Berzelius (1779-1848) formodet, at gæringen var et resultat af katalyse, medens Justus von Liebig (1805-1875) troede, at gæren blev ødelagt under gæringen, og at gærcellernes sammenbrud på en eller anden måde bidrog til sukkerets omdannelse til alkohol. Både Pasteur og Berzelius havde ret. Selv om gæringen, som Pasteur formodede, var et resultat af levende gærcellers virksomhed, er det muligt at udvinde et enzym fra gæren, som kan omdanne sukker til alkohol uden medvirken af levende gærceller.

Pasteur studerede andre gæringsfysiologiske processer som f.eks. omdannelsen af mælkesukker til mælkesyre, når der findes mælkesyreproducerende



bakterier i sur mælk, og ligeledes den gæringsproces, der omdanner den friske og velmagende mælkesyre i smør, og gør det til harsk smør. Han opdagede, at hver eneste art blandt mikroorganismene bevirker deres helt specielle gæring, og han lærte at rendyrke kulturer af hver art.

På Napoleon III's forslag vendte Pasteur opmærksomheden mod den franske vinindustri, som var i alvorlige vanskeligheder. Han begyndte at se sig om efter metoder til at slippe af med de skadelige bakterier, for at undgå at de skulle ødelægge vinen. Efter at have forsøgt sig med antiseptiske midler og fundet dem utilfredsstillende, fandt Pasteur endelig en metode til at dræbe bakterierne uden at påvirke vinens smag ved at opvarme vinen i nogle få minutter til en temperatur mellem 50 og 60 grader Celcius. Denne proces, pasteurisering, kom i brug ved produktionen af mange forskellige nærings- og nydelsesmidler som mælk, ost, smør, øl, vin og mange andre slags fødevarer.

Til varmebehandlingen af store væskemængder som mælk, øl og vin opfandt Pasteur specielle maskiner, og tog patent på sine Pasteuriseringsapparater for at gøre dem tilgængelige for almenheden, og for at gøre det vanskeligere for andre gennem patentbeskyttelser at forhindre princippet billigt mulige udbredelse. Samme praksis fulgte han ved patenteringen af en forbedret metode til fremstilling af eddike, og nægtede at modtage penge for metoden.

Pasteur blev således berømt, i kemikernes og biologernes verden såvel som i den store verden. Han valgtes til medlem af Frankrigs Videnskabernes Akademi, og fra akademiet modtog han en pris for tilbagevisningen af doktrinen om spontan udvikling. (At levende organismer, mikrober eller endog større væsener skulle kunne opstå af sig selv, f.eks. af støv og snavs, eller i møddinger og kompostbunker, som man havde forestillet sig det siden oldtiden, idet man havde iagttaget omdannelsesprocesserne ved gæring og forrådnelse, og det mylder af småkravl, der opsøgte og formerede sig deri. O.a.)

(I Danmark fik Pasteurs opdagelser, som overalt i Europa, den allerstørste betydning inden for landbruget, industrien, medicinen og den videnskabelige mikrobiologi. Specielt har Emil Christian Hansen (1842-1909), der oversatte Darwins skrifter til dansk og var mangeårig leder af Carlsberg Laboratoriet, og den lige så fremragende ungdomsven Alfred Peter Carlsund Jørgensen (1848-1925), stifter af Alfred Jørgensens gæringsfysiologiske Laboratorium, begge forskere med internationalt ry, haft kolossal betydning ved deres undersøgelser af gæringsprocesserne og udvikling af metoder til rendyrkning af gærsvampe. Takket være deres indsats blev der opnået en fortrinlig standard i dansk ølbrygningsindustri og mejerivæsen, som også tilsvarende virksomhe-

der verden over nyder godt af. Lige så uegennyttigt som Pasteur, bestemte Kaptajn, Brygger Jacob Christian Jacobsen (1811-1887), at Carlsbergfondet som hans arving skulle drive Carlsberg som mønsterbryggeri "uden hensyn til den øjeblikkelige fordel". Hans og sønnen Carl Christian Hilman Jacobsens gaver til gavn for almenvellet, såvel som Carlsbergfondets betydning for dansk kunst, kultur og videnskab er lige så velkendte som enestående. O.a.)

10.3 Sygdommenes Kim-teori

I 1873 blev Pasteur valgt som medlem af Det franske medicinske Akademi. Mange konservative læger mente, han ikke havde ret til at være medlem, da han var kemiker og ikke havde noget egentligt "fagforeningskort" som læge. Men adskillige af de yngre læger anerkendte Pasteur som anfører i den vigtigste revolution i lægekunstens historie. Tre unge læger, Joubert, Roux og Chamberland, blev Pasteurs trofaste assistenter.

Da han indtrådte i Det medicinske Akademi, befandt Pasteur sig midt i en ophedet debat om sygdommes årsagsteori. Ifølge Pasteur er enhver smitsom sygdom forårsaget af bestemte typer mikroorganismer. Til hver særlig sygdom svarer en speciel mikrobe.

Selv om Pasteurs tese kun opnåede tilslutning fra et mindretal, var han ikke ene om at forsvare mikrobeteorien for sygdommes opståen, og han var heller ikke den første, der fremsatte og forsvarede den. For eksempel mente Varro (117-26 f.v.t), at sygdommes opståen skyldtes småbitte dyr, for små til at kunne ses, men som bragtes gennem luften og trængte ind i kroppen gennem mund og næse.

1840 have Jacob Henle, fremragende bayersk anatom, på en specielt klar måde peget på, hvad man burde foretage sig for at vise, at en bestemt slags mikrober forårsagede bestemte sygdomme. Mikroorganismen måtte konsekvent findes i det syge væv; den måtte isoleres fra vævet og dyrkes, derefter skulle den følgelig kunne påføre sygdommen i sundt væv. Det således nyligt smittede dyr eller menneske skulle så endelig kunne afgive mikroorganismer af samme slags som de oprindeligt fundne.

Henles elev Robert Koch (1843-1910) førte på strålende vis sin lærers forslag ud i livet. Koch brugte i 1872 Henles metode til at bevise, at sygdommen miltbrand skyldes tilstedeværelsen af stavlignende bakterier, stafylokokker, i det inficerede dyrs blod. Dette Kochs banebrydende arbejde inden for mikrobiologien og medicinen var lige så fremragende som Pasteurs. Foruden at være

den første, der uden for enhver tvivl beviste, at en bestemt sygdom fremkaldes af en bestemt mikroorganisme, introducerede Koch en stribe strålende tekniske forbedringer, der banede vejen for hastige fremskridt i bakteriologien og i medicinen.

I stedet for anvendelsen af væsker som næringssubstrat for dyrkningskulturer indførte Koch og hans assistent Petri som de første faste substanser. Af agar-agar, en gelatine udvundet af visse tang- eller havalge-arter, fremstillede Koch en gele-type, og Petri foreslog særlige flade glaskar med låg, såkaldte Petri-skåle, der anvendes til dyrkning af mikro-kulturer. Da bakterier og svampe ikke kan bevæge sig rundt på den faste overflade af næringssubstratet, udvikles der fra en enkelt organisme en koloni af arten, så man kan finde rene områder af den enkelte art.

(Teknikken bruges overordentlig meget til rendyrkning og formering af mikroorganismer, og f.eks. til undersøgelse af luftens kimtal og kimsammensætning, eller af hoste- og udåndingsprøver. En steril Petriskål med agar-agar substrat eksponeres for luftens indvirkning, eller patienten hoster imod substratet. Skålen tildækkes med låg og anbringes i termostat nogen tid, hvorefter de nu let synlige mikrokolonier efter formeringen undersøges, optælles og bestemmes mikroskopisk. O.a.)

Koch var også banebrydende inden for teknikken med farvning af bakterier, så de lettere kunne iagttages i mikroskopiske præparater, og han indførte fotografering i bakteriologien. Senere isolerede han tuberkulosebakterien og den bakterie, der forårsager kolera.

Da Det franske medicinske Akademi angreb Kochs arbejde, ilede Pasteur til hans forsvar. For at demonstrere at det var levende bakterier i fårenes blod, der overførte sygdommen miltbrand, og ikke noget som helst andet i blodet, lavede han en kultur ved at pøde en stor beholder med næringsvæske med en dråbe af det inficerede blod. Han lod det henstå, indtil bakteriekulturen havde mangedoblet sig, og tog derefter en lille dråbe fra beholderen, og overførte den til en anden beholder med næringssuppe. Det gjorde han hundrede gange, så der ikke var den mindste mulighed for, at der kunne være noget tilbage af den oprindelige dråbe fåreblod. Alligevel var en lillebitte del af væsken fra næringsbeholder nr. 100 nøjagtig lige så dødbringende som det friske blod fra et får med miltbrand.

10.4 Vacciner

Pasteur læste atter og atter Jenners artikel om immunitet imod kopper. Han søgte uafbrudt efter noget analogt til koppevaccinationen, der kunne anvendes imod andre sygdomme. Svaret kom omsider ved et tilfælde.

Pasteur og hans assistenter havde studeret hønsekolera, en sygdom der var ubetinget dødelig for høns. Roux og Chamberland udførte en serie eksperimenter, hvori de hver dag fremstillede en frisk kultur af hønsekolerabakterier. Når de indsprøjtede en smule væske fra disse kulturer i kyllinger, døde dyrene altid.

Det var sommer, og de unge mænd var rejst på to ugers sommerferie. Da de kom tilbage, tog de deres to uger gamle hønsekolerakultur ud af skabet, og sprøjtede noget af det ind i en høne. Men hønen døde ikke. De regnede med, at kulturen måtte have mistet sin kraft, medens de havde været på ferie. Efter nogen anstrengelse fik de fremstillet en ny kultur af aktive hønsekolerabakterier, som de indsprøjtede i deres høns. Alle hønerne døde, undtagen en: Den høne, der tidligere havde fået indpodet den to uger gamle kultur, blev ikke syg.

Da Pasteur kom tilbage til laboratoriet, tøvede de unge med at fortælle om det mærkelige resultat, fordi de frygtede, han ville blive vred på dem, over at de havde været på ferie og havde afbrudt rækken af eksperimenter. Endelig tilstod de, hvad der var sket, og tilføjede den mærkelige detalje om hønen, der ikke døde. Midt i deres undskyldninger løftede Pasteur hånden. "Ti venligst stille et øjeblik", sagde han, "jeg vil gerne tænke." Efter nogle minutters stilhed, så Pasteur på Roux og Chamberland og sagde: "Der har vi det! Hønen, der ikke døde, blev vaccineret af den gamle kultur!"

Det var det store gennembrud. - Vendepunktet i medicinens historie. Pasteur, Roux og Chamberland havde ved et tilfælde opdaget en metode til at svække en bakteriekultur, så den ikke afstedkom den dødelige sygdom, den ellers ville have gjort, men på den anden side stadig var i stand til at alarmere kroppens forsvarsmekanismer, så dyret efter indpodningen opnåede immunitet. Denne store opdagelse blev gjort ved et tilfælde, - men som Pasteur yndede at udtrykke det: "Inden for forskningen foretrækker tilfældet det forberedte sind."

Pasteur, Roux og Chamberland kastede alt andet tilside og indledte en række eksperimenter for at finde den bedste metode til at svække deres hønsekolerakulturer. De opdagede, at den kritiske faktor var varigheden af den tid, kulturen var udsat for luftens påvirkning. (Formodentlig indeholdt kultu-

ren nogle få mutante bakterier, der kunne leve og formere sig i luft, men ikke var i stand til at fremkalde den dødelige hønsekolera; og medens kulturen udsattes for luftens påvirkning, mangedoblede mutanterne måske hurtigt, indtil hele populationen udelukkende bestod af mutanter).

Pasteur begyndte nu at forske efter en vaccine imod miltbrand, en sygdom, der var årsag til store økonomiske tab for landmændene, og kunne ramme mennesker såvel som dyr. Med miltbrand var problemet at forhindre bakterierne i at danne sporer. Efter megen eksperimenteren fandt gruppen ud af, at dersom de opbevarede miltbrandkulturer ved en temperatur mellem 42 og 43 grader Celsius, ville bakterierne stadig vokse, men ikke danne sporer.

Pasteur og hans medarbejdere lod kulturerne vokse ved 42 gr C i flade skåle med god luftkontakt. De opdagede, at efter to uger var kulturerne svækket til det punkt, hvor de ville gøre får syge, men ikke dræbe dem. De udviklede derefter en metode til indpodning på dyrene i to omgange, først med en meget svækket kultur, senere med en stærkere. Efter den anden indpodning kunne dyrene modstå en injektion med de kraftigste miltbrandbakterier uden at blive syge.

Da Pasteur offentliggjorde disse resultater, fremkaldte det megen sarkasme fra dyrlægerne. Redaktøren af "Veterinært Tidsskrift", en kirurg ved navn Rossignol, skrev: "Monsieur Pasteurs opdagelse burde ikke - hvis den er sand - forblive i laboratoriet." Rossignol foreslog en offentlig test af miltbrandvaccinen, og han indledte en kampagne for at samle penge til indkøb af forsøgsdyr.

Pasteurs venner advarede ham imod farerne ved at gå ind på et offentligt forsøg på et så tidligt tidspunkt. Han havde ikke afprøvet vaccinen tilstrækkeligt, og et mislykket forsøg kunne gøre ham til grin i hele Europa. Men Pasteur mente, at forsøget var en chance for at henlede offentlighedens opmærksomhed på mikroorganismene og vacciner. Ligesom Galilei havde også Pasteur sans for dramatisk optræden og offentlig debat. Og virkningen på hans karriere var bestemt ingen forringelse som følge af hans evne til at tiltrække sig opmærksomhed i vide kredse.

En gård, "Pouilly le Fort" nær ved Melun var udset til stedet for eksperimentet. Tres får og nogle køer blev stillet til Pasteurs rådighed. Tusindvis af mennesker gjorde rejsen fra Paris til Melun for at overvære de første injektioner, der blev foretaget den 5. maj 1881. Tolv dage senere fik de samme får en ny injektion med kraftigere vaccine. Den 31. maj foretog man derefter den afgørende prøve - både vaccinerede og uvaccinerede dyr fik indpodet en

stærkt dødbringende miltbrandkultur. Pasteur rejste til Paris. Tilbage var nu kun at afvente resultatet.

Næste eftermiddag ankom et telegram fra Rossignol, der knuste Pasteurs selvsikkerhed. Det meddelte, at et af de vaccinerede får var ved at dø. Pasteur fik en søvnløs nat, indtil der den følgende morgen kl. 9 ankom et nyt telegram fra Rossignol: Alle vaccinerede dyr havde det godt, også det ene, der havde været døende; og alle de uvaccinerede får var enten ved at dø, eller var allerede døde. Rossignol, der havde været Pasteurs modstander, var nu fuldstændig overbevist, og hans telegram afsluttede med ordene: "Forbløffende succes!" Da den aldrende Pasteur om eftermiddagen humpede ud på marken ved Pouilly le Fort, blev han hyldet på det varmeste af de tusindvis af mennesker, der var tilstede.

10.5 Rabies

Den næste sygdom, Pasteur prøvede at overvinde, var Rabies, den frygtede og dengang uafværgeligt dødelige sygdom, der ofte er resultatet af bid af sygdomsramte hunde, der lider af hundegalskab.

Rabies forårsages af en virus, der breder sig langsomt gennem kroppen fra bidsåret og ind i rygmarven, hvor den efter en til to måneders forløb angriber centralnervesystemet. Hvis man tilbyder vand, som patienten forsøger at synke, kastes hovedet tilbage i frygtelige krampetrækninger, der gør rabies yderst frygtindgydende både for offeret og for tilskuerne. Af samme grund kaldes sygdommen undertiden hydrophobia, frygt for vand. Vandskræk.

Pasteur og hans medarbejdere opdagede hurtigt, at de selv med de bedste mikroskoper ikke kunne øjne den organisme, der var årsag til rabies. I virkeligheden opstår sygdommen som nævnt af en virus, alt for lille til at det er muligt at se den i et optisk mikroskop. Den aldrende Pasteur stilledes således over for et helt nyt teknisk problem, som ingen tidligere havde mødt inden for mikrobiologien. At det var umuligt at dyrke rabies virus i kar eller skåle, som man kunne med bakteriekulturer, opdagede han også hurtigt.

Så optaget var han af forskningen, at han glemte sin bryllupsdag. Men Marie Pasteur huskede den naturligtvis og skrev i et brev til sin datter:

"Din far er så optaget af sine tanker. Han taler kun lidt, sover kun lidt. Står op ved dag gry, og fortsætter med andre ord det liv, som jeg indledte med ham idag for 35 år siden."

Arbejdet med rabies var både teknisk vanskeligt og dertil uhyre farligt.

Når Pasteur, Roux og Chamberland tog prøver af spyt fra en syg hunds frådende kæber, risikerede de bid og således ved et uheld at blive dømt til en pinefuld død af rabies-krampeanfald. Da de ikke kunne dyrke rabies' virus i skåle eller kar med næringsvæske, var de henvist alene til anvendelsen af syge dyrs nervevæv. Efter 4 års vanskeligt og yderst farligt arbejde lykkedes det dem at udvikle en vaccine mod rabies.

I det forsøg, der endelig lykkedes, tog de noget af rygmarven fra en kanin med rabies og udsatte det for luften i en steril flaske. Når rygmarvsvævet forblev i flasken i længere tid, svækkedes eller "fortyndedes" kulturen væsentligt, men blev det kun udsat for luftens indvirkning i kortere tid, blev det kun svagere i ringere grad. Som i tilfældet med miltbrand fremkaldte Pasteur immunitet gennem en række injektioner, først med en stærkt svækket kultur, efterhånden i de følgende med kraftigere.

Langt om længe havde Pasteur udviklet en metode, som han troede kunne anvendes til livsreddende behandling af ofrene for gale hunde og ulve. Men han befandt sig samtidig i et moralsk dilemma. Alle der fik rabies døde af det, men ikke alle, der blev bidt af gale hunde, udviklede nødvendigvis rabies. Gav Pasteur derfor vaccinen til et menneske, der var bidt af en gal hund, kunne han komme til at skade en patient, der ville være blevet rask uden behandling.

Han havde offentliggjort forskningsresultaterne, og var blevet oversvømmet af forespørgsler om behandling, men tøvede stadig. Behandlede han et menneske, og vedkommende senere døde, kunne han blive anklaget for manddrab, og ved siden af sådan en ulykke ville måske hele det arbejde, han havde gjort for at skaffe den nye bevægelse i medicinen offentlighedens støtte og bevågenhed, være spildt.

6. juli 1885 afsluttedes Pasteurs ubeslutsomhed, da han stod over for et forældrepar med deres angste 19-årige søn. Den unge mand, Joseph Meitner, var blevet alvorlig bidt af en gal hund. Et var at afslå en behandlingsanmodning skriftligt, noget andet at stå over for og at skulle afvise en ulykkelig og bange patient.

Pasteur følte, at han måtte hjælpe drengen. Han rådførte sig med Alfred Vulpian, der var specialist i rabies, og Vulpian forsikrede ham, at Joseph Meitner var så slemt bidt, at han uden behandling med sikkerhed ville udvikle rabies og dø. Pasteur søgte videre samråd med dr. Granchier, en ung læge, der havde tilsluttet sig hans stab, og de tre mænd blev enige om, at der ingen tid var at spilde. Hvis de skulle redde den unge mands liv, måtte indpodninger iværksættes øjeblikkelig. De besluttede at gå igang. Og til Pasteurs store glæde forblev Joseph Meitner helt rask.

Det næste rabiesoffer, som Pasteur behandlede, var en 14 år gammel hyrde ved navn Jupille. Han havde overværet en hunds angreb på en flok mindre børn, og havde modigt kæmpet med den gale hund, så børnene kunne undslippe. Han havde endelig haft held til at binde hundens kæber sammen, men hans hænder var blevet så slemt forbit, at han var dømt til døden, hvis ikke han blev behandlet. Jupille blev reddet af Pasteurs behandling lige som Joseph Meitner. Foran Pasteur Instituttet i Paris er rejst en statue af Jupille til minde om hans mod.

Pasteur var nu så ældet og udslidt af arbejdet, at han ikke kunne mere. Opgaven, at vinde den endelige sejr over smitsomme sygdomme, var ikke fuldført, den var knap nok begyndt. Men forskerne var i det mindste på rette spor, og der var yngre mænd og kvinder, som med begejstring overtog den opgave, Pasteur nu måtte lægge fra sig.

I Paris samledes læger og videnskabsmænd fra mange lande den 27. december 1892 for at fejre Pasteurs 70 års fødselsdag. Den gamle mand var så svag, at han ikke selv kunne svare på Sir Joseph Listers festtale eller hyldestråbene fra mængden. Men hans søn oplæste ordene for ham, hvormed Pasteur henvendte sig til unge mænd og kvinder, der ville indtage hans plads i kampen mod sygdomme:

"Tab aldrig modet over den sorg, der nu og da går over nationerne. Lev i jeres laboratoriers og bibliotekers ophøjede ro. Spørg først jer selv: "Hvad har jeg gjort for at opnå indsigt?", og efterhånden som I gradvis vinder frem, "Hvad har jeg gjort for mit land?". Indtil den tid kommer, da I måske oplever den intense lykkefølelse ved tanken om, at I på en eller anden måde har bidraget til menneskehedens fremskridt og gavn!"

(Pasteur døde 28. september 1895. For sine undersøgelser over vinsyrens og antivinsyrens optiske egenskaber havde han 1856 modtaget Rumford Medaljen af Royal Society i London, og for sine mikrobiologiske undersøgelser med påvisningen af forskellen mellem aerobe og anaerobe bakterier, og for opdagelsen af sine vacciner, al den hæder og ære som tænkes kan. Undersøgelserne vedrørende hundegalskab varede fra 1880 til 1886. I Akademiet offentliggjorde han 26. oktober 1885 sine resultater. Et halvt år efter havde han med held behandlet 350 patienter, hvoraf kun 1 var død. 1888 oplevede han at se sit eget "Pasteur-Instituttet" indviet, rejst for offentlige bidrag på over 2,5 mio frc. O.a.)

Kapitel 11

Atomer i kemien

11.1 Dalton

Som nævnt i et tidligere kapitel stammer atomlæren fra den græske filosof Leukippos i det 5. århundrede f.v.t., og blev udviklet af hans elev Demokritos. Atomisterne troede, at alt stof er sammensat af uhyre små usynlige og udelelige partikler, atomer. De troede, at alle forandringerne, vi ser i stofferne, er forandringer i atomernes grupperinger, og at atomerne selv er evige.

Demokrits rationelle filosofi var ikke særlig populær i hans egen tid, men den blev reddet fra den totale glemsel af den athenske filosof Epikur. Senere publicerede den romerske digter Lucretius et langt filosofisk digt "De Natura Rerum", hvori han hævdede, at alting (selv guderne!) var sammensat af atomer. I 1417 blev en enkelt bevaret manuskriptkopi af "De Natura Rerum" genopdaget og trykt.

Digtet blev meget populært, og på denne måde blev Demokrits ideer givet videre til det 17. århundredes eksperimenterende videnskabsmænd, der næsten alle troede på teorien om stoffernes atomer. Christian Huygens troede imidlertid, at lys, der stråler fra en flamme, er en bølgelignende forstyrrelse, skabt af atomernes voldsomme bevægelse i flammen. Sir Isaac Newton, derimod, troede også på teorien om stoffets atomer. Han mente derfor (helt korrekt), at kemiske sammensætninger består af atomer sammenbundet af kræfter, der fundamentalt er elektriske af natur. Den universelt begavede Robert Hooke kom tæt på at udvikle en kinetiske teori for luftarter baseret på ideen om atomer, men han havde ikke den nødvendige matematiske kunnen til at udvikle en sådan teori.

(Huygens, der besøgte Danmark 1649 som ledsager for Grev Henrik af Nassau, var som tidligere nævnt tilhænger af Descartes' forestilling om den uendeligt delelige materie, og havde 1678 meddelt Pariser-Akademiet sin bølgeteori for lyset, "Traité de la Lumiere", publiceret 1690 i Leyden. Her over for stod atomisterne og korpuskularteoretikerne som f.eks. Newton, der hævdede, at materien ikke kunne være uendelig delelig, og derfor forsøgte at forklare også lyset som småpartikler, idet jo de to materielle forestillinger syntes gensidigt at måtte udelukke hinanden, så kun en af dem kunne være rigtig. O.a.)

I begyndelsen af det 19. århundrede gav en ærlig, flittig, opfindsom, from, farveblind og ugift engelsk skolelærer ved navn John Dalton (1766-1844) helt ny næring til stoffernes atomteori ved at forbinde den med iagttagne kendsgerninger inden for kemien.

Dalton var født i Cumberland som søn af en kvækervæver, og han forblev bosat i det nordlige England hele livet. Allerede da han var 12 år, blev han hjælpelærer i sin fætters skole i Kendal, og fortsatte som lærer i forskellige kvækerskoler indtil år 1800, da han blev sekretær ved Manchester Litterære og Filosofiske Selskab, som han havde været medlem af siden 1794.

En af Daltons tidlige videnskabelige interesser var meteorologi, og han gjorde notater om Lake District'ets lunefulde vejr i en dagbog, der til slut indeholdt over 200.000 notater. Da han spekulerede over vanddampene i atmosfæren, begyndte han at undre sig over, hvorfor atmosfærens forskellige luftarter ikke var adskilte i lag, da nogle af luftarterne i blandingen jo var mindre tætte end andre.

(Interessen for atmosfærens fugtighedsindhold delte John Dalton med Lamarck, der 1776 debuterede med afhandlingen "Sur les vapeurs de l'atmosphère". Et emne han havde rig lejlighed til at studere i sit utætte kvistkammer i Paris. O.a.)

Den eneste måde, hvorpå Dalton kunne forklare, at atmosfæren ikke var lagdelt, var at forestille sig den som hovedsageligt bestående af tomt rum, hvori de forskellige luftarters atomer bevægede sig næsten uafhængigt, og sjældent stødte ind i hverandre. I dette billede forestillede han sig, at hver af atmosfærens luftarter udfyldte hele den til rådighed værende plads, næsten som om de andre gasarter i blandingen ikke var tilstede.

Dalton mente, at en gasblandings tryk på væggene af en beholder skyldes kraften, hvormed atomerne ramte imod væggene; og han mente, at hver luftart opførte sig, som om de andre gasarter ikke var der. Derfor, konkluderede han, måtte det samlede tryk være summen af de enkelte tryk, d.v.s. summen

af de tryk, der ville udøves af hver enkelt gasart i blandingen, hvis den alene optog rummet. Denne lov, som han bekræftede gennem eksperimenter, er kendt som "Daltons lov om partial-tryk."

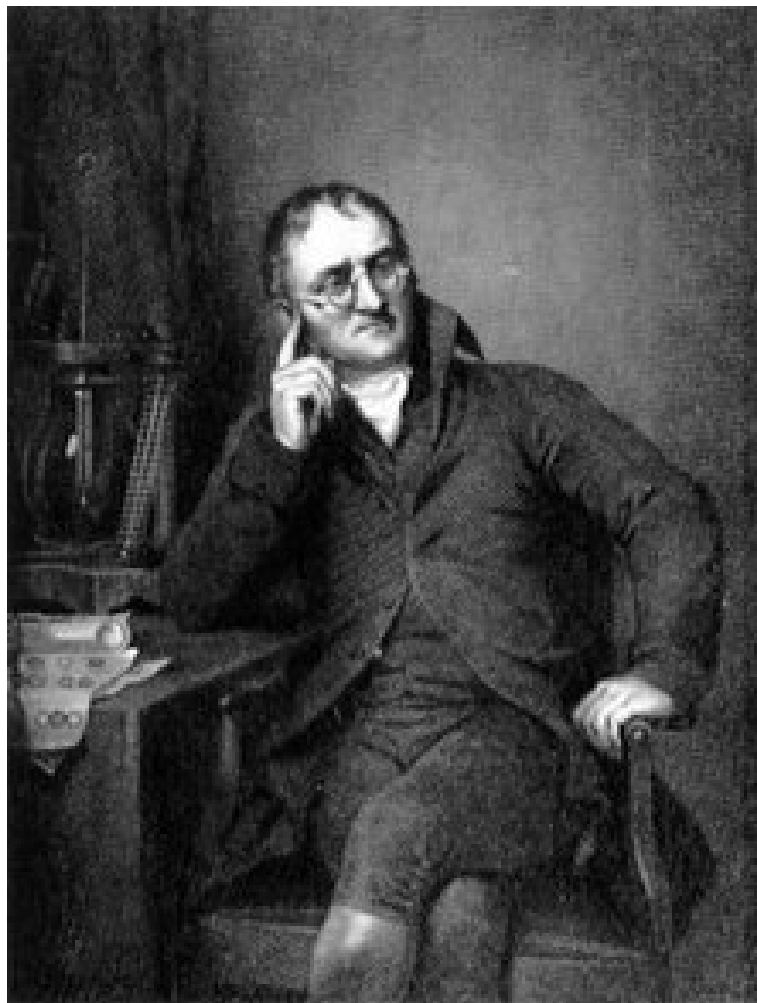
Overbevist om atom-ideen efter sine studier af gasarterne, begyndte John Dalton at tænke på de kemiske reaktioner som virkninger imellem atomer. Her vovede han et dristigt gæt: at alle atomer i et givet grundstof er ensartede og har samme vægt. Han fandt snart ud af, at denne hypotese gav en tilfredsstillende forklaring på en af kemiens vigtigste kendsgerninger, de faste vægtforhold, hvori kemiske bestanddele forener sig ved dannelsen af kemiske forbindelser. (Loven om faste vægtforhold i kemiske reaktioner er kendt som "Proust's lov" efter den franske kemiker Joseph Louis Proust (1754-1826), der først fremsatte og forsvarede den).

Efter Daltons mening burde molekylerne i den simplest mulige sammensætning af to grundstoffer bestå af et atom af det ene grundstof forenet med et atom af det andet. For eksempel måtte den simplest mulige forbindelse mellem kul og ilt, kulmonoxid, eller kulilte, bestå af et kul-atom bundet til et ilt-atom. Dalton mente, at foruden sådanne simple kemiske forbindelser eksisterede der også mere komplekse strukturer som f.eks. kuldioxid, kultveilt eller kulsyre.

Ved at undersøge vægten af de grundstoffer, der kombineres i, hvad han mente var de simpleste kemiske sammensætninger, blev Dalton i stand til at konstruere en tabel over grundstoffernes relative atom-vægte. Når han f.eks. vidste, at 12 ounces kul forbinder sig med 16 ounces ilt for at indgå i kombinationen kulmonoxid, kunne han regne ud, at forholdet mellem vægten af et kul-atom og vægten af et ilt-atom måtte være som 12/16. Hans tabel over relative atom-vægte indeholdt nogle fejl, men princippet, han brugte til at konstruere den efter, var ikke blot rigtigt, men også meget vigtigt.

11.2 Gay-Lussac og Avogadro

I 1808 offentliggjorde John Dalton sin tabel over atomvægte i en bog med titlen "A New System of Chemical Philosophy". Et år senere, i 1809, offentliggjorde den kendte franske kemiker og ballonskipper Joseph Louis Gay-Lussac (1778-1859) en vigtig lov om luftarternes kemiske reaktioner. Gay-Lussacs eksperimenter viste, at de reagerende luftarters rumfang og rumfanget af reaktionsresultatet forholdt sig til hinanden som simple forhold mellem hele tal.



Denne lov havde en slående lighed med Proust's lov om de faste vægtforhold, som Dalton havde baseret sin tabel over de relative atomvægte på. Gay-Lussac anførte, at hans resultater var "meget gunstige for Daltons geniale ideer", men at der var problemer med at kæde Daltons ideer sammen med hans egne (Gay-Lussacs) eksperimenter.

Undersøgelserne viste f.eks. at 1 rumfang brint ville forene sig med 1 rumfang klor i dannelsen af 2 rumfang klorbrinte. Problemet var, at hvis temperatur og tryk holdtes konstant, var det resulterende rumfang gas altså det samme efter reaktionen som før, skønt antallet af gassens partikler burde være det halve af de indgående gassers.

(Klor, af græsk khloros, gulgrøn, blev opdaget 1774 af Carl Wilhelm Scheele (1742-1786), der i Göteborg, Malmö, Stockholm og Uppsala arbejdede med luftarternes kemi, og med Vinsyren, Flusspat og Brunsten. Foruden Klor fandt han Ilt, Mangan og Barium, sidstnævnte i mineralet Baryt, af græsk barys, tung.

Klor erkendtes 1810 som et grundstof af Humphrey Davy (1778- 1829). 20 år gammel begyndte han som kemiker ved Pneumatic Institution i Bristol, hvor man havde sat sig for at undersøge luftarternes fysiologiske og medicinske virkning. Her opdagede han Lattergassen, Kvælstofforiltes bedøvende virkning, og fandt 1807 alkalimetallerne Kalium og Natrium. 1808 fremstillede han rent metallisk Barium. Davy opfandt desuden sikkerhedslampen af enorm betydning for minedriften, og interesserede sig, inspireret bl.a. af Ørsted, for de elektriske og magnetiske fænomener. 1824 besøgte han Norge, Sverige og Danmark.

Blandingen af lige dele brint og klor, Klorknaldgas, reagerer eksplosivt i sollys til luftarten klorbrinte, der optages af vand i betydelige mængder, så 1 rumfang vand ved 0 grader C opsuger 500 rumfang HCl. Denne vandige opløsning er Saltsyre. Da HCl så let opløses i vand, må den til undersøgelsesformål opsamles over kviksølv, der ikke angribes deraf. O.a.)

Rumfangsforholdene var et mysterium, som Dalton og Gay-Lussac ikke formåede at opklare, men det blev fuldstændig forstået et år senere, i 1810 af Amadeo Avogadro (1776-1856), Greve af Quaregna og filosofiprofessor ved universitetet i Vercelli i Italien. Avogadro introducerede en dristig hypotese: at et standardmål af en hvilken som helst gasart ved stuetemperatur og atmosfærisk tryk indeholdt et bestemt antal partikler, der er et og det samme for enhver gas. Avogadro havde ikke selv nogen ide om, hvor mange gaspartikler, der fandtes i en liter gas. Men vi ved nu, at ved 0 grader C og normalt atmosfærisk tryk, 760 torr, indeholder 22,4 l gas 6,023 gange 10^{23} mo-

lektyler. Dette tal, N molekylar, kaldes Avogadros Tal, og det er antallet af molekylar i det såkaldte normalrumfang af 1 mol af enhver gas, idet en mol af en luftart er lige så mange gram, som molekylvægten angiver. Ved stuetemperatur fylder 1 mol gas ca 24 liter. N er derfor det samme som antallet af atomer i 1 gram brint. For at få en forestilling om størrelsen af dette tal kan vi tænke på, at antallet af atomer i en dråbe vand stort set er det samme som antallet af vanddråber i alle verdenshavene tilsammen.

Avogadro troede, at gaspartiklerne ikke behøvede at bestå af enkelte atomer, selv hvis gasarten kun bestod af et enkelt grundstof. På den måde kunne han forklare de mystiske rumfangsforhold som Gay-Lussac havde observeret. Når f.eks. brint og klor forenes i en reaktion, der danner klorbrinte, troede Avogadro, at hvert brint-molekyle består af to atomer. Derfor ville det samlede antal molekylar i reaktionen, der danner klorbrinte, ikke forandres ved reaktionen, hvilket passede med Gay-Lussacs iagttagelse af, at gasarternes rumfang var uforandret.

Selv om Avogadro fuldstændig løste problemet at forene Daltons atomistiske ide med de af Gay-Lussac fundne rumfangsforhold, kom der en periode på 50 år, hvori de fleste kemikere ignorerede Daltons og Avogadros atom-teorier. Det spillede imidlertid ikke nogen større rolle, at flertallet af kemikere ikke var overbevist, eftersom periodens største kemiker, Jöns Jacob Berzelius (1779-1849) var en ivrig tilhænger af Daltons atomisme. Hans tiltro kom til at spille en langt større rolle, end alle øvrige kemikers mistro.

Efter at have studeret medicin ved universitetet i Uppsala i Sverige blev Berzelius kemiker. I en 10-års periode mellem 1807 og 1817 analyserede han mere end totusinde forskellige kemiske reaktioner. Han påviste at alle disse reaktioner følger Proust's lov om de faste vægtforhold. Desuden fortsatte han Daltons arbejde over relative atomvægte. I 1828 publicerede han den første rimeligt præcise tabel over atomvægte.

Selv om Berzelius var tilhænger af Dalton, værdsatte han uheldigvis ikke værdien af Avogadros ideer. Derfor blev forvirringen omkring forskellen mellem atomer og molekylar ved at forpuste kemien indtil 1860. Dette år holdtes historiens første internationale videnskabelige kongres i Karlsruhe, Baden, i forsøg på at kaste lys over forvirringen om atomvægte. På den tid var Daltons atomteori accepteret videnom, men uden Avogadros lysende ideer, havde det ført til megen forvirring. Tidens kemikere nærmest for i struben på hinanden, når de argumenterede om korrekte kemiske formler for de forskellige kemiske forbindelser.

Blandt de delegerede ved Karlsruhe kongressen var den temperaments-

fulde italienske kemiker Stanislao Cannizzaro (1826-1920). Han havde været blandt de revolutionære i 1848 og kæmpede senere i Garibaldi's hær for et forenet Italien. Cannizzaro havde læst Avogadros næsten glemte artikler, og indså at Avogadros hypotese sammen med Gay-Lussacs rumfangsforhold kunne anvendes til en entydig bestemmelse af atomvægtene. Han ankom til kongressen opfyldt af missionsk iver. Som resultat af hans anstrengelser skabtes klarhed hos adskillige af de øvrige delegerede. Som en af dem, Lothar Meyer, senere sagde: "Skællene faldt pludselig fra mine øjne, og jeg fik i stedet en følelse af stille vished."

Hverken John Dalton eller Amadeo Avogadro levede længe nok til at opleve deres teories triumf i Karlsruhe, men hen imod slutningen af livet oplevede John Dalton stor hyldest. 1822 blev han medlem af Royal Society. Fra Oxford Universitet modtog han en æresgrad, blev inviteret til soiré'er hos hertugen af Sussex og blev forestillet for kong William IV af England. Præsentationen for kongen medførte lidt problemer, da Dalton som kvæker havde forbud mod at bære det sværd, der krævedes til hofdragten. Det blev så arrangeret, at han bar Oxfords purpurrøde akademiske kåbe, da han blev forestillet for kongen. Men også her var der vanskeligheder, da stærke farver var i strid med kvækernes krav om simpel klædedragt. Dalton løste problemet med den purpurrøde kåbe ved at fortælle, at han var farveblind, hvad der var ubestridelig sandt.

11.3 Mendelejev

Mellem de fremtrædende delegater, der lyttede til Cannizzaro ved Karlsruhe kongressen i 1869, var den begavede unge russiske kemiker Dmitri Ivanovich Mendelejev (1834-1907). Han var født i Tobolsk i Sibirien, og var den yngste i en børneflokk på 14 (nogle kilder siger endda 17). Hans bedstefar havde bragt en trykpresse til Sibirien og havde udgivet Sibliens første avis. Faderen havde været rektor ved gymnasiet i Tobolsk, før han blev tvunget til at trække sig tilbage på grund af blindhed. Mendelejevs mor, der havde mongolsk blod i årene og var begavet med en utrolig energi, oprettede da en glasfabrik for at forsørge sin store familie.

Da Mendelejev var halvvoksen, blev familien ramt af to katastrofer. Hans far døde og glasfabrikken brændte. Hans mor samlede så sine sidste kræfter og rejste til St. Petersburg, hvor en ven af hendes afdøde mand sikrede hendes yndlingssøn Dmitri en universitetsplads. Snart efter døde hun.

Da Dmitri Mendelejev havde fået sin universitetseksamen som den bedste i sin klasse, rejste han til Tyskland for at arbejde hos Bunsen (opfinderen af spektroskopet og "Bunsen-brænderen"). 1860 deltog han som nævnt i Karlsruhe kongressen og blev som Lothar Meyer dybt grebet af Cannizzaros syn på atomvægte.

Da han kom tilbage til St. Petersburg, hvor han i 1866 blev kemiprofessor, forsøgte Mendelejev at arrangere grundstofferne efter atomvægt. Han lagde straks mærke til, at ordnet på denne måde viste grundstoffernes kemiske egenskaber en systematisk variation. Ordnet efter atomvægt er de første grundstoffer: Brint, (Helium var dengang endnu ukendt), Lithium, Beryllium, Bor, Kulstof, Kvælstof, Ilt og Fluor. Mendelejev bemærkede, at Lithium var et meget aktivt metal med valensen 1. Beryl et metal med valensen 2. Bor havde valensen 3, og Kul 4. Derefter kom ikke-metallerne: Nitrogen eller Kvælstof med valensen 3. Oxygen eller Ilt valensen 2, og endelig Fluor, et meget aktivt ikke-metal med valensen 1.

Ved at fortsætte listen over grundstoffer ordnet efter deres atomvægt kom Mendelejev derpå til Natrium, et meget aktivt metal med valensen 1. Magnesium, et metal med valensen 2. Aluminium med valensen 3. Svovl, et ikke-metal med valensen 2, og endelig Klor, et yderst aktivt ikke-metal med valensen 1. Mendelejev indså periodiciteten i grundstoffernes kemiske egenskaber: Grundstofferne i første periode ordnet efter tiltagende atomvægt havde valenserne 1,2,3,4,3,2,1. Anden periode viste samme mønster: 1,2,3,4,3,2,1.

Når han arrangerede alle de kendte grundstoffer i en tabel, der udtrykte periodiciteten i deres kemiske egenskaber, opdagede Mendelejev, at der var nogle huller. Han sluttede, at disse huller måtte svare til endnu uopdagede grundstoffer. Ved at studere rækkerne og kolonnerne i sin periodiske tabel, kunne han skønne over de kemiske egenskaber og omtrentlige atomvægte, som de endnu ukendte grundstoffer burde have.

Ti år senere blev Mendelejevs forudsigelser fra 1869 dramatisk bekræftet, da tre af de formodede grundstoffer blev fundet, og deres atomvægte og kemiske egenskaber viste sig at være nøjagtig som han havde forudsagt.

Opdagelsen af disse grundstoffer gjorde straks Mendelejev verdensberømt, og det stod klart, at hans periodiske system indeholdt store sandheder. Men det periodiske systems iboende mening blev ikke helt forstået, og det forblev et mysterium, indtil det blev forklaret af kvanteteorien i 1926.



Kapitel 12

Elektricitet og magnetisme

12.1 Galvani og Volta

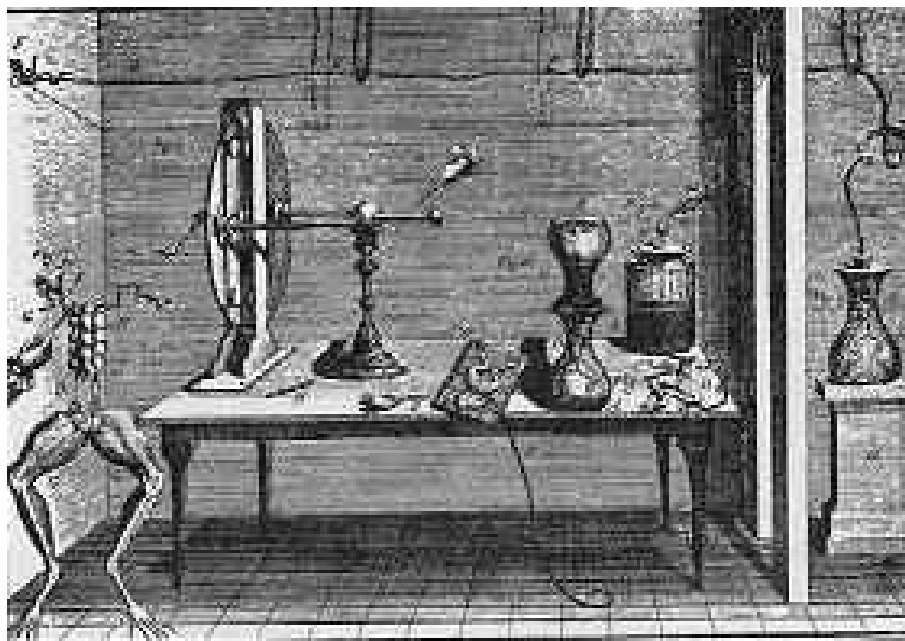
Medens Daltons atomteori langsomt fik fodfæste inden for kemien, blev den videnskabelige verden elektrificeret (på mere end én måde) ved Franklins, Galvanis, Voltas, Ørsteds, Ampères, Coulombs og Faradays opdagelser.

Der var skabt en modebølge omkring elektriske eksperimenter af Franklins dramatiske eksperimenter. Benjamin Franklin (1706-1790) havde trukket elektricitet direkte ud af tordenskyerne, og havde dermed vist, at lyn virkelig er af elektrisk natur. Hen imod slutningen af 18. århundrede fandtes i næsten ethvert videnskabeligt laboratorium en eller anden form for elektricermaskine, der kunne frembringe statisk elektricitet. Ofte bestod disse maskiner af en stor kugle af isolerende materiale som glas eller svovl, der blev gnedet under drejning med et håndtag eller et remtræk, og en indretning til at udtage den opståede statiske ladning. Laboratoriet tilhørende den italienske anatom Luigi Galvani (1737-1798) havde også en sådan maskine. Og det var heldigt, siden det indirekte førte til opfindelsen af det elektriske batteri.

I 1771 bemærkede Galvani, at benene af nogle dissekerede frøer på hans arbejdsbord spjættede voldsomt, når de berørtes med en metalskalpel, medens hans elektricermaskine var igang. Da Franklin havde vist, at lyn er elektriske, faldt det Galvani ind at hænge frøbenene uden for sit vindue under en tordenbyge. Som han havde forventet, bevægede frøbenene sig voldsomt i tordenvejret, men til Galvanis forbavselse fortsatte de at bevæge sig, efter at uvejret var ovre. Ved yderlige eksperimenteren fandt han ud af, at det var et lukket elektrisk kredsløb, der fik frøbenene til at spjætte. Kredsløbet



indbefattede den messingkrog, hvori frøbenene var ophængt over vinduets jernrækværk.

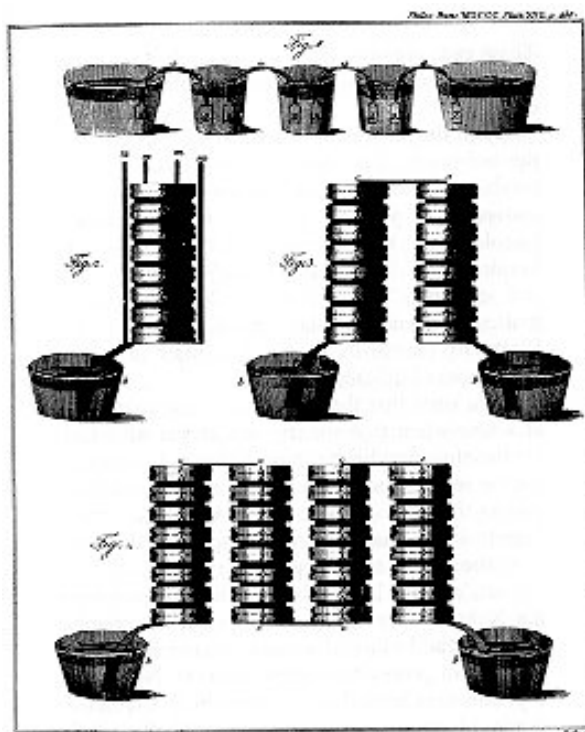


Galvani omtalte disse iagttagelser for sin ven, fysikeren Alessandro Volta (1745-1827). Volta blev højlig interesseret, men var ikke enig med Galvani om kilden til den elektriske strøm, der fik frøbenene til at bevæge sig. Galvani mente, at strømmen måtte være "dyrisk elektricitet", der kom fra frøbenene, men Volta mente, det var de to forskellige slags metal i kredsløbet, der frembragte strømmen.

Diskussionerne vedrørende dette spørgsmål blev mere og mere forbitrede og ødelagde efterhånden venskabet mellem de to mænd. For at bevise sin påstand konstruerede Volta imidlertid det første elektriske batteri. Det bestod af en række skåle indeholdende en saltopløsning, og forbundet med hverandre ved metalbroer. Den ene ende af hver bro var lavet af kobber, den anden af zink. Når man fulgte kredsløbet, var rækkefølgen således: kobber, zink, saltopløsning, kobber, zink, saltopløsning, o.s.v.

Volta opdagede da, at når et lukket kredsløb var dannet i et sådant arrangement, flød en vedvarende elektrisk strøm gennem det. Jo flere enheder, der blev serievis forbundet i batteriet på denne måde, jo stærkere var strømmen.

Dernæst konstruerede han et mere kompakt arrangement, der senere blev kendt som "Volta-Søjlen". Voltas søjle bestod af et antal metalskiver: en



kobberskive, en zinkskive, og en papskive dyppet i saltopløsning, endnu en kobberskive, en zinkskive og en saltvædet papskive, o.s.v. Jo flere elementer i søjlen, des større blev den elektriske spænding, og dermed strømmen, som voltasøjlen kunne levere.

Opdagelsen af det elektriske batteri hævede Volta til berømmelsens tinde, hvor han forblev resten af livet. Det regnede over ham med æresbevisninger og dekorationer, og han blev bl.a. inviteret til at demonstrere sine eksperimenter for Napoleon, der udnævnte ham til greve og senator i kongedømmet Lombardiet. Da Napoleon stødtes fra magten, skiftede Volta adræt side, og fortsatte at modtage æresbevisninger, så længe han levede.

Nyheden om Voltas søjle spredte sig som en steppebrand gennem Europa og igangsatte en række revolutionerende eksperimenter, både inden for fysikken og kemien. Den 20. marts 1800 modtog Sir Joseph Banks, præsidenten i Royal Society, et brev fra Volta, hvori han forklarede metoden til konstruktion af batterier. Den 2. maj samme år benyttede den engelske kemiker William Nicolson (1755-1815), til hvem Joseph Banks havde vist brevet, en voltasøjle til dissociering af vand i ilt og brint.

Kort efter konstruerede den begavede unge engelske kemiker Sir Humphrey Davy (1778-1829) en voltasøjle med over 250 metalplader. Den 6. oktober 1807 brugte han denne søjle til at frembringe en strøm gennem smeltet potaske, og frigjorde herved et hidtil ukendt metal, som han kaldte Potassium, der er det engelske ord for Kalium. I løbet af 1808 isolerede han Barium, Strontium, Calcium, Magnesium og Bor, alle ved hjælp af den voltaiske strøm.

12.2 Ørsted, Ampère og Faraday

Den danske fysiker Hans Christian Ørsted (1777-1851) demonstrerede i 1819 den elektriske strøm fra en voltasøjle for sine studenter. Da han havde mistanke om en forbindelse mellem elektricitet og magnetisme, anbragte han et kompas tæt ved den strømførende ledning. Til hans overraskelse drejede kompasnålen væk fra Nord, og pegede i en retning vinkelret på ledningen. Når han sendte stømmen den modsatte vej igennem ledningen, drejede kompasnålen trofast i den modsatte retning.

(Ørsted traf på sine rejser i udlandet Fraunhofer og Goethe i Tyskland, Ampère og en række videnskabsmænd i Frankrig, samt Herchel, Wheatstone og Faraday i England. I 1824 opdagede han grundstoffet Aluminium. Han

virkede stærkt for oprettelsen af Den polytekniske Lærestanstalt, nu Danmarks tekniske Højskole, og blev dens første direktør i 1829. O.a.)

Ørsteds revolutionerende opdagelse af en forbindelse mellem elektricitet og magnetisme blev uddybet i Frankrig af André Marie Ampère (1775-1836). Ampère viste, at to parallelle ledninger, der begge er strømførende, frastøder hinanden, hvis strømmen i begge løber samme vej, men tiltrækker hinanden, hvis strømmene løber hver sin vej. Han viste også, at en solenoide, eller en strømførende ledning rullet op i spiralform, danner et stort magnetfelt inde i spolen, og jo flere vindinger, der er i spolen, des stærkere er magnetfeltet.

Davys elektrokemiske forsøg samt Ørsteds og Amperes elektromagnetiske opdagelser blev yderligere udviklet af den store eksperimentator, fysikeren og kemikeren Michael Faraday (1791-1867). Han var søn af en smed; var ud af en flok på 10 søskende, og fik som dreng kun en temmelig mangelfuld uddannelse. Da han var 14, kom han i arbejde som lærling hos en bogbinder i London. Heldigvis sympatiserede bogbinderen med lærlingens ønske om en uddannelse, og opmuntrede ham til i fritiden at læse de bøger, der passede gennem forretningen. Faradays yndlingslitteratur var Lavoisiers kemilære-bøger og artiklerne om kemi i Encyklopedia Britannica.

Da Faraday i 1812 var 21 år gammel, forærede en af bogbinderens kunder ham nogle billetter til en serie forelæsninger, den berømte kemiker Humphrey Davy ville holde i The Royal Institution. Fashionable London-kredse (her iblandt ikke mindst damer) strømmede på den tid til Royal Institution for at høre Davy. Han var ikke alene begavet, men også en smuk mand, og forelæsningerne, han holdt med tilhørende dramatiske demonstrationer, var poleret til sidste stavelse.

Michael Faraday var naturligvis glad for at være sammen med disse glimrende tilhørere, og tog omhyggeligt notater under foredragene. Disse notater med hans smukke farvelagte diagrammer fyldte alene 386 sider. Notaterne indbandt han i skind, og sendte dem til Sir Joseph Banks, præsidenten for Royal Society, i håb om at få et arbejde, der havde med videnskab at gøre. Han fik intet svar fra Banks, men tabte dog ikke modet. Han lavede en ny udgave af notaterne, som han denne gang sendte til Humphrey Davy.

Med notaterne fremsendte Faraday et brev, hvori han gav udtryk for sit ønske om at arbejde for videnskaben, og angav som grund "dens afstand fra smålige motiver, og naturfilosoffernes uselviskhed". Davy bad ham vente med sin bedømmelse på dette punkt, indtil han havde mødt nogle få naturfilosoffer, men gav i øvrigt Faraday en stilling som assistent ved The Royal Institution.

1818 blev Humphrey Davy adlet for sin opfindelse af en sikkerhedslampe til minearbejderne. Han giftede sig med en rig og fashionabel ung enke, trak sig tilbage fra stillingen som direktør for The Royal Institution, og drog afsted på en to-årig Europa-rejse, som Michael Faraday var så heldig at komme med på. Lady Davy betragtede nærmest Faraday som en slags tjenende ånd, men trods de store ydmygelser, hun udsatte ham for, nød han alligevel Europa-rejsen, og havde stort udbytte af den. Han mødte og talte med Europas berømteste videnskabsmænd. Hele Europa blev på en måde hans universitet.

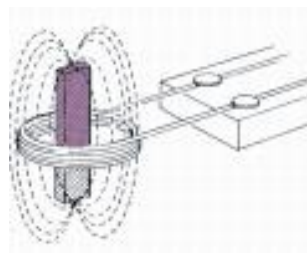
Tilbage i England kom den beskedne og pligttro Faraday omsider til at overskygge Sir Humphrey Davy, og han blev Davys efterfølger som direktør for Royal Institution. Faraday viste utroligt rige evner, intuition og vedholdenhed i sin fortsættelse af de elektriske og kemiske eksperimenter, som Davy havde påbegyndt.

I 1821, året efter Ørsteds opdagelse af det magnetiske felt, der omgiver en strømførende tråd, fremstillede Michael Faraday den første elektriske motor. Hans motor var simpelt hen en strømførende ledning, anbragt så den kunne rotere om en magnetpol, men ud fra denne simple indretning har alle moderne elektriske motorer udviklet sig. Blev han spurgt, hvad nytte hans motor var til, svarede Faraday: "Til hvad nytte er et spædbarn?"

Ørsted havde vist, at elektricitet var i stand til at frembringe magnetisme, og Faraday med sin stærke intuitive forståelse af naturlovenes symmetri mente, at forbindelsen kunne vendes om. Han mente altså, at magnetisme kunne fremstille elektricitet. 1822 skrev han i en notesbog: "Omdan magnetisme til elektricitet!". I næsten ti år forsøgte han i perioder at lave elektriske strømme med stærke magnetfelter, men uden held. Endelig, i 1831, opdagede han, at et forandrende magnetfelt kunne skabe en strøm.



Faraday havde viklet to ledningsspoler rundt om en ring af blødt jern og opdagede, at nøjagtig i det øjeblik han satte en strøm til en af spolerne,



opstod en midlertidig strøm i den anden spole.

Derpå prøvede Faraday at skubbe en permanent magnet ind og ud af en ledningsspiral og fandt da, at sålænge magneten var i bevægelse, så det magnetiske felt i spolen ændredes, blev der induceret en strøm i spolen. Endelig lavede Faraday historiens første dynamo ved at anbringe en roterende kobberskive mellem en magnets poler. Han viste, at når pladen roterede, flød der en elektrisk strøm fra pladens centrum til kanten af pladen, hvis man etablerede et ledende kredsløb (f.eks. mellem skivens aksel og et trug med kviksølv eller en let fjeder, der berørte kanten af skiven. O.a.) Desuden eksperimenterede han med elektrostatiske ladninger og viste, at isolerende materialer blev polariserede, når de anbragtes i et statisk elektrisk felt.

Faraday fortsatte elektrolyse-eksperimenterne, som Humphrey Davy havde påbegyndt. Når en elektrisk strøm sendes gennem en opløsning, kunne han fastslå, er mængden af kemiske stoffer, der frigøres ved anoden og katoden, direkte proportionale med stoffernes kemiske valens. Han forstod, at disse elektrolyselove støttede Daltons atomhypotese, og at de desuden også antydede eksistensen af en udelelig elektrisk ladningenhed.

Faraday mente korrekt, at lys er en form for elektromagnetisk bølgebevægelse, og for at bevise lysets sammenhæng med de elektriske og magnetiske fænomener, forsøgte han gennem mange år at forandre lyset ved hjælp af elektriske eller magnetiske felter. Hen imod slutningen af hans karriere lykkedes det ham endelig at dreje lysets polarisationsplan, når polariseret lys sendtes gennem et tykt glasstykke, der var anbragt mellem polerne i et stærkt magnetfelt. Dette fænomen kendes nu som "Faraday-effekten".

På grund af hans mange bidrag til fysikken såvel som kemien, inclusive opdagelsen af induktionsfænomenet, af benzin og den første fortætning af gasser, men specielt på grund af hans bidrag til læren om elektromagnetismen og elektrokemien, anses Faraday for en af videnskabshistoriens største mestre inden for den eksperimenterende fysik og kemi.

Faraday var desuden en fremragende foredragsholder. Hele det moderig-

tige London strømmede til The Royal Institution for at høre hans forelæsninger, ganske som man havde gjort til Sir Humphrey Davys. Prins Albert, dronning Victorias mand, havde for vane at overvære Faradays foredrag sammen med Edward, prinsen af Wales, den senere kong Edward VII.

Efterhånden som Faraday blev ældre, begyndte hans hukommelse at svigte, måske på grund af en kviksølvforgiftning. Til slut tvang hans upålidelige hukommelse ham til at trække sig tilbage fra videnskabeligt arbejde. Han afslod både tilbudet om at blive adlet og om præsidentembedet for Royal Society, men vedblev til det sidste at være den arbejdsomme, beskedne og pligtopfyldende mand, der i sin tid var begyndt at assistere Davy ved The Royal Institution.

12.3 Maxwell og Hertz

Michael Faraday havde ingen matematisk uddannelse, men hans stærke intuition for fysik opvejede til gengæld denne mangel. Han forestillede sig de elektriske og magnetiske felter som "kraftlinier" i rummet mellem og omkring de ledninger og magneter og elektriske kondensatorer, han arbejdede med. I tilfældet med de magnetiske felter kunne han endda synliggøre de magnetiske kraftlinier ved at dække et stykke pap med jernfilspåner, og holde pappet nær til en magnet. Når han bankede let på pappet, formeredes jernfilspånerne smukt langs magnetens kraftlinier.

På denne måde kunne Faraday faktisk se det magnetiske kraftfelt udsendt fra magnetens ene pol gennem det omgivende rum og tilbage til den anden pol. Ligeledes kunne han se de magnetiske kraftlinier, der dannede cirkler i feltet omkring en udstrakt strømførende ledning. På lignende måde forestillede Faraday sig det elektriske felts kraftlinier, udgående f.eks. fra feltets positive ladning for at gennemløbe det mellemliggende rum, og ende på negative elektriske ladninger.

I mellemtiden havde de tyske fysikere, især den store matematiker og fysiker, Johann Carl Friedrich Gauss (1777- 1855) anvendt ligheden mellem Coulombs lov om den elektrostatiske kraft og Newtons tyngdelov.

Coulombs lov fastslår, at kraften mellem to punktladninger varierer, idet den er omvendt proportional med kvadratet på afstanden mellem ladningerne, - med andre ord, at kraften afhænger af afstanden på nøjagtig samme måde som tyngdens kraftvirkning mellem masser. Det gjorde det muligt for Gauss og de andre tyske matematikere at overtage hele den teoretiske astro-

nomis formalisme for "afstandsvirkning", og anvende de samme beskrivemåder inden for elektrostatikken.

Faraday brød sig ikke om tanken om virkning på afstand, og han gav udtryk for sine tanker herom over for James Clerk Maxwell (1831-1879), en begavet ung matematiker, der var kommet fra Edinburgh for at besøge ham. Dette unge skotske matematiske geni var i stand til at vise Faraday, at hans ide om kraftlinier ikke på nogen måde modsagde den tyske opfattelse af afstandsvirkning. Tvært imod. Når Faradays kraftlinier blev formuleret matematisk, passede det smukt sammen med Gauss' opfattelse.

I løbet af de ni år fra 1864 til 1873 arbejdede Maxwell med problemet at sætte Faradays regler for de elektriske og magnetiske felter på matematisk formel. 1873 offentliggjorde han "A Treatise on Electricity and Magnetism", en af de virkelig store klassikere. Maxwell opnåede en storslået syntese ved i nogle få simple ligninger at udtrykke de love, der behersker elektriciteten og magnetismen i alle former, og nu, et århundrede senere, anses de at være nogle af fysikkens mest fundamentale love.

(At et eller andet skulle kunne virke på noget andet over afstand gennem det tomme rum, uden at virke gennem eller ved noget, afvistes tidligt, jvfr. f.eks. Newtons brev til Bentley. Nærvirkningsprincippet, som især Wilhelm Eduard Weber (1804-1891) havde forsvaret siden 1846, opretholdtes derfor med Maxwells feltteori, omend fulgyldige årsags- og virkningssammenhænge var langt fra at være forstået. O.a.)

Maxwells ligninger viste ikke blot, at det synlige lys virkelig er elektromagnetiske bølger, som Faraday havde troet, men de forudsagde også eksistensen af mange andre slags usynlige elektromagnetiske bølger med både højere og lavere frekvenser end det synlige lys'. Vi ved nu, at spektret af elektromagnetisk stråling indbefatter (nævnt fra det mest lavfrekvente område) radiobølger, mikrobølger, infrarød stråling, synligt lys, ultraviolette stråler, røntgen- og gammastråling. Alle disse former for stråling er fundamentalt af samme natur, bortset fra at deres frekvens (og dermed bølgelængden) varierer inden for et meget stort område. De er alle svingninger i det elektromagnetiske felt; de bevæger sig alle med lysets hastighed; og de beskrives alle af Maxwells ligninger.

(I Danmark udviklede Ludvig Valentin Lorenz (1829-1891) næsten samtidig med og uafhængig af Maxwells arbejde en med dette samstemmende teori for elektromagnetismen. Lorenz opfattede den elektromagnetiske stråling (1867) som en rumlig energitæthed i bevægelse, altså en strømtæthed, ved hvis teoretiske behandling man ofte med fordel kan se bort fra diskrete



elektriske og magnetiske feltstyrker. Denne opfattelse knyttede sig nøje til Lorenz' fænomenologiske beskrivelse af lysbølgerens udbredelse (1863), hvori den variable fasehastighed leder direkte til teorien for dobbeltbrydning. Det fænomen, som Erasmus Bartholin 1669 havde iagttaget i Islandsk Kalkspat, og som Huygens 1690 forklarede i sin Afhandling om Lyset ved at antage, at de to stråler, den ordinære og den ekstraordinære, udbreder sig som kugle- og ellipsoideformede bølgetog i krystallen, når den tænkte ellipsoide i øvrigt var kuglens omskrevne. O.a.)

Maxwell banede vejen for en hel kategori af opfindelser, der har haft en voldsom indflydelse på samfundet. Men da hans "En Afhandling om Elektricitet og Magnetisme" blev offentliggjort, var der meget få videnskabsmænd, der kunne forstå den. En del af problemet var, at det 19. århundredes videnskabsmænd søgte mekaniske forklaringer på elektromagnetismen.

Maxwell selv gjorde brug af mekaniske modeller, da han udviklede sine ideer, "...overfyldt med reb, der løb gennem trisser, rullede over blokke, trak vægte, eller undertiden kompressionsslanger, der pumpede væske i andre elastiske slanger, der udvidede og trak sig sammen, hele maskineriet larmende af støjen fra tandhjul, der greb ind i hverandre", men hele det klodsede, mekaniske stativ, som Maxwell havde brugt til støtte for sin intuition, opgav han til sidst som utilfredsstillende. Der er intet spor af mekanisk ide i hans endelige ligninger. Som Synge har udtrykt det: "Cheshirekattens robuste krop var væk, og i dens sted var tilbage kun et slags matematisk grin."

(Hermed mener John Avery naturligvis ikke, at Maxwells teori ikke beskæftiger sig med elektromagnetismens mekaniske virkninger, hvormed de elektriske, magnetiske eller elektromagnetiske fænomener netop gav sig til kende som virkningen af en kraft eller en energetisk vekselvirkning med mekaniske systemer af massive komponenter. Hvad der fremhæves er, at Maxwells elegante ligninger hviler i sig selv, alene under brugen af elektriske og magnetiske begreber og deres indbyrdes sammenhæng, idet Maxwell hævder, at sædet for den elektromagnetiske energi hverken er de elektriske ladninger eller magnetiske poler, men rummet imellem dem, lysæteren eller det energetiske felt. Hvad der overhovedet kunne forstås ved æteren eller lysæteren som materiel substans, var formentlig netop Maxwells operationelle feltligninger.

Som forbløffende resultater af Maxwells teori udledes både lysets mekaniske tryk, der 1901 blev eftervist eksperimentelt af russeren Peter Lebedev, og lysets hastighed i æteren. Maxwell var professor i fysik fra 1856 i Aberdeen, fra 1860 ved King's College i London, fra 1871 i Cambridge, hvor han fra 1874 ledede det nystiftede Cavendish Laboratory. 1860 modtog han Rumford

Medaljen for sine arbejder med farvelæren, og han er en af grundlæggerne af den mekaniske gasteori. O.a.)

Lord Kelvin (1824-1907), en af sin tids mest fremtrædende engelske fysikere, var skuffet over, at Maxwells teori ikke indeholdt nogen mekanisk forklaring på elektromagnetismen, og kaldte teorien "en fejltagelse, uvidenhedens gemmen-sig-bort under dække af en formel".

(Sir William Thomson, fra 1892 adlet som Lord Kelvin, var fra ungdommen af en af sin tids største matematikere. Fra 1846 professor i fysik ved universitetet i Glasgow. Arbejdede inden for næsten alle grene af fysikken, særligt med elektricitets- og varmelæren. Hans patent 1858 på drift af lange telegrafkabler, og mange af ham opfundne instrumenter var forudsætningen for telegrafkabelforbindelsen 1866 mellem England og Nordamerika. Hans "Baltimore Lectures on Molecular Dynamics and the Wave Theory of Light", 1904, er en række undersøgelser over lysets natur og en ejendommelig elasticitetsteori for lysæteren. O.a.)

I Tyskland prøvede den eminente fysiker Hermann von Helmholtz (1821-1894) ihærdigt at forstå Maxwells teori ud fra mekaniske betragtninger, og måtte tilsidst acceptere Maxwells ligninger, uden nogen sinde at opnå følelsen af, at han virkelig forstod dem. I 1833 var von Helmholtz' kamp for at forstå Maxwells teori anledning til et dramatisk bevis for dens rigtighed. Helmholtz havde en begavet student ved navn Heinrich Hertz (1857-1894), hvem han betragtede næsten som sin søn. I 1883 havde Berlins Videnskabsakademi udsat en pris for arbejder inden for elektromagnetismen, og von Helmholtz foreslog Hertz, at han skulle forsøge at vinde prisen ved at afprøve nogle af forudsigelserne i Maxwells teori.

Hertz konstruerede et kredsløb, hvori en hastigt svingende elektrisk vekselstrøm passerede gennem et gnistgab. Han opdagede, at elektromagnetiske bølger ganske overbevisende blev frembragt af den hurtigt svingende strøm, som Maxwell havde forudsagt. Bølgerne kunne konstateres med en lille gennemskåret ledningsring. Når Hertz bevægede sig omkring med sin ledningsring, kunne han se gnister springe over, hvor ringen var gennemskåret og dannede et lille gnistgab. Det beviste tilstedeværelsen af elektromagnetiske bølger. Og det beviste, at de opførte sig nøjagtig som forudsagt af James Clerk Maxwell.

(Ud over at demonstrere frembringelsen af elektromagnetisk energi, der kunne eftervises med et resonatorkredsløb som beskrevet, viste Hertz, at energistrålingen fulgte optikkens love ved spejling og brydning i store metalreflektorer og i prizmer, han lod fremstille af beg og paraffin. 1893 viste A.

Righi for bølgelængder ned til 7,5 cm at Huygens' princip også gjaldt for de Hertzske bølger, hvormed således også Augustin-Jean Fresnels (1788-1827) optiske love, der førte Huygens' bølgeteori til sejr over Newtons emissionsteori, blev fuldstændig bekræftet. O.a.)

Bølgerne, som Hertz opdagede, var radiobølger, og det varede ikke længe, før den italienske ingeniør Guglielmo Marconi (1874-1937) tog opdagelsen i praktisk anvendelse inden for kommunikationen. 1898 brugte Marconi radiosignaler til at viderebringe resultaterne fra Kingston Regatta'en, og den 12. december 1901 sendte han, ved hjælp af balloner for at få antennerne så højt til vejrs som vel muligt, et signal tværs over Atlanterhavet fra England til Newfoundland.

Ved demonstrationen på St. Louis World's Fair i 1904 var et af Fessende udviklet radioapparat, der kunne gengive lyd og altså den menneskelige stemme, den store sensation. I 1909 fik Marconi Nobelprisen i fysik for sin udvikling af radiokommunikationen. I U.S.A. forvandlede på genial vis Alexander Graham Bell (1847-1922) og Thomas Alva Edison (1847-1931) Faradays og Maxwells opdagelser til opfindelser som telefonen, det elektriske lys, filmen og fonografen.

Kapitel 13

ATOM- OG KERNEPARTIKELFYSIK

13.1 Elektronens opdagelse

I de sene 1880'ere og tidlige 1890'ere herskede der en følelse af tilfredshed, ja måske endda af selvtilfredshed i det internationale selskab af fysikere. Det forekom mange, at Maxwells elektromagnetiske ligninger sammen med Newtons ligninger for bevægelse og gravitation var de grundlæggende værktøjer, der kunne forklare alle fænomener i naturen. Der var intet tilbage for fysikerne at gøre, mente mange, ud over at anvende disse ligninger på særlige problemer og udlede konsekvenserne deraf. Fysikkens erkendelser mentes at være tilendebragt.

Sidst i 1890'erne rystede en serie revolutionerende opdagelser imidlertid fysikerne ud af denne følelse af selvtilstrækkelighed og viste dem, hvor lidt de i virkeligheden vidste. Det første af disse chok var opdagelsen af den subatomare partikel, Elektronen. Julius Plücker (1801-1868) og hans ven Heinrich Geisler (1814-1879) havde i Tyskland opdaget, at en elektrisk strøm kunne passere gennem gasresterne i et næsten fuldstændig evakueret glasrør, når trykket var lavt nok og spændingen tilstrækkelig høj. Når det var tilfældet, glødede glasset, og undertiden lyste glassets sider også nær den negative elektrode, katoden. Plücker fandt, at de glødende pletter ved glasrørets katode skiftede placering i et magnetisk felt.

I England gentog og udvidede Sir William Crookes (1832-1919) Plückers og Geislers forsøg. Han viste, at lyspletterne på glasrøret blev produceret af

en slags stråler, der strømmede fra katoden, og han demonstrerede, at disse "katodestråler" kunne kaste skygger, at de kunne dreje et lille hjul anbragt i strålebanen, og at de opvarmede glasset, hvor de ramte imod det.



Sir William Crookes mente, at katodestrålerne var en ny slags elektrisk ladede partikler, - måske selve "massens fjerde fremtrædelsesform". Hans samtidige morede sig over disse spekulationer. Nogle få år senere blev Crookes' tro på, at katodestrålerne var en ny slags ladede partikler, fuldstændig bekræftet af en glimrende ung fysiker, der arbejdede ved universitetet i Cambridge, J. J. Thomson (1856-1940).

Thomson, som var en usædvanlig talentfuld ung videnskabsmand, var blevet udnævnt til professor og leder af Cavendish Laboratoriet i Cambridge i en alder af 27. Hans forgængere i stillingen havde været James Clerk Maxwell og den fremtrædende fysiker, Lord Rayleigh, så det var noget af en ære for en ung mand som Thomson at få stillingen. Hans strålende resultater indfrie-ede dog tilfulde forventningerne hos komiteen, der havde valgt ham. Under Thomsons og hans senere elev, Ernest Rutherfords ledelse blev Cavendish Laboratoriet verdens førende center for atom- og subatom- forskningen, og det opretholdt denne position gennem den første periode op i det 20. århundrede.

J. J. Thomsons første bedrift var en afgørende demonstration af, at Plücker's, Geislers og Crookes' katodestråler var negativt ladede partikler. Han og hans studerende målte også deres masse og ladning. Ladningen var den samme som den, en almindelige negativ ion havde, men partikelmassen var forbløffende. Den var næsten to tusinde gange mindre end brintatomets masse. Og eftersom brintatomet er det letteste af alle atomer, viste dette, at katodestrålerne måtte bestå af subatomare partikler.



Den ladning, som katodestrålernes partikler havde, blev erkendt som værende den elektriske ladnings fundamentale enhed, og katodestrålepartiklerne fik navnet Elektroner ¹

Man fandt, at alle ladninger, der kunne observeres i naturen var hele multipla af elektronens ladning. Opdagelsen af elektronen var det første fingerpeg om, at atomer, som man så længe havde antaget for evige og udelelige, faktisk kunne rives i småstykker.

13.2 Røntgenstråler

I 1895, medens arbejdet, der førte til elektronens opdagelse, stadig stod på, blev en anden revolutionerende opdagelse gjort. Dette efterår arbejdede Wilhelm Konrad Röntgen (1845- 1923), lederen af fysikinstituttet ved universitetet i Würzburg i Bayern med et udladningsrør, idet han gentog nogle af Crookes' eksperimenter.

Röntgen var især interesseret i strålingen fra bestemte materialer, når de ramtes af katodestrålerne, så han mørklagde lokalet og tændte for højspændingen. Da strømmen for igennem røret, kom der et lysglimt fra en hel anden del af lokalet. Til sin overraskelse fandt Röntgen et stykke papir, han havde vædet med bariumplatincyano. Det glødede klart, selv om det var så langt fra udladningsrøret, at katodestrålerne umuligt kunne nå det.

Röntgen slukkede for røret, og lyset fra papiret forsvandt. Han tændte igen, og den klare glød på papiret opstod igen. Han bar den besmurte papirskærm ind i det tilstødende lokale. Det glødede stadig! Igen slukkede han for røret, og skærmen holdt igen op med at gløde. Röntgen indså straks,

¹på forslag af den engelske fysiker G. Johnstone Stoney, efter græsk elektron, rav, der ved gnidning havde evnen til at blive elektrisk. O.a.

at han havde opdaget noget nyt og meget mærkeligt. En eller anden form for stråling udgik fra udladningsrøret, men denne nye slags stråler kunne gennemtrænge uigennemsigtige stoffer.

Mange år senere, da Röntgen blev spurgt, hvad han tænkte, da han opdagede røntgenstrålerne, svarede han "Jeg tænkte ikke. Jeg eksperimenterede!" I de næste syv uger eksperimenterede han som en gal; og da han endelig bekendtgjorde sin opdagelse i december 1895, var han istand til at rapportere om alle de vigtigste egenskaber ved røntgenstrålerne, inklusive deres evne til at jonisere gasser og deres utilbøjelighed til at ændre retning i elektriske og magnetiske felter. Röntgen mente ganske korrekt, at strålerne var elektromagnetiske bølger af samme art som lysbølger, men med en meget kortere bølgelængde.

Det viste sig, at røntgenstråler blev frembragt af hurtige elektroner fra katoden i udladningsrøret. Disse elektroner blev accelereret af det stærke elektriske felt, når de passerede gennem røret fra katoden (den negative elektrode) til anoden (den positive elektrode). De ramte platinanoden med meget stor hastighed og slog elektroner ud af platinatomernes indre dele. Samtidig med at de ydre elektroner faldt indad i atomerne for at erstatte de mistede indre elektroner, udsendtes elektromagnetiske bølger af meget høj frekvens.

Den 23. januar 1896 gav Röntgen den første offentlige forelæsning om røntgenstrålerne, og under denne forelæsning demonstrerede han over for tilhørerne, at røntgenfotografier kunne anvendes til medicinske diagnoser. Da Röntgen bad en frivillig blandt tilhørerne om at hjælpe sig, trådte den 79-årige fysiolog Rudolf von Kölliker op på podiet, og den gamle mands hånd blev røntgenfotograferet. Fotografiet, der stadig eksisterer, viser smukt håndens knogler.





Vild begejstring over Röntgens opdagelse fejede gennem Europa og Amerika, og mange laboratorier begyndte snart at eksperimentere med røntgenstråler. Ophidselsen over røntgenstrålerne førte indirekte til en tredje revolutionerende opdagelse, - radioaktiviteten.

13.3 Radioaktivitet

Den 20. januar 1896, kun en måned efter at Röntgen havde bekendtgjort sin opdagelse, var en flok interesserede videnskabsmænd samlet i Paris for at høre matematikeren og fysikeren Henri Poincaré forelæse om Röntgens stråler.²

Blandt tilhørerne til Poincarés forelæsning var Henri Becquerel (1852-1908), en fysikprofessor ved Paris' naturhistoriske Museum og École Polytechnique. Becquerel var med sit smukt studsede skæg selve arketyperen på en fransk professor i det 19. århundrede. Hans bedstefar havde været pioner inden for elektrokemien, og hans far havde forsket i fænomener som fluorescens og fosforescens.

Som sin far granskede Henri Becquerel i stoffers fluorescens og fosforescens, og derfor var han specielt interesseret i nyheden om Röntgens opdagelse. Han spekulerede på, om der kunne være røntgenstråler i den stråling, der udsendtes fra fluorescerende stoffer. Medens han skyndte sig tilbage til sit laboratorium, forberedte Becquerel et eksperiment, der skulle give svar på dette spørgsmål. Han pakkede et stort antal fotografiske plader ind i sort papir, så almindeligt lys ikke kunne påvirke dem. Pladerne blev anbragt i sollyset, og på hver plade lagde han en prøve af fluorescerende stof fra sin samling. Efter adskillige timers udsættelse for denne behandling i solen, blev pladerne fremkaldt. Hvis der var røntgenstråler i den fluorescerende stråling, ville de fotografiske plader være blevet sværtet, selv om de havde været indpakket i lysbeskyttende sort papir.

²Henri Poincaré (1854-1912) var en af sin tids største matematikere. Professor i matematisk fysik med banebrydende arbejder inden for den rene og anvendte matematik såvel som i teoretisk fysik og astronomi. 1889 tilkendt kong Oskar II's pris for sit arbejde med trelegeme-problemet. I Sorbonne-forelæsningerne 1899 fremhævede han, at absolut bevægelse i princippet er umulig at iagttage, og i en forelæsning den 24. september 1904 i St. Louis, U.S.A. generaliserede han relativitets-princippet med formulering af en ny regel i dynamikken: Intet legemes hastighed kan overstige lysets hastighed. I en artikel 5. juni 1905 viste han desuden, at tyngdens virkningshastighed netop er lysets hastighed. O.a.

Da han fremkaldte pladerne, fandt han til sin glæde, at selv om de fleste af dem var ubelyste, var en af dem blevet sværtet. Det var pladen, hvorpå han havde anbragt stoffet kaliumuransulfat. Da han eksperimenterede videre, fandt Becquerel andre blandinger, der sværtede de fotografiske plader: natriumuransulfat, ammoniumuransulfat og urannitrat. Det var alle salte indeholdende uran.

I slutningen af februar indsendte Becquerel sin første rapport til Det franske Videnskabsakademi, og frem til slutningen af marts fremsendte han hver uge en ny rapport, hvori han beskrev nye egenskaber ved den bemærkelsesværdige stråling fra stoffer indeholdende uran. Så blev vejret ugunstig for ham, og Paris var i mange uger dækket af tykke skyer. Da han var for utålmodig til at afvente solskin, fortsatte Becquerel sine undersøgelser i skyet vejr og håbede, at der selv uden direkte sollys ville være en smule effekt.

Til hans forbavselse var pladerne lige så sværtede som før, men uden direkte sollys blev uranblandingernes fluorescens meget reduceret. Kunne det være tilfældet, at den mystiske gennemtrængende stråling fra uranblandingerne var uafhængig af fluorescensen? For at få svar på dette spørgsmål prøvede Becquerel derfor at anbringe de uranholdige blandinger på fotografiske plader i et fuldstændig mørkt rum. Pladerne blev stadig sværtet. Effekten var fuldstændig uafhængig af sollysets indvirkning.

Dette var i høj grad noget nyt og mærkeligt. Strålingen syntes at komme fra uranatomerne alene i stedet for fra de kemiske forbindelser i de blandinger, der indeholdt atomerne. Hvis energien i Becquerels stråler ikke kom fra sollyset, hvad var kilden da? To af den klassiske fysiks mest basale antagelser syntes udfordret, - tesen om atomets udelelighed og tesen om energiens bevarelse.

13.4 Marie og Pierre Curie

Blandt Henri Becquerels kolleger i Paris var to engagerede og begavede forskere, Marie og Pierre Curie. Pierre Curie (1859- 1906), søn af en intellektuel parisisk doktor, havde aldrig som barn gået i skole. Hans far havde undervist ham privat, idet han havde indset, at sønnens originale og åndsrettede sind var uskikket for almindelig undervisning.

I en alder af 16 blev Pierre Curie seniorstuderende, og 18 år gammel var han magister i fysik. Sammen med broderen Jacques havde Pierre Curie opdaget det piezoelektriske fænomen, - den elektriske spænding der opstår,

når visse krystaller som f.eks. kvarts udsættes for tryk. Han havde desuden opdaget en lov om magnetismens temperaturafhængighed, "Curies Lov".

Selv om Pierre Curie havde internationalt ry som fysiker, var han elendigt aflønnet som chef for laboratoriet ved Paris' skole for fysik og kemi, og hans beskedne og lidet verdslige karakter afholdt ham fra at søge en bedre stilling. Han ønskede blot at kunne fortsætte arbejdet med sin forskning.

I 1896, da Becquerel havde bekendtgjort sin revolutionerende opdagelse af radioaktivitet, havde Pierre Curie netop giftet sig med en polsk pige, der var meget yngre end ham, men som havde lige så usædvanlige evner og karaktertræk. Marie Sklodowska Curie (1867-1934) var født i Warszawa i et Polen uden officiel eksistens, idet landet dengang var delt mellem Tyskland, Østrig og Rusland. Hendes far var matematik- og fysiklærer, og hendes mor var rektor for en pigeskole.

Marie Sklodowskas familie var begavet og havde stærke intellektuelle traditioner. Det var vanskeligt for hende at få en højere uddannelse i Polen. Hendes mor døde, og faderens stilling blev nedlagt af regeringen. Marie Sklodowska var nødt til at arbejde i en ydmygende stilling som guvernante for en ukultiveret familie, og måtte samtidig kæmpe for at uddanne sig ved selv at læse fysik og matematik. Hun havde en romance med sønnen af en landbesiddende polsk familie, men måtte se sig vraget på grund af sin ringe sociale status.

Marie Sklodowska forvandlede sin sorg og ydmygelse til en fanatisk hengivelse for videnskaben. Til broderen skrev hun engang: "Du må tro om dig selv, at du er født med et talent for et eller andet særligt, og du må opnå dette særlige, ligegyldigt hvad det koster dig." Selv om hun ikke kunne vide det dengang, skulle hun blive en af verdens største kvindelige forskere.

Marie Sklodowskas chance for en højere uddannelse kom endelig, da hendes gifte søster, som studerede medicin i Paris, inviterede Marie til at bo hos sig, og foreslog hende at lade sig indskrive ved Sorbonne. Efter at have boet et år hos søsteren, medens hun studerede fysik, fandt Marie dog sin søsters hjem for distraherende til at hun virkelig kunne koncentrere sig. Hun flyttede derfor til et lille ubekvemt kvistværelse, hvor hun kunne være alene med sit arbejde.

Hun afslog al selskabelighed; udholdt vinterens kulde og besvimelede nogle tider af sult, men alligevel var Marie Sklodowska fuldendt lykkelig, fordi hun nu endelig havde mulighed for at studere og udvikle sine evner. Hun tog eksamen fra Sorbonne som den bedste i sin klasse.

Pierre Curie havde egentlig besluttet aldrig at gifte sig. Det var hans



hensigt helt at hellige sig videnskaben. Men da han mødte Marie, så han i hende et menneske, med hvem han kunne dele sine idealer og sin hengivelse for forskningen. De giftede sig efter nogen tøven fra Maries side, idet tanken om at forlade Polen for altid forekom hende forræderisk. Deres lykkelige hvedebrødsdage tilbragte de med at rejse rundt i Frankrig på cykel.

Den unge polske studerendes næste skridt, nu da hun var gift Madame Curie, var at påbegynde arbejdet til en doktorafhandling, hvor hun måtte beslutte sig for det emne, hun ville behandle i sin forskning. Året var 1896, og nyheden om Becquerels bemærkelsesværdige opdagelse havde netop bredt sig i den videnskabelige verden. Marie Curie besluttede at gøre Becquerels stråler til genstand for sin afhandling.

Idet hun benyttede et følsomt elektrometer, der var opfundet af Pierre og Jacques Curie, undersøgte hun systematisk alle grundstofferne for at finde ud af, om andre stoffer end uran frembragte den mærkelige gennemtrængende stråling. Næsten straks gjorde hun en vigtig opdagelse: Thorium var også radioaktivt. Men bortset fra uran og thorium formåede ingen af de andre grundstoffer at gøre luften i joniseringskammeret ledende og give udslag på elektrometeret. Blandt de dengang kendte grundstoffer var kun uran og thorium radioaktive.

Marie Curie undersøgte derefter alle kemiske blandinger og mineraler, der fandtes i Skolen for Fysik. Et af mineralerne i samlingen var Begblendende, et metalholdigt mineral, hvoraf man kan udvinde uran. Hun forventede naturligvis, at dette uranholdige mineral var radioaktivt, men til hendes forbavselse viste målingerne, at begblendende var meget mere radioaktiv, end indholdet af

uran og thorium kunne forklare.³

Eftersom Marie Curies eget arbejde, og også Becquerels, havde vist, at radioaktivitet var en egenskab ved atomerne, og eftersom de to eneste grundstoffer, der var radioaktive, var uran og thorium, nødtes hun og hendes mand til den logisk tvingende konklusion, at begblende måtte indeholde spor af et nyt, uopdaget og stærkt radioaktivt grundstof, der ikke var blevet fundet ved den kemiske analyse af mineralet.

Efter denne erkendelse opgav Pierre Curie sin egen forskning og slog sig sammen med Marie om at finde det ukendte grundstof, som de mente måtte findes i begblende. Juli 1898 havde de isoleret en lille smule af det nye grundstof, der var ethundrede gange mere radioaktivt end uran. Det kaldte de "Polonium" efter Maries fædreland.

På det tidspunkt havde de imidlertid opdaget, at begblendens øgede radioaktivitet ikke kom fra et, men fra mindst to nye grundstoffer. Det andet uopdagede grundstof var imidlertid voldsomt radioaktivt, og kun tilstede i forsvindende mængder. De var klar over, at for at isolere en vejelig mængde af det, måtte de behandle enorme mængder af rå begblendemalm.

Curie'erne skrev til direktøren for St. Joachimsthal Minen i Bøhmen, hvor man udvandt sølv af begblende, og bad om at måtte få nogle tons af malmen, der var til rest efter udvindingsprocessen. Da der indløb et positivt svar fra den østrigske regering, som bevilgede dem 1 ton (2000 pund) af denne restmalm, brugte de deres beskedne opsparing til betaling af transportomkostningerne.

Det eneste sted, ægteparret Curie kunne finde til arbejdet med begblen-

³Begblende eller Uranbegmalm er et sort mineral med begagtig glans i muslede brud. Vægtfylde 9 og hårdhed 5,5. Malmen består af uranilte med lidt bly samt små mængder nitrogen, argon og helium. Ofte på gange med sølv, kobber og blymalme. I dette mineral fandt den store tyske farmaceut og kemiker Martin Heinrich Klaproth 1785 grundstof nr. 92 Uran, et sølvhvidt strækkeligt metal af vf. ca 19 og smeltepunkt ca 1700 grader C. Reduktion til uran (U 238,07), der brænder i luftens ilt til uranoxid, reagerer let med halogener og opløses i syrer under brintudvikling, lykkedes i 1841 for Pélignot. Uranopløsninger er stærkt gulgrønt fluorescerende. Klaproth (1743-1817), der var far til orientlisten Heinrich Julius Klaproth (1783-1835), var fra 1788 medlem af Videnskabernes Akademi i Berlin ligesom astronomen Johann Elert Bode, der foreslog navnet Uranus for den 7. planet og 1801 udgav "Uranographia sive astrorum descripto etc." med stjernekort og katalog over 17.240 stjerner. Efter himlens gud i den græske mytologi, Uranos, fik således også metallet navnet Uranium. Thorium (Th 232,12) er et platinlignende metal, vf. 11,7, smp. ca 1800 grader C. Det er kemisk beslægtet med Titan. Radioaktivt med en halveringstid på ca 14 mia år, hvorunder det omdannes til det stærkt radioaktive mesothorium. Thorium blev fundet 1828 af Berzelius og opkaldt efter guden Thor. O.a.

den, var et gammelt skur med utæt tag, - et isnende koldt sted om vinteren. I erindringen om de fire år, hun og hendes mand tilbragte i dette skur, skrev Marie Curie:

“For min mand og mig var denne periode en heroisk tid i vort fælles liv... Det var i dette miserable, gamle skur vi tilbragte de bedste og lykkeligste år i vort liv, helt helliget arbejdet. Jeg tilbragte somme tider hele dagen med at røre i en kogende masse af stof ved hjælp af en jernstang, næsten så stor som jeg selv. Om aftenen sank jeg sammen af træthed ...Jeg kom til at behandle helt op til 20 kg stof på en gang med den virkning, at hele skuret blev fyldt op med store krukker af præparater og væsker. Det var et dræbende arbejde at bære det til beholderne, at hælde væsken af, og at røre i timevis i træk i den kogende masse i et smeltekar.”

Marie og Pierre Curie begyndte at udskille metallet i fraktioner ved hjælp af forskellige kemiske behandlinger. Efter hver behandling undersøgte de prøverne ved at måle radioaktiviteten. Det var nemt for dem at finde ud af, hvilken fraktion der indeholdt det stærkt radioaktive ukendte formodede grundstof. Det nye stof, som de døbte “Radium”, havde kemiske egenskaber, der næsten var identiske med bariums; og Curie’erne opdagede, at det næsten var umuligt at udskille radium fra barium ad almindelig kemisk vej.

Til slut benyttede de fraktioneret krystallisation, gentaget adskillige tusinde gange. For hvert trin blev radiumkoncentrationen i den aktive del lettere beriget, og radioaktiviteten blev tilsvarende stærkere. Til sidst var den to millioner gange så stor som radioaktiviteten i uran. En aften, da Marie og Pierre Curie kom ind i laboratoriet uden at tænde lyset, så de alle deres koncentrerede prøver gløde i mørket. Efter fire års nedslidende arbejde isolerede Curie’erne en lille mængde rent radium og kunne bestemme dets atomvægt.⁴ Disse fremskridt sammen med deres øvrige arbejde inden for radioaktiviteten bragte dem verdensberømmelse, og i 1903 Nobelprisen i fysik til deling med

⁴Af en ton af det oprindelige materiale blev udvundet knap 0,3 gram radium, hvis liniespektrum kunne undersøges, og af hvis klorforbindelse det fandtes at indgå med 225 vægtdele radium for hver 70,8 vægtdele klor. Atomvægten blev senere nøjere bestemt. Radium, Ra 226,05, har en halveringstid på 1590 år, hvori det under udsendelse af alfa-, beta- og gamma- stråler udskiller gassen Radon (Emmanation), Rn 222, et meget radioaktivt grundstof, der henfalder med en halveringstid på 3,8 dage under udsendelse af alfapartikler, der er atomkerner af ædelgassen helium. Under arbejdet fandt ægteparret Curie som nævnt polonium, Po 210, med halveringstiden 140 dage. Det er et grundstof identisk med Ra F, et af radiums henfaldsstoffer, og kemisk beslægtet med tellur og vismut. Endvidere mente de at have fundet endnu et stof, Actinium, der kun forekommer i ganske ringe mængde i uranmalme, ca 1/300 af radiummængden. O.a.

Becquerel.⁵ Madame Curie, historiens første store kvindelige naturforsker, blev symbolet på, hvad kvinder kan. Den bølge af almindelig begejstring, der var indledt med Röntgens opdagelse af røntgenstrålerne, kulminerede med Madame Curies isolation af radium.

Det blev opdaget, at radium var en hjælp ved behandlingen af cancer, og Madame Curie blev i tidens aviser omtalt som en stor humanist. Motiverne, der havde inspireret Marie og Pierre Curie til deres heroiske arbejde, var både humane og idealistiske. De troede, at enhver forøgelse af menneskelig viden kun ville være et gode. De vidste ikke, at radium også er et farligt grundstof, der lige så vel kan forårsage kræft som helbrede denne sygdom. De kunne ikke forudse, at den videnskabelige forskning vedrørende radioaktivitet med tiden ville føre til atomvåbnene.⁶

13.5 Rutherfords atommodel

I 1895, det år da Röntgen gjorde sin revolutionerende opdagelse af røntgenstrålerne, var en ung new-zealænder ved navn Ernest Rutherford ved at grave kartofler på sin fars gård, da han fik meddelelse om, at han havde vundet et legat for videregående studier i England. Idet han smed spaden fra sig sagde Rutherford: "Det er den sidste kartoffel, jeg graver op!" Han udsatte sine giftermålsplaner og sejlede til England, hvor han meldte sig som forskningsstipendiat ved universitetet i Cambridge. Her begyndte han at arbejde ved Cavendish Laboratoriet under ledelse af J. J. Thomson, elektronens opdager.

I New Zealand havde Rutherford udført banebrydende arbejder inden for opdagelsen af radiobølger, og han ville sandsynligvis have fortsat dette arbejde i Cambridge, havde det ikke været for den store begejstring, som Röntgens

⁵Nobelprisen stiftet 27.11.1895 gik ved første uddeling 1901 i fysik til Röntgen, 1902 til H. A. Lorentz og P. Zeeman. O.a.

⁶Strålebehandlingen var indledt af Niels Finsen (1860-1904) med arbejdet "Om Lysets indvirkning på Huden" 1893, der viste sin værdi straks efter under en koppeepidemi i Bergen, og fra 1895 ved behandlingen af Lupus, en tuberkuløs hudbetændelse af skrækkelig virkning. 1896 stiftedes Finseninstituttet, og Niels Finsen modtog 1903 Nobelprisen i medicin. Det var således nærliggende at undersøge behandlingsmulighederne med røntgen- og radiumstrålerne, der viste sig af stor betydning, men også tidligt medførte svære skader blandt radiologerne, undertiden med dødelig udgang. Pierre Curie blev selv svært forbrændt under bestrålingseksperimenter med radium, som det forklares af Kirstine Meyer, der allerede 1904 med bogen Radium og radioaktive Stoffer kunne orientere danske læsere om dette forskningsområde. O.a.

og Becquerels opdagelser havde skabt. I erindringen om denne periode af sit liv skrev Rutherford:

"Næppe mange kan forestille sig den mægtige sensation, som Röntgens opdagelse af røntgenstrålerne forårsagede i 1895. Det interesserede ikke bare videnskabsmanden, men også manden på gaden, der var betaget ved tanken om at se sit eget indre og sine knogler. Alverdens laboratorier satte de gamle Crookes-rør frem for at frembringe røntgenstråling, og Cavendish var ingen undtagelse."

J. J. Thomson, der var interesseret i studiet af ioner (ladede atomer eller molekyler) i gasser, fandt snart ud af, at man meget nemt kunne ionisere gasarter ved hjælp af røntgenstråler. Rutherford opgav studiet af radiobølger og knyttede sig til Thomson og dennes arbejde.

"Da jeg begyndte ved Cavendish Laboratoriet", huskede Rutherford senere, "begyndte jeg at arbejde med ioniseringen af luftarter ved hjælp af røntgenstråler. Efter at have læst Becquerels artikel var jeg nysgerrig efter at vide, om ionerne, der var frembragt af uranstråling, havde samme natur som dem, der var produceret af røntgenstråler, og jeg var især interesseret, fordi Becquerel mente, at hans stråling var noget af en mellemting mellem lys og røntgenstråler."

"Jeg fortsatte derfor med en systematisk undersøgelse af strålingen, og fandt at der var to typer, - en der fremkaldte intens ionisering, som absorberes af nogle få centimeter luft, og en anden slags, som var mindre intenst ioniserende, men mere gennemtrængende. Jeg kaldte disse henholdsvis alfa-stråler og beta-stråler, og da Villard i 1898 opdagede en endnu mere gennemtrængende type stråling, kaldte han den gamma-stråling."

Rutherford viste senere, at alfa-strålerne faktisk var ioniserede heliumatomer, der med voldsomme hastigheder blev slynget ud af det henfaldende uran, og at beta-strålerne var hurtige elektroner. Gamma-strålerne viste sig at være elektromagnetiske bølger, ligesom lysbølger, men med yderst korte bølgelængder.

Rutherford vendte for en kort tid tilbage til New Zealand for at gifte sig med sin forlovede, Mary Newton. Derefter rejste han til Canada, hvor han havde fået tilbudt en stilling som fysikprofessor ved McGill Universitetet. I samarbejde med kemikeren Frederic Soddy (1877-1956) fortsatte Rutherford i Canada sine eksperimenter med radioaktivitet og udarbejdede en revolutionerende teori om grundstoffernes omdannelse ved radioaktivt henfald.

Op gennem middelalderen havde alkymister forsøgt at forvandle bly og kviksølv til guld. Senere havde kemikerne overbevist sig om, at det var u-

muligt at forvandle et grundstof til et andet. Rutherford og Soddy hævdede nu, at radioaktive henfald involverede en hel række forvandlinger, hvori et grundstof forandrede sig til et andet.

Da han kom tilbage til England som leder af det fysiske institut ved Manchester Universitet, fortsatte Rutherford at eksperimentere med alfa-partikler. Specielt interesserede han sig for måden, hvorpå de afbøjes af tynde metalplader. Rutherford og hans assistent, Hans Geiger (1886-1945), fandt, at de fleste alfa-partikler passede gennem et metalfolie med en kun meget lille afbøjning af størrelsen ca en grad.

I 1911 sluttede en ung forskningsstuderende ved navn Ernest Marsden sig til gruppen, og Rutherford skulle finde en opgave til ham. Med Rutherfords egne ord skete følgende:

“En dag kom Geiger til mig og sagde: “Tror De ikke, at unge Marsden, som jeg underviser i radioaktive metoder, burde begynde på lidt forskning?” Jeg havde tænkt på det samme, så jeg svarede: “Hvorfor ikke lade ham undersøge, om nogle alfa-partikler kan spredes over en større vinkel?” I al fortrolighed kan jeg fortælle, at jeg ikke troede de kunne, eftersom vi vidste, at alfa-partikler var meget hurtige massive partikler med stor energi, og hvis man kunne vise, at spredningen skyldtes den samlede effekt af et antal mindre spredninger, var sandsynligheden for, at en alfa-partikel skulle spredes baglæns, meget lille.”



“Så husker jeg, at to eller tre dage senere kom Geiger til mig i stor op-hidselse og sagde: “Vi har fået nogle alfa- partikler til at gå baglæns”. Det

var helt afgjort den mest utrolige hændelse, jeg nogen sinde har oplevet i mit liv. Det var næsten lige så utroligt, som hvis man affyrede et 15 tommer projektil imod et stykke papir, og det så kom tilbage og ramte en selv."

"Ved nærmere eftertanke indså jeg, at denne baglæns spredning måtte være resultatet af et enkelt sammenstød, og da jeg regnede på det fandt jeg, at det var umuligt at få noget som helst af denne størrelsesorden, med mindre der var tale om et system, hvori størstedelen af atomets masse var koncentreret i en meget lille kerne."

"Da var det, jeg fik ideen om et atom med et lille bitte massivt center, der bar en ladning. Med matematikkens hjælp beregnede jeg de love, spredningen måtte følge, og fandt at antallet af partikler spredt over en bestemt vinkel skulle være proportional med tykkelsen af det spredende folie og kvadratet på kernens ladning, samt omvendt proportional med fjerdepotensen af partikelhastigheden. Disse udregninger blev senere verificeret af Geiger og Marsden i en række smukke eksperimenter."

13.6 Planck, Einstein og Bohr

Ifølge den model, som Rutherford foreslog i 1911, har hvert atom en meget lille kerne, der indeholder næsten al atomets masse. Omkring denne lille bitte, men massive kerne forestillede Rutherford sig, at lette og negativt ladede elektroner cirklede i kredse, ganske som planeterne bevæger sig rundt om Solen. Rutherford regnede ud, at hele atomets diameter måtte være adskillige tusinde gange så stor som selve kernens diameter.

Rutherfords atommodel gav en smuk forklaring på Geigers og Marsdens eksperimenter, men samtidig indeholdt den en alvorlig vanskelighed: Ifølge Maxwells ligninger måtte elektronerne, der cirkulerede i deres baner, frembringe elektromagnetiske bølger. Det var let at regne ud, at elektronerne i Rutherfords atom burde miste al deres bevægelsesenergi ved denne udstråling, og bevæge sig i spiralbaner ind mod kernen. Ifølge den klassiske fysik kunne Rutherfords atom således ikke være stabilt. Det måtte uvægerligt falde sammen.

Paradokset blev løst af Niels Bohr (1885-1962), en begavet ung teoretisk fysiker fra København, som var kommet til Manchester for at arbejde hos Rutherford. Bohr var ikke spor overrasket over de klassiske begrebers uanvendelighed på Rutherfords kerne-atom. Da han var uddannet i Danmark, var han mere vant til de tyske fysikers arbejde end hans engelske kolleger i

Manchester var. Bohr havde især studeret arbejderne af Max Planck (1858-1947) og Albert Einstein (1879-1955).

Kort før århundredskiftet havde den tyske fysiker Max Planck udført teoretiske undersøgelser af den elektromagnetiske stråling, der kom fra et lille hul i en ovn. Hullet strålede som om det var et ideelt sort legeme. Denne "sortlegeme-stråling" var meget gådefuld for tidens fysikere, eftersom den klassiske fysik ikke kunne forklare strålingens frekvensfordeling og dens afhængighed af ovnsens temperatur.⁷

Max Planck havde i 1901 fundet en formel, der passede smukt med de eksperimentelle målinger af frekvensfordelingen af strålingen fra et sort legeme. Men for at finde frem til formlen havde han været nødt til at gå ud fra en dristig hypotese, der fuldstændig brød med den klassiske fysiks begreber.

Planck havde været nødt til at antage, at lys - eller mere generelt: enhver form for elektromagnetisk stråling - kun kunne udstråles eller absorberes i bestemte energimængder, som Planck kaldte "kvanta". Energimængden i ethvert kvantum var strålingsfrekvensen gange en konstant, h , der kom til at gå under betegnelsen "Plancks konstant".⁸

Det var en allerhøjest besynderlig antagelse, der syntes at være grebet ud af luften, og den havde overhovedet ingen som helst forbindelse med noget, der tidligere var opdaget inden for fysikken. Det eneste mulige forsvar for Plancks kvantehypotese var faktisk den virkelige succes, hans formel havde ved beskrivelse af den forbausende frekvensfordeling af sorte legemers stråling. Planck selv var meget bekymret over det radikale brud med de klassiske begreber, og han brugte mange år - uden held - på at forbinde sin kvantehypotese med den klassiske fysik.

I 1905 offentliggjorde Albert Einstein en artikel i "Annalen der Physik", hvori han anvendte Plancks kvante-hypotese til forklaring af den fotoelektriske effekt. På det tidspunkt var Einstein 25 år gammel, fuldstændig ukendt, og arbejdede som kontormand ved Det schweiziske Patentkontor.

Den fotoelektriske effekt var et andet gådefuldt fænomen, der ikke på nogen måde kunne forklares af den klassiske fysik. Den tyske fysiker Philipp

⁷Strålingen fra et absolut sort legeme sker over et meget bredt spektrum af svingningsfrekvenser med et karakteristisk maximum i energispektret afhængig af legemets temperatur. Det er fordelingen af de enkelte energibidrag, der omtales. O.a.

⁸Plancks konstant har værdien 6,626176 gange 10^{-27} erg sek. Ganges denne størrelse med strålingens frekvens målt i Hertz, der har dimensionen sek i minus 1., nemlig så mange svingninger pr sekund, som frekvensen angiver, får man strålingskvantets energi i erg. O.a.

von Lenard (1862-1947), ⁹, havde i 1903 opdaget, at lys af frekvens over en vis tærskelværdi kunne frigøre elektroner fra en metaloverflade; men ved belysning med stråling af lavere frekvens end en given tærskelfrekvens skete der intet, ligegyldigt hvor længe belysningen fandt sted.

Ved at anvende Plancks kvante-hypotese fremkom Einstein med følgende forklaring på den fotoelektriske effekt: Et vist minimum af energi behøves for at overvinde de tiltrækkende kræfter, der binder elektronerne til metalles overflade. Denne energi var lig med tærskelværdien gange h , Plancks konstant. Lys af frekvens, der er lig med eller højere end tærskelfrekvensen, kunne frigøre elektroner fra metallet; men energien, der leveredes af lys med lavere frekvens, var ikke i stand til at overvinde de tiltrækkende elektriske kræfter.

Einstein brugte senere Plancks kvante-formel til forklaring af krystallers varmfylde ved lave temperaturer, et andet gådefuldt fænomen, som også modstod den klassiske fysiks forklaringer. Disse Einsteins bidrag var vigtige, for uden denne bevisstøtte måtte det fastholdes, at Plancks kvante-hypotese var en formodning, der var indført ad hoc, alene med det formål at forklare absolut sorte legemers stråling.

Niels Bohr havde som student været stærkt påvirket af Plancks og Einsteins ideer. I 1912, da han arbejdede med Rutherford i Manchester, blev Bohr overbevist om, at problemet med at redde Rutherfords atom fra kollaps kun kunne løses ved hjælp af Plancks kvante-hypotese.

Da han var tilbage i København, fortsatte Bohr at tumle med problemet. I 1913 fandt han løsningen: Elektronens kredsløb omkring kernen havde bane impulsmoment. Forestillede man sig det cirkulære kredsløb, var bane impulsmomentet givet ved produktet af elektronens masse og hastighed gange kredsløbets radius. Bohr indførte nu en kvante-hypotese svarende til Plancks. Han antog, at i elektronens tilladte kredsløb var bevægelsesmængdemomentet gange 2π lig med et helt multiplum af Plancks konstant. Den laveste værdi for n , nemlig 1, i produktet n gange h , hvor n kan være ethvert helt tal, svarede til det mindste tilladte kredsløb. I Bohrs model var sammenbruddet af Rutherfords atom således undgået.

Bohr beregnede, at bindingsenergiene i de forskellige tilladte elektronbaner i brintatomet skulle være en konstant divideret med kvadratet på heltallet n ; og han beregnede konstantens værdi til 13,6 elektron-Volt. Denne værdi

⁹der var Nobelpristager i fysik 1905 for studier af katodestråler og kanalstråler i fri luft O.a.



stemmer nøjagtigt med den observerede ionisationsenergi for brint. Efter at have talt med fysikeren H. M. Hansen forstod Bohr med glæde, at ved at kombinere sin formel for de tilladte baneenergier med Planck-Einstein relationen for energi og frekvens, kunne han forklare brints mystiske linespektrum.¹⁰

Da Niels Bohr offentliggjorde alt dette i 1913, fremkaldte hans artikel forpinte udråb som "Smuds!" fra fysikernes ældre generationer. Da Lord Rayleighs søn spurgte faderen, om han havde set Bohrs artikel, svarede Rayleigh: "Ja, jeg har set den, men forstod at jeg ikke kunne bruge den. Jeg siger ikke,

¹⁰Fra 1911 arbejdede Niels Bohr på at ændre "planetmodellen", og antog at Einsteins fotoelektriske forklaring måtte have en eller anden sammenhæng med beskrivelsen af atomet, der jo kunne udstråle eller absorbere kvanter af elektromagnetisk energi. Han var derfor parat til at give afkald på klassisk fysiske forklaringer. Da en studiekammerat i februar 1913 henlede Bohrs opmærksomhed på Rydbergs formel for de såkaldte Balmerlinier i brintspektret, som Bohr ikke kendte, faldt puslespillet på plads. Med Bohrs ord: "Så snart jeg så Balmers formel, stod det hele mig straks klart." Allerede i begyndelsen af marts 1913 var Bohrs første atomteori færdig. Teorien indeholdt to nye postulater: 1. Atomet kan eksistere i en række stationære tilstande uden at udsende energi. Og 2. Atomet kan overgå fra en stationær tilstand til en anden ved at emitte eller absorbere en energimængde svarende til de to stationære tilstandes energiforskel. Disse postulater var banebrydende nye, men fik først et egentlig teoretisk fundament med kvantemekanikkens udvikling i løbet af 1920'erne og 30'erne. O.a.

at opdagelser ikke kan gøres på den måde, men det passer mig ikke." Da flere og flere spektre og atomare egenskaber blev forklaret ved hjælp af Bohrs teori, blev det klart, at Planck, Einstein og Bohr havde afdækket et helt nyt lag af hidtil ukendte fænomener af stor og fundamental betydning.

13.7 Atomtal

Niels Bohrs atomteori blev snart kraftigt understøttet af nogle eksperimenter udført af den bedst begavede af Rutherfords begavede unge mænd, Henry Gwyn-Jeffreys Moseley (1887-1915). Moseley kom fra en familie af fornemme videnskabsmænd. Både hans far og begge hans bedstefædre havde været medlemmer af Royal Society. Efter studier i Oxford, hvor hans far engang havde været professor, fandt Moseley det vanskeligt at beslutte, hvor han ville udføre sit kandidatarbejde. To laboratorier tiltrak ham, den store J. J. Thomsons Cavendish Laboratorium i Cambridge og Rutherfords laboratorium i Manchester. Til sidst besluttede han sig for Manchester på grund af Rutherfords revolutionerende opdagelser. To år tidligere havde Rutherford fået Nobelprisen i kemi 1908.

Rutherfords laboratorium var ikke som noget andet i verden bortset fra J. J. Thomsons. Faktisk havde Rutherford lært meget, om hvordan et laboratorium skulle ledes, af sin tidligere lærer Thomson. Med demokratisk ligefremhed og godt humør fortsatte Rutherford Thomsons traditioner. På samme måde som Thomson havde han en evne til at inspirere sine studerende med sin egen stærke videnskabelige nysgerrighed og en smittende glæde ved forskningen.

Thomson havde også skabt en tradition for hurtighed og opfindsomhed ved improvisation af det eksperimentelle apparatur - den såkaldte segllak og sejl garnstradition - og Rutherford fortsatte denne. Efter at have arbejdet sammen med Rutherford fortsatte Niels Bohr denne uformelle og entusiastiske tradition ved Instituttet for teoretisk Fysik, som Bohr grundlagde i København i 1920.

De fleste af tidens videnskabelige laboratorier var i direkte modsætning til Thomson-Rutherford-Bohr-traditionens ligefremhed, engagement, samarbejde og fart. E. E. da C. Anrade, der først arbejdede i Lenards laboratorium i Heidelberg, og senere hos Rutherford i Manchester, har givet følgende beskrivelse af forskellen mellem de to grupper:

"I Heidelberg møderne var det Lenard der førte ordet, i høj grad som lærer



foran sin klasse. Blev noget aspekt ved hans arbejde berørt af en af talerne, havde han for vane at afbryde med: "Og hvem gjorde dette først?" Den talende ville så svare med et let buk: "Herr Geheimrath, De gjorde det først", hvortil Lenard svarede, "Ja. Jeg gjorde det først!"

"I Manchester møderne, der fandt sted på fredag eftermiddage, var Rutherford den støjende, opmuntrende og inspirerende ven. Som i alle relationer med forskningsmedarbejderne så ganske afgjort lederen, men i tæt kontakt med dem, han ledede; opmuntrende fremfor kommanderende, "gejlende sit hold op", for at bruge et af hans favoritudtryk."

Selv om Rutherford undertiden bandede over sine "drengene", var hans hengivenhed for dem virkelig oprigtig. Han havde ikke selv nogen søn, og blev som en slags far for de begavede unge i laboratoriet. Deres kælenavn for ham var "Papa". Sådant var det laboratorium, som Henry Moseley tilsluttede sig i 1910. Næsten på samme tid sluttede Moseleys barndomsven Charles Darwin, et barnebarn af den "rigtige" Charles Darwin, sig også til Rutherfords hold.

Efter at have arbejdet på forskellige problemer vedrørende radioaktivitet, som Rutherford havde givet ham, spurgte Moseley, om han og Charles Darwin måtte studere røntgenstrålers spektrere. Først sagde Rutherford nej, da ingen ved Manchester laboratoriet havde nogen erfaring med røntgenstråler, "og desuden", tilføjede Rutherford med en vis forudindtagethed, "al videnskab er enten radioaktivitet eller at samle på frimærker."

Men efter at have overvejet nøjere, hvad der rundt omkring blev opdaget vedrørende røntgenstråler, gav Rutherford sin tilslutning. Max von Laue (1879-1960), en fysiker fra München, havde i 1912 gjort en revolutionerende opdagelse. Man havde længe vidst, at hvidt lys på grund af dets bølgelignende natur kunne brydes i spektrets farver ved hjælp af et bøjningsgitter, - en glasplade med en række parallelle linier indgraveret tæt ved siden af hverandre. For hver af lysets bølgelængder er der visse vinkler, hvori småbølgerne fra bøjningsgitterets linier forstærker hverandre i stedet for at svække eller udslukke hverandre. Disse vinkler er forskellige for hver bølgelængde, og de forskellige farver af lys bliver således udskilt af gitteret.

Max von Laues glimrende ide var at benytte den samme metode med røntgenstråler, idet han som bøjningsgitter anvendte en krystal. Atomernes lige rækker i krystalgitteret ville være tætte nok, ræsonnerede von Laue, til at passe til røntgenstrålernes meget små bølgelængder, som man anså for at være mindre end en ti-milliontedel af en centimeter.

Von Laues eksperiment var lykkedes smukt i 1912, og den nye teknik blev taget op i England af et far-og-søn hold, nemlig af William Henry Bragg

(1862-1942) og William Lawrence Bragg (1890-1971). Bragg'erne havde anvendt røntgenstrålernes afbøjning ikke bare til studiet af røntgenstrålernes spektre, men også for at studere de afbøjende krystallers struktur. Denne teknik skulle senere blive et af forskningens mest værdifulde redskaber i studiet af molekyle-strukturer.

Da de omsider havde fået Rutherfords tilladelse, kastede Moseley og Darwin sig så over det spændende forskningsområde. I erindring om sit arbejde sammen med Henry Moseley skrev Charles Darwin senere:

"At arbejde med Moseley var en af de mest anstrengende øvelser, jeg nogen sinde har påtaget mig. Han var uden undtagelse det hårdest arbejdende menneske, jeg nogen sinde har kendt. ...Han havde to arbejdsregler: Først, når man begynder at stille apparaturet op til et eksperiment, må man ikke standse før opstillingen er færdig. For det andet, når apparaturet endelig var stillet op, måtte man ikke holde op med arbejdet, før eksperimentet var afsluttet. At overholde disse regler medførte et yderst uregelmæssigt liv, somme tider med arbejde natten igennem, og en af Moseleys ekspertiser var kendskabet til, hvor i Manchester man kunne få et måltid mad kl. 3 om morgenen."

Efter et årstid forlod Charles Darwin eksperimenterne for at arbejde med de teoretiske aspekter af røntgenstrålernes afbøjning. (Han blev senere adlet for sine fortrinlige bidrag til den teoretiske fysik.) Moseley fortsatte eksperimentalarbejdet alene, idet han metodisk undersøgte røntgenstrålernes spektre for alle grundstofferne i det periodiske system.

Niels Bohr havde vist, at bindingsenergiene i brintatomets mulige tilstande er lig med Rydbergs konstant, R , divideret med kvadratet på et heltal, kvantetallet n . Han havde også vist, at for de tungere grundstoffer er konstanten lig med Z^2R , kvadratet på kerneladningen, Z , gange R . Konstanten, Z^2R , kunne findes i Moseleys undersøgelser af røntgenstrålernes spektre. Eftersom røntgenstråler frembringes, når elektroner slås ud af atomernes indre kredsløb, og ydre elektroner falder indad for at erstatte dem, kunne Moseley benytte Planck-Einstein relationen mellem frekvens og energi til at finde energiforskellene mellem atomets forskellige tilstande, og Bohrs teori til at forbinde disse tilstande med R og Z .

Moseley fandt fuldstændig overensstemmelse med Bohrs teori. Desuden fandt han, at kerneladningen Z øgedes regelmæssigt i hele intervaller, efterhånden som han fulgte rækkerne i en periodisk tabel: Brint havde Z lig 1, helium Z lig 2, lithium Z lig 3, o.s.v. op til uranium med Z lig 92. Uranatomets 92 elektroner gjorde det elektrisk neutralt, i nøjagtig balance med kernens

elektriske ladning. Antallet af et grundstofs elektroner, og dermed stoffets kemiske egenskaber, var alene bestemt ved kerneladningen, fandt Moseley, idet han kaldte dette tal for "Atomtallet".

Moseleys studier af grundstoffernes kerneladninger afslørede, at der manglede nogle få grundstoffer. I 1922 fik Niels Bohr Nobelprisen for sin kvanteteori vedrørende atomet. Og ved overrækkelsesceremonien kunne han meddele, at et af Moseleys manglende grundstoffer netop var fundet på Bohrs institut.¹¹

Moseley var imidlertid død. Han var en af de 10 millioner unge mænd, hvis liv så ganske nytteløst blev spildt i Europas største fejltagelse - Den første Verdenskrig. Moseley blev dræbt den 10. august 1915 ved Suvla Bugt landsætningen i Dardanellerne.

13.8 Stoffets bølgeligning

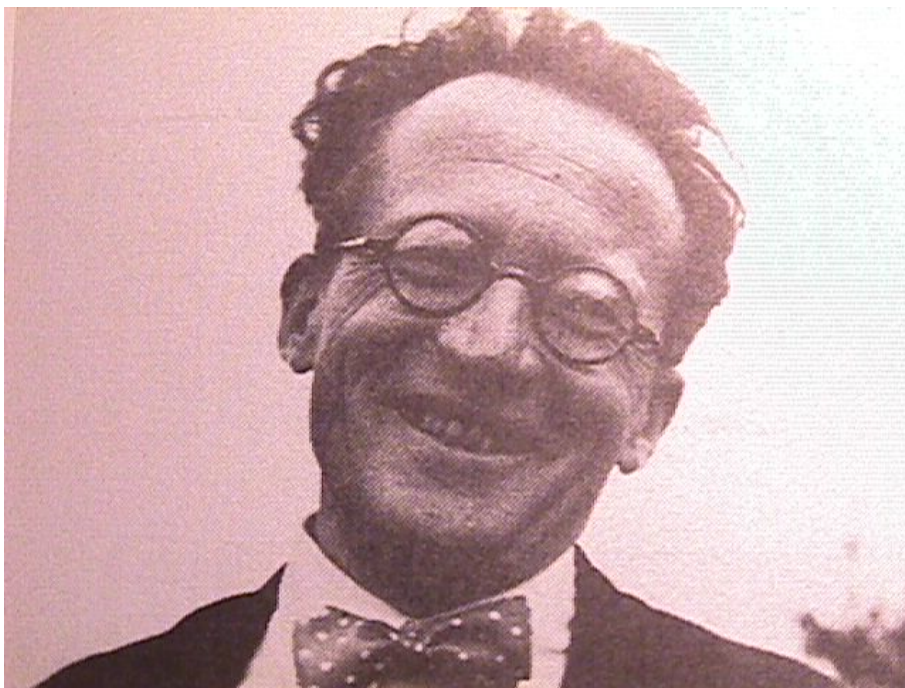
I 1926 blev Max Plancks, Albert Einsteins og Niels Bohrs vanskeligheder med "den gamle kvanteteori" pludselig løst og den sande mening forstået. To år tidligere havde en fransk aristokrat, prins Louis-Victor de Broglie (1892-) foreslået, da han skrev doktorafhandling ved Sorbonne i Paris, at meget små partikler som f.eks. elektroner burde udvise bølgelignende egenskaber. Grundtilstanden og de højere anslåede (mere energirige) tilstande af elektronerne i Bohrs atommodel ville i så fald være nært analoge med en violinstrengs grundtone og højere overtoner.

Så at sige den eneste, der tog de Broglies forslag alvorligt, var Albert Einstein, der nævnte det i en af sine artikler. Som følge af Einsteins interesse vakte de Broglies stofbølger andre fysikers opmærksomhed. Den østrigske teoretiker Erwin Schrödinger (1887-), som arbejdede i Zürich, søgte den underliggende bølgeligning for de Broglies materiebølger.

Schrödinger var i stand til at vise, at Niels Bohrs atomteori, inclusive den tilsyneladende tilfældige kvantisering af bane impulsmomentet, kunne udledes ved at løse bølgeligningen for de elektroner, der bevæger sig i kernens tiltrækkende felt. De tilladte baner i Bohrs teori svarer i Schrödingers teori til harmoniske, i lighed med de fundamentale harmoniske og de højere overtoner

¹¹Hafnium, Hf 178,6, opkaldt efter København. Et sjældent grundstof beslægtet med Zirkonium og fundet 1922 af G. von Hevesy og D. Coster på Københavns Universitets Institut for teoretisk Fysik. Hafnium er et jernlignende metal med vf. 13,1 og smp. ca 2.500 grader C. O.a.

i en orgelpibe eller violinstreng. Havde Pythagoras levet i 1926, ville det have glædet ham at se stoffets dybeste mysterier forklaret ved hjælp af harmonibegrebet!



Bohr troede selv, at en fuldstændig atomteori burde være i stand til at forklare grundstoffernes kemiske egenskaber i Mendelejevs periodiske system. Bohrs 1913-teori levede ikke op til denne forventning, men det gjorde den nye de Broglie- Schrödinger teori. Gennem arbejder af Pauli, Heitler, London, Slater, Pauling, Hund, Mulliken, Hückel og andre, der anvendte Schrödingers bølgeligning til løsning af kemiske problemer, stod det klart, at bølgeligningen virkelig i princippet kunne forklare samtlige stoffernes kemiske egenskaber.

Mærkeligt nok løstes problemet med udviklingen af materiens fundamentale kvanteteori ikke en, men hele tre gange i 1926. Ved Göttingen Universitet i Tyskland løste Max Born (1882- 1970) og hans dygtige unge studerende, Werner Heisenberg og Pascal Jordan, problemet på en ganske anden måde, idet de brugte matrix-metoder. Samtidig blev en teori meget lig Heisenbergs, Borns og Jordans matrix-mekanik udviklet helt uafhængigt ved Cambridge Universitet af det 24-årige matematiske geni, Paul Adrien Maurice Dirac.

Til en begyndelse syntes Heisenberg-Born-Jordan-Dirac kvanteteorien at

være helt forskellig fra Schrödingers teori. Men Göttinger-matematikeren David Hilbert (1862-1943) kunne vise, at teorierne faktisk var identiske, selv om de udtrykte de samme begreber meget forskelligt.

Kapitel 14

Relativitet

14.1 Einstein

I 1879 blev Albert Einstein født i Ulm i Tyskland. Han var søn af irreligiøse jødiske middelklasseforældre, der sendte ham i en katolsk skole. Den lille Albert var længe om at lære at tale, og forældrene frygtede en overgang, om han måske skulle være retarderet. Men omkring ved den tid, da han var otte år gammel, kunne hans bedstefar i et brev skrive:

"Kære Albert har været tilbage i skolen en uge. Jeg elsker simpelt hen den dreng, for De kan ikke forestille Dem, hvor god og intelligent han er blevet."

I et minde om barndommen fortalte Einstein selv senere:

"Da jeg var tolv år gammel, fik jeg ved skoleårets begyndelse en lille bog om Euklids geometri, (Spiekers Lehrbuch der ebenen Geometrie af familiens bekendt, lægen Talmey. O.a.) Her var påstande, som f.eks. om fælles skæring af en trekants højder i et og samme punkt, der - skønt på ingen måde selvindlysende - dog alligevel kunne bevises med en sådan sikkerhed, at enhver tvivl syntes udelukket. Klarheden og visheden gjorde et ubeskriveligt indtryk på mig."

Medens Albert Einstein endnu var ganske ung, begyndte hans fars og onkels virksomhed at gå hårde tider i møde. De to Einstein-familier flyttede til Italien, og efterlod Albert alene og fortvivlet på et pensionat i München, hvor han forventedes at færdiggøre gymnasiet. Einsteins skolekammerater havde givet ham øgenavnet "Beidermeier", der betyder noget i retning af "Påspanden". Den respektløshed, han lagde for dagen over for skolens autoriteter, bragte ham snart i vanskeligheder. Med Einsteins egne ord indtraf et halvt

år efter følgende episode:

"Da jeg gik i 7. klasse i Luitpold Gymnasium, blev jeg kaldt til min klasselærer, som udtrykte ønske om at jeg forlod skolen. Til min bemærkning, at jeg ikke havde gjort noget forkert, svarede han blot: "Alene ved din tilstedeværelse ødelægger du klassens respekt for mig"."


Einstein forlod gymnasiet uden eksamen og fulgte efter sine forældre til Italien, hvor han tilbragte et lykkeligt og problemfrit år. Her traf han desuden sin endelige beslutning om at skifte statsborgerskab. "Den tyske stats udprægede militærmentalitet var mig fremmed, allerede da jeg var dreng", forklarede Einstein senere. "Da min far flyttede til Italien, tog han på min anmodning skridt til at løse mig fra tysk statsborgerskab, fordi jeg ønskede at blive schweizisk statsborger."

Familien Einsteins finansielle situation var nu usikker, og det stod klart, at Albert alvorligt måtte overveje et karrierevalg. 1896 bestod han adgangsprøven til Zürichs berømte polytekniske højskole, Eidgenossene Technische Hochschule, hvor han ville læse matematik og fysik for at blive lærer. Hans udisciplinerede og originale fremtræden bragte ham imidlertid igen i vanskeligheder. Hans professor i matematik, Hermann Minkowski (1864-1909) anså Einstein for "en doven hund", og hans fysikprofessor, Heinrich Weber, som oprindeligt gjorde alt, hvad han kunne for at hjælpe Einstein, sagde i et øjebliks ærgrelse og vrede til ham: "De er en klog fyr, men har én fejl. De vil ikke høre på, hvad andre har at sige!"

Einstein blev borte fra de fleste af forelæsningerne, og læste kun de ting, der interesserede ham. Mest interesserede han sig for Maxwells elektromagnetisme-teori, et emne der var for "moderne" for Weber.

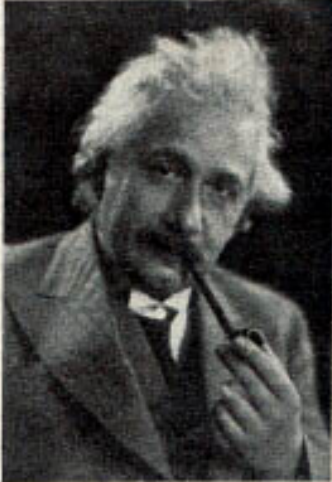
(1895, hvor han dumpede ved adgangsprøven til E.T.H., havde Einstein, 16 år gammel, skrevet en fem siders skitse angående undersøgelser af æteren i magnetiske felter, og havde sendt den til et fjernt familiemedlem, vel sagtens i håb om at interessere denne for sine uddannelsesplaner. O.a.)

Der var to afgangseksaminer fra E.T.H., og Einstein ville bestemt være dumpet til dem begge, havde det ikke været for den hjælp, han fik af sin gode ven Marcel Grossmann, en dygtig og samvittighedsfuld student, der kom til alle timerne og gjorde omhyggelige notater. Ved hjælp af disse noter lykkedes det Einstein at bestå sine eksaminer, men fordi han havde gjort sig upopulær hos professor Weber og de andre professorer, der kunne have hjulpet ham, var det umuligt for ham at få ansættelse på E.T.H. På sønnens vegne skrev Einsteins far til professor F. Ostwald: "Min søn er dybt ulykkelig på grund af sin nuværende arbejdsløshed, og for hver dag gror den overbevisning mere


„ALDRIG MERE KRIG“
 Forbund af absolutte Krigsmodstandere
 Dansk Afdeling af „Krigsmodstandernes internationale Forbund“

6te Aar	Meddelelser Nr. 30	26. Juni 1932
---------	--------------------	---------------

I dette Nr. findes der Side 3 en Appel til vore Medlemsfæller om at støtte Afrustningsvennerne paa Afrustningskongressen.



Albert Einstein,
 den banebrydende, tyske Fysiker — og den iherdige Talsmand for vore Ideer.

Sammen med det internationale Forbunds Formand, Medlem af det uafhængige Arbejderparti i det britiske Overhus, Lord Arthur Ponsonby, reiste Einstein i Slutningen af Maj til Genève for at indlede en Kampagne for absolut Afrustning. Ved Afreisen fra London udtalte Einstein: „Vi føler os ikke trykket om, at Resultatet af de officielle Udvalgenes Arbejde i Genève vil blive Afrustning i tre, fire, og måske endda i vore Døgn.“

Ponsonby bemærkede, at Afrustningskongressen saarere havde beskæftiget sig med, hvorfædes den næste Krig skulde føres end søgt at afgøre, hvorfædes et Krig skulde blive afsluttet.

Einstein og Ponsonby indledede deres Kampagne i Genève med at indbyde Verdenspressen til en Sammenkomst. Der modte 60 Journalister fra de forskellige Lænder.

Einstein udtalte følgende:
 „De Medlemmer, Afrustningskongressen har arreteret, er saa traubedige, at man kunde frites til at ernde deraf, hvis den hele Sag ikke var saa stærgelig. Det er

og mere fast i hans sind, at han er mislykket og ude af stand til at blive sig selv igen."

Einstein blev reddet ud af denne pinlige situation af vennen Marcel Grossmann (igen!), hvis indflydelsesrige far, der var fabrikant af landbrugsmaskiner, skaffede Einstein en stilling i det schweiziske patentkontor som teknisk ekspert af tredje klasse. Endelig forankret i en sikker, omend beskeden stilling, giftede Einstein sig med Mileva Maric, en serbisk-ungarsk klassekammerat. Han lærte at udføre sit arbejde på patentkontoret meget effektivt, brugte resten af sin tid på egne beregningsopgaver, og gemte dem skyldbevidst ned i en skuffe ved lyden af fodtrin, der nærmede sig.

14.2 Speciel relativitet

Denne tekniske ekspert af tredje klasse forbavsede i 1905 videnskabsverdenen med fire artikler, skrevet med få ugers mellemrum, og offentliggjort i "Annalen der Physik". Af disse fire artikler var de to klassiske. En af dem var den artikel, hvori Einstein anvendte Plancks kvantehypotese på den fotoelektriske effekt. Den anden artikel diskuterede Brownske bevægelser, der er zig-zag bevægelsen af småpartikler opslemmet i væske, når de tilfældigt rammes af væskens molekyler. Denne artikel indeholdt et direkte bevis for atom-ideens værdi og en bekræftelse af Boltzmanns kinetiske teori.

(Ludwig Boltzmann (1844-1906) østrigsk fysiker, professor ved universiteterne i Graz og i Wien. Fremragende teoretiker med arbejder inden for den kinetiske luftteori og varmelæren. Boltzmanns konstant, k , indgår i udledningen af Plancks lov. I relationen $p \text{ lig } nkT$ siges, at trykket p i en gas er proportionalt med antallet, n , af partikler pr rumfangsenhed multipliceret med Boltzmanns konstant k , og den absolutte temperatur T . Boltzmanns konstant har værdien $1,380662 \text{ gange } 10^{-16} \text{ erg pr grad. O.a.}$)

Den tredje artikel etablerede Einsteins ry som en af de største fysikere. Den havde titlen "Om bevægede Legemers Elektrodynamik", og i den formulerede Einstein sin specielle version af Poincarés og Lorentz's relativitetsteori.

Relativitetsteorien voksede frem af problemer i forbindelse med Maxwells elektromagnetiske lysteori. Lige siden lysets bølgelignende natur først var erkendt, havde det været antaget, at der fandtes et medium, hvori bølgebevægelsen kunne foregå, akkurat som der må være et medium som f.eks. luft, hvori lydbølgerne udbreder sig. Der var endog fundet en betegnelse for dette medium, der formodedes at være sædet for de elektromagnetiske bølger,

nemlig æteren eller Lysæteren.

(5. juni 1905 havde Poincaré i en artikel om hans og Lorentz' relativitetsteori udtalt, at absolut bevægelse i forhold til æteren ikke lader sig konstatere. Jordens bevægelse kan kun iagttages i forhold til stjernerne eller andre himmellegemer. Det er en generel lov i naturen for alle legemers bevægelse.

Kontraktionshypotesen, som Lorentz havde udviklet for alle legemers bevægelse i æteren, indebærer imidlertid, siger Poincaré, at den deformerbare og sammentrykkelige elektron er udsat for en art konstant ydre tryk, hvori arbejdet er proportionalt med dens volumeændring. Og på det vilkår, fortsætter Poincaré, er inertien (d.v.s. elektronens træghed overfor ændringer i hastighed og bevægelsesretning) udelukkende et elektromagnetisk fænomen.

Det medfører, at alle kræfter er af elektromagnetisk natur, og derfor i sidste ende også al energi, uanset hvordan energien tilvejebringes, eftersom enhver kraftvirkning er en udveksling af energi. O.a.)

Man mente, at lysets hastighed, analogt med lydets, ville afhænge af iagttagerens hastighed i forhold til æteren. Men alle forsøg på at måle forskelle i lysets hastighed i forskellige retninger var mislykkedes, også i de forsøg, der udførtes i U.S.A. 1881 af A. A. Michelson, - resultatløst, og derfor gentaget i 1887 af Michelson og E. W. Morley.

Selv om Jorden ved et tilfælde skulle have været stationær i forhold til æteren, da Michelson og Morley først udførte deres eksperiment, ville de have fundet en "ætervind", da de gentog forsøget et halvt år senere med Jorden i den modsatte side af sin bane omkring Solen. Den observerede lyshastighed syntes mærkværdigvis nok at være aldeles uafhængig af iagttagerens bevægelse.

I sin berømte 1905-artikel om relativitet gjorde Einstein Michelson-Morley forsøgets negative resultat til grundlag for det vidtrækkende princip (som Jules-Henri Poincaré allerede havde formuleret på Sorbonne i 1899 O.a.): at intet som helst forsøg sætter os istand til at afgøre, om vi er i hvile eller i en tilstand af jævn bevægelse. Med denne antagelse måtte Michelson-Morley forsøget naturligvis mislykkes, og den målte lyshastighed måtte være uafhængig af betragterens bevægelse.

(Til dette kan nu straks indvendes, at havde Jorden været tvangsført i sin bane gennem æteren, så var tanken om en ætervind analog med luftmodstanden, som virker på et lod, der svinges rundt i en snor, eller på en hurtigt kørende bil.

Men Jorden bliver jo ikke tvunget gennem æteren af noget som helst andet end æteren, under virkning af Newtons tyngdelov og strålingstrykket

fra Solen og stjernerne. Kræves der en kraft til dens bevægelse, må denne kraft altså ifølge nærvirkningsprincippet virke gennem æteren, der derfor kunne antages at følge Jorden i dens bevægelse.

At æteren netop fulgte med Jorden i dens bevægelse, var lige præcis Michelson og Morleys konklusion. Ætervindsforsøgene fortsattes dog gennem mere end 30 år, først af Michelson og Morley, dernæst af Morley og Miller, og sluttelig af Dayton C. Miller alene. På grundlag af hele det store materiale af forsøgsresultater kunne Miller konkludere, at der var en svag effekt, som varierede på en mærkelig måde med årstiderne, men den var altid mindre end 5 procent af den størrelse, man havde forventet at finde i "ætervinden".

Dernæst er Jordens banebevægelse ikke jævn, men afhænger som bekendt af årstiden, og netop af den grund kunne det være rimeligt, at en med hastigheds- og afstandsændringerne proportional effekt skulle kunne iagttages.

Mest frapperende var dog, at Einstein afskaffede æteren, og (på basis af Fitzgeralds og Lorentz' kontraktionshypotese) hævdede, at lyshastigheden "erfaringsmæssigt" er konstant og den samme i alle retninger i det tomme gravitationsfri rum. Kontraktionen kunne jo ifølge Lorentz og Poincaré kun komme istand som følge af æterens elektromagnetiske felt. O.a.)

Einsteins princip i Speciel Relativitet havde andre yderst vigtige konsekvenser. Han indså snart, at skulle princippet kunne holde, måtte Newtons mekanik nødvendigvis modificeres. Faktisk krævede Einsteins specielle relativitetsprincip, at alle grundlæggende fysiske love udviser symmetri med hensyn til tid og rum. De tre rumdimensioner sammen med en fjerde, ict, måtte bringes ind i alle fundamentale fysiske love på en symmetrisk måde. I udtrykket for den fjerde dimension, "ict", er i lig kvadratroden af minus 1, c er lysets hastighed, og t er tiden.

Når dette symmetrikrav er opfyldt, siges en fysisk lov at være "Lorentz-invariant" til ære for den hollandske fysiker Hendrik Antoon Lorentz (1853-1928), hvis undersøgelser sammen med Poincarés især havde ledt frem til relativitetsteorien. Idag ville vi udtrykke Einsteins princip ved at sige, at enhver grundlæggende fysisk lov må være Lorentz-invariant, d.v.s. symmetrisk i tids- og rumkoordinaterne. Loven vil da være uafhængig af iagttagerens bevægelse, forudsat denne er jævn.

Einstein viste, at rigtigt udtrykt er Maxwells feltligninger allerede Lorentz-invariante, men Newtons bevægelsesligninger måtte modificeres. Einstein fandt, at når de nødvendige tilpasninger er foretaget, synes massen af bevægede partikler at forøges, i takt med at de accelereres. En partikel kan aldrig ac-

celereres til en hastighed, der er større end lysets, den bliver blot tungere og tungere, idet den tilførte energi omdannes til masse (eller straks udstråles igen O.a.).

Af sin 1905-teori udledte Einstein den berømte formel: At energien af et system er dets masse gange lyshastighedens kvadrat.

(Det var netop den formel, Poincaré havde fremsat allerede i 1900; oven i købet med den forklaring, at en Hertz-oscillator eller antenne, der udsender elektromagnetisk energi i en bestemt retning vil være påvirket af en rekyl i den modsatte retning. Relationen betyder, at Plancks virkningskvantum ved vekselvirkningen øger eller mindsker atomets masse. O.a.)

Som vi skal se, blev denne formel snart brugt til forklaring af den energi, der udsendes ved det radioaktive henfald af uran og radium. Det førte sluttelig til konstruktionen af atombomben. Einstein, der livet igennem var pacifist, og opgav sit tyske statsborgerskab i protest mod militarismen, blev herved delagtig i konstruktionen af det mest destruktive våben, der nogensinde er opfundet. Et våben der kaster en truende skygge over menneskehedens fremtid.

Ganske som Einstein var en af de første til at tage Plancks kvantehypotese alvorligt, var Planck en af de første fysikere, der tog Einsteins relativitet alvorligt. En anden tidlig tilhænger af relativitet var Hermann Minkowski (1864- 1909), Einsteins tidligere matematikprofessor. Skønt han engang havde karakteriseret Einstein som "en doven hund", bidrog Minkowski væsentligt til den matematiske formalisering af Einsteins teori, og i 1907 offentliggjorde han den første bog om relativitet. Til minde om Minkowskis bidrag til relativitetsteoriene kaldes det fire-dimensionale rum-tids kontinuum, vi lever i, under tiden "Minkowskis rum".

(Er således u lig ict , har vi ialt fire rum-tids dimensioner: x, y, z, u , med den fundamentale invariant F , der er summen af kvadraterne på disse. Den "firedimensionale afstand" s er kvadratrod af F . Relationen u lig ict kaldes Minkowskis transformation. For en rumlig verdenslinie er F positiv og s reel, for enhver tidslig verdenslinie er F negativ, og s er derfor imaginær O.a.)

1908 indledte Minkowski en forelæsning på den 8. Kongres for tyske Naturvidenskabsmænd og Fysikere med følgende ord: "Fra nu af er selve rummet og selve tiden dømt til at synke helt ned i skyggerne, og kun en slags forening af dem begge vil bevare en selvstændig eksistens."

14.3 Almindelig relativitet

Betydningen af Einsteins arbejde begyndte gradvis at erkendes, og han blev meget efterspurgt. Først udnævntes han til assisterende professor ved universitetet i Zürich, dernæst søgte og fik han stillingen som professor i Prag, så professor ved Zürichs Polytekniske Institut, og endelig, i 1913, overtalte Planck og Nernst ham til at blive direktør for videnskabelig forskning ved Kaiser Wilhelm Instituttet i Berlin. Han var ansat i denne stilling, da den første verdenskrig brød ud.

Medens 93 tyske intellektuelle formulerede "Manifest til den civiliserede Verden", der retfærdiggjorde Tysklands invasion af Belgien (som et led i von Schlieffens felttogsplan om at undgå en tofrontskrig ved en hurtig tilintetgørelse af den franske armé, inden den russiske mobilisering kunne være tilendebragt, O.a.) havde Einstein mod til at skrive og underskrive et antikrigs-manifest.

(Einstein var sammen med professor George Nicolai medforfatter til "Manifest til Europæere", og desuden medlem af det pacifistiske og senere forbudte "Bund Neues Vaterland" stiftet 16.11.1914. Det hindrede dog ikke hans arbejde i 1917 for det tyske militære Luftverkehrsgesellschaft med en ny type flyvemaskinevinge, der dog ikke viste sig brugelig. Manifest til Europæere var underskrevet af Nicolai og Einstein og yderligere to, hvoraf den ene var den 80-årige direktør for Berlins Observatorium, der allerede havde medunderskrevet de 93's Manifest til den civiliserede Verden. O.a.)

Einsteins manifest appellerede om samarbejde og forståelse blandt Europas lærde for fremtidens skyld, og det foreslog den endelige etablering af et Europæisk Forbund. Under krigen blev Einstein i Berlin, bortset fra besøg hos Lorentz i Holland og til pacifister og familien i Schweiz, og han gjorde hvad han kunne for fredens sag. Uden glæde begravede han sig i sit arbejde, og forsøgte at glemme lidelserne i et Europa, hvis civilisation var ved at dø i en regn af granater, maskingeværkugler og giftgas.

Arbejdet, som Einstein i denne tid kastede sig ud i, var en udvidelse af hans relativitetsteori. Han havde allerede transformeret Newtons bevægelsesligninger, så de udviste den rum-tids symmetri, der krævedes af hans specielle relativitetsprincip. Men Newtons tyngdelov forblev et problem. Tydeligvis måtte den omformes, da den ikke var Lorentz-invariant. Men hvordan skulle han ændre den?

Hvilke principper kunne Einstein anvende i sin søgen efter en mere korrekt tyngdelov? En hvilken som helst ny lov, han udfandt, var nødt til at

indeholde Newtons lov, eftersom planeternes bevægelse med næsten perfekt præcision kunne forudsiges med Newtons teori. Det var dette store problem, han kæmpede med.

(Einsteins fjerde artikel fra 1905 antydede vejen med titlen: "Er et legemes træghed afhængig af dets energiindhold?" O.a.)

I 1907 havde Einstein fundet et af de principper, der skulle komme til at lede ham - princippet om ækvivalens mellem træg og tung masse. Efter at have endevendt Newtons teori igen og igen i tankerne, forstod Einstein, at Newton anvendte massebegrebet på to forskellige måder. Hans bevægelseslove udsagde at kraften, der virker på et legeme, er proportional med dets masse gange accelerationen; men i henhold til Newton er tyngdekraften på et legeme også proportional med dets masse.

Ved et ubegrundet sammentræf var inertimassen og den tunge masse et og det samme i Newtons teori, og det gælder for alle legemer. Einstein undrede sig over, om ligheden mellem de to massebegreber var et sammentræf? Hvorfor ikke udforme en teori, hvori de nødvendigvis var det samme?

Derefter forestillede han sig en eksperimenterende person inde i en kasse, og ude af stand til at se ud af den. Hvis kassen er på Jordens overflade, vil personen føle tyngden fra Jordens tyngdefelt. Taber den eksperimenterende en genstand, vil den falde mod gulvet med en acceleration på 9,81 m pr. sek pr. sek. Tænker man sig nu, at kassen flyttes ud i det tomme gravitationsfri rum, langt væk fra stærke tyngdefelter, og accelereres med nøjagtig 9,81 m pr. sek pr. sek. Vil den eksperimenterende person i kassen så kunne skelne mellem de to situationer? Der kan bestemt ikke mærkes nogen forskel ved at tabe en ting, da en genstand i den accelererende kasse vil falde mod gulvet på nøjagtig samme måde som før.

Ud fra dette "tankeeksperiment" formulerede Einstein et generelt ækvivalensprincip: Han hævdede, at intet som helst forsøg tillader iagttageren, som er lukket inde i kassen, at afgøre, om kassen accelereres eller befinder sig i et tyngdefelt. Ifølge dette princip er tyngde og acceleration lokalt ækvivalente, eller, for at sige det med andre ord: tung og træg masse er ækvivalente.

Einstein indså, at ækvivalensprincippet betød, at en lysstråle måtte afbøjes i et tyngdefelt. Det må være en følgeslutning, da en lysstråle, som for en observatør i et accelereret henførelsessystem forekommer lige, for en stationær betragter nødvendigvis må synes let krummet. Hvis ækvivalensprincippet holdt, ville den samme svage krumning af en lysstråle kunne observeres af en stationær iagttager i et tyngdefelt.

(Den tyske geometer og astronom J. G. von Soldner var 1801 kommet

til samme resultat med hensyn til lysets afbøjning, under forudsætning af at Newtons lyspartikler havde masse. Lysafbøjningen i tyngdefelter er imidlertid det dobbelte af Soldners og Einsteins først publicerede værdi. O.a.)

En anden konsekvens af ækvivalens-princippet var, at en lysbølge, der forplanter sig udad i et tyngdefelt, skulle være en lille smule rødforskuet. Det kom af, at i et accelereret henførelsessystem ville bølgetoppene være lidt mere spredt, end de normalt ville være, og det samme må derfor gælde for et stationært henførelsessystem i et tyngdefelt. Det forekom Einstein, at det måtte være muligt eksperimentelt at afprøve både den gravitationelle bøjning af en lysstråle og den gravitationelle rødforskydning.

Det forekom lovende, men hvordan skulle Einstein fortsætte fra ækvivalens-princippet til et Lorentz-invariant udtryk for tyngdeloven? Måske kunne teorien dannes ud fra Maxwells elektromagnetiske teori, der var en feltteori, og ikke en teori for afstandsvirkning. En del af problemet med Newtons tyngdelov var, at den tillod et signal at forplante sig øjeblikkelig i modsætning til princippet for den specielle relativitet. En feltteori for tyngdekraft ville måske kunne fjerne denne mangel, men hvordan skulle Einstein finde en sådan teori? Der syntes ikke at være nogen udvej.

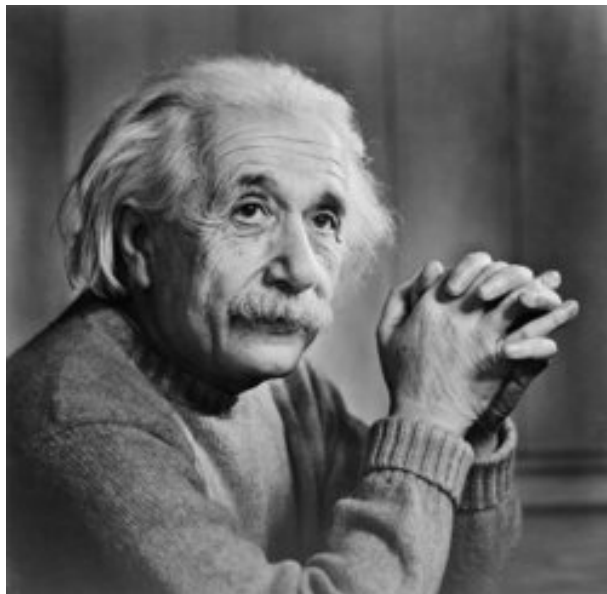
Albert Einstein blev reddet ud af kvalerne (for tredje gang!) af sin trofaste ven Marcel Grossmann. På den tid var Grossmann blevet matematikprofessor i Zürich efter at have skrevet doktorafhandling om tensoranalyse og ikke-euklidisk geometri. Netop de ting, som Einstein havde brug for. Året var 1912, og Einstein var netop vendt tilbage til Zürich som professor i fysik ved det Polytekniske Institut. Einstein og Grossmann arbejdede sammen i to år, og ved den tid, da Einstein vendte tilbage til Berlin i 1914, var vejen banet.

Med Grossmanns hjælp indså Einstein, at tyngdefeltet kunne udtrykkes som en krumning af det 4-dimensionale rum-tids kontinuum. De matematiske metoder, der behøvedes for at beskrive krumningen af et mangedimensionalt rum, var allerede udviklet i begyndelsen af det 19. århundrede af Nikolai Ivanovich Lobachevski (1793-1856), Karl Friedrich Gauss (1777-1855) og Bernhard Riemann (1826-1866).

Som illustration af krumme rums egenskaber kan vi forestille os den todimensionale flade på overfladen af en kugle. Geometriske figurer på en kugleflade er ikke-euklidiske. Parallelle linier mødes (f.eks. Jordens længdekredse), og vinklerne i en trekant adderer op til mere end 180 grader. Ikke-euklidiske rum af højere dimensioner er vanskelige at forestille sig, men de kan sagtens behandles matematisk.

Gauss og Riemann havde introduceret en "metrisk tensor", der indeholdt

alle de nødvendige oplysninger om krumningen i et ikke-euklidisk rum. Einstein forstod, at denne metriske tensor kunne bruges til at udtrykke tyngdefeltets forhold. Planetbanerne blev til geodætiske linier i krumme rum. En geodætisk linie er den korteste afstand mellem to punkter, men i Einsteins krumme rum-tids kontinuum er geodætiske linier ikke rette.



I 1915, da han arbejdede alene i Berlin, var Einstein i stand til at vise, at den simpleste teori af denne form gav Newtons tyngdelov som første tilnærmelse, og en højere tilnærmelse gav den korrekte perihelbevægelse i Merkurs bane. De franske lærde Dominique Arago og Jean Joseph Leverrier havde i 1840'erne fundet ud af, at Merkur, der er den inderste planet nærmest Solen, fulgte en ikke-lukket bane, hvis storeakse langsomt svinger en hel omgang rundt i løbet 3 mio år. Periheliet, den korteste afstand mellem banen og Solen, flytter sig derfor ca 0,1 buesekund pr baneomløb, og da Merkur gennemløber næsten 420 omløb pr 100 år, bliver det ca 42 buesekunder pr århundrede. Einsteins beregning (ifølge en formel, der er identisk med den tyske fysiklærer Paul Gerbers fra 1898, O.a.) viste, at Merkurs perihelforandring skulle være ca 43 buesekunder pr 100 år (men havde dårligere overensstemmelse med hensyn til Venus' og Jordens meget mindre perihelbevægelser O.a.) I januar 1916 skrev han til sin ven Paul Ehrenfest:

"Forestil dig min glæde over brugeligheden af den almindelige kovarians, og over resultatet, at ligningerne giver den korrekte perihelbevægelse for

Merkur. Jeg var ude af mig selv af ophidselse i flere dage."

(Einstein meddelte foreløbig dette beregningsresultat til det Preussiske Videnskabs Akademi i efteråret 1915. Kort efter publicerede astronomen K. Schwarzschild en beskrivelse af, hvordan det samme resultat kunne opnås på en langt mere elegant måde. I et brev til Ernst Mach (1838-1916) havde Einstein dog allerede 25.6.1913 forklaret, at E. Finlay- Freundlich under formørkelsen i 1914 ville forsøge at bevise lysets bøjning på en ekspedition til Krim. Freundlich kom også afsted, men 1. Verdenskrig brød ud den 1. august 1914. Freundlich blev arresteret, og hans udstyr konfiskeret af det russiske militær. Derpå udvekslet med russiske krigsfanger i Tyskland, og den 2. september 1914 var Freundlich tilbage i Berlin, men uden afbøjningsresultater. O.a.)

I 1919 sejlede en britisk ekspedition afsted under Sir Arthur Eddingtons ledelse til en lille ø ud for Vest Afrikas kyst. Dens formål var at afprøve Einsteins forudsigelse af lysets afbøjning i Solens tyngdefelt ved at observere stjernerne tæt ved solranden under en total solformørkelse. Den observerede afbøjning svarede til Einsteins forudsigelse. Følgen var, at han med et blev verdensberømt fra den 7. november 1919, da resultatet var offentliggjort.

Den almindelige offentlighed var fuldstændig fascineret af relativitetsteorien, trods dens uforståelighed, - eller måske netop derfor! Einstein, den distræte professor med langt uredt hår blev et symbol på videnskaben. Verden var træt af krig, og ønskede noget andet at tænke på.

Einstein mødte præsident Harding, Winston Churchill og Charlie Chaplin, og han blev inviteret til frokost hos ærkebiskoppen af Canterbury. Skønt fejret alle andre steder, blev han imidlertid snart angrebet i Tyskland. Mange tyskere, der søgte undskyldninger for nationens nederlag, gav pacifisterne og jøderne skylden. Einstein var begge dele.

(Angrebene begyndte inden udgangen af 1919, og var måske lige så meget forårsaget af de utroligt belastende forhold for det slagte Tysklands civilbefolkning i efterkrigsårene, som af begejstringen i England for Einsteins ideer. Eddington skrev 1.12.1919 til Einstein, at siden den 6. november havde hele England ikke talt om andet end Einsteins relativitetsteori.

Einstein havde desuden som pacifist talt imod krigen, og henvendte sig i et brev 26. april 1919 til H. A. Lorentz i Holland, for at få ham med til at danne en neutral kommission, der skulle bedømme Tysklands krigsforbrydelser. Et emne Einstein allerede havde bragt på bane i 1915, men som Lorentz høfligt undslog at beskæftige sig med.

Temmelig uklogt, og politisk naivt, bekræftede Einstein måske også pro-

fessor Webers skudsmål, ved nu efter krigen som schweizisk statsborger at virke imod Tysklands kejserdømme og for republikken i Bund Neues Vaterland, der trådte offentligt frem 10.11.1918, dagen før våbenstilstanden 11.11.1918, idet han desuden sluttede sig til Zionist-bevægelsen, der med Balfour-deklarationen af 2.11.1917 havde mægtig fremgang.

En såkaldt studiegruppe, "Arbeitsgemeinschaft Deutscher Naturforscher", med deltagelse af bl.a. Gehrcke og Lenard, som ikke kunne acceptere Einsteins afskaffelse af æteren, og lagde mere vægt på Einsteins referencer til andres arbejder, end på den geniale kompilation, og de fremskridt der derved kunne opnås, førte an i hetzen mod relativitetsteoriens "jødiske natur"; et led i det jødiske komplot mod verden i almindelighed og Tyskland i særdeleshed. Situationen blev mere og mere utålelig, indtil Einstein i december 1932 forlod Tyskland for steds. O.a.)

14.4 Massedefekten

Poincarés berømte relativistiske formel, der relaterede energi og masse, ledte snart til forståelse af frigørelsen af de enorme energimængder i form af stråling fra de radioaktive stoffers henfaldsproces. Marie og Pierre Curie havde bemærket, at radium af sig selv opretholder en temperatur, der er højere end omgivelsernes. Deres målinger og beregninger viste, at 1 g radium frembringer ca 100 gramkalorier varme pr time.

Dette forekom ikke at være megen energi, indtil Rutherford fandt ud af, at radium har en halveringstid på ca 1000 år. Med andre ord, efter ettusinde år vil 1 g radium stadig producere varme, og dets radioaktivitet vil kun være reduceret til halvdelen af den oprindelige værdi. I løbet af ettusinde år udvikler 1 g radium omkring 1 mio kilokalorier, en enorm energimængde i forhold til kildens beskedne størrelse. Hvor kom denne mægtige energimængde fra? Energiens bevarelse var et af de mest grundlæggende principper inden for fysikken. Måtte man opgive det?

Kilden til den næsten utrolige energiudstråling, der som nævnt frigøres ved det radioaktive henfald, kunne forstås ved hjælp af Poincarés og Einsteins formel, der satte lighedstegn mellem et systems energi og dets masse gange kvadratet på lysets hastighed, og gennem præcise målinger af atomvægten. Formlen fastslog, at masse og energi er ækvivalente. Man forstod, at i radioaktive henfald bevaredes hverken masse eller energi, men derimod en mere generel størrelse end begge disse to, hvoraf masse og energi blot er særlige

former.

Det kvantitative bevis for ækvivalensen af masse og energi afhang af meget præcise målinger af atomvægte. Indtil 1912 var grundstoffernes atomvægte en gåde. For nogle grundstoffer var atomvægten meget nær hele multipla af brints atomvægt. Målt i denne enhed, fandtes f.eks. kulstof at have en atomvægt meget nær 12, medens kvælstof, ilt og natriums var henholdsvis 14, 16 og 23. Denne næsten nøjagtige talmæssige overensstemmelse fik den engelske kemiker William Prout (1785-1850) til at foreslå, at brint kunne være naturens grundlæggende byggesten, og at alle grundstoffers atomer kunne være opbygget af brint.

Prouts hypotese var dømt til at blive aflivet adskillige gange. Man opdagede nemlig hurtigt, at mange grundstoffer har atomvægte, der ikke i fjeneste måde er heltallige, målt med brintatomets vægt. Denne opdagelse tog livet af Prouts hypotese første gang. Men gennem studierne af de radioaktive henfald opdagede Rutherford og Soddy isotoperne. Og isotoperne genoplivede Prouts ide.

Rutherford og Soddy demonstrerede, at i urans henfald til slutproduktet bly, er en hel kæde af mellemlid involveret, og de er alle radioaktive. Hver af dem forandres spontant til det næste led i kæden. Men hvilke grundstoffer kunne disse henfaldskædens mellemste forbindelser mon bestå af? Til syvende og sidst fandtes blandt de kendte grundstoffer kun de radioaktive: uranium, polonium, radium, actinium og thorium, og man kunne vise, at disse grundstoffer ikke repræsenterede alle mellemlid i Rutherford-Soddys henfaldskæde.

I 1912 forsøgte en ung kemiker i Rutherfords Manchester Laboratorium, Georg von Hevesy de Heves, ved hjælp af kemiske midler at adskille to radioaktive henfaldsprodukter, som man vidste var forskellige. Men ligegyldigt hvad han prøvede, kunne von Hevesy ikke adskille dem. Alle kemiske metoder slog fejl. Von Hevesy talte med Bohr om disse problemer, og Niels Bohr gjorde opmærksom på, at de to henfaldsprodukter kunne bestå af atomer med samme kerneladning, og eftersom stoffernes kemiske egenskaber bestemmes af antallet af elektroner, ville det være umuligt at adskille de to henfaldsprodukter med kemiske midler. I virkeligheden var de to forskellige varianter af samme grundstof.

Samtidigt og helt uafhængigt slog den selv samme ide ned i Frederick Soddy. I efteråret 1912 offentliggjorde han en detaljeret artikel, der forklarede denne opfattelse og introducerede ordet "isotop". Hvert kemisk grundstof, forklarede Soddy, er en blanding af isotoper. For de grundstoffer, hvis a-

tomvægt er en næsten heltallig størrelse af brints atomvægt, dominerer en enkelt isotop blandingen. Alle isotoper i et givet grundstof har derfor den samme kerneladning, det samme atomtal, og det samme antal elektroner. Men to forskellige isotoper af samme grundstof har forskellige atomvægte og forskellige kerne-egenskaber. Nogle isotoper er radioaktive, medens andre er stabile.

Når en kerne afgiver en beta-partikel, der er en hurtig elektron, som bærer en enhed af negativ elektrostatisk ladning, og har en meget lille masse, er atomets vægt næsten uforandret, men kernens ladning tiltager med en positiv elektrostatisk enhed. Derfor fremkommer der ved beta-henfald et stof, som hører hjemme en plads højere i det periodiske system, end den plads det oprindelige stof havde.

I alfa-henfald, på den anden side, kastes en helium-ion med to positive ladningsenheder og fire kernemasse-enheder ud af den henfaldende atomkerne. I alfa-henfaldet befinder det endelige produkt sig derfor to pladser lavere i det periodiske system, og det er fire atommasse-enheder lettere end det oprindelige atom.

Forestillingen om isotoper satte Soddy i stand til helt klart at identificere alle mellemløddene i de henfaldskæder, som han og Rutherford havde undersøgt. Frederick Soddy modtog 1922 Nobelprisen i kemi for sit arbejde. Georg von Hevesy de Heves blev den første videnskabsmand, der anvendte radioaktive isotoper som sporstoffer i biokemien, og 1944 modtog også han Nobelprisen i kemi.

På Cavendish Laboratoriet i Cambridge udviklede i mellemtiden J. J. Thomson og hans studerende, Francis Aston (1877-1945), en "massespektrograf" - et instrument, der kunne adskille isotoperne fra hverandre ved at accelerere dem i et elektrostatisk felt under passage af magnetfelter. I Astons hænder blev massespektrografen et præcisionsinstrument, ved hvis hjælp han ikke blot kunne adskille forskellige isotoper fra hverandre, men også måle deres masser meget nøjagtigt. Han fandt, at disse isotope atommasser var næsten heltallige multipla af brintatomets masse, men ikke helt præcis. Der manglede en lille smule masse!

(Sir Francis William Aston (1877-) fik for sine grundlæggende undersøgelser over isotoperne Nobel-prisen i kemi 1922. O.a.)

Forklaringen på denne manglende masse, massedefekten, blev fundet ved hjælp af Prouts hypotese, der påny var vakt til live af Poincarés og Einsteins formel, som relaterede masse og energi. Atomets kerne blev anset opbygget af brintkerner (protoner) og elektroner, som var tæt forbundet. Massedefekten

var ifølge Poincarés formel lig med den energi, der behøvedes for at adskille disse elementarpartikler.

Ved at undersøge isotopernes massedefekt kunne man beregne deres bindingsenergier, og ud fra disse kunne man beregne de enorme energimængder, der kunne frigøres ved atomkernernes grundstof-forvandlinger. For første gang havde mennesket forstået den enorme kraft, der var potentielt tilgængelig i atomets kerne.

(Einstein og Grossmann publicerede den almindelige relativitetsteori i 1913 med erkendtlig omtale af deres gæld til Friederich Kottler, en ung Wiener-fysiker, der året før, i 1912, havde offentliggjort den almindeligt kovariante form af Maxwells elektromagnetiske feltligninger, som de anvendte i deres "Entwurf einer verallgemeinerten Relativitätstheorie und eine Theorie der Gravitation".

Einstein havde aldrig mødt Kottler, men ved præsentationen af teorien på den 85. Deutscher Naturforscherversammlung i Wien september 1913 spurgte Einstein, om Kottler var tilstede blandt tilhørerne. En ung mand rejste sig. Einstein bad ham blive stående - "så alle kunne se den mand, hvis hjælp havde været så nyttig".

Ved samme lejlighed traf Einstein von Hevesey, og hørte fra ham om Bohrs atomteori. "Hvis Bohrs teorier er rigtige, er det af den største betydning", sagde Einstein. Og da von Hevesey nævnte fremgangen med de eksperimentelle undersøgelser deraf, var Einsteins svar: "Så er det en af de største opdagelser!" Det var indledningen til mange års venskab - og dybe intellektuelle diskussioner mellem Bohr og Einstein om fysiske, eller snarere naturfilosofiske problemer, de aldrig blev enige om, skønt de nærede den dybeste respekt for hinanden, og fik rig lejlighed til samarbejde.

Frederick Alexander Lindemann, adlet Viscount Cherwell, Churchills "grå eminence", beskrev Einstein som århundredets største geni, men også som patetisk naiv i livets almindelige forhold. For ham at se levede Einstein i sit eget univers, hvor han nærmest havde behov for beskyttelse i berøringen med den almindelige verden. I alle politiske spørgsmål var han som et hjælpeløst barn, der ville lægge sit store navn til enhver værdiløs sag, han ikke forstod, og ville underskrive alle latterlige politiske eller andre manifeste, man bad ham om. Den russiske fysiker V. Fock mente om Einstein, at han som ophavsmand til den almindelige relativitetsteori "viste en sådan mangel på forståelse, da han navngav sin teori og sine publikationer, og når han i diskussioner fremhævede "almindelige relativitet", uden at forstå, at den nye teori, han havde skabt, betragtet som en generalisering af den gamle, ikke ge-

neraliserede begrebet relativitet, men andre geometriske ideer."Derfor, siger Fock, betegner han (Fock) den selv: "Gravitationsteorien".

Næppe nogen fysisk teori har givet anledning til mere hovedbrud, mere forvirring eller mere vilde spekulationer end netop Einsteins relativitetsteori. Det bidrog han selv til med forskellige modifikationer og spekulationer, der måske gjorde, at klarhed og overblik gik tabt til fordel for hypoteser om verdens skabelse og mægtighed. Spørgsmål der traditionelt søges besvaret i filosofien og religionen, men ikke kan gøres til genstand for videnskabelig eksperimentel efterprøvelse med henblik på verifikation eller falsifikation, og derfor forekommer at ligge uden for det traditionelle naturvidenskabelige område.

Fra 1913 og til sin død arbejdede Einstein uden mindste held på en forening af sin gravitationsteori med den hastigt udviklende kvantemekanik. Ideen om én stor forenet teori, der omhandler alle fysikkens fænomener, har til alle tider fascineret naturfilosoffer og forskere.

Der kendes ialt 4 kræfter i naturen: De stærke og svage kernekræfter, den elektromagnetiske kraft og tyngdekraften. Inden for de senere år er det i 1967 lykkedes Steven Weinberg fra Harvard og Abdus Salaam fra Imperial College i London at forene elektromagnetismen og de svage kernekræfter. Begge er sammen med Sheldon Glashow fra Harvard Nobelpristagere i fysik 1979. Carlo Rubbia og Simon van der Meer fik i 1984 Nobelprisen for den eksperimentelle bekræftelse af Weinberg- Salaam teorien ved det europæiske center CERN i Schweiz.

Havde Einstein levet, ville han måske have modtaget endnu en Nobelpris for foreningen af tyngden og elektromagnetismen. Nobelprisen, han fik i 1923, var for arbejdet om den fotoelektriske effekt.

De senere år af sit liv foreslog Einstein, at kalde det stoftomme rum med tyngdefelter og elektromagnetiske felter "æteren". Herved skulle forstås et energetisk kontinuum uden substantielle attributter, såsom lokaliserbare punkter, og det skulle være meningsløst at tale om bevægelse i forhold til æteren. I denne betydning, mener Max Born, der har udgivet en prisværdig bog om relativitetsteorien, er ordet "æter" både tilladt, og endog hensigtsmæssigt.

Dermed er vi tilbage til Maxwells og Poincarés æter som det rum med fri elektromagnetisk energi, hvori verden fremtræder som samlinger af grundstoffernes træge og tunge atomer, der vekselvirker indbyrdes gennem æteren og med selve æteren.

Relativitetsteorien beskriver tyngdekraftens virkning bedre end nogen an-

den tyngdeteori, men den er skabt ved hjælp af de elektromagnetiske feltligninger for æteren, og det er derfor ikke mærkeligt af forskere som Th. Kaluza og Oscar Klein har kunnet udlede Maxwells feltligninger af Einsteins almindelige relativitetsteori. Det er to forskellige sider af samme sag.

Ved således at acceptere æterens energetiske felt som begrundelse for nærvirkningsprincippet gjorde Einstein trods alt professor Webers ord til skamme. Rummets geometriske deformation som årsag til tyngden var en ide fremsat af den engelske matematiker William Kingdon Clifford (1845-1879). Og den store tyske fysiker Paul Drude (1863-1906), der 1905 var udset til at være professor Warburgs efterfølger i Berlin, havde i sin *Æterens Fysik* fra 1894 advaret der imod: "Lige så vel som man kan tilskrive et medium, der overalt udfylder rummet, kraftvirkningernes formidlerrolle, kan man give afkald herpå, og tillægge rummet de samme fysiske egenskaber. Man har hidtil vægret sig ved denne anskuelse, idet man med ordet "rum" forbinder et abstrakt begreb uden fysiske egenskaber."

Æteren derimod har konkrete fysiske egenskaber; og havde Einstein levet længe nok, havde han formentlig konkluderet, at tyngden ikke er en egenskab ved rummet, men en egenskab ved æterens fri elektromagnetiske energi, - som alle andre kræfter af elektromagnetisk natur, som Poincaré foreslog. Samtidig kunne Einstein have vist, at både Newtons kritiker biskop George Berkeley (1685-1753) og filosofen Ernst Mach havde ret: Tyngden har noget med stjernerne at gøre. Den tilvejebringes ved deres stråling, og er et resultat af strålingens vekselvirkning med masserne i rummet. O.a.)

Kapitel 15

Kernefission

15.1 Kunstige grundstofforvandlinger

Under Første Verdenskrig havde Rutherfords unge mænd meldt sig til militæret, og han havde selv været nødt til at bruge det meste af sin arbejdstid på udvikling af metoder til sporing af undervandsbåde. På trods af dette havde han trods alt fundet tid til at dyrke sin videnskabelige passion: at bombardere stof med alfa-partikler. Med hjælp fra sin laboratorie-betjent, Kay, havde Rutherford studeret de effekter der skabes, når alfa-partikler fra en radiumkilde rammer forskellige grundstoffer. I et brev til Niels Bohr dateret 9. december 1917 skrev Rutherford:

"Jeg tror, jeg har opnået resultater, som endeligt vil have stor betydning. Jeg ville ønske, De var her, så De kunne tale tingene igennem med mig. Jeg finder frem til og tæller de lettere atomer, der sættes i bevægelse af alfa-partikler, og resultaterne, tror jeg, kaster en hel del lys over karakteren og fordelingen af kræfter tæt på kernen... Jeg prøver med denne metode at opbryde atomet. På en måde ser resultaterne lovende ud, men der kræves en hel del arbejde for at blive sikker. Kay hjælper mig, og han er nu ekspert i at tælle. De bedste ønsker om en glædelig jul!"

I juli 1919 var Bohr endelig i stand til at besøge Manchester, og han hørte nyheden direkte fra sin gamle lærer: Rutherford havde virkelig skabt kunstige kerne-forvandlinger. I et af hans eksperimenter var en alfa-partikel, d.v.s. en heliumkerne med kerneladningen 2, blevet absorberet i en kvælstofkerne. Senere udstødte den sammensatte kerne en proton med kerneladningen 1. Atomet bevægede sig en plads op i den periodiske tabel og blev en ilt-isotop.

Bohr skrev senere: "Jeg fik en detaljeret forklaring på hans store nye opdagelse af kontrolleret, eller såkaldt kunstig kerneforvandling, hvormed han skabte det, som han yndede at kalde "moderne alkymi", og som i tidens løb skulle give anledning til så omfattende konsekvenser, hvad angår menneskets beherskelse af naturens kræfter."

Andre videnskabsmænd hastede med at gentage og udvide Rutherfords eksperimenter. Der blev bygget partikelacceleratorer af E. O. Lawrence (1901-1958) i Californien, af J. H. van der Graff (1901-1967) ved M.I.T., Massachusetts Teknologiske Institut, og af John Cockcroft (1897-1967), som arbejdede sammen med Rutherford ved Cavendish Laboratoriet. Disse acceleratorer kunne slynge protoner afsted ved energier omkring 1 mio elektronvolt. Protoner blev således en anden type projektiler, der kunne anvendes til frembringelse af kerneforvandlinger.

15.2 Neutroner

Op gennem 1920'erne kunne kerneforvandlinger kun gennemføres for de lettere grundstoffers vedkommende. Ladningerne i de tungere grundstoffers kerner var så store, at alfa-partikler og protoner ikke med de dengang tilgængelige energier kunne bringes til at reagere med dem. De positivt ladede projektiler blev holdt på afstand af de tunge kernerens elektrostatiske frastødning. De kunne ikke komme tæt nok på kernen, til at den kraftige, men korttrækkende kernetiltrækkende kraft kunne blive effektiv. Men i 1932 opdagede man et nyt projektil, som - med de alvorligste konsekvenser - var egnet til at lukke op for de tunge kernerens kolossale energier. Dette nye projektil var Neutronen.

Rutherford og Bohr havde i nogen tid haft mistanke om, at en elektrisk neutral partikel med stort set samme masse som protonen kunne eksistere. Vidnesbyrdet om en sådan partikel var følgende: Hver isotop var karakteriseret ved en kerneladning og en kernevægt. Kerneladningen var et helt multiplum af protonladningen, medens kernevægten var et næsten helt multiplum af protonvægten, men med en anden faktor. For eksempel havde isotopen kulstof-12 ladningen 6 og vægten 12. Det kunne forklares, hvis man antog, at kulstof-12 kernen bestod af ialt 12 protoner og 6 elektroner. Men der var teoretiske indvendinger imod en model, hvori flere elektroner skulle være koncentreret inden for kernens lille rumfang. I 1920 postulerede Rutherford derfor eksistensen af neutroner, elementarpartikler med omtrent samme masse som protoner, men uden elektrisk ladning. Derefter kunne f.eks. kulstof-12

kernen tænkes at være sammensat på en anden måde og bestå af 6 protoner og 6 neutroner.

Den tyske fysiker Walter Bothe (1891-1957), (der i 1920'erne bl.a. havde opdaget "foto-molekyler" af størrelsen $2hf$, $3hf$, etc. i stimuleret stråling fra sorte legemer (f er lig med strålingsfrekvensen), og som sammen med Geiger havde udført undersøgelser, der medførte ændring i Bohr-Kramer-Slaters atomteori, O.a.), opdagede i 1930 en mærkelig gennemtrængende stråling fra metallet beryllium, når det blev bombarderet med alfa-partikler. I 1931-32 blev Bothes eksperimenter gentaget i Paris af Irene Joliot-Curie (1897-1956) og hendes mand Frédéric Joliot (1900-1958). Joliot-Curie'erne lagde mærke til, at de mystiske stråler, der udgik fra det bombarderede beryllium let kunne gennemtrænge bly. De lagde også mærke til, at når strålerne ramte et stykke paraffin, blev brintkerner (protoner) slået ud.

(Beryllium, Be, er et stålgråt metallisk grundstof, vf. 1,816 og smp. 1284 grader C. Metallet er divalent og hører i grundstoffernes periodiske system til magniumgruppen, men ligner i kemisk henseende meget aluminium. Det er beryllium i mineralet beryl (aluminium-beryllium-silikat) der giver ædelsten som Smaragd og Akvamarin de smukke grønne eller blågrønne farver. O.a.)

De mærkelige stråler fra beryllium var i virkeligheden neutroner, som Joliot-Curie'erne straks ville have indset, hvis de havde kendt Rutherfords forudsigelse af neutronens eksistens. Joliot-Curie'erne ville nok, hvis de havde fået tiden dertil, have identificeret strålerne korrekt, men Rutherfords assistent James Chadwick (1891-1974) var hurtigere. Den 17. februar 1932 publicerede han en artikel i Nature, hvor han redegjorde for en række eksperimenter:

Chadwick havde studeret både hastigheden af de brintkerner, der blev slået ud af paraffin af Bothes stråler, og hastigheden af kerner, der blev slået ud af andre materialer. I hvert tilfælde fandt han, at hastighederne ledte til identifikationen af strålerne som bestående af neutroner. Chadwick fuldendte sit bevis ved at vise, at strålerne udbredte sig med en tiendedel af lysets hastighed, så det måtte være materielle partikler, snarere end elektromagnetisk stråling. Han viste også, at strålerne ikke lod sig afbøje af en magnet. De havde altså ingen elektrisk ladning.

15.3 Fermi

Selv om Irene og Frédéric Joliot-Curie gik glip af neutronens opdagelse, gjorde de snart en anden opdagelse af stor betydning - kunstig radioaktivitet. Joliot-Curie'erne havde bombarderet en aluminiumsnål med alfa-partikler og studeret den deraf følgende stråling. En dag i 1934 opdagede de til deres forbløffelse, at aluminiumobjektet vedblev at stråle, selv efter at de havde standset bombardementet med alfa-partikler. De opdagede, at nogle af Al-atomerne i objektet var blevet omdannet til radioaktive fosfor-isotoper (herfor modtog de Nobelprisen i fysik 1935 O.a.)

Nyheden om Bothes, Chadwicks og Joliot-Curie'ernes forbavsende opdagelser nåede i 1934 frem til den begavede unge professor Enrico Fermi (1901-1954). Han var professor i teoretisk fysik, først i Firenze, fra 1927 i Rom, og allerede verdenskendt på grund af sit arbejde med kvanteteorien. Han havde tiltrukket en flok unge talentfulde studerende, de første fysikere i Italien, Persico, Amaldi, Rasetti, Segrè, Pontecorvo, Majorana, Racah og Wick, der arbejdede med de nye områder kvantemekanik og relativitet. Det var en flok glade og uformelle unge mænd.

På grund af sit ry for videnskabelig ufejlbarlighed fik Enrico Fermi tilnavnet "Paven", medens Franco Rasetti blev kaldt "Kardinalen" og Emilio Segrè var "Basilisken". En lægekollega, professor Trabacci, som rundhåndet forsynede gruppen med udstyr og kemikalier, var kendt under det venlige navn: "Den guddommelige Forsorg".

I 1934 følte Fermi sig mismodig over det teoretiske arbejde og havde lyst til at forsøge noget nyt. Hans artikel om beta-henfald, der senere betragtes som en af hans vigtigste bedrifter, var lige kommet tilbage fra Nature, der ikke ville offentliggøre den. På dette tidspunkt hørte han om Chadwicks neutroner og Joliot-Curie'ernes kunstige radioaktivitet. Ved at kombinere de to ting, besluttede Fermi, kunne man prøve at frembringe kunstig radioaktivitet ved at bombardere grundstofferne med neutroner.

Selv om han ikke havde nogen erfaring i at arbejde med radioaktivitet, lykkedes det Fermi at lave sin egen Geiger-tæller. Han lavde også sin egen neutronkilde ved at kondensere gassen radon (en gave fra Den guddommelige Forsorg) i et lille glasrør med pulveriseret beryllium ved flydende lufttemperatur.

(Luft fortætter og bliver flydende ved -191 grader C, men da luftens kvælstof ved 1 atm. tryk koger ved -196 grader, hvorimod ilt først koger ved -183, fordamper kvælstoffet først, så temperaturen i den mere iltholdige flydende

luft efterhånden stiger, dog højst til -183 grader C. O.a.)

Eftersom han var en metodisk person, begyndte Fermi med de letteste grundstoffer i det periodiske system, og arbejdede sig systematisk igennem til de tungere. De første otte grundstoffer, han bombarderede med neutroner, viste ingen kunstig radioaktivitet, og Fermi var lige ved at tabe modet. Så nåede han til fluor, og til sin store glæde lykkedes det ham at gøre det stærkt radioaktivt. Det lykkedes ham også med adskillige andre grundstoffer foruden fluor, og da han var klar over, at denne forskningslinie ville blive meget frugtbar, tilkaldte han hjælp fra Segrè, Amaldi og kemikeren d'Agostino. Fermi sendte også et telegram til Franco Rasetti, der var på ferie i Marokko.

For at sikre, at kilden ikke skulle influere på målingerne, lå rummet, hvori grundstofferne blev bestrålet, langt fra det lokale, hvor radioaktiviteten blev målt - i den anden ende af en lang korridor. Halveringstiderne for den fremkaldte radioaktivitet var meget korte for nogle grundstoffers vedkommende, hvilket betød, at Fermi og Amaldi måtte løbe i fuldt firspring med deres prøver fra den ene ende af gangen til den anden.

En dag ankom en besøgende fra Spanien og bad om at tale med "Sua Eccellenza Fermi". Fermi var medlem af Italiens kongelige Akademi, og havde derfor titlen "Excellence", hvad der gjorde ham temmelig forlegen. "Paven er ovenpå", sagde Segrè, og dernæst, da han kom i tanker om, at den besøgende næppe kendte dette kælenavn, tilføjede han: "Jeg mener naturligvis Fermi." Den spanske gæst nåede op på instituttets 1. etage, netop da "Sua Eccellenza Fermi" kom springende hen ad korridoren.

På den skitserede måde nåede Fermi og hans gruppe omsider til afslutningen af det periodiske system. De rensede omhyggeligt uran for dets opløsningsprodukter og bombarderede det med neutroner. Derved blev der frembragt en helt ny radioaktivitet, der var anderledes end urans sædvanlige aktivitet. Spørgsmålet var: til hvilket grundstof eller hvilke grundstoffer var uranet blevet omdannet?

Med hjælp fra kemikeren d'Agostino analyserede de uranprøven, og beviste definitivt at neutronbombardementet ikke havde omdannet uranet til andre af de nærmeste tunge grundstoffer i det periodiske system. Det forekom mest sandsynligt, at de ved at bombardere uran havde frembragt et nyt ustabil grundstof, der aldrig havde eksisteret før, grundstof nr. 93. Men de manglede det afgørende bevis, og Fermi, der altid var forsigtig, nægtede at drage en så sensationel slutning.

Sommeren 1934 var netop begyndt. Universitetsåret sluttede efter traditionen med, at Accademia dei Lincei trådte sammen til et møde, der blev

overværet af Italiens kong Victor Emanuel III (1869-1947). I 1934 var afslutningsforsamlingens taler senator Corbino, som, før han blev politiker, havde været en habil fysiker. Corbino havde været ansvarlig for indsamlingen af midler til støtte af Fermis flok af unge fysikere, og han var med rette stolt af det, de havde opnået. I talen 1934 for kong Victor Emanuel beskrev senator Corbino i malende vendinger deres neutron-fremkaldte radioaktivitet, og sluttede talen med ordene:

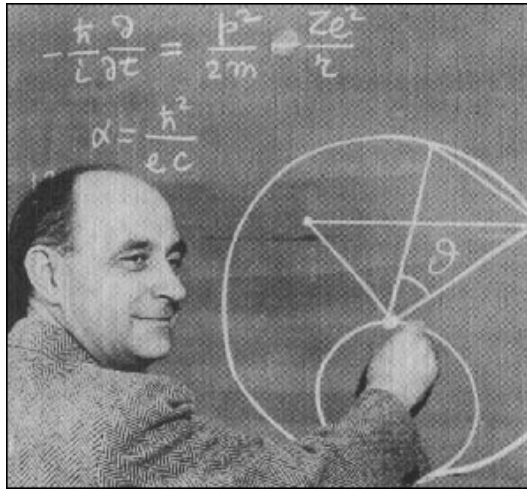
"Tilfældet med uranium, atomnr. 92, er særlig interessant. Det ser ud til, at det, efter at have absorberet neutronen, hurtigt forvandles under afgivelse af en elektron til grundstoffet en plads højere i det periodiske system, d.v.s. til et nyt grundstof, der har atomnr. 93. ...Undersøgelsen er imidlertid så vanskelig, at det retfærdiggør Fermis kloge tilbageholdenhed og en fortsættelse af eksperimenterne, før opdagelsen bekendtgøres. Hvad angår min mening om sagen - og jeg har daglig fulgt undersøgelserne - kan jeg sige, at jeg mener dannelsen af dette nye grundstof er en kendsgerning."

Corbino havde ikke drøftet denne udtalelse med Fermi. Den blev øjeblikkelig taget op både af den italienske og af den internationale presse, og blev slået stort op. Et nyt grundstof var blevet skabt af menneskeheden! Især det fascistiske Italiens officielle aviser gjorde meget ud af denne "store opdagelse", som de påstod viste, at Italien var ved at opnå samme glørværdige position som det Romerske Imperium.

Fermi var ved at fortvivle over denne forhastede offentliggørelse. Han kunne ikke sove, og vækkede sin kone midt om natten for at fortælle hende, at hans ry som videnskabsmand var i fare. Næste morgen forberedte Fermi og Corbino en udtalelse, der skulle forsøge at bremse offentliggørelsen: "Man giver offentligheden en ukorrekt fortolkning af senator Corbinos tale. ...Der skal stadig udføres adskillige og vanskelige undersøgelser, før fremstillingen af grundstof nr. 93 er faktisk bevist."

Før spørgsmålet om grundstof 93 kunne opklares, blev Fermi-gruppens opmærksomhed distraheret ved en tilfældig opdagelse af allerstørste vigtighed. De havde fået uforenelige og uforklarlige resultater. Den fremkaldte radioaktivitet i en prøve afhang af, hvad der forekom at være en fuldstændig ulogisk sag ifølge de betingelser, hvorunder eksperimentet blev udført. Hvis for eksempel prøveobjektet stod på et træbord, medens det blev bombarderet med neutroner, blev den fremkaldte radioaktivitet meget kraftigere, end hvis prøven stod på et marmorbord.

Fermi havde mistanke om, at disse mærkværdige resultater skyldtes, at de omgivende genstande spredte neutronerne. Han tildannede en kile af bly, for



at indsættte den mellem neutronkilden og tælleren for at måle spredningen. Men han anvendte imidlertid ikke blykilen, som han så omhyggeligt havde forberedt.

"Jeg var åbenbart utilfreds med et eller andet", huskede Fermi senere. "Jeg benyttede enhver undskyldning til at udsætte blystykkets placering på den tiltænkte plads. Jeg sagde til mig selv, "Nej, jeg vil ikke have dette stykke bly her; det er et stykke paraffin, jeg vil have." Præcis sådan var det; uden forvarsel. Uden forudgående ræsonnement. Jeg greb øjeblikkelig et tilfældigt stykke paraffin og placerede det der, hvor blystykket skulle have været."

Virkningen af paraffinen var forbløffende. Radioaktiviteten forhøjedes hundredfold. Forvirret holdt gruppen frokostpause og siesta. Da de samlede igen nogle timer senere, havde Fermi udformet en teori til forklaring af det, der var sket: Neutronerne havde næsten samme masse som brintatomerne i paraffinet. Når neutronerne stødte sammen med brintatomerne, mistede de næsten al deres bevægelsesenergi, akkurat på samme måde som når en billardkugle taber næsten al sin fart, når den støder sammen med en anden kugle af tilsvarende masse. Hvad Fermi og de andre havde opdaget ved et tilfælde var, at langsomme neutroner er meget mere effektive i tilvejebringelsen af kerne-reaktioner, end hurtige neutroner er.

"Hvad vi behøver," sagde Fermi, "er en masse vand." Gruppen flyttede spændt neutronkilden og prøveobjekterne ud i senator Corbinos nærliggende have, hvor der var en guldfiskedam. Dammens vand, med det deri indeholdende brint, gav samme resultat: Det bremsede neutronerne, og forstærkede deres virkning i voldsom grad.

Den aften forberedte de i Eduardo Amaldis hjem en artikel om deres opdagelse. Fermi dikterede, og Segrè skrev. I mellemtiden vandrede Rasetti, Amaldi og Pontecorvo frem og tilbage, alt imedens de i munden på hinanden fremsatte forskellige forslag. De støjede så meget, at stuepigen, da de var gået, spurgte fru Amaldi, om hendes gæster havde været berusede.

Den lille gruppe fysikers glade og sorgløse dage i Rom var ved at nærme sig afslutningen. De havde troet, at de kunne isolere sig fra politik. Men i 1935 blev det tydeligt, at det var umuligt.

En dag i 1935 sagde Segrè til Fermi: "Du er paven, altså meget klog. Kan du fortælle mig, hvorfor vi nu udretter mindre end for et år siden?"

Uden tøven svarede Fermi: "Gå hen i fysikbiblioteket. Tag det store atlas, som er der. Luk det op, og du vil finde forklaringen." Da Segrè gjorde det, faldt atlasset af sig selv åbent op ved et kort med æseløre - over Ætiopien. Mussolinis regering angreb 3. oktober 1935 Abessinien uden krigserklæring, og Italien blev fordømt af Folkenes Forbund.

(Angrebene mod Abessiniens fattige indbyggere af primitive landbrugere og nomader bevæbnede med spyd, buer og pile, førtes med største grusomhed ved hjælp af moderne automatiske skydevåben, giftgas og luftbombardementer fra avancerede fly, der som ingenting udslettede hele landsbyer og mejede de flygtende menneskekolonner ned. Den 2. maj 1936 flygtede negus Haile Selassie til Djibouti. Italienerne besatte hovedstaden Addis Abeba, og 9. maj 1936 udråbte Mussolini kong Viktor Emanuel til kejser af Abessinien, medens general Graziani (kaldet "manden med kyllingehjernen" af militære på begge alliance-sider under 2. Verdenskrig) blev udnævnt til vicekonge, afløst november 1937 af hertugen af Aosta. Italienernes tvangsstyre medførte store vanskeligheder, og koloniseringen med tusinder af italienere måtte opgives ved verdenskrigens udbrud. O.a.)

For tænkende italienere havde dette chok åbenbart Mussolinis sande natur. De kunne ikke længer ignorere politik. I løbet af de næste få år havde Enrico Fermi og de fleste i hans gruppe besluttet, at de ikke mere kunne leve under Italiens fascistiske regering. I 1939 var de fleste af dem flygtninge i De Forenede Stater.

(Fra de nazistisk og fascistisk dominerede områder i Europa emigrerede i 1930'erne et overvældende antal intellektuelle, for hvem den politiske udvikling var enten en personlig trussel eller en begrænsning af tankens frihed.

Erwin Freundlich - som i 1914 var blevet forhindret i at observere lysets gravitationelle afbøjning, og 1920 havde udgivet tredje udgave af "Die Grundlagen der Einsteinschen Gravitationstheorie" med Einsteins forord: "Herr Fre-

undlich ist nicht nur als Kenner der in Betracht kommenden Wissensgebiete ein berufener Darsteller des Gegenstandes; er ist auch der erste unter den Fachgenossen gewesen, der sich um die Prüfung der Theorie eifrig bemüht hat.- forlod Potsdam, først til Istanbul i et forgæves forsøg på at etablere et institut der, siden til Prag, og endelig til Sct. Andrews i Skotland, hvor han ved Eddingtons mellemkomst fik en stilling for resten af livet. Schrödinger rejste til Oxford, dernæst til Belgien og endelig til Dublin.

Russeren Gamow, der siden 1928 havde arbejdet i Göttingen, dernæst hos Bohr i København, og hos Rutherford i Cambridge, fik 1935 et professorat i teoretisk fysik ved George Washington Universitetet i Washington, hvor han forblev. Szilard, Teller, Wigner, Peierls, Frisch, Meitner, Otto Stern, Hans Bethe, Victor Weisskopf og Einstein var blot nogle få af de mange, der forlod Europa af frygt. Ikke mindre end 6 Nobelpristagere fra Tyskland skulle få indflydelse på den udvikling, der førte til Hiroshima og Nagasaki. O.a.)

15.4 Hahn, Meitner og Frisch

Uden at vide det havde Enrico Fermi og hans gruppe delt urans atomer. Men der kom til at gå fire år, før det blev åbenbart. Alle eksperter var enige om, at Fermis gruppe uden tvivl havde frembragt "transuranske grundstoffer" (på højere pladser i det periodiske system, end uran. O.a.) Der var kun en protesterende stemme, nemlig Ida Noddacks, en tysk kemiker der var ekspert i sjældne grundstoffers kemi. Uden kendskab til kernefysik, men med stor specialistviden om kemi anskuede Ida Noddack problemet fra en helt anden synsvinkel. Hun skrev i 1934:

"Det ville være muligt at antage, at når en kerne med denne nye metode bliver ødelagt af neutroner, kan der forekomme kernereaktioner, der kan afvige betydeligt fra de hidtil observerede virkninger, der skabes ved at bombardere atomkernerne med protoner og alfa-stråler. Det ville være forståeligt, når tunge kerner bombarderes med neutroner, at disse kerner så sprænges i et antal større stykker, der uden tvivl ville være isotoper af kendte grundstoffer, men ikke naboer til de grundstoffer, der udsættes for bombardementet."

Ingen tog Ida Noddacks forslag alvorligt. Man troede, at den energi, der kræves for at sønderdele en tung kerne i fragmenter, var så enorm, at det forekom latterligt at tro, at det kunne opnås med en langsom neutron.

I mange andre laboratorier begyndte man at bombardere uran og thorium med langsomme neutroner for at frembringe uranomdannede grundstoffer. I

Paris arbejdede Irene Joliot- Curie og Paul Savitch på dette problem, medens Otto Hahn (1879-1968) ved Kaiser Wilhelm Institutet i Berlin, Lise Meitner (1878-1968) og Fritz Strassmann (1902-) gjorde det samme.

I mellemtiden faldt mørket over Europa. En økonomisk depression begyndte 1929 i Amerika, til dels forårsaget af chok'ene efter Første Verdenskrig. Den spredte sig snart til Europa. Verdenshandelen gik istå, og uden tilstrømning af amerikansk kapital faldt efterkrigstidens tyske økonomi helt sammen. Den tyske middelklasse, der havde fået et alvorligt slag ved den store inflation i 1923, fik endnu et svært chok. Desperationen, der var skabt af det økonomiske kaos, drev de tyske vælgere i armenene på politiske ekstremister.

30. januar 1933 blev Adolf Hitler udnævnt af præsident Hindenburg til kansler og leder af koalitionsregeringen. Selv om Hitler var valgt og udnævnt legalt, konsoliderede han hurtigt sin magt gennem brugen af uparlamentariske midler. Den 2. maj 1933 besatte Hitlers politi alle fagforeningernes hovedkontorer og arresterede lederne i arbejderbevægelsen. Det kommunistiske og det socialistiske parti blev banlyst, deres værdier beslaglagt, og lederne arresteret. Andre politiske partier blev ligeledes knust. Love blev vedtaget, der afskar jøder fra offentlige stillinger, og uskyldige jødiske borgere blev boycottet, tævet, arresteret og fordrevet.

Den 11. marts 1938 gik de nazistiske tropper ind i Østrig. Lise Meitner, der arbejdede smammen med Otto Hahn i Berlin, var jøde. Indtil Hitlers invasion af Østrig havde hun været beskyttet af sit østrigske statsborgerskab. Nu var hun tvunget til at forlade Tyskland. Efter at have taget afsked med Otto Hahn og nogle få andre nære venner rejste hun på ferie til Holland, hvorfra hun ikke agtede at vende hjem. Fra Holland rejste hun til Stockholm, hvor man havde tilbudt hende en stilling ved Nobel Institutet.

I mellemtiden fortsatte Hahn og Strassmann at arbejde med det, som de mente var frembringelsen af uranomdannede grundstoffer. De havde opnået nogle resultater, der var anderledes end Paris-gruppens, men de troede, det var Irene Joliot-Curie, der havde taget fejl. Da Strassmann ville vise Hahn en af de nye artikler fra Paris, fortsatte han at pulse afslappet på sin cigar og svarede: "Jeg er ikke interesseret i vor venindes seneste skrifter." Men Strassmann lod sig ikke afskrække, og gav ham et hurtigt resume af de seneste resultater fra Paris.

"Det ramte Hahn som et lyn," forklarede Strassmann senere. "Han blev aldrig færdig med sin cigar. Den stadig glødende cigar lagde han fra sig på skrivebordet, og løb sammen med mig ned til laboratoriet."

Hahn og Strassmann gentog hastigt det eksperiment, som Irene Joliot-

Curie havde beskrevet. De mente nu, at et af stofferne, hun havde fremstillet, måtte være en radiumisotop. Da radium har næsten samme kemiske egenskaber som barium, prøvede de at fælde det sammen med en bariumopløsning. Fremgangsmåden virkede: Det nye stof udfældedes sammen med barium.

Otto Hahn var verdens mest erfarne radio-kemiker, og mange år tidligere havde han udviklet en metode til at skille radium fra barium. Han og Strassmann prøvede at anvende denne metode. Den virkede ikke. Ligeegyldigt hvad de prøvede, kunne de ikke adskille det aktive stof fra barium.

Kunne det tænkes, at en bariumisotop var blevet dannet, ved at man havde bombarderet uran med neutroner? Umuligt! Det ville betyde, at urankernen groft sagt var splittet i halvdele, stik imod alle kernefysikkens veletablerede love. Det kunne ikke ske, - og alligevel sagde deres kemiske prøver igen og igen, at produktet virkelig var barium. Endelig satte de sig til at skrive en artikel:

"Vi kommer til den konklusion," skrev Hahn og Strassmann, "at vore radium-isotoper har bariums egenskaber. Som kemikere er vi nødt til at bekræfte, at de nye stoffer ikke er radium men barium, for der kan ikke være tale om, at andre stoffer end radium og barium er tilstede. ...Som nuklear-kemikere kan vi ikke beslutte os til at tage dette skridt i modstrid med alle tidligere erfaringer inden for kerne-fysikken."

Den 22. december 1938 sendte Otto Hahn denne artikel til bladet *Naturwissenschaften*. "Efter at manuskriptet var sendt," sagde han senere, "forekom hele foretagendet mig så usandsynligt, at jeg ønskede, jeg kunne få dokumentet op af postkassen igen."

Efter at have gjort denne underlige opdagelse, var Otto Hahns første handling at skrive til Lise Meitner, der havde arbejdet sammen med ham i så mange år. Hun modtog hans brev netop som hun var på vej til juleferie i den lille svenske by Kungälv i nærheden af Göteborg, (de nordiske kongers ældgamle mødested, sagaernes "Konungahälle", hvor Magnus Barfod, Inge den Ældre og Erik Ejegod holdt det store fredsmøde 1101, da Margareta Fredkulla blev givet i ægte til Magnus. O.a.)

Det stod endnu mere klart for Lise Meitner, end det havde gjort for Otto Hahn, at noget uendelig betydningsfuldt havde set dagens lys. Tilfældigvis var Lise Meitners nevø, Otto Robert Frisch, kommet til Kungälv for at holde jul med sin tante, for at hun ikke skulle føle sig alt for ensom den første jul som flygtning. Frisch var fysiker og arbejdede på Niels Bohrs Institut for Teoretisk Fysik i København. Han var en af de mange videnskabsmænd, som Bohr reddede fra Hitler-Tysklands terror og forfølgelse ved at give dem

tilflugtssted i København.

(Otto Robert Frisch havde mødt Niels Bohr 1933 i Hamborg. Med Frisch's ord: "Hitler var kommet til magten, og Bohr rejste rundt og talte med sine kolleger for at finde ud af, hvor mange tyske fysikere der som følge af de nye racelove ville blive afskediget, og hvorledes man bedst kunne organisere hjælpen til dem. Det var netop lykkedes mig at måle rekylet af et natriumatom, der udsender et lyskvant. Det var en stor oplevelse for mig pludselig at stå over for Niels Bohr - der var et næsten legendarisk navn for mig - og se ham smile til mig som en rar far. Han tog mig i vesteknappen og sagde: "Jeg håber, De vil komme og arbejde hos os i nogen tid. Vi sætter pris på folk, der kan udføre "tanke-eksperimenter"! "Man må her vide, at et atoms rekyl var noget, der tidligere havde været meget diskuteret, men kun få mennesker havde forestillet sig, at det kunne måles.- Jvfr. Poincarés ide om rekyl ved udstråling af elektromagnetisk energi! O.a.)

Da Frisch ankom, viste Lise Meitner ham øjeblikkelig Otto Hahns brev. "Jeg ville gerne have diskuteret et nylig planlagt eksperiment med hende," sagde Frisch senere, "men hun ville ikke høre efter. Jeg var nødt til at læse brevet. Dets indhold var så forbløffende, at jeg i begyndelsen var tilbøjelig til at være skeptisk."

Frisch tog sine ski på og gik ud for at trække frisk luft, men hans tante fulgte efter i sneen og insisterede på, at han måtte tænke over problemet med uran og barium. Lise Meitner kendte gennem 30 års arbejde Otto Hahns præcision og grundighed så godt, at hun ikke kunne forestille sig, han kunne gøre den slags fejltagelser. Hvis Hahn sagde, at man ved at bombardere uran med neutroner kunne frembringe barium, så blev der virkelig produceret barium. Hun krævede, at hendes nevø skulle forsøge at forklare det umulige resultat, i stedet for at feje det af bordet som en fejltagelse.

Tilsidst satte tante og nevø sig på en træstamme midt i den snedækkede svenske skov, og prøvede at foretage nogle beregninger på bagsiden af en lap papir. Da de kom tilbage til hotellet, fortsatte de regnearbejdet, og slog op i nogle tabeller over isotop-masser, som Frisch havde medbragt. Efterhånden dannede der sig et billede at det, der var sket:

Urankernen var som en væskedråbe (ifølge Bohrs nyeste atomteori fra 1936. O.a.) Selv om de stærkt tiltrækkende, men korttrækkende kernekræfter frembragte en overfladespænding, der var tilbøjelig til at holde dråben sammen, var der også kraftige frastødende elektrostatiske kræfter, som ville være tilbøjelige til at adskille kernen. Under disse omstændigheder ville kernen ikke have form som en kugle, men ville, hvis den blev bragt i svingning,



bulne symmetrisk ud i begge ender af en smal forbindende talje. Hvis det skete, ville den elektrostatiske frastødning tage overhånd og splitte kernen i to dele, som ville blive tvunget fra hinanden med voldsom bevægelsesenergi.

Frisch og Meitner regnede ud, at for en enkelt U-kerne ville bevægelsesenergien være ca 200 mio elektronvolt. Hvad var kilden til denne gigantiske energi? Heldigvis kunne Lise Meitner huske den såkaldte "packing-fraction-formel, og ved hjælp af den var de to forskere i stand til at fastslå, at når urankerner deles, bliver ca en femtedel protonmasse omdannet til energi. Hvis et af kernefragmenterne var en bariumisotop, måtte det andet være en kryptonisotop. Ved hjælp af Poincarés formel for massens og energiens ækivalens fandt de, at den tabte masse svarede nøjagtig til 200 mio elektronvolt. Alting passede. Det måtte være forklaringen.

Meitner og Frisch var slæet af den kolossale energimængde, der frigøres i uran-fissionen. Almindelig forbrænding frigør en eller to elektronvolt pr atom. Forundrede indså de, at i uran-fissionen bliver 10 i ottende, eller ethundrede millioner gange så stor en energi frigjort.

Da Frisch kom tilbage til København, var Niels Bohr ved at forberede sig til en foredragstur i U.S.A.. Frisch havde kun få minutter til at fortælle, hvad der var sket, men Bohr var hurtig til at forstå det. "Jeg var næppe begyndt at fortælle," sagde Frisch senere, "da han slog sig for panden og udbrød, "Åh, hvilke idioter vi alle har været! Men det er jo vidunderligt. Det er præcis, som det må være!". Har De og Lise Meitner skrevet en afhandling om det?" Frisch svarede, at det havde de ikke, men at de straks ville gøre det; og Bohr lovede, at han ikke ville omtale den nye opdagelse, før artiklen var kommet ud.

Bohrs assistent, Rosenfeld, fulgte ham på rejsen, og under den lange sørejse til New York havde de to fysikere god lejlighed til at tænke over den revolutionerende nye opdagelse af kerne-fissionen. Der blev installeret en tavle i Bohrs kahyt ombord på Drottningholm. Bohr og Rosenfeld dækkede travlen med beregninger, og ved rejsens slutning var de overbeviste om, at Otto Frisch og Lise Meitner havde analyseret problemet om kerne-fission korrekt.

På havnen i New York blev de modtaget af professor John Wheeler fra Princeton sammen med Enrico Fermi og hans hustru Laura, der var kommet til U.S.A. som flygtninge efter at Fermi i 1938 havde fået Nobelprisen i fysik. Laura Fermi huskede senere det anspændte og bekymrede udtryk, hvormed Bohr beskrev den politiske situation i Europa, og hvordan den hastigt forværredes. På grund af hendes ringe kendskab til engelsk og gennem støjen på kajen opfattede hun kun få af ordene: "Europa - krig - Hitler - fare".

Rosenfeld fulgte med Wheeler til Princeton, medens Bohr og hans 19-årige søn Erik blev nogle dage i New York. På Princeton blev Rosenfeld inviteret til at holde tale for "Journal Club'en", en lille, uformel gruppe fysikere. Bohr havde forsømt at fortælle Rosenfeld, at han havde lovet ikke at sige noget om kerne-fission, før Hahn-Strassmann og Meitner-Frisch artiklerne var offentliggjort. Så Rosenfeld talte til fysikerne ved Princeton om den revolutionerende nye opdagelse. (Det er en uskreven regel i forskningen, at oplysninger om andre forskeres resultater aldrig videregives eller anvendes, før de er publiceret, med mindre der foreligger udtrykkelig tilladelse fra ophavsmanden. O.a.)

Nyheden spredtes med eksplosiv hast. Telefonsamtaler og breve udgik til andre dele af U.S.A. Fysikeren I. I. Rabi, som tilfældigvis var ved Princeton, vendte tilbage til Columbia University, hvor Fermi arbejdede, og fortalte ham nyheden. Fermi handlede med sædvanlig karakteristisk hurtighed og beslutsomhed. Han udtænkte et eksperiment til at finde de højenergi-fragmenter, der frembringes ved uranium-fissionen. Dunning, hans medarbejder, gik ind på Fermis forslag om at udføre eksperimentet så hurtigt som muligt, medens Fermi selv rejste til Washington til et møde for teoretiske fysikere, hvor Bohr ville være til stede.

Da Bohr hørte, at Rosenfeld havde talt om fission, blev han meget foruroliget, fordi han havde lovet Frisch at tie, indtil artiklerne var udkommet. Han sendte det ene telegram efter det andet til København for at skynde på Frisch's arbejde med manuskriptet, og tilrådte ham at udføre flere eksperimenter for at finde fissions-fragmenterne.

Den 16. januar 1939, samme dag som Rosenfeld havde afsløret nyheden om fission for fysikerne på Princeton, havde Otto Frisch sendt to artikler til bladet Nature. Den første af disse artikler præsenterede den teori om kerne-fission, som han og Lise Meitner havde udviklet, medens den anden beskrev hans eksperimentelle fund af de højenergetiske fragmenter.

Den 26. januar ankom Bohr og Fermi til den amerikanske hovedstad for at deltage i den Femte Washington Konference om Teoretisk Fysik. Samme dag modtog Erik Bohr et brev fra sin bror Hans. Brevet indeholdt den nyhed, at Frisch havde fuldført sine eksperimenter og havde sendt artiklen til London. Samtidig hørte Bohr fra en journalist, der dækkede konferencen, at Hahn-Strassmann artiklen lige var blevet publiceret i Naturwissenschaften. Endelig følte Bohr, at han kunne tale frit, og spurgte formanden, om han måtte komme med en meddelelse af yderste vigtighed. Han fortalte så selv historien til de forbløffede fysikere.

Medens Bohr talte, hviskede Dr. Tuve fra Carnegie Institution til sin kolle-

ga, Halfstead, at han hurtigt måtte klargøre Carnegie-acceleratoren. Adskillige fysikere skyndte sig til udgangsdøren for at foretage udenbys telefonopkald. Fermi besluttede at forlade konferencen øjeblikkelig for at vende tilbage til New York. På vejen ud mødtes Fermi og Robert B. Potter, en journalist fra Science Service, der spurgte: "Hvad betyder det alt sammen?" Fermi forklarede det, så godt han kunne, og Potter skrev følgende historie, der slap ud til forskellige aviser og blade:

"Nyt håb om at frigøre den enorme energi i atomet er skabt ved tyske eksperimenter, der nu skaber sensation blandt fremtrædende fysikere samlet her til Kongressen for Teoretisk Fysik. Det er blevet beregnet, at blot fem millioner elektronvolt kan frigøre tohundrede millioner elektronvolt energi, fire gange den mængde, der skydes ind i atomet af en neutron (en neutral atompartikel). Verdensberømte Niels Bohr fra København og Enrico Fermi fra Rom, begge Nobelpristagere, er blandt dem der hylder dette eksperiment som et af de vigtigste inden for de sidste år. Amerikanske videnskabsmænd tilslutter sig dem i denne hyldest!"

(Blandt de interesserede modtagere af disse nyheder var ungaren Leo Szilard. Med landsmanden Edward Tellers ord: "Den, der fik os igang med at arbejde med atomenergien. ...og som efter alle beregninger skulle være langt fra Washington. ...Før han gik, satte han sig på kanten af min hårde seng og spurgte ivrigt: "Hørte du Niels Bohrs forelæsning om atomspaltning? Ja," svarede Teller. Szilard fortsatte: "Så ved du også, hvad det betyder? Jo," det forstod Teller. "Måske kunne spaltningen af urankernen danne flere neutroner. De kunne spalte endnu flere kerner. Måske kunne vi på denne måde få en kædereaktion igang og frigøre store mængder af neutroner, med andre ord udvikle en fantastisk energimængde. Spørgsmålet var så blot, om spaltningen af urankernen virkelig frigjorde neutroner, og svaret på dette spørgsmål var af den største betydning.- "Hitlers skæbne afhænger af dette svar," sagde Szilard.

Således beskriver Teller, brintbombens opfinder, der 1935 var kommet til U.S.A. fra Göttingen, sine overvejelser sammen med Szilard sent om aftenen den 26. januar 1939.

Leo Szilard havde 24 år gammel været studerende hos Einstein i 1922, og havde sammen med den tidligere embedsmand fra patentkontoret i Bern udtaget patent på en række fælles opfindelser i U.S.A., England og Tyskland, bl.a. på den såkaldte Einstein-Szilard varmepumpe. Fra Østrig rejste Szilard til England, hvor han 12. marts 1934 ansøgte om patent på lovene for den atomare kædereaktion, mere end 4 år før Otto Hahn spaltede uran-atomet.

Patentet overdrog Szilard hemmeligt til det britiske admiraltet, som han forgæves prøvede at interessere for ideen i den "overbevisning, at hvis en atomar kædereaktion kan bringes i stand, ville den kunne bruges til at frembringe voldsomme eksplosioner."

Uden gehør i England, hverken hos admiraltetet eller hæren, var Szilard rejst til U.S.A..

Sammen med Wheeler skrev Bohr en artikel om fission, der påviste, at den sjældne U 235 isotop ville være langt mere velegnet end U 238 med hensyn til fremkaldelsen af en kædereaktion.

Ved krigens udbrud var Frisch i England. Da han mødte Bohr igen, var det i Los Alamos, da man var klar over, at to veje førte til en kerneeksplosion: den ene bestod i renfremstillingen af den letspaltelige isotop U 235, den anden i benyttelsen af det nye grundstof nr. 94 Plutonium, Pu 239, der dannes i en kernereaktor, så at sige ikke forekommer naturligt på Jorden, er uhyre giftigt og radioaktivt med en halveringstid på ca 24.100 år.

Plutonium er opkaldt efter Pluton, en chthonisk gud, der i oldtiden blev knyttet til Demeter-dyrkelsen, men senere blev identificeret med underverdenens gud Hades! O.a.)

Kapitel 16

Hiroshima og Nagasaki

16.1 Kædereaktioner

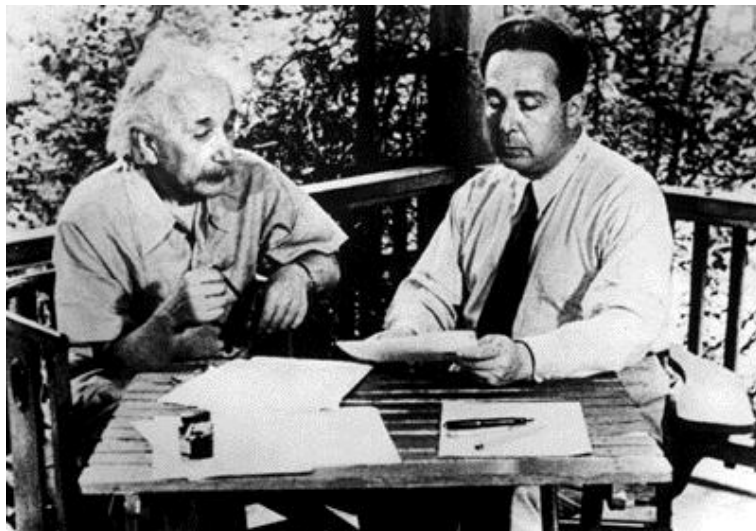
Inden for nogle få timer efter Niels Bohrs bekendtgørelse af fissionsopdagelsen var videnskabsmænd forskellige steder i De forenede Stater begyndt at eksperimentere for at se efter de højenergetiske fissions-fragmenter fra kernespaltninger. Om aftenen den 26. januar 1939 så Bohr til ved Carnegie Instituttets accelerator i Washington, medens jonisationen fra fissionsfragmenterne blev registreret som kæmpepulsslag på et oscilloskop. Lignende eksperimenter blev samtidig udført i New York og Californien.

Ved Colombia Universitet havde Dunning på Fermis forslag udført eksperimentet en dag tidligere, den 25. januar 1939. Nyheden spredtes hurtigt. Den 9. februar meddelte de østrigske fysikere Jentschke og Prankl ved Wiens Akademi, at de også havde observeret fissionsfragmenter. Den 8. marts 1939, der var Otto Hahns 60 års fødselsdag, var en sand lavine af artikler om uranfission bragt i den internationale videnskabelige litteratur.

I foråret 1939 publicerede Bohr og Wheeler en vigtig teoretisk artikel, hvori de viste, at energiens grundtilstand i kerner med et lige atommasstal er særlig lav på grund af kernepartiklernes par-dannelse. Af den grund, mente Bohr og Wheeler, er det den sjældne uranisotop $U\ 235$ der fissionerer. De drog den slutning, at når en langsom neutron bliver absorberet af $U\ 235$, dannes der en højspændt tilstand af isotopen $U\ 236$. Energien i denne højspændte tilstand kan deformere kernen til en ikke-sfærisk form, og de kraftige elektrostatiske kræfter, der virker frastødende mellem protonerne indbyrdes, kan da forårsage, at kernen spaltes.

I løbet af det tidlige forår 1939 blev en række videnskabsmænd, deriblandt Enrico Fermi, Leo Szilard og Joliot-Curie'erne meget opmærksomme på et andet spørgsmål: Skabes der neutroner ved fissionen af uran? Det var et spørgsmål af betydelig vigtighed, for dersom mere end én neutron dannedes ved hver urankernes deling, var en kædereaktion mulig.

Ved Colombia Universitet begyndte Fermi og Szilard på eksperimenter for at afgøre, om der frembringes neutroner. Lignende eksperimenter blev udført af Joliot-Curie'erne i Paris. Begge grupper fandt, at i gennemsnit blev næsten 2 neutroner frigjort pr fissioneret kerne. Det betød, at en nuklear kædereaktion virkelig måtte være mulig. Det ville være muligt at arrangere uran således, at hver neutron der frigøres ved fissionen har god mulighed for at forårsage en ny fission.



Muligheden for atomkraft gik op for fysikerne sammen med muligheden for en atombombe mange millioner gange kraftigere end en hvilken som helst almindelig bombe. Leo Szilard (der havde set Hitler Tysklands afskyelighed på nært hold) blev dybt bekymret for at nazisterne skulle udvikle kernevåben. Derfor foreslog han, at fysikernes internationale fællesskab skulle pålægge sig selv tavshed om uranfission, og specielt om neutron-frigørelsen ved fission.

(Szilard var tidligt i 1934 kommet til England efter i Wien at have drøftet med William (senere Lord) Beveridge, der var direktør for London School of Economics, hvordan man kunne hjælpe de tyske lærere, som havde mistet deres stillinger under nazi-lovene. I efteråret 1933 kom Fritz Haber til London,

men var dog så berygtet for sin giftgas i Første Verdenskrig, at Max Born, der selv var flygtning i Cambridge (og senere konsekvent nægtede at deltage i udviklingen af kernevåben) skrev: "Lord Rutherford afviste en invitation til mit hus, når Haber var tilstede, fordi han ikke ønskede at trykke opfinderen af kemisk krigsførelse i hånden." Fritz Haber, Nobelpristageren fra 1920 døde desillusioneret 21. januar 1934 i Basel. Men under nazisternes første sejrstræk blev mange jøder myrdet eller sat i koncentrationslejre eller berøvet deres ejendom af SA, og fik så lov til at flygte ud af landet. Rigsbankpræsidenten, senere økonomiminister Hjalmar Schacht søgte at dæmme op, bl.a. ved at forklare Hitler, at det ville koste 90.000 arbejdspladser, hvis han knuste de jødiske stormagasiner.

Om mødet med Beveridge i Wien skriver Szilard:

"Det aftaltes, at Beveridge, når han kom tilbage til England, og havde fået de mest presserende ting fra hånden, skulle prøve at danne en komite der ville påtage sig opgaven at finde ophold for dem, der måtte forlade tyske universiteter. Han foreslog, at jeg kom til London og lejlighedsvis mindede ham om det, og mente, at hvis jeg mindede ham tilstrækkelig længe og hyppigt, ville han gøre det. Snart efter rejste han, og kort efter ham rejste jeg til London."

Hjemme i England dannede Beveridge med Rutherfords vældige indsats Det akademiske Frihedsfond, der snart efter med en række andre lignende organisationer blev sammenlagt i the Refugee Assistance Fund. 3. oktober 1934 holdtes et stort offentligt møde i Albert Hall med bl.a. Einstein som taler til langt over 10.000 tilhørere. O.a.)

Med Fermis ord, Szilard "...vedblev at forskrække fysikerne ved at foreslå dem, at som forholdene var på det tidspunkt, forstår De, det var tidligt på året 1939, og der var krig i luften, - som omstændighederne var på det tidspunkt, med fare for at atomenergi og muligvis atomvåben kunne blive nazisternes hovedredskab til at slavebinde verden, var det fysikernes pligt at fravige traditionen med publikation af bemærkelsesværdige resultater, så snart Physical Review eller andre videnskabelige magasiner ville udgive dem. I stedet måtte man gå stille til værks, holde nogle af resultaterne tilbage, indtil det var klart, om disse resultater var potentielt farlige..."

"I denne ånd sendte han nogle telegrammer til Joliot i Frankrig, men fik ikke nogen imødekomende reaktion fra ham, og Joliot publicerede sine resultater mere eller mindre som fysikkens resultater var blevet publiceret indtil den dag. Så det faktum, at neutroner afgives i ret stor mængde ved fission - i størrelsesordenen en eller to eller tre - blev almindelig viden. Naturligvis fik

det for de fleste fysikere muligheden for en kædereaktion til at forekomme en meget mere reel mulighed, end det havde været indtil det tidspunkt."

16. marts 1939, nøjagtig to måneder efter at Bohr var ankommet til Amerika, sendte han og Wheeler deres artikel om uranfission til et tidsskrift. Samme dag rejste Enrico Fermi til Washington for at oplyse Flådens operationskontor om, at det kunne være muligt at konstruere en atombombe. Den samme dag strømmede tyske tropper ind i Czekoslovakiet.

Nogle få dage senere holdt seks tyske atomfysikere et møde i Berlin for at diskutere anvendelserne af uranfission. Otto Hahn, fissionens opdager, var ikke til stede, da det var kendt, at han var modstander af nazi-regimet. Det sagdes om ham, at han skulle have udbrudt: "Jeg håber blot, at I fysikere aldrig vil konstruere en uranbombe! Hvis Hitler nogensinde får et sådant våben, begår jeg selvmord."

De tyske atomfysikers møde skulle være hemmeligt, men en af deltagerne fortalte, hvad der blev sagt til dr. S. Flügge, som skrev en artikel om uranfission og om muligheden for en kædereaktion. Flügges artikel fremkom i juli-nummeret af *Naturwissenschaften*, og en populær version af den var trykt i *Deutsche Allgemeine Zeitung*. Disse artikler medvirkede i høj grad til at forurolige de amerikanske atomvidenskabsmænd, der regnede med, at hvis nazisterne tillod så meget at blive trykt, måtte de være stærkt på vej til at kunne bygge en atombombe.

("Der skete også noget andet før krigen. Jeg havde mange venner i Amerika og følte trang til at se dem en gang forinden. Man vidste jo ikke, om man ville mødes igen.", skriver Verner Heisenberg, og fortsætter: "I sommermånederne 1939 holdt jeg følgende forelæsninger ved universiteterne i Ann Arbor (Michigan) og Chicago. Ved denne lejlighed mødte jeg Fermi, sammen med hvem jeg i sin tid som student havde deltaget i seminarerne hos Born i Göttingen. Fermi havde senere i mange år været den italienske fysiks førrende begavelse, men var udvandret til Amerika på grund af den forestående politiske katastrofe. Da jeg besøgte ham i hans hjem, spurgte han mig, om det ikke ville være rigtigst også af mig at flytte til Amerika."

Heisenberg mente ikke, det ville være rigtigst af ham..."Der er imidlertid også et andet problem, De bør tage i betragtning," fortsatte Fermi. "De ved, at den atomkerne- spaltningproces, som Otto Hahn har opdaget, måske kan udnyttes til en kædereaktion. Man må altså regne med muligheden af, at der vil ske en teknisk anvendelse af atomenergien i maskiner eller atombomber. Denne udvikling vil i en krig sandsynligvis blive forceret på begge sider."

"Det er naturligvis en forfærdelig fare," svarede Heisenberg, men mente, at

krigen "vil være forbi, før der kan ske en teknisk anvendelse af atomenergien."

En lignende samtale havde Heisenberg med Pegram ved Colombia University, inden han de første dage af august 1939 rejste tilbage til Tyskland, for straks efter krigsudbrudet at blive indkaldt til hærens tekniske korps i Berlin, hvor han sammen med von Weizsäcker gik igang med at planlægge konstruktionen af en "uranbrænder". - En god ide, mente von Weizsäcker, "navnlig fordi arbejdet på uranbrænderen også vil være nyttigt for tiden efter krigen." Det prøvede Heisenberg at drøfte med Bohr under et besøg i København 1941, men desværre uden held, da den politiske situation var højspændt, og Bohr af frygt for konsekvenserne undgik nærmere samtale. (O.a.)

16.2 Einstein skriver til Roosevelt

I sommeren 1939, medens Hitler forberedte sig på at invadere Polen, kom der alarmerende nyheder til fysikerne i U.S.A.: Tyske atomfysikere havde holdt deres andet møde i Berlin, denne gang under ledelse af forskningsafdelingen under den tyske hærs våbentekniske afdeling. Yderlige havde Tyskland standset salget af uran fra minerne i Czekoslovakiet.

Verdens rigeste uranforekomster var imidlertid ikke i Czekoslovakiet, men i Belgisk Kongo. Leo Szilard var dybt bekymret for, at nazisterne nu skulle være ved at konstruere atombomber; og han fik den tanke, at uranet fra Belgisk Kongo ikke måtte få lov at falde i deres hænder.

Szilard vidste, at Albert Einstein, hans tidligere lærer og patentsamarbejdspartner, var en personlig ven af den belgiske dronningemoder Elizabeth. Einstein havde mødt dronning Elizabeth og kong Albert af Belgien ved Solvey konferencerne, og fælles kærlighed til musikken havde grundlagt venskabet mellem dem. Da Hitler kom til magten i 1933, var Einstein flyttet til Institut for videregående Studier ved Princeton. Szilard besluttede at besøge ham der. Szilard drog den slutning, at med Einsteins store prestige, og hans langvarige venskab med den belgiske kongefamilie, ville han være den rette til at advare belgierne om ikke at lade deres uran falde i nazisternes hænder.

Det viste sig, at Einstein på det tidspunkt holdt ferie i Peconic, Long Island, hvor han havde lejet et lille hus af en ven ved navn dr. Moore. Leo Szilard tog afsted til Peconic sammen med Eugene Wigner, en teoretisk fysiker, der som Szilard var ungærer og flygtning fra Hitlers Europa.

I nogen tid kørte de rundt i Peconic uden at finde dr. Moores hus. Endelig ytrede Szilard med sin evne til at forudse fremtiden: "Lad os give op og tage

hjem. Skæbnen vil det måske slet ikke. Vi ville formentlig begå en frygtelig fejl ved at henvende os til nogen offentlig myndighed i en sag som denne. Når en regering en gang har fået fat i noget, giver den aldrig slip." Men Wigner insisterede på, at det var deres pligt at kontakte Einstein og advare belgierne, eftersom de på denne måde måske kunne hindre en verdenskatastrofe. Endelig fandt de huset ved at spørge en dreng på gaden, om han vidste, hvor Einstein boede.

Einstein indvilgede i at skrive et brev til belgierne for at advare dem imod at lade uranet fra Kongo falde i nazisternes hænder. Wigner foreslog, at det amerikanske udenrigsministerium burde underrettes om, at et sådant brev var skrevet.

Den 2. august 1939 besøgte Szilard igen Einstein. Denne gang ledsaget af Edward Teller, der (lige som Szilard og Wigner) var en flygtet ungarsk fysiker. Denne gang var Szilards planer blevet mere ambitiøse, idet han medbragte et udkast til et brev til den amerikanske præsident, Franklin D. Roosevelt. Einstein foretog nogle få rettelser og underskrev det skæbnesvangre brev, der i uddrag lyder som følger:

"Nogle af E. Fermis og L. Szilards seneste arbejder, som jeg er blevet bekendt med i manuskriptform, får mig til at formode, at grundstoffet uranium kan blive en vigtig energikilde i den nærmeste fremtid. Visse aspekter synes i situationen at gøre krav på agtpågivenhed og, om nødvendigt, hurtig handling for regeringens vedkommende. Jeg tror derfor, det er min pligt at henlede Deres opmærksomhed på følgende:"

"...Det er sandsynligt, at yderst kraftige bomber af en ny type kan konstrueres. En enkelt bombe af denne type, fremført af et skib og bragt til eksplosion i en havn, kunne meget vel ødelægge hele havnen sammen med noget af det omgivende terræn..."

"Jeg forstår, at Tyskland faktisk har standset salget af uranium fra Czechoslovakiets miner, som Tyskland har overtaget. At man skulle have foretaget en så hurtig handling, kan måske forstås som følge af, at den tyske viceudenrigsminister von Weizsäcker's søn er tilknyttet Kaiser Wilhelm Institutet i Berlin, hvor en del af det amerikanske arbejde er blevet gentaget."

Den 11. oktober 1939, 3 uger efter Polens nederlag, afleverede Alexander Sachs, Roosevelts økonomiske rådgiver, personligt dette brev til præsidenten. Efter at have diskuteret det med Sachs sagde præsidenten: "Dette kræver handling!" Senere, da man kastede atombomber imod civilbefolkningen i et allerede helt slået Japan, fortrød Einstein bittert, at han havde underskrevet brevet til Roosevelt.

16.3 Den første atomkerne reaktor

Som resultat af Einsteins brev nedsatte præsident Roosevelt en rådgivende komite vedrørende uran. Den 6. december 1941, dagen før det japanske angreb på Pearl Harbour, besluttede komiteen at gøre en helhjertet anstrengelse for at udvikle atomenergi og atombomber. Denne beslutning var til dels baseret på efterretningsrapporter, der antydede, at tyskerne havde afsat en større sektion af Kaiser Wilhelm Instituttet til forskning af uran, og til dels på de lovende resultater, der var opnået af Fermis gruppe ved Columbia Universitet.

Enrico Fermi og hans gruppe ved Columbia Universitet havde undersøgt mulighederne for at bygge en kæderaktionsmile ved brug af naturligt uran sammen med en moderator til at bremse neutronerne. Fermis egen beskrivelse af undersøgelsen lyder som følger:

"...Vi nåede snart til den konklusion, at for at have nogen som helst chance for succes med natur-uran, måtte vi anvende langsomme neutroner. Så der måtte være en moderator. Og denne moderator kunne være vand eller andre substanser. Vand blev snart forkastet. Det er meget effektivt til at bremse neutronerne, men det absorberer lidt for mange af dem, og det havde vi ikke råd til. Det blev så foreslået, at grafit kunne være et bedre gæt..."

"Dette bringer os frem til efteråret 1939, da Einstein skrev sit nu berømte brev til Roosevelt og underrettede ham om situationen inden for fysikken - hvad der var i gære, og at han mente, regeringen havde pligt til at interessere sig for og at fremme udviklingen. Faktisk kom hjælpen i form af 6.000 dollars nogle få måneder senere; og de 6.000 dollars blev brugt til indkøb af kæmpemængder - eller, hvad der på den tid, da øjnene endnu ikke var blevet helt fordrejet på fysikerne - stadig forekom at være en kæmpemængde grafit."

"Så fysikerne på 7. etage af Pupin Laboratorierne begyndte at se ud som kulminearbejdere, og hustruerne, som disse fysikere kom trætte hjem til om aftenen, undrede sig over, hvad der foregik. Vi ved, at der er støv i luften, men alligevel..."

"Vi begyndte at konstruere denne struktur, som på den tid var i en størrelsesorden, der var større, end noget vi nogensinde tidligere havde set. Hvis nogen i virkeligheden ville se på denne struktur idag, ville han formentlig tage sin lup frem og gå tæt på for at få øje på den. Men på den tid forekom den virkelig stor. Det var en opbygning af grafitblokke, og spredt mellem disse grafitblokke i et slags mønster var store kasseformede beholdere indeholdende uranoxid."

Fermis resultater indicerede, at det ville være muligt at lave en kædereaktionsmile ved at bruge grafit som moderator, forudsat at tilstrækkelig meget rent grafit og rent uranoxid kunne fremskaffes. Leo Szilard påtog sig hvervet at fremskaffe de mange tons, der behøvedes af de ingredienser.

Arbejdet med milen blev flyttet til universitetet i Chicago, og antallet af fysikere beskæftiget med projektet blev meget forøget. Arbejdet fortsatte med feberagtig hast, da man frygtede, at nazisterne skulle komme først. Leona Woods, en af de få kvinder, der deltog i projektet, huskede senere: "Dag og nat fik vi at vide, at det var vores pligt at indhente tyskerne."

I løbet af sommeren 1942 lykkedes det Fermi at konstruere en uran-grafit struktur med en neutrondannelsefaktor større end 1. Med andre ord, når han satte en radium-beryllium neutronkilde ind i strukturen, kom der flere neutroner ud, end kilden frembragte. Det betød, at en kædereaktionsmile med sikkerhed kunne bygges. Det var kun et spørgsmål om at få tilstrækkelige mængder af meget ren grafit og uran.

Fermi regnede ud, at en kugleformet mile 8,67 m i diameter ville være tilstrækkelig stor til at frembringe en kædereaktion, der kunne vedligeholde sig selv. Først var det planen, at milen skulle bygges i Argonne Laboratoriet lige uden for Chicago. Men bygningerne var ikke parate, og Fermi forslod derfor, at milen i stedet blev bygget på en squashbane under det ubenyttede fodboldstadion ved universitetet i Chicago. (Fodbold var blevet banlyst af universitetets rektor Robert Hutchens, som mente, at det distraherede studenterne i deres akademiske arbejde.)

Squashbanen var ikke helt så høj, som Fermi ville have foretrukket, og en forkalkulation af milens kritiske størrelse viste, at det ville være umuligt at tilføje ekstra lag. Fermi og hans unge medarbejder Herbert Anderson bestilte derfor en enorm terningformet gummiballon hos Goodyear kompagniet, og milen blev bygget inde i ballonen. Ideen var, at hvis det blev nødvendigt, kunne luften inde i milen pumpes ud for at nedbringe absorptionen af neutroner i luftens kvælstof. Det viste sig ikke at blive nødvendigt, og døren til ballonen blev aldrig forseglet.

Grafit-uran-strukturen havde kugleform og hvilede på træblokke. Fysikere arbejdede som rasende med at bringe tons af uran og grafit på plads, udmåle og tilskære træblokkene, der behøvedes for at understøtte milen, - og bande for at lette spændingen. Leona Woods, der bar beskyttelsesbriller og overalls, kunne ikke skelnes fra mændene, medens hun arbejdede på milen. Alle var dækket fra top til tå af sort grafitstøv, og grafitten gjorde ydermere gulvet forræderisk glat.

Den 1. december 1942 blev Herbert Anderson oppe hele natten for at gøre milen helt færdig. Hvis han havde trukket de neutronabsorberende cadmium-kontrolstænger helt ud, ville Anderson have været den første i historien, der oplevede en selvvedligeholdende nuklear kæderaktion. Det havde han imidlertid lovet Fermi ikke at gøre.

Enrico Fermi fik en god nats søvn. Næste morgen, den 2. december 1942, var han parat til at udføre det historiske eksperiment. Der var omkring 40 mennesker tilstede. De fleste af dem videnskabsmænd, der havde arbejdet på milen, men der var nogle få gæster, bl.a. en repræsentant fra det gigantiske kemiske firma DuPont, der havde påtaget sig en kontrakt om bygning af flere reaktor-miler.

Fermi og alle tilskuerne stod på squashbanens balkon. På banens gulv stod en enkelt fysiker George Weil, der var parat til at trække den sidste kontrolstav ud. På toppen af milen, sammenkrøbet på den trange plads over ballonens top var en "selvmordsgruppe" tre unge fysikere, der havde meldt sig frivilligt til at sidde der under eksperimentet med beholdere med en cadmiumsalthopløsning, der skulle hældes ned i milen, hvis noget gik galt.

Fermi følte sig sikker på, at intet ville gå galt. Han havde regnet ud, at selv om den sidste kontrolstav blev fuldstændig fjernet, ville neutronstrømmen inde i milen ikke stige i et spring til et højt niveau. Den ville i stedet begynde at øges langsomt og støt. Milens langsomme reaktion skyldtes, at der krævedes megen tid til at bremse de hurtige neutroner ved deres sammenstød med kulatomerne i grafitmoderatoren, når neutronerne blev frigjort ved fission.

Skønt der ifølge teorien ikke var nogen fare på færde, nærmede Fermi sig reaktoren med stor forsigtighed. Han forklarede tilskuerne, at George Weil ville trække den sidste kontrolstav ud langsomt trinvis, og ved hvert trin ville der blive foretaget målinger for at sikre, at milen opførte sig i overensstemmelse med beregningerne. Neutrontilvæksten blev målt med Geiger-tællere og registreret på en papirrulle.

"Ryk den en fod ud, George!", sagde Fermi og forklarede tilskuerne: "Nu vil pennens bevæge sig op til dette punkt, hvor kurven derefter vil flade ud." Reaktionen var nøjagtig som forudsagt.

I formiddagens løb blev denne fremgangsmåde gentaget. Ved frokosttid var stadig en del af kontrolstaven inde i milen. Fermi var en mand med faste vaner, og selv om ingen ellers viste tegn på sult, sagde han: "Lad os gå til frokost."

Efter frokost fortsatte eksperimentet, og kl. 2,30 om eftermiddagen nåede

man det kritiske punkt. "Ryk den endnu en fod ud, George!", sagde Fermi og tilføjede så: "Det vil få det til at ske. Nu indledes kædereaktionen i milen." Geiger-tællerne begyndte at tikke hurtigere og hurtigere, og skrivepenen flyttede sig opad uden tegn på at kurven ville flade ud. På toppen af milen ventede selvmordspatruljen anspændt med deres beholdere af cadmiumopløsning.

Leona Woods hviskede til Fermi: "Hvornår skal vi blive bange?" Men milen opførte sig nøjagtig som forudsagt, og efter 28 minutters forløb blev kontrolstaven igen indsat. Eugene Wigner fremtryllede da en flaske Chianti, som han havde gemt til dette øjeblik, og i tavshed drak de alle sammen en smule af papirkrus.

(Eftertiden ville måske ønske, at eksperimenterne på dette tidspunkt var endt med en gedigen eksplosion, der havde fået fysikerne til at forstå de virkelige perspektiver af deres forehavende. Men det skete ikke, "...og jeg vil kun minde Dem om to åbenbare ting. Vi er midt i et våbenkapløb af hidtil uset dødsensfarlighed - jeg tror ikke dette er stedet for at tale om den mængde djævelskab, der er hobet op på begge sider, eller om forsigtighedsforanstaltningerne og vanskelighederne ved at blive sikker på, at det ikke eksploderer; på den anden side har vi levet seksten et halvt år uden kernekrig.", skrev Oppenheimer i 1962, som om det skulle være nogen særlig trøst fra den specielt indsigts- og angerfulde. "I slutningen af 1942 bestemte vi, at vi skulle gå igang med at prøve at lave selve bomberne.", skriver J. Robert Oppenheimer i bogen *Den flyvende Trapez*. O.a.)

16.4 Atombomben

Kædereaktionsmilens havde en dobbelt betydning: Den første var forhåbningen, der vedrørte en ny energikilde for menneskeheden. Den anden var en mere uheldsvanger betydning. Det var et skridt i retning af konstruktionen af atombomben.

Ifølge Bohr-Wheeler teorien var det forudset, at plutonium, Pu 239, ville være nøjagtig lige så velegnet til fission som uran 235. I stedet for at forsøge at skille den sjældne uranisotop, U 235 fra den almindelige isotop U 238, kunne fysikerne blot lade milen arbejde, indtil en tilstrækkelig mængde plutonium var akkumuleret, og derefter udskille det ad kemisk vej.

Dette blev gjort i stor stil af DuPonts kemiske Kompagni. Der blev bygget fire store kædereaktionsmiler ved siden af Columbia River ved Hanford,

Washington. Man lod koldt vand fra floden strømme gennem milerne for at bringe varmen væk.

En alternativ måde at producere atombomber på var at udskille den sjældne uranisotop, der kunne bruges til fission, fra den almindelige isotop. Tre forskellige metoder til isotopadskillelse syntes mulige: Man kunne bringe en blanding af uranisotoper på dampform og lade den trænge igennem porøse membraner. Da de lette isotoper ville trænge en anelse hurtigere igennem end de tunge, kunne man ved at gentage processen i mange trin opnå at få en urangas med større og større indhold af den lette isotop. Alternativt kunne man anvende en hurtig gascentrifuge. Eller man kunne adskille isotoperne med en massespektrograf.

Alle tre isotopadskillelelsesmetoder blev forsøgt, og de viste sig alle at være brugelige. Under Harold Ureys ledelse blev en stor fabrik til udførelse af gasudskillelelsesmetoden konstrueret og rejst i Oak Ridge, Tennessee, og ved University of California i Berkeley ombyggede Ernest O. Lawrence og hans gruppe den gigantiske cyclotron, en meget stor partikelaccelerator, til en massespektrograf. Til slut arbejdede der 150.000 mennesker ved Hanford, Oak Ridge og Berkeley på at producere materiale til atombomber. Af disse kendte kun nogle ganske få mennesker det sande formål med arbejdet, de deltog i.

Beregninger foretaget i England af Otto Frisch og Rudolf Peierls viste, at den kritiske masse af fissionsegnet stof, som var nødvendig til en atombombe, var ca 2 kg. Hvis denne masse pludselig samledes på et sted, ville en kædereaktion starte spontant. En lavine af neutroner ville opstå næsten øjeblikkelig, fordi det ikke var nødvendigt, at neutronerne først skulle bremses i en moderator. Den mindre effektivitet af de hurtige neutroner ville blive opvejet af den højere koncentration af fissionsegne kerner, og resultatet ville blive en kernereaktion.

Efter fælles beslutning truffet af Roosevelt og Churchill flyttedes Englands (Tubealloys) arbejde med atombomberne til De forenede Stater og Canada, hvor det blev indpasset i den forskning, der allerede blev udført der af amerikanske og immigrerede videnskabsmænd, der var flygtet fra Europa. Arbejdet på bombeprojektet blev drevet frem af en overvældende frygt for, at nazisterne skulle blive de første, der konstruerede kernevåben.

I juli 1943 blev Robert J. Oppenheimer fra universitetet i Californien udnævnt til direktør for det hemmelige laboratorium, hvor atombomberne ville blive bygget, så snart man havde materiale nok til dem. På det tidspunkt, da Oppenheimer blev udnævnt, var han 39 år gammel. En høj slank mand

med forfinede manerer og af et noget asketisk udseende.

Oppenheimer var søn af en velhavende og kultiveret New York financier. Han havde eksamen fra Harvard med rekordhøje karakterer, og havde efter eksamen arbejdet med teoretisk fysik under Max Born ved universitetet i Göttingen i Tyskland.

Robert Oppenheimer havde også arbejdet sammen med E. O. Lawrence, som da adskilte uranisotoper ved hjælp af Berkeley- cyclotronen, der var blevet ombygget til en massespektrograf. Efter at have indført en teknisk nyskabelse, der væsentligt nedsatte omkostningerne ved isotopadskillelsen, var Oppenheimer blevet udnævnt til leder af den teoretiske gruppe ved atombombeprojektet. Han viste sig at være en begavet leder. Hans charme var hypnotisk, og under hans ledelse "blev noget gjort, og gjort med forbavsende fart", som Arthur Compton senere sagde.

Oppenheimer foreslog, at al arbejdet med konstruktionen af atombomberne skulle samles i et hemmeligt laboratorium. Dette forslag blev tiltrådt, og da Oppenheimer havde vist sådanne lederevner, blev han leder af det hemmelige laboratorium.

I begyndelsen var det planlagt, at dette laboratorium skulle placeres tæt ved den store isotopadskillelsesfabrik i Oak Ridge, Tennessee. Imidlertid blev spioner ofte sat i land på U.S.A.s atlantehavskyst fra tyske u-både. Oppenheimer og general Leslie Groves, der var projektets militære direktør, så sig derfor om efter et mere isoleret sted i landets vestlige del.

Oppenheimer havde barndomserindringer om New Mexico, hvor han og hans bror havde tilbragt deres ferier. Han tog general Groves med til en drengeskole, han huskede, på et højt plateau nær ved Los Alamos kløften. Plateau'et, hvor skolen lå, var den flade top af et bjerg, 7.000 fod over havet og med udsigt til Rio Grande dalen.

Det var et fuldstændig isoleret sted. Bortset fra nogle få skolebygninger så man kun spredte aspetræer og balsamfyrre, plateau'ets røde klipper og Jemenez-bjergene i horisonten, der fremtådte skarpt i den tørre klare luft. 40 kilometer adskilte Los Alamos fra den nærmeste jernbanestation Santa Fe, New Mexico.

Oppenheimer og Groves var enige om, at dette ville være et glimrende sted til det hemmelige laboratorium, som de var ved at planlægge. De fortalte rektoren, at skolen måtte lukke. Den ville blive købt af regeringen til brug for krigsarbejde. Skolebygningerne ville kunne huse de første videnskabsfolk, der ankom til Los Alamos. Andre bygninger blev konstrueret.

Mindre end et år efter Oppenheimers og Groves første besøg på det en-

somme plateau arbejdede 3.500 mennesker der, og i løbet af de næste år var befolkningen af videnskabsmænd og deres familier vokset til 6.000. Flere og flere forskere modtog besøg af den unge overtalende direktør Robert Oppenheimer, og flere og flere af dem forsvandt til det mystiske "Site-Y", et sted så hemmeligt, at dets placering og navn end ikke kunne nævnes. Kendskab overhovedet til dets eksistens var begrænset til meget få mennesker uden for de ansattes kreds.

Mange af de videnskabsmænd, der var flygtet fra Hitlers Europa, fandt sig genforenet med deres venner på Plads-Y: Fermi, Segrè, Rossi, Bethe, Peierls, Chadwick, Frisch, Szilard og Teller var der alle. Og til Los Alamos ankom Niels Bohr sammen med sønnen Aage, der også var fysiker.

Bohr var forblevet i Danmark så længe som muligt for at beskytte sit institut og sine medarbejdere. Men i 1943 hørte han, at tyskerne forberedte hans arrestation og deportation. I en lille båd flygtede han til Sverige, hvorfra han hjalp med at redde den jødiske befolkning i Danmark fra nazisterne. Fra Sverige kom han til England, og siden til Los Alamos.

(Aage Bohr fortæller: "Far havde et nært personligt forhold til mange af fysikerne i Los Alamos, hvoraf ikke så få tidligere havde arbejdet på Instituttet i København. Han blev nu til "Uncle Nick" og jeg til "Jim", og disse tilnavne beholdt vi i denne kreds, selv efter krigen. Det blev fars hovedopgave at danne sig et overblik over alle arbejdets faser for at sikre, at intet væsentligt punkt var overset. Man må jo huske på, i hvor høj grad hele foretagendet på det tidspunkt var baseret på teoretiske slutninger, der endnu ikke var afprøvede. Fra alle sider var man ivrig for at høre fars råd, og han tog aktivt del både i diskussionerne og i arbejdet både vedrørende det fysiske grundlag for atomvåbnene og deres tekniske indretning."

"Vi fik også lejlighed til et kortere besøg i det store fabriksanlæg i Oak Ridge, hvor separationen af uranisotoperne foregik, og hvor også udvinding af plutonium fra reaktorernes brændselselementer blev foretaget. Det var et anlæg af ufattelige dimensioner og samtidig baseret på det højeste tekniske stade. Det var som et kig ind i en ny tidsalder og måtte kalde til yderligere eftertanke om de alvorlige problemer, som menneskeheden ville blive stillet overfor."

Imedens var Bohrs Institut for Teoretiske Fysik i december 1943 blevet besat af tyskerne på initiativ af en gestapomand i København. Ved et tilfælde kom østrigeren Süß gennem København og tog straks kontakt med Heisenberg i Tyskland. Kort efter ankom Heisenberg med en kollega til København under påskud at skulle undersøge instituttets "arbejde for de allierede", og

fik snart udvirket, at instituttet igen blev overdraget til professorerne Møller og Jacobsen den 3. februar 1944. O.a.)

Som tiden gik blev mange af videnskabsmændene, inclusive Niels Bohr, dybt bekymrede over de etiske aspekter ved arbejdet på atombomben. Da projektet begyndte, var alle sikre på, at tyskerne havde et stort forspring i udviklingen af kernevåben. De var overbevist om, at den eneste måde at redde civilisationen fra truslen om nazisternes atombomber ville være at have en gengældelsestrussel. Men i 1944, da de allieredes invasion i Europa begyndte, og ingen tyske atombomber dukkede op, forkom dette dog mindre sikkert.

I 1943 havde man skabt en særlig efterretningsenhed i den amerikanske hær. Den havde til formål at gå i land sammen med de første allierede tropper, der invaderede Europa, og fremskaffe oplysninger om det tyske atombombeprojekt. Enhedens kodenavn var Aslos, en direkte oversættelse af general Groves' navn til græsk. Den hollandske fysiker og flygtning Samuel Goudschmidt var den videnskabelige leder af Aslos-missionen.

Da Strasbourg faldt i de allieredes hænder, fandt Goudschmidt dokumenter, der gjorde det klart at tyskerne end ikke havde forberedt at bygge atombomber. Medens han fulgtes med en af sine militære kolleger, udbrød Goudschmidt lettet: "Er det ikke vidunderligt? Tyskerne har ikke atombomber. Nu behøver vi ikke bruge vores!"

Han var chokeret over svaret fra sin militære kollega: "Du forstår naturligvis nok Sam, at når vi har sådan et våben, så vil vi også bruge det!" Ulykkeligvis skulle det vise sig, at Goudschmidts kollega til fulde forstod de militære og politiske ledes psykologi.

Nyheden om at tyskerne ikke ville producere atombomber blev klassificeret hemmelig. Alligevel nåede den frem til de videnskabsmænd, der i U.S.A. arbejdede på atombombeprojektet, og det ændrede deres holdning til projektet. Indtil da havde de været bekymrede for, om Hitler skulle blive den første til at bygge kernevåben. I 1944 begyndte de i stedet at være bekymrede for, hvad den amerikanske regering ville eller kunne gøre, hvis den kom i besiddelse af sådanne våben.

Ved Los Alamos blev Niels Bohr centrum for diskussionen og bekymringen om det etiske i at fortsætte arbejdet med bombeprojektet. Han var da 59 år gammel og almindeligt respekteret, både for sit pionerarbejde inden for atomfysikken, og for en bemærkelsesværdig fin karakter.

Bohr var yderst bekymret, fordi han forudså et atomkapløb efter krigen, med mindre der kunne oprettes en international kontrol med atomenergien.

Han henvendte sig derfor på de yngre videnskabsmænds vegne, først til præsident Roosevelt (gennem sin bekendt fra førkrigstidens flygtningeproblematik, den amerikanske højesteretsdommer Felix Frankfurter, der var præsidentens nære ven og særlige rådgiver O.a.), og dernæst til Churchill for at få dem til at overveje, på hvilke måder international kontrol kunne etableres.

Også Roosevelt var bekymret over udsigten til et kernevåbenkapløb i efterkrigstiden, og så med megen sympati på Bohrs forslag om international kontrol. Han foreslog, at Bohr kontaktede Churchill, hvis synspunkter han gerne ville høre.

Bohr rejste til England, men Churchill var desperat optaget af krigens problemer, og var dybest set uden sympati for Bohrs forslag, men indvilgede i en halv times møde med Bohr den 16. maj 1944. Mødet blev en komplet fiasko. Churchill og hans videnskabelige rådgiver Lord Cherwell talte sammem det meste af tiden. Bohr fik næsten ikke tid til at fremføre sine ideer.

Selv om han kunne være meget overbevisende i længere samtaler, var Bohr ude af stand til at præsentere sine tanker kortfattet. Han skev og talte i en vidtløftig ræsonnerende stil i lighed med Henry James. Hver eneste af hans lange slyngede sætninger var tungt ladet med begrundelser og betingede bisætninger. På et tidspunkt i samtalen vendte Churchill sig til Lord Cherwell og spurgte: "Hvad taler han om, fysik eller politik?"

Bohrs sagte, nærmest hviskende måde at tale på irriterede Churchill. Ydermere var de to mænd diametralt forskellige i deres holdninger: Bohr plæderede for åbenhed i tilnærmelsen til russerne med den hensigt at oprette international kontrol med kernevåbnene (formentlig uden anelse om de vanskeligheder Churchill, regeringen og hærledelsen havde haft med russerne gennem år om tofronts- og krigsforsyningsproblemerne, uden klare oplysninger om den russiske situation, men med evige krav om aflastning og hjælp, der var voldsomt belastende for den engelske krigsførelse. O.a.) Churchill, der forsvarede den gamle imperialistiske verdensorden, var først og sidst optaget af at bevare britisk og amerikansk militær overlegenhed.

Efter samtalen blev Churchill bekymret for, om Bohr kunne finde på at give atomhemmeligheder fra sig til russerne (hvad uheldigvis betykedes ved henvendelse fra den russiske fysiker Pjotr Kapitza (1894-) til Niels Bohr, netop da, medens han var i England, for at høre om Bohr ville komme til Moskva. Kapitza var i 1921 kommet til England, og havde i 8 år arbejdet ved Cavendish Laboratoriet i Cambridge, men var i 1934 vendt tilbage til Rusland, hvor han året efter blev professor ved Instituttet for fysisk Forskning i Moskva, og havde fået Stalin-prisen 1941 og 1943. O.a.).

Churchill overvejede endda at lade Bohr arrestere. Men Lord Cherwell forklarede premierministeren, at muligheden for at lave atombomber og de grundlæggende metoder dertil havde været almindelig kendt i den internationale videnskab siden 1939.

Efter den katastrofale samtale med Churchill forberedte Niels Bohr omhyggeligt et memorandum til præsident Roosevelt. Da han var klar over, hvor meget der afhang af dets succes eller fejlslag, skrev og omskrev Bohr sit memorandum gang på gang, medens han svedte i Washingtons sommerhede. Aage Bohr, der optrådte som faderens sekretær, renskrev hans memorandum igen og igen som følge af de mange ændringer, faderen foretog.

I juli 1944 blev Bohrs memorandum endelig præsenteret for Roosevelt. Det indeholder bl.a. følgende passager:

"...Helt bortset fra spørgsmålet om, hvor hurtigt våbnet vil være klar til brug, og hvilken rolle det vil spille i den nuværende krig, rejser denne situation en række problemer, der påkalder sig den yderste opmærksomhed. Med mindre, naturligvis, en eller anden enighed om kontrol af de nye og aktive materialer opnås i rette tid, kan enhver øjeblikkelig fordel, hvor stor den end måtte være, muligvis blive opvejet af en vedvarende trussel imod det menneskelige samfund.

Lige siden mulighederne for at frigøre atomenergi i stor skala kom i sigte, har naturligvis mange overvejelser drejet sig om spørgsmålet om kontrol; men jo længere undersøgelsen af de videnskabelige problemer skrider frem, des klarere bliver det, at ingen sædvanlig målestok rækker i denne henseende, og at den rædselsvækkende udsigt til den fremtidige konkurrence mellem nationerne om et våben af så formidabel karakter kun kan undgås ved en universel aftale i sand tillid..."

Roosevelt havde sympati for de ideer, der udtryktes i dette memorandum. I en samtale med Bohr udtalte han sin store enighed i ideen om international kontrol af atomenergien. Men ulykkeligvis havde præsidenten kun få måneder tilbage at leve i.

Ved universitetet i Chicago var bekymringen og diskussionen endnu heftigere end i Los Alamos. Chicago-videnskabsmændene havde lettere adgang til nyhederne og mere tid til at tænke. Man valgte en komite af syv videnskabsmænd til at nedskrive synspunkterne til en rapport om de sociale og politiske konsekvenser af atomenergien. Formanden for komiteen var Nobelpristageren, fysikeren James Franck, en mand hvis integritet, der stod stor respekt om. Franck-rapporten blev afleveret til den amerikanske krigsminister Henry Lewis Stimson i juni 1945 og indeholder følgende afsnit:

"I fortiden har videnskaben været i stand til at udvikle nye metoder til beskyttelse imod de aggressionsmetoder, den også havde muliggjort; men den kan ikke tilsikre en sådan effektiv beskyttelse imod den destruktive anvendelse af kerneenergi. Den beskyttelse kan kun tilvejebringes gennem den politiske organisering af verden. Blandt alle spørgsmål, der gør krav på en effektiv international fredsorganisation, er kernevåbnenes eksistens det mest påtvingende problem..."

"Hvis der ikke opnås nogen bindende international overenskomst, vil våbenkapløbet helt alvorligt være igang allerede morgenen efter vor første demonstration af kernevåbnenes eksistens. Herefter vil det muligvis tage andre nationer tre til fire år at indhente vort nuværende forspring..."

"Det er ingenlunde sikkert, at den amerikanske offentlige opinion, hvis den kunne oplyses om virkningen af atomare sprængstoffer, ville bifalde, at vort eget land skulle være det første til at introducere en så ubegrænset metode til fuldstændig tilintetgørelse af civile menneskers liv... De militære fordele, og besparelsen af amerikanske liv, der kan opnås ved en pludselig brug af atombomber imod Japan, kan blive afløst af en bølge af rædsel og afsky, der vil feje hen over resten af verden, og måske endog dele den offentlige mening herhjemme..."

"Ud fra dette synspunkt vil en demonstration af det nye våben muligvis med bedst virkning kunne ske for øjnene af repræsentanter fra alle de forenede nationer i en ørken eller på en øde ø. Den bedst mulige atmosfære for.. en international aftale kunne opnås, hvis Amerika kunne sige til verden: "Se nu, hvilken slags våben vi havde, men ikke tog i brug. Vi er villige til at give afkald på anvendelsen af det i fremtiden, hvis andre nationer følger os i denne afvisning, og sammen med os etablerer en effektiv kontrol"."

"En ting er klar: Enhver international aftale om forebyggelse mod atombevæbning må støttes ved konkret og effektiv kontrol. Ingen papiraftale kan være tilstrækkelig, eftersom hverken denne eller nogen anden nation kan sætte hele sin eksistens på spil blot i tillid til andre nationers underskrifter."

Franck-rapporten går derefter over til at skitsere, hvilke skridt der må tages for at etablere effektiv international kontrol af atomenergien. Rapporten fastslår, at den mest effektive metode ville være, at en international kontrolkomite skulle begrænse udvindingen af uranmalm. Dette ville også hindre brugen af atomenergi til frembringelse af elektrisk kraft, men prisen ville ikke være for høj for at redde menneskeheden fra en atomkrigs alvorlige farer.

(I slutningen af 1944 drøftede Bohr atter problemerne med Englands Lord Halifax, og anmodede igen om at blive kaldt til London. Rejsen fandt

sted marts 1945, men Sir John Anderson, som havde sympati for Bohrs synspunkter, trængte ikke igennem hos Churchill. Bohr udarbejdede derpå et nyt memorandum om de omfattende foranstaltninger, der ville være nødvendige som led i en international kontrol med atomvåbnet. Det drøftedes ved tilbagekomsten i Washington med Lord Halifax og Felix Frankfurter, men nåede aldrig præsident Roosevelt før dennes død. Bohr gav det derfor til Vannevar Bush, præsidentens særlige rådgiver i videnskabelige anliggender, der var ved at danne en komite, som skulle behandle spørgsmålet. Frankfurter henvendte sig desuden om det til krigsminister Henry Stimson, men Bohr traf aldrig komiteen. I juni 1945 rejste han til London, og vendte i slutningen af august hjem til Danmark. O.a.)

Uheldigvis var det for sent for videnskabsmændene at standse den maskine, som de selv havde sat igang.

Præsident Franklin D. Roosevelt ville måske have standset brugen af bomben, men 12. april 1945 var han død. På hans skrivebord lå ulæste breve fra Albert Einstein og Leo Szilard - de samme mænd, som havde skrevet til Roosevelt seks år tidligere, og således igangsatte det amerikanske atombombeprojekt. I 1945 skrev både Einstein og Szilard igen til Roosevelt, denne gang med desperate anmodninger til ham om ikke at bruge atomvåben imod Japan. Men deres breve kom for sent.

I Roosevelts sted kom en ny præsident, Harry Truman, der kun havde siddet i embedet nogle få måneder. Han kom fra en lille by i Missouri, og var chokeret over at befinde sig i en stilling med enorme magtbeføjelser. Han var overvældet af sit ansvar og følte sig forsigtigt frem. Før Roosevelts død havde han ikke vidst noget som helst om bombeprojektet, og han havde derfor kun få muligheder for at forstå dets fulde betydning.

(Endnu engang agerede Szilard, der siden februar 1942 var ledende fysiker ved Metallurgical Laboratory i Chicago, på eget initiativ. I marts 1945 satte han spørgsmålstejn ved brugen af den første bombe, som klart nok ikke kunne anvendes mod Tyskland. Mod Japan var heller ingen ide, mente han, og udarbejdede et memorandum om fortsat udvikling med henblik på U.S.A.'s fremtidige politik over for U.S.S.R.. For at få Roosevelt i tale fik han 25. marts 1945 Einsteins underskrift på et nyt brev til præsidenten, og sendte dette til Eleanor Roosevelt. Men ikke sit memorandum, da det skulle "betragtes som hemmeligt". Mrs. Roosevelt gav Szilard en aftale til den 8. maj 1945, men da Roosevelt døde, gik Szilard til Truman, der læste brev og memorandum og sagde: "Jeg ser nu, at det er en alvorlig sag", hvorpå det blev overgivet til Byrnes, den nye udenrigsminister.

Szilard havde lige så lidt heldet med sig som andre videnskabsmænd, der forsøgte at øve indflydelse på U.S.A.'s politik. Da han sammen med Harold Urey og endnu en bisidder mødte op hos Byrnes og klagede over, at han ikke vidste nok om regeringens planer med hensyn til bomben, noterede Byrnes om Szilard: "He felt that scientists, including himself, should discuss the matter with the Cabinet, which I did not feel desirable. His general demeanour and his desire to participate in policy-making made an unfavourable impression on me, but his associates were neither as aggressive nor apparently as dissatisfied." O.a.)

I modsætning hertil var bombeprojektets militære leder general Leslie Groves meget selvsikker og fast besluttet på at bruge atombomber imod Japan. General Groves havde ført det overordnede tilsyn med brugen af to milliarder dollars af de amerikanske skatteyderes penge. Han var ivrig efter at få æren af at vinde krigen, fremfor at få skyld for misbrug af skatteyderes penge.

Under alle omstændigheder er det forståeligt, at Truman intet foretog sig for at standse anvendelsen af atombomben. Med General Groves' ord: "Truman sagde ikke så meget "ja" som han ikke sagde "nej". Det ville helt afgjort have krævet et stort mod at sige nej på det tidspunkt."

("Tidligt om morgenen den 16. juli 1945 blev den første bombe bragt til eksplosion," fortalte Oppenheimer. "Den gjorde det lidt bedre, end vi havde troet, at den kunne. En af vagterne sagde: "De langhårede har ladet den glide ud af hænderne på dem." Den dag mødtes præsidenten for De forenede Stater, Englands premierminister og Stalin i Potsdam." Som Oppenheimer troede, for at "behandle russerne som allierede i dette foretagende og begynde at diskutere med dem, hvordan vi skulle leve i denne betydeligt ændrede verdenssituation."

"Vor observationspost lå ca 30 kilometer fra Alamogordo," skriver Edward Teller i bogen Frygt og Fred. "Vi var fast besluttet på, koste hvad det ville, at se uhyret lige ind i dets åbne øjne. Men jeg var alligevel forsigtig. Jeg har altid haft for vane at vente det umulige. Foruden de svejsebriller, vi havde fået udleveret, bar jeg et par mørke briller. Jeg smurte mit ansigt ind i solcreme og tilbød de andre det samme. Med mine svært behandskede hænder skærmede jeg for siderne af mine briller." ... "Den stod som en gigantisk søjle bag os til 12 kilometers højde, da vi gik tilbage til bussen, der skulle køre os hjem. I det øjeblik var der næppe en af os, der ikke var klar over, at den næste atomsprængning ikke ville blive et forsøg, men noget langt alvorligere."

På dette tidspunkt var målet nået, men spillet ikke derfor tabt. Skønt

hele sagen nu forudseeligt ville blive taget ud af forskernes hænder, så den herefter alene ville være et militærstrategisk og politisk anliggende, havde de tilknyttede videnskabsmænd stadig haft den mulighed at nægte yderligere arbejde med klargøring af et strategisk våben. Enigt kunne de have krævet af politikerne, at denne gru blev søgt undgået gennem en overbevisende demonstration for de krigsførende generalstabe og politiske beslutningstagere.

Det krigstrætte Japan, som gennem Sovjetrusland havde udsendt fredsfølere, hvad Stalin fortav, kunne ikke vide, hvilken kernevåbenkapacitet, der lå bag, og ville formentlig have kapituleret straks på ydmygende betingelser over for truslen om anvendelsen af så frygtindgydende våben. O.a.)

16.5 Den 6. august 1945

Den 6 august 1945 kl. 8,15 om morgenen eksploderede en atombombe i luften over Hiroshima. Eksplosionskraften svarede til 20.000 tons T.N.T.. Af en bybefolkning på 250.000 mennesker blev næsten 100.000 dræbt af bomben, og andre 100.000 blev såret.

Nogle steder tæt ved byens centrum fordampede mennesker fuldstændigt, så kun deres skygger på fortovet markerede, hvor de havde været. Mange, der ikke blev dræbt af sprængningen eller af forbrændinger fra eksplosionen, blev fanget under ruinerne af deres boliger. Da de ikke kunne bevæge sig, brændte de ihjel i den brand, der fulgte efter.

Nogle beretninger om ødelæggelsen af Hiroshima, skrevet af børn, der overlevede, er blevet samlet af professor Arata Osada. Mellem dem findes følgende beskrivelse, skrevet af en dreng ved navn Hisato Ito. Han var 11 år, da atombomben eksploderede over byen:

"Om morgenen den 5. august (kom vi) til Hiroshima for at besøge min bror, som gik i gymnasiet der. Min bror tilbragte natten sammen med os på et hotel. ...Om morgenen den 6. stod min mor tæt ved indgangsdøren og talte med hotelejereren om betaling af regningen. Jeg legede med katten. Da var det, et voldsomt glimt af blåhvidt lys fejede ind gennem døråbningen."

"Jeg kom til bevidsthed lidt efter, men alt var mørkt. Jeg var blevet slynget hen i hall'ens fjerneste ende og lå under en dyngede murbrokker fra sammenstyrtningen af to af hotellets etager. Selv om jeg forsøgte at kravle ud derfra, kunne jeg ikke bevæge mig. Den flotte midterpille, som hotelejereren var så stolt af, lå ned foran mig."

"Jeg lukkede øjnene og var helt udmattet, og troede jeg ville dø, da jeg

hørte min mor kalde på mig. Ved lyden af hendes stemme åbnede jeg øjnene og så da, at flammerne krøb tæt hen imod mig. Jeg kaldte som en gal på min mor, for jeg vidste, at jeg ville brænde levende, hvis jeg ikke slap væk med det samme. Min mor trak nogle brændende brædder væk og reddede mig. Jeg skal aldrig glemme, hvor lykkelig jeg følte mig i det øjeblik. Som en fugl, der slipper ud af et bur."

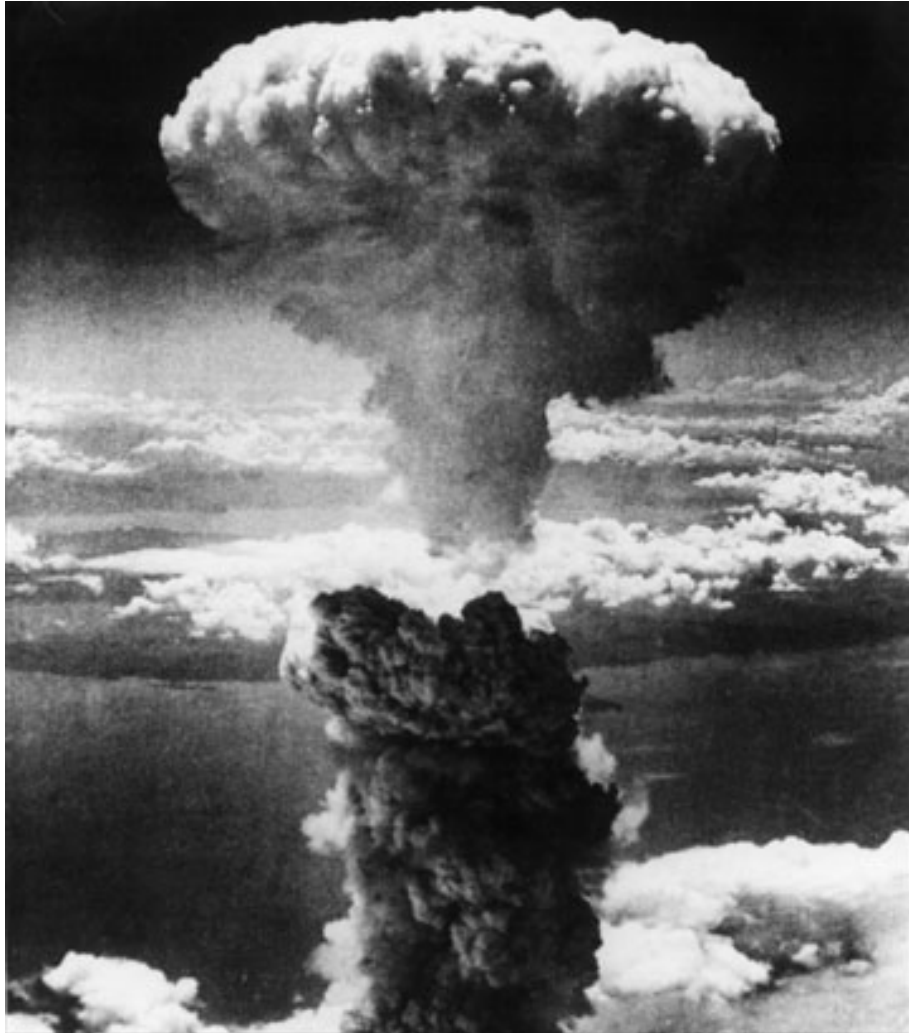


"Alt var så forandret, at jeg var helt fortumlet. Så langt jeg kunne se var næsten alle huse ødelagt eller i brand. Folk der gik forbi havde røde kroppe, som om de var blevet flået. Deres skrig var ynkelige. Andre var døde. Det var umuligt at gå hen ad gaden på grund af ligene, de smadrede huse og de hårdt sårede, som lå stønnende rundt om. Jeg vidste ikke, hvad jeg skulle gøre, og da jeg så mod Vest, så jeg flammerne komme nærmere.."

"Ved vandkanten over for den gamle Sentai-have opdagede jeg pludselig, at jeg var kommet væk fra min mor. De mennesker, der var blevet forbrændt, kastede sig i Kobashi-floden, men skreg så: "Det er varmt! Det er varmt!" De var for svage til at svømme, og de druknede medens de skreg om hjælp."

I 1951, kort efter at have skrevet denne beretning, døde Hisato Ito af strålesyge. Hans mor døde snart efter på samme måde.

Da nyheden om atombombningen af Hiroshima og Nagasaki nåede Albert Einstein, var hans sorg og anger usigelig. Resten af livet gjorde han sit yderste for at fremme fredssagen, og for at advare menneskeheden mod farerne ved atomkrigsførelse.



Da Otto Hahn, som havde opdaget fission, hørte om Hiroshimas ødelæggelse, var han og ni andre tyske atomvidenskabsmænd fængslet i en engelsk landsby nær Cambridge. Hahn blev så deprimeret, at hans kolleger frygtede, han ville berøve sig selv livet.

Mellem de videnskabsmænd, der havde arbejdet i Chicago og Los Alamos, var der lettelse over, at krigen var forbi, men efterhånden som beskrivelserne af Hiroshima og Nagasaki blev tilgængelige, opstod der også hos dem stærke skyldfølelser. Mange af dem, der havde arbejdet på bombeprojektet, gjorde sig store anstrengelser for at overtale regeringerne i U.S.A., England og Rusland til at blive enige om international kontrol af atomenergien. Men disse anstrengelser var mislykkedes, og de våbenkapløb, som Bohr havde frygtet, udviklede sig hastigt.

Kapitel 17

Gensplejsning

17.1 Genetik

Ikke blot fysikere, men også biologerne advarede imod de alvorlige farer ved atomafprøvning og atomkrigsførelse. I løbet af efterkrigsperioden stod det mere og mere klart for videnskabsmændene, at nedfaldet fra atomsprængningerne repræsenterede en fare for den menneskelige arvemasse og for andre levende organismer.

I denne periode skete der en hurtig udvikling i den genetiske forskning, som kulminerede i en forståelse af den molekylære arvelighedsmekanisme. Johann Gregor Mendel (1822-1884) havde vist, at arvede karakteristika, som for eksempel ærteplanterens højde, kontrolleredes af gener, der kunne være enten dominante eller vigende.

Mendel havde krydset en art dværg-ærteplanter med en velformerende, høj varietet og frembragte en generation af hybrider, der alle var høje. Derefter havde han bestøvet hybriderne med hverandre og opdagede, at stort set en fjerdedel af planterne i den nye generation var velformerende høje planter, en anden fjerdedel var velformerende dværge; halvdelen var høje, men ikke velformerende. Mendel havde fundet frem til, at de velformerende dværge havde vigende dværggener fra begge forældreplanter, og de velformerende høje planter havde dominante gener for højde fra begge forældreplanter. De planter, der var høje men ikke velformerende, var hybrider som planterne i den tidligere generation.

Den pludselige forvandling eller "mutationen" af gener var blevet studeret af den hollandske genetiker Hugo de Vries. Man antog, at disse gener (bærere



af genetisk information) var lokaliseret til kromosomerne.

Ordet "kromosom" var opfundet af den tyske fysiolog Walther Flemming for at beskrive de lange trådlignende legemer, der kan ses, når cellerne farves og undersøges i mikroskop under delingsprocessen. Man havde opdaget, at når en almindelig celle deler sig, deler kromosomerne sig også, så hver dattercelle har et helt sæt kromosomer. (Navnet kommer af græsk *chroma*, farve, og *soma*, legeme, altså farvbare legemer, fordi de omkring celledelingstidspunktet let lod sig farve, så de kunne iagttages i mikroskopet som tråde eller stave i cellen. O.a.)



Den belgiske cytolog Edouard van Benedin havde vist, at ved dannelsen af sperma og ægceller, indeholder sperma og æg kun halvdelen af et helt antal kromosomer. Man havde opdaget, at når faderens sperma forenes med moderens æg i den kønnede forering, har det befrugtede æg igen et helt sæt kromosomer, idet halvdelen kommer fra faderen og den anden halvdel fra moderen. Dette lignede i så høj grad det genetiske lotteri, som Mendel, de Vries og andre havde studeret, at det syntes næsten sikkert, at kromosomerne var bærere af den genetiske information.

Man havde observeret, at antallet af kromosomer er lille (f.eks. har hver menneskecelle 46 kromosomer), og dette gjorde det klart, at hvert kromosom måtte indeholde tusinder af gener. Det forekom sandsynligt, at alle generne i et bestemt kromosom ville forblive sammen, medens det passerede gennem det genetiske lotteri. Derfor skulle bestemte egenskaber altid blive nedarvet sammen.

Dette problem blev taget op af Thomas Hunt Morgan, professor i eksperimentel zoologi ved Colombia Universitet. Han fandt det bekvemt at arbejde med bananfluer, da de formerede sig med lynets hast, og fordi de kun har fire par kromosomer.

Morgan havde fundet, at der var en tendens for alle generne i det samme kromosom til at blive arvet sammen. Men ved sjældne tilfælde var der "krydsninger", hvor et par af kromosomerne tilsyneladende bristede på et tidspunkt og udvekslede segmenter. Ved at studere disse krydsninger statistisk, var Morgan og hans "fluegruppe" i stand til at tegne kort over bananfluernes kromosomer, der viste genernes placering.

Dette arbejde blev ført et skridt videre af Hermann J. Muller, et medlem af Morgans "fluegruppe", der udsatte hundreder af bananfluer for røntgenstråler. Resultatet var en bemærkelsesværdig fremkomst af menneskeskabte mutationer i den næste generation af bananfluer.

"De var en broget skare," huskede Muller. Nogle af de mutante fluer havde næsten ingen vinger, andre havde udstående øjne, andre igen brune, gule eller violette øjne. Nogle havde ingen fimrehår, og andre havde krøllede fimrehår.

Mullers eksperiment antydede, at mutationer kan fremkaldes ved strålingsforårsagede fysiske skader. Han gættede, at sådanne skader kan ændre genernes kemiske struktur. Hans studier overbeviste ham om, at ved at udsætte mennesker for for megen stråling, kunne det medføre genetiske skader og udryddelse af vore arter. Af den grund blev Muller anføreren i en kamp for at banlyse atomvåben, som også mange andre videnskabsmænd deltog i, f.eks. Linus Pauling, George Wald, Dorothy Crowfoot Hodgkin og Sir Martin Ryle.

17.2 DNA-strukturen

Indtil 1944 havde de fleste videnskabsmænd ment, at den genetiske kode blev båret af kromosomernes proteiner. Men i 1944 havde O. T. Avery og hans medarbejdere ved Rockefeller Instituttets Laboratorium i New York

udført et kritisk eksperiment, der beviste, at det materiale der bærer den genetiske information ikke er et protein, men desoxyribonukleinsyre, DNA, et kæmpestort kædelignende molekyle, der var blevet isoleret fra cellekernen af den schweiziske forsker Friedrich Miescher.

(DNA er en højpolymer organisk syre sammensat af nukleotider, der består af et kvælstofholdigt basisk molekyle (adenin, guanin, thymin eller cytosin), et kulhydratmolekyle (desoxyribose) og et forsyremolekyle. O.a.)

Avery havde undersøgt to forskellige stammer af pneumokokker, de bakterier der forårsager lungebetændelse. En af disse stammer, S-typen, havde en glat cellevæg, medens den anden stamme, R-typen, manglede et enzym, der er nødvendigt for dannelsen af en glat carbohydrate-overflade. R-typen af pneumokokker så derfor ru ud under mikroskopet. Avery og hans medarbejdere var i stand til at vise, at en ekstrakt af varmedræbte S-type pneumokokker var i stand til at omdanne de levende R-type arter permanent til S-typer. De viste også, at denne ekstrakt bestod af rent DNA.



I 1947 begyndte den østrigsk-amerikanske biokemiker Erwin Chargaff at studere de lange kædelignende DNA molekyler. Det var allerede blevet vist af Levine og Todd, at DNA-kæder er opbygget af fire baser: (adenin (A), thymin (T), guanin (G) og cytosin (C), holdt sammen af en sukker-fosfat rygrad. Chargaff opdagede, at i DNA fra levende cellers kerner er mængden af A altid lig med mængden af T, og mængden af G er altid lig mængden af C.

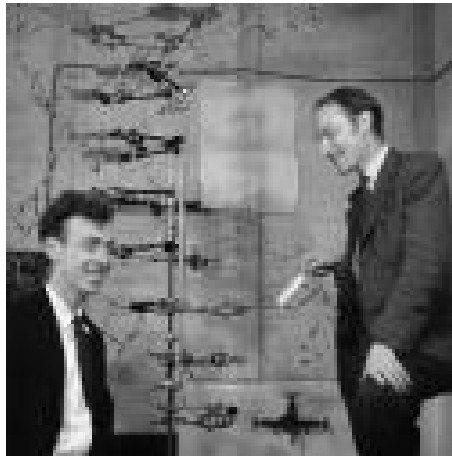
Da Chargaff gjorde denne opdagelse, forstod hverken han eller nogen anden dens mening. Men i 1953 blev mysteriet løst fuldstændig af Maurice Wil-

kins og Rosalind Franklin ved Kings College i London sammen med James Watson og Francis Crick ved Cambridge Universitet. Ved hjælp af Braggs røntgendiffraktions-teknik fik Wilkins og Franklin krystallografisk information om strukturen af DNA. Ved at bruge denne information sammen med Linus Paulings modelbygningsmetoder, fremkom Crick og Watson med en detaljeret forklaring af det kæmpestore DNA-molekyles struktur.

Opdagelsen af den molekulære struktur af DNA var en begivenhed af enorm betydning for genetikken og for biologien i almindelighed. Strukturen var simpelt hen en åbenbaring. Det kæmpestore spiralformede DNA-molekyle var som en snoet trappestige: To lange snoede sukker-fosfat-rygrade dannede ydersiderne af stigen, medens trinnene bestod af basiske par af A, T, G og C.

Basen adenin (A) kunne kun parres med thymin (T), medens guanin (G) kun passede sammen med cytosin (C). Hvert basepar var løst forbundet i midten med et brintbånd, med andre ord, der var et svagt punkt i midten af hvert trin på stigen, men baserne var knyttet stærkt til sukker-fosfat ryggraden. I deres artikel skrev Crick og Watson i 1953:

"Det har ikke undgået vor opmærksomhed, at den specielle pardannelse, vi har postuleret, antyder en mulig kopieringsmekanisme for genetisk materiale". Et pludselig glimt af forståelse oplyste på en gang og på afgørende vis arvelighedens skjulte mekanismer og livet selv.



Hvis de svage hydrogen-bånd i midten af hvert trin blev brudt, ville det stigelignende DNA molekyle deles ned langs midten og således dele sig i to strenge. Hver enkelt streng ville da blive skabelonen for dannelse af et nyt

dobbeltstrenget molekyle.

Som følge af den specifikke par-sammensætning af baserne i Watson-Cricks DNA model måtte de to strenge være komplementære. T skulle parres med A, og G med C. Hvis derfor sekvensen af baser i den ene streng var f.eks. TTTGCTAAAGGTGAACCA..., så måtte den anden streng nødvendigvis have sekvensen AAACGATTTCCACTTGGT... . Ifølge Watson-Cricks DNA model syntes det sikkert, at al den genetiske information, der behøves for at skabe et nyt individ, er indkodet i cellekernens lange tynde dobbeltstrengede DNA molekyle, der er kodet i et fire-bogstavs sprog, hvis bogstaver er baserne adenin, thymin, guanin og cytosin.

Løsningen af problemet om DNA strukturen grundlagde i 1953 en ny slags biologi, molekylærbiologi. Den nye disciplin gjorde brug af nyligt opdagede fysiske teknikker som røntgendiffraction, elektronmikroskopi, elektroforese, kromatografi, elektronspin resonans, kernemagnetisk resonans og ultraviolet spektroskopi. I 1960'erne og 1970'erne blev molekylærbiologien den mest spændende og hastigst voksende videnskabsgren.

17.3 Proteinstruktur

I England var J. D. Bernal og Dorothy Crowfoot Hodgkin pionerer inden for anvendelsen af røntgendiffractions- metoderne i studiet af komplekse biologiske molekyler. I 1949 bestemte Mrs. Hodgkin penicillinets struktur, og i 1955 fortsatte hun med bestemmelsen af vitamin B12 strukturen.

I 1960 fandt Max Perutz og John C. Kendrew strukturerne af blodproteinerne myoglobin og hæmoglobin. Det var en imponerende bedrift af Cambridge krystallograferne, da hæmoglobinmolekylet indeholder henved 12.000 atomer.

Den struktur, som Perutz og Kendrew opdagede, viste at hæmoglobin er en lang kæde af aminosyrer slynget i kugleform som et lille sammenkrøllet garnnøgle. De opdagede, at aminosyrerne med affinitet over for vand befandt sig på ydersiden af det kugleformede molekyle, medens aminosyrer, for hvilke bindingen til vand var energetisk ufavorabel, lå gemt på indersiden. Perutz og Kendrew sluttede, at konfigurationen af proteinet - den måde hvorpå kæden af aminosyrer foldes til en 3-dimensional struktur - var bestemt af aminosyrernes rækkefølge i kæden.

I 1966 fandt D. C. Phillips og hans medarbejdere ved the Royal Institution i London den krystallografiske struktur af enzymet lysozym, et æggehvide-



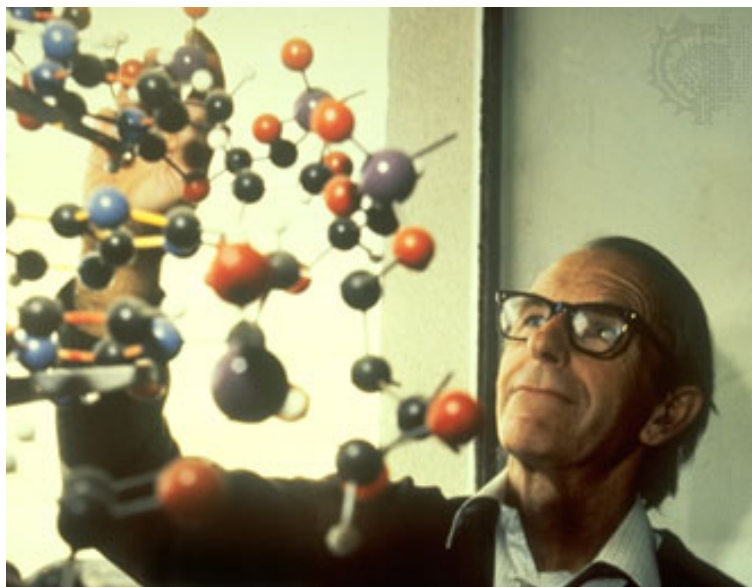


protein, der nedbryder cellevæggene hos visse bakterier. Igen viste strukturen sig som en lang kæde af aminosyrer foldet i kuglelignende form. Aminosyrerne med hydrofile grupper befandt sig på ydersiden i kontakt med vand, medens de hydrofobe grupper befandt sig på indersiden. Lysozym-strukturen udviste klart en aktiv side, hvor suktermolekylerne på bakteriers cellevægge blev trukket ind i en mundlignende åbning og påvirket af elektrostatiske kræfter, så forbindelserne i sukkeret let kunne brydes.

I mellemtiden udviklede Frederick Sanger ved Cambridge Universitet metoder til at udfinde den eksakte sekvens af aminosyrer i en proteinkæde. I 1945 opdagede han en gruppe (2,4-dinitrofluorobenzen), som selektivt tilsluttede sig den ene ende af en aminosyrekæde. Sanger nedbrød da kæden i de individuelle aminosyrer, og bestemte hvilke af dem der var knyttet til hans reagens. Ved at anvende denne procedure mange gange over for brudstykker af større kæder, blev Sanger i stand til udrede rækkefølgen af aminosyrer i komplekse proteiner. I 1953 publicerede han insulinets sekvens, og dette førte i 1964 til insulin-syntesen.

Det billede af proteinstrukturen, der begyndte af dukke frem, var følgende: En pattedyr-celle producerer omkring 10.000 forskellige proteiner. Alle enzymer er proteiner, og størstedelen af proteinerne er enzymer. Det betyder, at de katalyserer reaktioner, der involverer andre biologiske molekyler.

Alle proteiner er bygget af kædelignende polymerer, hvis monomere enheder er de tyve aminosyrer: glycin, alanin, valin, isoleucin, leucin, serin, threonin, prolin, asparagin-syre, glutamin-syre, lysin, arginin, asparagin, glutamin, cystein, methionin, tryptofan, fenylalanin, tyrosin og histidin.



Disse monomerer kan være forbundet med hverandre i en polymer (kaldet en polypeptide) i en hvilken som helst orden. Derfor det store antal muligheder. I en sådan polypeptide består rygraden af en kæde af kulstof- og kvælstof-atomer, der viser mønsteret -C-C-N-C-C-N-C-C-N- o.s.v Den -C-C-N- enhed, der gentages, er almindelig i alle aminosyrer. Deres individualitet stammer fra forskellene i de sidegrupper, der er tilsluttet den universelle -C-C-N-gruppe.

Nogle proteiner såsom hæmoglobin indeholder metal-atomer, der kan oxideres eller reduceres, efter som proteinet udfører sin biologiske funktion. Andre proteiner som f.eks. lysozym indeholder ingen metal-atomer, men opnår deres biologiske aktivitet gennem aktive forbindelser på overfladen af proteinmolekylet.

I 1909 var den engelske læge Archibald Garrod fremkommet med en "ét-gen-ét-protein"hypotese. Han troede, at arvelige sygdomme skyldtes manglen af visse enzymer. Ifølge Garrods hypotese ville en skade opstået på et gen resultere i en fejlslagen syntese af det tilsvarende enzym, og tabet af enzymet ville sluttelig resultere i symptomer på den arvelige sygdom.

I 1940 blev Garrods hypotese bekræftet ved eksperimenter med en skimmelsvamp, *Neurospora*, udført ved Stanford Universitet af George Beadle og Edward Tatum. De viste, at mutante arter af svampen ville vokse normalt, forudsat at særlige ekstra næringsstoffer blev tilsat deres næring. Behovene

for disse diæt-supplementer kunne i hvert tilfælde spores til mangelen af et særligt enzym i de mutante arter. Linus Pauling udvidede senere disse ideer i den menneskelige genetik ved at vise, at den arvelige sygdom seglcelleanæmi skyldes en defekt i hæmoglobinet biosyntese.

17.4 RNA og ribosomer

Eftersom man vidste, at DNA var bæreren af den genetiske kode indlejret i rækkefølgen af de fire nukleotide baser A, T, G og C, og eftersom man vidste, at proteiner var sammensatte af specifikke sekvenser af de tyve aminosyrer, var det logisk at antage, at aminosyresekvensen i et protein var bestemt af DNA's basis-rækkefølge. Informationerne måtte på en eller anden måde blive aflæst af DNA og brugt i proteinets biosyntese.

Man vidste, at cellerne foruden DNA indeholder en lignende, men ikke helt identisk polynukleotide ved navn ribonukleinsyre, RNA. Man vidste desuden, at sukker-fosfat rygraden i RNA var det nukleotide thymin, T, erstattet af en kemisk lignende nukleotide uracil, U. Yderligere vidste man, at medens DNA kun fandtes i cellekerner, fandtes RNA både i cellekerner og i celleytoplama'et, hvor protein-syntesen finder sted. Vidnesbyrd der tydede på, at genetisk information først overføres fra DNA til RNA, og at informationen så senere oversættes fra RNA til proteinernes aminosyre-sekvenser, hobede sig op.

I begyndelsen troede man, at RNA optrådte direkte som skabelon, hvorpå successive aminosyrer blev tilknyttet. Men den tilsvarende kemiske modsvarighed kunne man ikke finde, og Francis Crick formodede derfor i 1955, at aminosyrer først bindes til et adapter-molekyle, der senere bindes til RNA.

I 1956 anvendte George Emil Palade ved Rockefeller Instituttet elektronmikroskopi i studiet af subcellulære partikler, der var rige på RNA ribosomer. Ribosomer viste sig at bestå af to under-enheder, en mindre med molekylvægt ca 1 million gange brintatomets vægt, og en større enhed med ca det dobbelte af den mindre enheds vægt.

Ved hjælp af radioaktive sporstoffer kunne man vise, at et nyligt syntetiseret proteinmolekyle bindes midlertidigt til et ribosom; men ingen af ribosomets to underenheder syntes at optræde som skabelon for proteinsyntesen. I stedet fandt man, at genetisk information overføres fra DNA til ribosomet af et budbringer (messenger) RNA-molekyle, mRNA.

Elektronmikroskopi afslørede, at mRNA passerer gennem ribosomet på

samme måde som en hultape i computerteknikken passerer gennem en tape-læser. Man fandt, at adapter- molekylernerne, hvis eksistens var postuleret af Crick, var mindre end RNA-molekylernerne, og disse fik navnet overfør-sels (transfer) RNA, tRNA. Det blev vist, at når et mRNA molekyle pas-serer gennem et ribosom, bindes aminosyrer til modsvarende tRNA adapter-molekyler, som tilføjes den voksende proteinkæde.

Forholdet mellem DNA, RNA, proteinerne og de mindre molekyler i en celle viste sig således at være hierarkisk: Cellens DNA kontrollerer dens proteiner gennem RNA's virksomhed; og proteinerne kontrollerer syntesen og stofskiftet i de mindre molekyler.

17.5 Den genetiske kode

I 1955 isolerede Severo Ochoa ved New Yorks Universitet et bakterie-enzym (RNA polymerase), der var i stand til at knytte sig til nukleotiderne A, G, U og C i en RNA-streng. Et år senere blev denne bedrift gentaget for DNA's vedkommende af Arthur Kornberg.

Ved hjælp af Ochoas enzym var det muligt at fremstille syntetiske RNA-molekyler, der kun indeholdt en enkelt nukleotide, - f.eks. kunne man forene uracil-molekyler med den ribonukleide syrekæde U-U-U-U-U-U-... . I 1961 brugte Marshall Nirenberg og Heinrich Matthaei syntetisk poly-U som budbringer-RNA, mRNA, i protein-syntese, og de fandt, at kun polyfenylalanin blev syntetiseret.

Samme år rapporterede Sydney Brenner og Francis Crick en serie eks-perimenter med mutante stammer af bakteriofagen T4. Brenner og Cricks eksperimenter viste, at når som helst en mutation enten er tilføjet eller fra-taget et eller to syrepar, er de proteiner der produceres i mutanterne højst unormale, eller slet ikke fungerende. Men dersom mutationen resulterede i tilføjelsen eller fraværet af tre syrepar, fungerede proteinerne oftere. Brenner og Crick konkluderede, at den genetiske sprog består af tre-bogstavs-ord (co-dons). Med fire forskellige "bogstaver", A, T, G og C får man hele 64 mulige codoner, - mere end nok til at specificere de tyve forskellige aminosyrer.

I lyset af Brenner og Cricks bakterie-eksperimenter konkluderede Nierenberg og Matthaei, at den genetiske kode for fenylyalanin er UUU i RNA og TTT i DNA. Resten af ordene i den genetiske kode blev forklaret af H. Go-bind Khorana ved Wisconsin Universitet, som brugte andre mRNA sekvenser såsom GUGUGU..., AAGAAGAAG... og GUUGUUGUU... i proteinsynteser.

I 1966 kendte man hele den genetiske kode. Man fandt, at koden var den samme for alle undersøgte arter, uanset hvor vidt forskellige de i øvrigt var; og dette viste, hvad også Darwin havde postuleret, at alt liv på Jorden tilhører samme familie.

17.6 Genetisk manipulation

I 1970 observerede Hamilton Smith ved John Hopkins University, at når bakterien *Haemophilus influenzae* blev angrebet af en bakteriofag (en virus-parasit i bakterier), kan bakterien forsvare sig ved at nedbryde DNA'et i fagen. Ved at følge op på denne iagttagelse, introducerede han DNA fra bakterien *E. coli* over i bakterien *H. influenzae*. Igen blev det fremmede DNA nedbrudt.

Videre undersøgelser viste, at *H. influenzae* producerer et enzym, senere kaldet *Hin dII*, der kun brød en DNA-streng, når det genkendte en særlig base-sekvens. DNA'et blev kun brudt over, hvis en streng indeholdt rækkefølgen GTPyPuAC, hvor Py står for C eller T, medens Pu står for A eller G. Den anden streng indeholder naturligvis den komplementære sekvens: CAPuPyTG. Enzymet *Hin dII* skar begge strenge over i midten af seksbase-sekvensen.

Smith havde faktisk opdaget det første af en klasse bakterielle enzymer, der kom til at hedde "restriktions- enzymer". Næsten et hundrede andre restriktions-enzymmer blev derefter opdaget, og hvert af dem fandtes at overskære DNA ved en ganske bestemt base-sekvens. Smiths kollega Daniel Nathans brugte restriktions-enzymmerne *Hin dII* og *Hin dIII* til at lave det første "restriktionsatlas" for DNA i en virus.

I 1971 og 1972 udviklede Paul Berg og hans medarbejdere Peter Lobban, Dale Kaiser og David Jackson ved Stanford University metoder til at hæfte klæbende ender til DNA-fragmenter. Berg og hans gruppe brugte tymus enzym fra kalve, som de kaldte terminal transferase, for at tilføje korte enkeltstrengede polynukleotide segmenter til DNA-brudstykker. For eksempel, hvis de tilsatte det enkeltstrengede segment AAAA til et fragment, og TTTT til et andet, så koblede de to ender sig spontant sammen, når fragmenterne blev inkuberet sammen.

På denne måde fremstillede Paul Berg og hans gruppe de første rekombinante DNA molekyler.

Restriktions-enzymet *Eco RI* fandtes, når det blev isoleret fra bakterien

E. coli, at kunne kende mønsteret GAATTC i den ene streng af et DNA molekyle, og det komplementære mønster CTTAAG i den anden streng. I stedet for at skære begge strenge i midten af 6-base sekvensen, fandtes Eco RI at overskære begge strenge mellem G og A. På denne måde havde begge sider af snittet en hæftende (sticky) ende, et 4-base enkeltstrengt brudstykke hæftet til resten af det dobbeltstrengede DNA molekyle.

I 1972 demonstrerede Janet Mertz og Ron Davis ved Stanford, at DNA strenge skåret med Eco RI kunne gensammensættes ved hjælp af et andet enzym, - en DNA ligase. Vigtigere endnu, når DNA strenge fra to forskellige ophav blev skåret med Eco RI, kunne den hæftende ende danne en spontan midlertidig forening med den hæftende ende af det andet fragment. Foreningen kunne gøres permanent ved at tilføje DNA ligase, selv når fragmenterne kom fra forskellige værter. På denne måde kunne fragmenter fra forskellige organismer forenes.

Bakterier tilhører en klasse af organismer (prokaryoter), hvis celler ikke har nogen kerne. I stedet er DNA i det bakterielle kromosom arrangeret i en stor løkke. I de tidlige 1950'ere havde Joshua Lederberg opdaget, at bakterier er i stand til at udveksle genetisk information. Han fandt, at et ofte udvekslet gen, F-faktoren, som er bestemmende for frugtbarhed, ikke var forbundet med andre bakterielle gener, og han sluttede, at DNA'et i F-faktoren ikke var en fysisk del af det vigtigste bakterie-kromosom. I 1952 opfandt Lederberg ordet "plasmid" til beskrivelse af enhvert ekstrakromosomt genetisk system.

I 1959 opdagede man i Japan, at gener, der er resistente over for antibiotika, kan udveksles mellem bakterier, og navnet "R-faktoren" blev givet til disse gener. Lige som F-faktoren syntes R-faktoren ikke at være nogen del af hoved-løkken i bakteriers DNA.

På grund af denne opdagelses medicinske betydning rettedes megen opmærksomhed mod R-faktorerne. Man fandt, at de var plasmider, små DNA løkker, der fandtes inde i bakteriecellen, men ikke var bundet til det bakterielle kromosom. Yderligere studier viste, at i almindelighed bæres mellem en og tre procent af bakteriers genetiske information af plasmider, der frit kan udveksles, selv mellem forskellige arter bakterier.

Med mikrobiologen Richard Novicks ord: "Vurderingen af plasmidernes rolle har skabt en dramatisk ændring i biologernes opfattelse af genetikken. Det traditionelle synspunkt var, at en arts genetiske udstyr var omtrent det samme fra den ene celle til den anden, og var konstant over lange tidsperioder. Nu ved man, at en betydelig del af de genetiske træk er variable (tilstede i nogle individuelle celler eller klasser, fraværende i andre), labile

(underlagt hyppige tab eller tilføjelser) og mobile, - alt sammen fordi disse træk associeres med plasmider eller andre atypiske genetiske systemer."

I 1973 udførte Herbet Boyer, Stanley Cohen og deres medarbejdere ved Stanford og Californiens Universitet nogle eksperimenter, hvori de indførte fremmede DNA segmenter, skåret med Eco RI, i plasmider, der også var skåret med Eco RI. Derefter sammenføjede de igen plasmide-løkkerne med DNA ligase. Tilslut blev bakterierne inficeret med de gensplejsede plasmider. Resultatet var en ny klasse af bakterier, der var i stand til at producere et ekstra protein indkodet i det fremmede DNA segment, som var splejset ind i plasmiderne.

Cohen og Boyer brugte plasmider, der indeholdt et gen for resistens over for et antibiotikum, så nogle få gensplejsede bakterier kunne udvælges af en stor population ved at behandle kulturen med det pågældende antibiotikum. De udvalgte bakterier, som indeholdt både den antibiotika-resistente markør og det fremmede DNA, kunne derpå klones i større målestok, og på denne måde kunne et fremmed gen klones. De gensplejsede bakterier var kimærer, der indeholdt gener fra to forskellige arter.

Berg, Cohen og Boyers nye rekombinante DNA teknik havde en revolutionerende betydning. Det blev muligt at skabe mange kopier af et givet DNA segment, så dets base-sekvens kunne fastslås. Ved hjælp af direkte DNA sekvens-delingsmetoder, udviklet af Frederick Sanger og Walter Gilbert, kunne de nye kloningsteknikker anvendes til kortlægning og sekvensdeling af gener.

Efter at det blev muligt at skabe nye bakteriestammer, der indeholdt gener fra andre arter, lykkedes det at fremstille ethvert protein ved kloning med det tilsvarende gen. Medicinsk vigtige proteiner kunne produceres i stor målestok. Vejen var således åbnet for fremstilling af menneskeligt insulin, interferon, serum, albumin, koagulerings-faktor, vacciner og protein-hormoner som ACTH, menneskelig vækstfaktor og ægløsnings-hormonet.

Det blev også muligt at producere enzymer af industriel og landbrugsmæssig betydning ved kloning af gensplejsede bakterier. Da enzymer katalyserer reaktioner, hvori indgår mindre molekyler, blev produktionen af disse substrat- molekyler også mulig ved gensplejsning.

Man opdagede snart, at muligheden for at producere nye transgene organismer (med egenskaber udover de arveanlæg, hvormed organismen er frembragt O.a.) ikke indskrænkede sig til bakterier. Gensplejsning blev også udført på højerestående planter og dyr, såvel som på svampe. Man fandt, at bakterien *Agrobacterium tumefaciens* indeholder en tumorfremkaldende plas-

mide (Ti), der kan trænge ind i planteceller og forårsage galler (cecidier). Gener, som var indspjset i Ti-plasmidet, kunne ofte indføres i plantekromosomer, og blev senere arvet på sædvanlig Mendelsk vis.

Man skabte transgene dyr ved indføring af et fremmed DNA i fostres stamceller (ES-celler). De gensplejsede ES-celler blev så udvalgt, kultiveret, og senere indført i en "blastocyst", - en åbnet cellekapsel, der senere indførtes i en fostermor. De kimærer, der blev resultatet, voksede op, hvorpå stabile transgene afkom blev udvalgt.

Mennesket har således for første gang opnået direkte kontrol over evolutionsprocessen. Selektiv avl for frembringelse af nye plante- og dyrearter var ingenlunde ny, - det er en af civilisationens ældste teknikker. Men graden og hastigheden af indgreb, som det rekombinante DNA muliggjorde, er noget fuldstændig nyt. I 1970'erne blev det muligt at blande det genetiske repertoire fra forskellige arter: Generne fra mus og mænd kunne splejsses sammen til nye menneskeskabte former for liv.

17.7 Asilomar Konferencen

I sommeren 1971 holdt Janet Mertz, som dengang var studerende ved Paul Bergs laboratorium, en tale i Cold Spring Harbor. Hun talte om nogle planlagte eksperimenter, hvortil der skulle anvendes rekombinerende teknikker i forbindelse med DNA fra det tumorfremkaldende virus SV40.

Denne tale bekymrede cellebiologen Richard Pollack. Han arbejdede med SV40 og var allerede urolig for de mulige sikkerhedsrisici omkring dette virus. Pollack telefonerede til Berg og spurgte, om det ikke kunne være farligt at klonen en gen, der kunne forårsage menneskelig kræft. Som resultat af denne samtale besluttede Berg ikke at klonen gener fra tumorfremkaldende vira.

Andre bekymringer vedrørende sikkerheden ved rekombinante DNA eksperimenter blev udtrykt på 1973 Gordon Konferencen om nukleide syrer. De videnskabsmænd, der deltog i konferencen, vedtog at sende et brev til præsidenten for U.S.A.'s National Academy of Sciences:

"...Vi har fornylig fået den tekniske kunnen," sagde man i brevet, "til at sammenføje, kovalent, DNA molekyler fra forskellige ophav... Denne teknik kunne blive anvendt for eksempel til kombination af DNA fra dyrevira med bakteriel DNA... På denne måde kan der med tiden skabes nye former for hybride plasmider eller vira med biologisk aktivitet af uforudsigelig natur. Disse eksperimenter tilbyder spændende og interessante muligheder, både til

fremme af kendskabet om fundamentale biologiske processer og til lindring af menneskelige sundhedsproblemer."

"Givetvis kan sådanne hybride molekyler vise sig risikable for laboratoriemedarbejdere og for offentligheden. Selv om ingen risiko endnu er opstået, må man for sikkerhedens skyld nøje overveje den potentielle risiko."

"Flertallet af konferencens deltagere stemte for at videregive deres bekymring over denne sag til Dem og til præsidenten for det Medicinske Institut... Konferencedeltagerne foreslog, at akademierne opretter en studiekomite til undersøgelse af dette problem, og til rådgivning om specifikke forholdsregler og retningslinier."

Dette brev resulterede i, at The National Academy of Sciences nedsatte en "Committee on Recombinant DNA" med Paul Berg som formand. Komiteens rapport, der blev publiceret i 1974, indeholder følgende afsnit:

"...Der er alvorlig bekymring for, at nogle af disse kunstigt rekombinerede DNA molekyler kunne vise sig at være biologisk risikable. En mulig risiko i de nuværende eksperimenter opstår ved behovet for at anvende en bakterie som *E. coli* til kloning med de rekombinante DNA molekyler, og at mangfoldiggøre antallet af dem. Slægter af *E. coli* er almindeligt tilstede i menneskers fordøjelsessystem, og de er i stand til at udveksle genetisk information med andre typer bakterier, af hvilke nogle er patogene (sygdomsfremkaldende O.a.) for mennesker. Nye DNA elementer, der indføres i *E. coli*, kunne således eventuelt blive vidt udbredt blandt menneske-, bakterie-, plante- eller dyrepopulationer med uforudsigelige konsekvenser."

Komiteen om rekombinant DNA anbefalede, at videnskabsmænd i hele verden skulle tilslutte sig en frivillig udsættelse af to typer eksperimenter: Type 1, introduktion af antibiotiske modstandsfaktorer i bakterier, der ikke for øjeblikket er bærere af R-faktorer. Type 2, kloning af cancerfremkaldende plasmider eller vira.

Komiteen anbefalede forsigtighed med eksperimenter, der sammenkæder DNA fra dyreceller med bakteriel DNA, da DNA fra dyr kan indeholde cancerfremkaldende base-sekvenser. Endelig anbefalede komiteen, at The National Institute of Health etablerede en permanent rådgivningsgruppe til at overvåge eksperimenter med rekombinant DNA, og at der holdtes et internationalt møde for at diskutere de biologiske risici ved de nye teknikker.

I februar 1975 mødtes mere end 100 førende molekylærbiologer fra mange dele af verden i Asilomar Conference Centeret i nærheden af Monterey i Californien for at diskutere retningslinier for sikkerheden ved forskning af rekombinant DNA. Der var næsten enstemmig enighed ved mødet, om at

man, indtil man vidste mere om farerne, kun skulle gøre brug af organismer og vektorer (bærende biologiske substanser O.a.), der ikke kunne leve uden for laboratorie-miljøet, når det drejede sig om eksperimenter, der indbefattede kloning af DNA.

Asilomar Konferencen anbefalede også, at et antal eksperimenter skulle udsættes. Sådanne inkluderede kloning af rekombinant DNA stammende fra stærkt patogene organismer, eller indeholdende toksiske gener, såvel som eksperimenter i stor skala med anvendelse af rekombinant DNA, der kunne gøre produkterne potentielt farlige for mennesker, dyr eller planter.

Asilomar anbefalingerne blev meddelt til en speciel komite under The U.S. National Institutes of Health, og komiteen opstillede et sæt retningslinier for forskning af rekombinant DNA. NIH-retningslinierne trådte i kraft i 1976 og var gældende indtil 1979. De var strengere end Asilomar- anbefalingerne for så vidt angår kloning af DNA fra cancerfremkaldende vira. Dette var effektivt forbudt af NIH indtil 1979, men NIH-retningslinierne var naturligvis kun effektive for forskning udført inden for De forenede Stater og/eller med støtte fra den amerikanske regering.

I 1976 blev det første kommercielle foretagende for genetisk manipulation, Genentech, grundlagt. I 1980 satte det første offentlige udbud af Genentech-aktier rekord i Wall Street for den hurtigste stigning i aktiekurser. Et andet selskab til udnyttelse af genetisk manipulations-teknologi, Cetus, satte i 1981 rekord med hensyn til den største tegning, der nogen sinde var opnået i et nyt offentligt tilbud: 125 mio U.S. dollars. Samme år erklærede det japanske ministerium for handel og teknologi 1981 som det "biotekniske år", og England, Frankrig og Tyskland gjorde alle bioteknologien til målsætning som særligt udviklingsområde.

Et antal gen-manipulerede produkter nåede på markedet i de tidlige 1980'ere. De omfattede rennin, animale væksthormoner, mund- og klovesygevacciner, hundediarré-vaccine, aminosyrer, antibiotika, anabolske steroider, pesticider, pesticid- resistente planter, klonet kvæg, forbedrede gærstammer, cellulose-fordøjende bakterier og et kvælstof-bindende enzym.

Fornylig har U.S.A. og Japan iværksat programmer i stor skala med det mål at kortlægge hele det menneskelige genmateriale, og den Europæiske Økonomiske Union overvejer et lignende program. Projektet til kortlægning af den menneskelige arvemasse ventes at muliggøre prænatale diagnoser for mange arvelige sygdomme. F.eks. har man fundet genet for cystisk fibrose, og DNA teknologien gør det muligt at finde sygdommen endnu før fødslen.

Muligheden for vidstrakt genetisk undersøgelse (screening) rejser etiske

problemer, der kræver viden og omtanke for offentlighedens vedkommende. En ventende mor vil ofte i et tidligt stadium af graviditeten få abort, hvis det opdages, at fosteret har en alvorlig genetisk defekt. Med øget viden vil flere fejl kunne findes. Men hvor skal grænsen drages mellem alvorlige og mindre alvorlige fejl?

Kloning af gener for dødbringende toxiner kræver også alvorlig overvejelse og offentlig diskussion. Fra 1976 til 1982 blev denne aktivitet forbudt i U.S.A. under NIH's auspicer. Men i april 1982 blev begrænsningen ophævet, og i 1983 omfattede toxiner, der var klonet, adskillige aflatoxiner, lichitinase, cytochalasiner, ochratoxiner, sporidesmin, T-2 toxin, ricin og tremogen.

Selv om der findes internationale konventioner, ifølge hvilke kemiske og biologiske våben er forbudt, er der fare for, at nationerne vil blive drevet til at fremstille og lagere sådanne våben på grund af frygten for, hvad andre nationer kunne finde på.

Endelig kræver frigivelsen af nye transgene arter til det omgivende miljø både omtanke og forsigtighed. Der kan opnås mange fordele, f.eks. ved brugen af gensplejrede bakterier til binding af kvælstof eller til oprensning af olieudslip. Men når først en gensplejset mikro-organisme en gang er sluppet fri i miljøet, er det faktisk umuligt at udslette den igen. Den forandring, der skabes ved frigivelsen af en ny organisme, er permanent, men permanente forandringer af miljøet burde ikke foretages på baggrund af kortsigtede kommercielle hensyn. Slet ikke på basis af kortsigtede hensyn af nogen som helst art overhovedet. Sådanne beslutninger skulle heller ikke kunne træffes ensidigt af enkelte nationer, da nye organismer jo let overskrider de politiske grænser.

Den hurtige udvikling inden for bioteknologien har givet mennesket enorm magt over livets grundliggende mekanismer og udvikling. Men er samfundet voksent nok til at bruge denne magt klogt og hensynsfuldt?

(Ifølge den jødiske syndefaldsberetning uddrev Gud Herren menneskene af Edens Have, fordi de havde spist af Træet til Kundskab om godt og ondt. Det eneste de ikke måtte røre, fordi de da visselig skulle dø.

For ikke så mange generationer siden regnede teologer seriøst på tiden fra verdens skabelse og datoen for syndefaldet, uden at komme til resultater der var forenelige med de vidnesbyrd, som den rationelle naturforskning kunne opvise.

Selve syndsbegrebet voldte også kvaler. Hvordan skulle man forklare ideen om mennesket som skabt i Guds billede, og dog i stand til at synde ved "at blive som en af os til at kende godt og ondt"? - Og tilmed ved at spise af

en vækst, ingen botaniker kendte, lige så lidt som Livets Træ, der dog ikke var omgærdet af forbud, før keruberne blev sat med glimtende flammesværd østen for Edens Have for at vogte vejen dertil.

Allegorien kunne opfattes som et tragisk billede på det etiske dilemma: Spørgsmålet om hvad der er godt eller ondt for den enkelte, for næsten og for medskabningerne.

Da Napoleon med Laplace drøftede hans *Méchanique céleste*, og herunder spurgte, hvor Gud var i alt dette, svarede Laplace: "Den hypotese har jeg ikke haft brug for!" Dermed erklærede Laplace sig vel ikke som ateist, men holdt sig blot til beskrivelsen af naturlovenes usvigeligt sikre virkning.

Selv et gudsfornægtende menneske vil imidlertid indrømme, at netop dommen om, hvad der er godt og ondt, let bliver den fejltagelse eller forvirring, hvori troen på det gode avler det onde, eller hvor bestræbelsen efter et gode afføder et onde. For eksempel når verden forurenes af radioaktivitet og af menneskeskabte kimærer, der begge dele er en livstrussel for planter, dyr og mennesker. Så vidt rakte kundskaben, men måske ikke tilstrækkeligt til at gennemskue konsekvenserne.

En Voltaire, for hvem den ene fatalistiske eller fanatiske tro kunne være lige så dadelværdig som den anden, eftersom det guddommelige ifølge hans mening var højt hævet over småprofeternes rækkevidde, ville sikkert have bifaldet Robert Oppenheimers forståelse af begrebet synd: "Fysikerne har lært synden at kende," skrev Oppenheimer, "og det er en viden, som de ikke kan miste igen."

Ved synd forstår Oppenheimer åbenbart en krænkelse eller en forbrydelse imod medskabninger, - af en art, så det ikke kan glemmes, idet synden bliver et vilkår for al fremtid.

Står biologien og genetikken i samme fare? Og erkendes det først, når skaden er sket, idet skyld og ansvar bortforklares som politikernes fejl, der i hvert fald ikke kan gøres gældende over for de mennesker, der velmenende, men uden begreb om følgerne, åd af Træet til Kundskab om godt og ondt?

Eller mente Oppenheimer mon blot, at den synd, som fysikerne lærte at kende, blev begået af uvidende politiske beslutningstagere, der ikke forstod forskernes påmindelse om naturlovenes usvigelighed? (O.a.)

Kapitel 18

Kunstig intelligens

18.1 De første computere

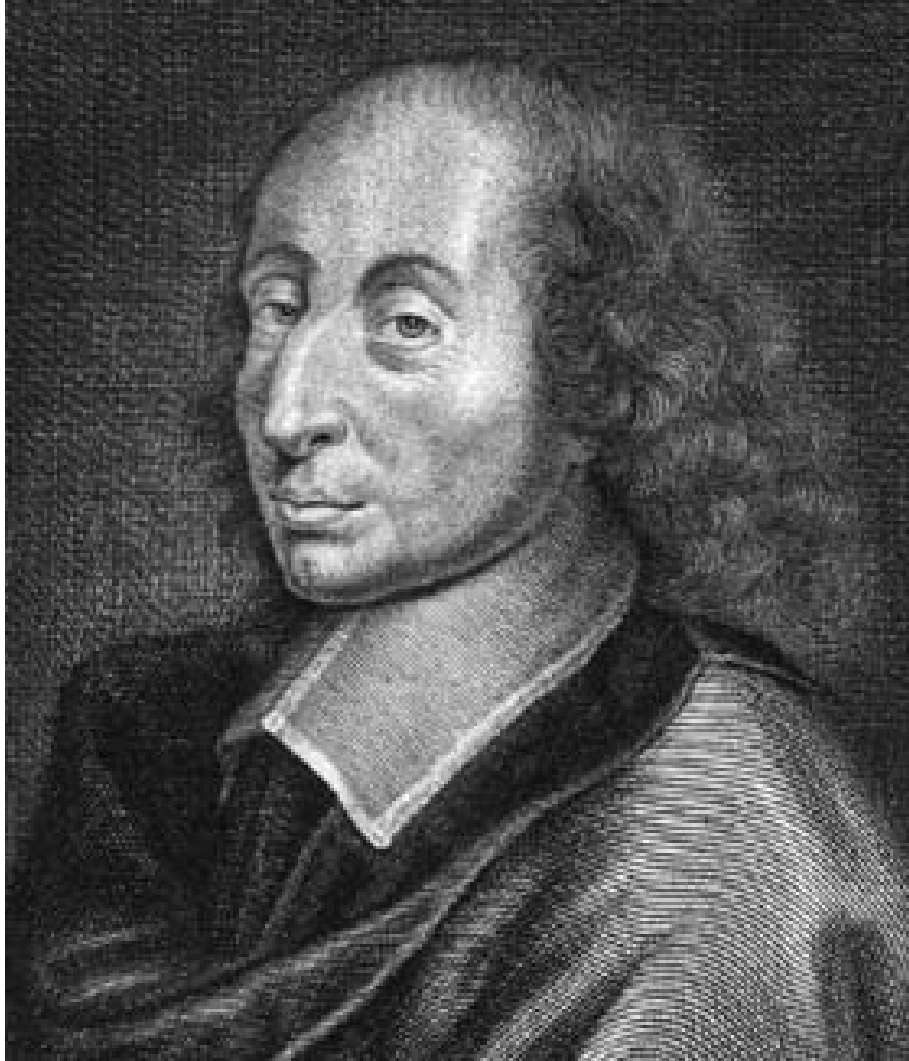
Den dramatiske udvikling inden for molekylærbiologien i tiden efter den Anden Verdenskrig ville have været umulig uden røntgenkrystallografien, og anvendelsen af denne teknik til undersøgelse af store biologiske molekyler ville have været umulig uden en anden lige så dramatisk efterkrigsudvikling: fremkomsten af de ultrahurtige elektroniske regnemaskiner.

De første almindeligt programmerbare computere blev færdiggjort i midten af 1940'erne. Men de havde rødder i nogle meget tidligere ideer af Blaise Pascal (1623-1662), Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716), Joseph Marie Jacquard (1752-1834) og Charles Babbage (1791-1871).

I 1642 fremstillede den store franske matematiker og filosof Blaise Pascal en arbejdsmodel af en maskine til addition og subtraktion. Ifølge overleveringen kom ideen om denne "regnekasse" til Pascal, da han som ung mand i 17-års alderen spekulerede på, hvordan han kunne hjælpe sin far, der var skatteopkræver. I beskrivelsen af maskinen skrev Pascal:

"Jeg overlader til offentligheden en lille maskine, jeg selv har opfundet, og ved hvis hjælp man selv uden besvær kan udføre regneoperationer og lattes i det arbejde, som så ofte har virket trættende, når man arbejdede med regnskaber."

Pascals maskine, der virkede ved hjælp af tandhjul, blev stærkt forbedret af Leibniz, som konstruerede en mekanisk regnemaskine, der foruden addition og subtraktion også kunne gange og dividere. Hans første maskine blev fuldført i 1671. Leibniz' beskrivelse på latin opbevares i Hannovers kongelige



Bibliotek:

"Der er to dele af maskinen, én beregnet til addition (og subtraktion), den anden beregnet til multiplikation (og division), og de skulle passe sammen. Additions- (og subtraktions-) maskinen er nøjagtig lig med Pascals regnemaskine. Noget må imidlertid tilføjes for multiplikationens skyld..."

"Hjulene, der repræsenterer multiplikanden, har alle samme størrelse lig med størrelsen af additionshjulene, og er også udstyret med 10 tænder, der imidlertid kan bevæges, så der på ét tidspunkt fremkommer 5, på et andet 6 tænder, etc., eftersom multiplikanden skal repræsenteres 5 gange eller 6 gange etc."



"Multiplikanden 365 består f.eks. af tre tal, 3, 6 og 5. Derfor skal lige så mange hjul tages i brug. Multiplikanden vil være indstillet på disse hjul, hvis der på det højre hjul kommer 5 tænder tilsyne, på midterhjulet 6, og på det venstre hjul 3."

Fra 1810 blev regnemaskiner baseret på Leibniz' design fremstillet kommercielt, og mekaniske regnemaskiner af lignende udformning fandtes i laboratorier og på kontorer indtil 1960'erne.

Ideen om en almindeligt programmerbar regnemaskine skyldes den engelske matematiker Charles Babbage, som var Lucasian professor i matematik ved Cambridge Universitet. (I det 17. århundrede havde Isaac Newton haft denne stilling, og i det 20. århundrede har P. A. M. Dirac også haft den. Idag beklædes lærestolen af Stephen W. Hawking.)

I 1812 fik Babbage ideen om at konstruere en maskine, der automatisk kunne beregne funktionstabeller, forudsat at funktionerne tilnærmelsesvis kunne repræsenteres ved polynomier. Han konstruerede en lille maskine, der kunne beregne tabeller over kvadratiske funktioner med op til otte decimaler, og i 1832 demonstrerede han denne maskine for The Royal Society og for repræsentanter for den britiske regering.

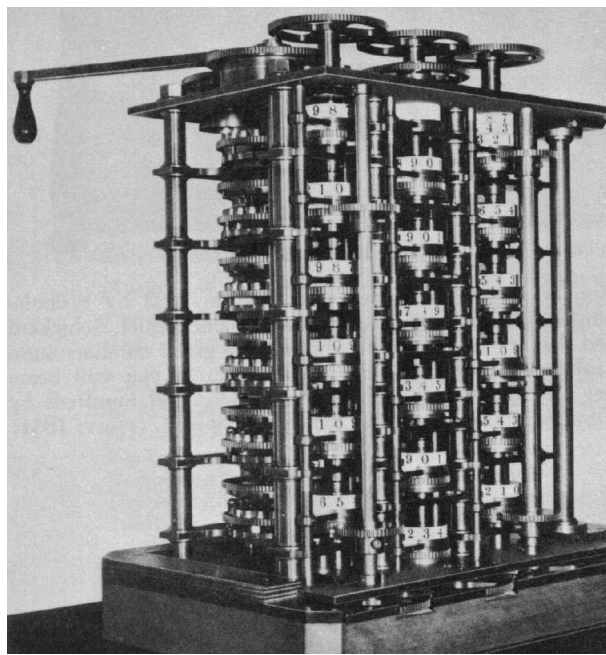
Demonstrationen var så vellykket, at Babbage sikrede sig financier støtte til konstruktionen af en større maskine, der kunne tabellere 6'te-grads polynomier op til 20 decimaler. Den store maskine blev aldrig fuldført, og efter at man 20 år senere havde anvendt 17.000 pund Sterling på projektet, standse den britiske regering sin støtte. Grunden, til at Babbages store maskine aldrig blev gjort færdig, forstås af Lord Moultons følgende beskrivelse efter et besøg i matematikerens laboratorium:

"En af de sørgeligste erindringer i mit liv er et besøg hos den fejrede matematiker og opfinder Mr. Babbage. Han var højt bedaget af alder, men hans forstand var så levende som nogensinde. Han førte mig gennem sine arbejdsværelser."

"I det første værelse så jeg dele af den oprindelige regnemaskine, der var blevet fremvist i ufuldstændig stand mange år tidligere, og den havde endog været brugt nogle gange. Jeg spurgte ham om dens nuværende tilstand. "Jeg har ikke gjort den færdig, for da jeg arbejdede på den, kom jeg på ideen om min analytiske maskine, der kunne udføre alt, hvad denne var i stand til at gøre og meget mere. Ideen var i virkeligheden så meget simplere, at det ville have krævet mere arbejde at færdiggøre regnemaskinen end at udvikle og konstruere hele den anden. Så jeg vendte opmærksomheden mod den analytiske maskine"."

"Efter nogle minutters samtale gik vi ind i det næste arbejdsværelse, hvor han viste mig arbejdet på delene til den analytiske maskine. Jeg spurgte om jeg måtte se den. "Jeg har aldrig gjort den færdig," sagde han, "fordi jeg kom på ideen om at gøre det samme på en anden og meget mere effektiv måde,

og det gjorde det omsonst at fortsætte efter de gamle retningslinier".



"Så gik vi ind i det tredje lokale. Der lå mekaniske stykker spredt rundt om, men jeg så ingen spor af nogen arbejdsmaskine. Meget forsigtigt nærmede jeg mig emnet og fik det frygtede svar: "Den er ikke konstrueret endnu, men jeg arbejder på det, og det vil alt i alt tage mindre tid at konstruere det hele, end det ville have taget at fuldføre den analytiske maskine fra det stude, jeg forlod den i." Jeg tog afsked med den gamle mand med tungt hjerte."

Babbages første regnemaskine var en mekanisk computer beregnet på specialformål, og planlagt til at tabellægge polynome funktioner. Han opgav dette design, fordi han kom på ideen om en generelt programmerbar regnemaskine. Nogle år tidligere havde den franske opfinder Joseph Marie Jacquard konstrueret en automatisk væv, hvori hulkort blev brugt til styring af rendegarnerne. Inspireret af Jacquards opfindelse planlagde Babbage at benytte hulkort til programmering af sin universelle regnemaskine.

Jacquards væv kunne programmeres til at væve yderst komplekse mønstre. Et portræt af opfinderen, vævet på en af hans væve i Lyon, hang i Babbages dagligstue.

En af Babbages hyppige gæster var Augusta Ada, grevinde af Lovelace (1815-1852), datter af Lord og Lady Byron. Hun var en talentfuld mate-

matiker, og det er gennem hendes udmærkede beskrivelser vi ved, hvordan Babbages aldrig fuldførte analytiske maskine skulle have virket.



Det næste skridt i retning af moderne regnemaskiner blev taget af Hermann Hollerith, en statistiker der arbejdede for De forenede Staters Folketællingsbureau. Han opfandt elektromekaniske maskiner til læsning og sortering af data hullet ind i kartonkort. Holleriths maskiner blev anvendt til analyse af data fra folketællingen i U.S.A. i 1890. Lignende maskiner begyndte at blive fremstillet og anvendt i handel og administration.

I 1937 blev Howard Aiken ved Harvard Universitet interesseret i at kombinere Babbages ideer med nogle af de teknikker, der var blevet udviklet ud fra Holleriths hulkort-maskiner. Han henvendte sig til International Business

Machine Corporation, den største fabrikant af hulkortudstyr, med et forslag om konstruktion af en stor programmerbar og automatisk regnemaskine.

Aikens maskine, the Automatic Sequence Controlled Calculator (ASCC), blev fuldført i 1944 og præsenteret for Harvard universitetet. Baseret, som den var, på tandhjulsgeare i Pascal-Leibniz-Babbage traditionen havde ASCC mere end trekvart million dele og anvendte 300 km elektrisk ledning. ASCC var utrolig langsom efter moderne målestok - det tog tre tiendedele sekund at udføre en addition - men den var en af de første programmerbare, almindeligt anvendelige ciffer-regnemaskiner, der nogensinde var fuldført. Den forblev i drift, dag og nat, i 15 år.

I ASCC-maskinen repræsenteredes binære tal af relæer, der kunne være sluttet eller afbrudt. Den sluttede tilstand repræsenterede tallet 1, medens afbrudt-tilstanden repræsenterede 0, da disse er de eneste to tal, der er nødvendige til repræsentation af tal i det binære (2-base) system. Elektromekaniske regnemaskiner i lighed med ASCC blev udviklet uafhængigt af Konrad Zuse i Tyskland og af George R. Stibitz ved Bell Telephones laboratorium.

I mellemtiden havde fysikeren John V. Atanasoff og hans studerende Clifford E. Berry ved Iowa State University udviklet en elektronisk cifferregnemaskine til et specielt formål, nemlig til simultan løsning af store ligningsæt. Atanasoff-Berry-Computeren (ABC) blev færdiggjort i 1943. Den brugte kondensatorer som hukommelsesenheder, men da de gradvis mistede deres opladning, indførte Atanasoff en anordning til periodisk at "sætte skub" i hukommelsen ved genopladning af kondensatorerne. (I princippet det samme system som anvendes i moderne maskiner med "dynamisk genopfriskning" af hukommelsesenhederne. O.a.) På grund af forholdsvis små fejl i input-output systemet blev ABC'en aldrig anvendt på praktiske beregningsproblemer, og Atanasoff og Berry måtte opgive den for at arbejde på forskning, der havde relation til krigsindsatsen.

Ligesom ASCC anvendte ABC binære tal. Selv om det var en maskine tænkt til specielle formål, udgjorde ABC alligevel en milesten i regnemaskinernes udvikling. Lignende computere som f.eks. Differential Analysatoren, udtænkt af Vannevar Bush ved M.I.T., har en særlig historie, og vi vil ikke diskutere dem nærmere her.

I 1943 blev den elektroniske cifferregnemaskine Colossus færdiggjort i England af en gruppe inspireret af matematikerne A. M. Turing og M. H. A. Newman. Colossus var den første elektroniske computer i stor skala. Den blev brugt til at bryde den tyske hærs Enigma-kode, og påvirkede således forløbet af den Anden Verdenskrig.

I 1946 kom ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Calculator) i anvendelse. Denne generelt anvendelige computer, udtænkt af J. P. Eckert og J. W. Mauchley ved University of Pennsylvania, indeholdt 18.000 radiorør, af hvilke et eller flere som oftest var defekte. Men i de perioder, hvor alle vacuum-rørene var i orden, kunne en elektronisk computer som Colossus eller ENIAC imidlertid overhale en elektromekanisk maskine som ASCC, omtrent som en hare løber fra en skildpadde.

18.2 Mikroelektronik

I sommeren 1946 blev der givet et kursus i "The Theory and Techniques of Electronic Digital Computers" ved University of Pennsylvania. Ideerne, der blev fremsat på dette kursus, var udviklet af en gruppe matematikere og ingeniører ledet af J. P. Eckert, J. W. Mauchley og John von Neumann, og disse ideer kom i høj grad til at påvirke alle senere computer-designs.

Problemet med de upålidelige vacuumrør blev løst i 1948 af John Bardeen, William Shockley og Walter Brattain ved Bell Telephone Laboratories. Anvendelsen af kvanteteorien på faste stoffers fysik havde bl.a. ført til forståelsen af krystallers elektriske egenskaber. Ligesom med atomerne fandt man, at krystaller havde tilladte og forbudte energi-tilstande.

Det tilladte energi-niveau for en elektron i en krystal, vidste man, dannede bånd, d.v.s nogle energi-spænd eller områder med mange tilstande (tilladte bånd), og andre energiområder uden (forbudte bånd). De lavest tilladte bånd var udfyldt af elektroner, medens de højere bånd var tomme. Det højeste fyldte bånd blev kaldt "valens-båndet", og det laveste tomme bånd kaldtes "leder- eller lednings-båndet".

Når valensbåndet i en krystal kun er delvis fyldt, er krystallen ifølge kvanteteorien en leder af elektricitet. Men hvis valensbåndet er helt besat med elektroner, er krystallen en elektrisk isolator. Et fuldstændig fyldt bånd svarer til et lokale fyldt med mennesker, så ingen af dem kan bevæge sig.

Foruden ledere og isolatorer forudsagde kvanteteorien eksistensen af halvledere - krystaller, hvori valensbåndet er fuldstændig fyldt med elektroner, men hvor energiforskellen mellem lederbåndet og valensbåndet er meget lille. For eksempel er krystaller af grundstofferne silicium og germanium halvledere. I sådanne krystaller er den termiske energi undertiden tilstrækkelig til at løfte en elektron fra valensbåndet til lederbåndet.

(Antallet af elektroner i det øvre bånd er ved en given temperatur bestemt

af betingelserne for dynamisk ligevægt mellem båndene. Elektroner passerer kontinuerligt over fra et lavere bånd eller energi-niveau til et højere i anslået tilstand, og tilbage igen. Fuldstændig som der ved mættet damp over en væskeoverflade indtræder en tilstand af ligevægt ved en bestemt temperatur, hvor antallet af væskemolekyler, der træder ud af væsken og går over på dampform, er lig antallet af dampmolekyler, der vender tilbage til væsken.

Ledningsevnen, der optræder ved delvis fyldning af det øvre bånd med elektroner, kan enten opfattes som en strøm af elektroner i den ene retning af det elektriske felt, man påtrykker krystallen, eller som en strøm af huller eller ubesatte elektron-pladser i den modsatte retning. Afgørende for beskrivelsen bliver simpelt hen elektronernes bevægelse i leder-båndet.

Foruden grundstofferne Si og Ge er en stor gruppe substanser, både grundstoffer og kemiske forbindelser, halvledere, her iblandt antimon-legeringer indeholdende indium, cadmium og zink, samt kobber- og titan-oxider.

På krystallers elektronovergang fra en energitilstand til en anden beror også krystal-laseren, hvor f.eks. en rubinkrystal "pumpes" til et højere energiniveau med lyset fra en flash-lampe, for straks efter, når elektronerne igen falder tilbage til et lavere energiniveau, at udsende en intens stråling af ens fotoner ved "stimuleret emission". O.a.)

Bardeen, Shockley og Brattain fandt på måder at kontrollere germaniumkrystallers ledningsevne ved at indføre elektroner i lederbåndet, eller alternativt ved at fjerne elektroner fra valensbåndet. Det kunne de gøre ved at "dope"(forgifte eller forurene) krystallerne med beskedne urenheder, eller ved at injicere elektroner med en speciel elektrode. De halvlederkrystaller, hvis ledningsevne blev styret på denne måde, kunne bruges som elektroniske ventiler i stedet for vacuumrør.

I 1960'erne havde vacuumrørens erstatning med transistorer i elektroniske regnemaskiner medført ikke alene en enormt forbedret pålidelighed og en stor besparelse i udgifterne, men også en enorm forøgelse af hastigheden og formindskelse af konstruktionerne. Man fandt, at den forsinkende faktor i beregningshastigheden er tiden, et elektrisk signal behøver til at forplante sig fra en del af den centrale proces enhed til den anden. Og eftersom elektriske impulser forplanter sig med lysets hastighed, var denne tid yderst minimal, men ikke desto mindre den hindrende faktor i elektroniske computere.

For at øge beregningshastigheden prøvede computeringeniørerne at gøre CPU'erne eller de centrale proces-enheder meget små, og resultatet var udviklingen af integrerede kredsløb og mikroelektronik, - en bestræbelse på miniaturisering, der havde stået på gennem mange år overalt i den elektroni-

ske industri, og som ikke mindst med rumforskningens behov for små, lette og robuste elektroniske instrumenter blev et afgørende motiv for udviklingen af mikroelektronik.

Der udvikledes integrerede kredsløb, hvori de enkelte kredsløbselementer ikke blev fabrikeret separat. I stedet blev hele kredsløbet lavet på en gang. Et integreret kredsløb har en lagdelt struktur med ledende og isolerende lag imellem og med modstande og aktive halvledere af germanium og silicium "doped" med passende urenheder. Fabrikationsprocessen begynder med at en ingeniør laver en stor tegning af hvert lag. Tegningen af et ledende lag indeholder stier, der udfylder rollen som ledninger i et konventionelt kredsløb, medens resten af laget består af områder beregnet på at blive ætset væk ved hjælp af syre.

Næste skridt er at reducere tegningens størrelse og mangfoldiggøre den fotografisk. Lagets mønster gentages således mange gange ligesom mønsteret i et tapet. Den mangfoldiggjorte og reducerede tegning fokuseres derpå gennem et omvendt mikroskop på den lysfølsomme overflade, der senere skal ætzes.

Successive lag bygges op ved pådampning eller anden anbringelse af tynde film af passende sammensætning på overfladen af en silicium- eller germaniumbrik. Hvis det lag der pålægges skal være ledende, består overfladen af et yderst tyndt lag kobber dækket af et lysfølsomt lag, kaldet "fotoresist". På de dele af overfladen, der modtager lys fra originalmønsteret, hærder fotoresisten og bliver uopløselig, medens fotoresisten på de områder, der ikke modtager lys, kan vaskes bort.

Overfladen bliver derefter ætset med en syre, der fjerner kobberet fra de områder, der ikke er beskyttet af fotoresist. Hvert følgende lag på brikken er lavet på samme måde, og til slut skæres brikken i småbitte "chips", der hver svarer til enheder af de tapetlignende mønstre.

Selv om chippens areal er meget mindre end en kvadratcentimeter, indeholder den et stort antal yderst komplicerede kredsløb. En typisk programmerbar minicomputer med mikroprocessor fabrikeret i 1970'erne kunne typisk have 30.000 kredsløbs-elementer, alle indeholdt i en enkelt chip. I 1986 kunne over 1 mio transistorer anbringes på en enkelt chip.

Som resultat af miniaturiseringen steg computernes hastighed og præstationer støt. I 1960 kunne de allerhurtigste regnemaskiner udføre 100.000 elementære operationer pr sek. I 1970 tog det de hurtigste computere mindre end 1 sek at udføre 1 mio sådanne operationer. I 1987 udviklede man en computer ved navn GF11, der kunne udføre 11 mia floating-point operationer

(flops) pr sek.

GF11 (Gigaflop 11) er en videnskabelig parallel-processing maskine konstrueret af IBM. Omkring 10 flops behøves for hver maskininstruktion. GF11 arbejder således med en hastighed på henved 1000 mio instruktioner pr sek. eller 1.100 MIPS. Den høje hastighed, der er opnået med parallel-processing maskinerne er resultatet af en arbejdsdeling i mange underopgaver, hvor et stort antal behandlingsenheder kan arbejde samtidigt.

Computernes datalagre har også undergået en bemærkelsesværdig udvikling. I 1987 kunne de magnetiske "disc-memories", der blev produceret, oplagre 20 mio bits information pr kvadrattomme, og en endnu højere lagringskapacitet kunne opnås med optiske lagrings-medier. En bit er informationsenheden. For eksempel skrives tallet 25 binært som 11001. At specificere dette 5-cifrede binære tal kræver 5 bits information. At specificere et n-talligt binært tal kræver n bits information. Otte bits kaldes også 1 "byte".

I 1970'erne og 1980'erne blev der etableret computernetværk, som forbandt maskiner i forskellige dele af verden. Det blev f.eks. muligt for en forsker i Europa at udføre en beregning interaktivt på en computer i U.S.A., ganske som om den fjerne maskine var i det samme lokale; og to eller flere computere kunne forbindes til at udføre store beregninger. Det blev ligeledes muligt at udveksle programmer, data, breve og manuskripter meget hurtigt gennem computer-netværk.

Udvekslingen af store informationsmængder gennem netværk blev gjort lettere ved introduktionen af optiske fiber-kabler. I 1986 var 250.000 miles af sådanne kabler blevet installeret i U.S.A.. Hvis en lysstråle forplanter sig i et medium med højt brydningsindeks og rammer mediets overflade under en strejfende vinkel, så undergår strålen total refleksion inde i mediet. Dette fænomen udnyttes i fiber-optik. Et lyssignal forplanter sig gennem en lang hårlignende glasfiber, idet det følger fiberens bøjninger på grund af totalrefleksionen uden at miste intensitet. I 1987 blev der kommercielt fremstillet indretninger, der er i stand til at transmittere information gennem optiske fiber-kabler med en hastighed af 1,7 mia bits pr sek.

(De optiske kabler har enorme fordele frem for sædvanlige elektiske ledere. Da et meget stort frekvensområde af lys kan passere gennem kablet, og signalerne, digitale såvel som analoge, sidstnævnte af betydning for radio- og tv-spredning, kan moduleres på forskellig vis i den bærebølge eller det frekvensområde, der vælges, kan utroligt mange signaler passere frem og tilbage gennem glasfiberen uden at forstyrre hverandre. Energiforbrug og tab er forsvindende lille. Kablerne er billige at producere, og er så at sige støjfri.

F.eks. forstyrres signalerne i et glasfibre-kabel ikke af elektriske eller magnetiske impulser i signalerne eller fra fremmede støjkilder som eksempelvis svære elektriske maskiner i fabriksanlæg, transformerstationer og kraftledninger, men har naturligvis samme risiko for brud som sædvanlige kabelføringer. Ikke desto mindre er der så store fordele ved bredbånds-kabler af glasfiber, at de i fremtiden vil få kolossal udbredelse i teleteknikken til dataoverførsler, telefon- og video-forbindelser, kabel-radio og kabel-TV. O.a.)

18.3 Automation

I løbet af de sidste 30 år er udgifterne til computerteknik steget eksponentielt med mellem 20 og 30 procent om året. Samtidig er computerindustrien vokset eksponentielt med ca 20 procent pr år, - hurtigere end nogen anden industri.

Den forbavsende fart i denne udvikling modsvarer af den hastighed, hvorved computere er blevet del af videnskabeligt arbejde, ingeniørvirksomhed, industri, handel, kommunikation, transport, publikation, undervisning og dagligliv i den industrialiserede del af verden.

Computernes hurtighed, beregningsformåen og nøjagtighed har revolutioneret mange videnskabsgrene. Før computernes æra tog det f.eks. otte års anstrengende beregningsarbejde at bestemme en simpel molekyle-struktur ved analyse af røntgen-diffraktionen. Og beregning af mere komplekse strukturer var fuldstændig uden for rækkevidde. I 1949 brugte Dorothy Crowfoot Hodgkin imidlertid en elektronisk regnemaskine til at beregne strukturen af penicillin på basis af røntgendata. Det var den første anvendelse af en computer til løsning af et biokemisk problem, og det blev efterfulgt af analyser af stadig mere komplekse strukturer.

Protein, DNA, og senest endog detaljerede virus-strukturer blev studeret ved hjælp af databehandlet krystallografi. Den enorme mængde data, der behøvedes til sådanne studier, blev indsamlet automatisk ved hjælp af computerstyrede diffraktometre, og de færdige resultater blev opbevaret som databanker på magnetiske bånd, der var tilgængelige for brugerne gennem computer-netværk.

Anvendelsen af kvanteteorien på kemiske problemer er et andet videnskabsfelt, der står i gæld til computer-teknologien. Da Erwin Schrödinger nedskrev sin bølgeligning i 1926, blev det i princippet muligt at beregne de fleste af materiens fysiske og kemiske egenskaber. Imidlertid kan løsningerne på Schrödingers ligning for flerpartikel-systemer kun findes tilnærmelsesvis,

og før computernes fremkomst kunne selv tilnærmede løsninger ikke findes, undtagen for de aller simpleste systemer.

Da elektroniske high-speed computere blev vidt tilgængelige i 1960'erne, blev det pludseligt muligt at få løsninger på Schrödinger-ligninger for systemer af kemisk eller endog biokemisk interesse. Kvantekemien, påbegyndt af mænd som J. G. Slater, R. S. Mullikin, D. R. Hartree, V. Fock, J. H. van Vleck, L. Pauling, E. B. Wilson, P. O. Löwdin, E. Clementi, C. J. Ballhausen og andre, udviklede sig til et hurtigt voksende område, ligesom faststof-fysikken gjorde. Ved at bruge computere blev det muligt at udforme nye materialer med ønskelige kemiske, mekaniske, elektriske eller magnetiske egenskaber. Ved at anvende computere til analyse af eksperimenter over reaktioners spredning var D. Herschbach, C. Polyani og Y. Lee i stand til at nå til forståelse af de kemiske reaktioners kinematik.

Kvantekemiens succes'er satte Albert Szent-Györgyi, A. og B. Pullman, H. Scheraga og andre i stand til bryde nye veje på områderne kvantebiokemi og molekylærdynamik. Der blev skabt programmer for udvikling af mediciner, og programmer inden for molekylærdynamikken, der gjorde det muligt at beregne konfigurationerne af proteiner ud fra kendskabet til deres aminosyre-sekvenser. Studier inden for kvantebiokemien har givet indsigt i mekanismerne for enzyms virkning, fotosyntesen, aktiv transport af ioner gennem membraner og andre biokemiske processer.

Inden for medicinen begyndte man at anvende computere til overvågning af kriseramte patienters livsfunktioner, - til organisering af informationsstrømmene i hospitalsvæsenet, til opbevaring af patient-journaler, til litteratur-søgning og endog til hjælp ved forskellige diagnosticeringer.

Universitetet i Pennsylvania har udviklet et diagnose-program ved navn INTERNIST-1 med viden om 577 forskellige sygdomme og deres indbyrdes sammenhæng, og med 4.100 tegn, symptomer og patientkarakteristika. Dette program har vist sig at fungere næsten lige så godt som en læge ved diagnosticering af vanskelige tilfælde. QMR, Quick Medical Reference, en mikrocomputer tilpasning af INTERNIST-1, indeholder det tidligere programs diagnose-funktioner samt mulighed for at bruge computerlagret faglitteratur.

Fra begyndelsen af 1960'erne spillede computere en stadig vigtigere rolle inden for ingeniørvirksomhed og i industrien. I 1960'erne begyndte f.eks. Rolls Royce Ltd. at benytte computere til udvikling af den bedst mulige form på turbineblade i flymotorer samt til kontrol af de præcisions-bearbejdende maskiner, der fremstillede bladene. I den type computer-assisterede udviklingsopgaver er arbejdstegninger unødvendige. Det blev yderligere muligt for en

industri, der behøvede dele fra underleverandører, at sende maskinstyringsinstruktionerne til fabrikationen gennem data-netværk til underleverandøren, i stedet for at sende tegninger af delene.

Ved siden af de computerstyrede maskinværktøjer blev der også indført robotter. De anvendes ofte til farlige eller monotone arbejdsopgaver som sprøjtemaling af automobiler, og de kan programmeres ved at gennemgå opgaven én gang manuelt under indprogrammeringen. I 1987 var der mellem 5.000 og 7.000 robotter i U.S.A., medens The Industrial Robot Association i Japan rapporterede, at de have en kapacitet på ca 80.000 robotter.

Kemiske industrier begyndte at anvende raffinerede edb-programmer til at kontrollere og optimere arbejdsprocesserne i deres anlæg. I sådanne styringssystemer rapporteres løbende målinger af temperaturer, tryk, og passage af stof- eller væskemængder til computeren, som så anvender en matematisk model af anlægget i beregningen af de nødvendige tilpasninger for at opnå de optimale arbejds- og produktionsbetingelser.

Ikke blot industrien, men også handelen mærkede effekten af computerudviklingen i efterkrigstiden. Handel er en intens beskæftigelse med informationer, og faktisk opnåede man nogle af de afgørende skridt inden for udviklingen af informationsbehandlings-teknologien som følge af krav fra handelen: De første skrifttegn, der blev opbevaret på lertavler i Mellemøsten, fremkom ved behovet for optegnelser om handelstransaktioner, og i moderne tid banede automatiske hulkortmaskiner vejen for de første programmerbare computere.

Computerudviklingen har påvirket groshandelen, varehusene, detailhandelen, bankerne, børstransaktioner, godstransporten, faktisk alle aspekter inden for handelen. I grossistsalget bliver elektroniske data udvekslet mellem firmaerne ved hjælp af computer-netværk, og man kan derigennem opnå, at ordreprocessen foregår automatisk. På lignende måde kan prisoplysninger transmitteres elektronisk til køberne.

Nøglen til automatisk handel inden for grossisthandelen var standardisering. I De forenede Stater etablerede The Food Marketing Institute og The Grocery Manufacturers of America samt adskillige andre handelsorganisationer The Uniform Communications System, UCS, for købmandsvareindustrien. Dette system specificerer en datastandard for produkter, priser og ordrer.

Automatiske varehussystemer blev udformet så tidligt som i 1958. I disse systemer bliver varer, der skal oplagres, anbragt på paller, der automatisk stables i fløje i lagerbygningerne. En computer registrerer hver vareartikels plads beregnet på senere automatisk fremtagning.

I detailhandelen som i groshandelen viste standardisering sig at være nøglen til automatisering. Varer, der sælges i supermarkeder i de fleste industrialiserede lande, bliver nu prismærket efter en standard for maskinlæsbare tykke og tynde streger, kendt som The Universal Product Code, UPC. Kodens venstre tal specificerer fabrikanten eller forhandleren af varen, medens de højreplacerede tal specificerer varens art. Et afsluttende tal er medtaget som kontroltal til sikring af, at de foregående tal læses korrekt. Dette sidste tal, kaldet modulo check-cifferet, er det mindste tal, der frembringer et multiplum af 10, når det sammenlægges med summen af alle de foregående tal.

Når en kunde passerer gennem kassekontrollen, lader kassedamen de indkøbte varer passere forbi en laserstråle, der reflekteres til en fotocelle, og således indlæser UPC-koden i en lille indbygget computer eller mikroprocessor ved kassedisken. Den adderer varepriserne sammen til kundens kassebon. Mikroprocessoren sender også oplysningerne til en central computer, der styrer lager-databasen. Når lagerbeholdningen af en bestemt vare kommer under en vis grænse, afgiver central-computeren automatisk en erstatningsordre. Det finansielle bogholderi for detailhandelen udføres også automatisk i central-computeren.

I mange supermarkeder er en kunde, der passerer gennem kasse-slusen, i stand til at betale for sit indkøb ved hjælp af et plastickort med et magnetisk registreret maskinlæsbart identifikationsnummer. Købsprisen bliver så transmitteret gennem et data-netværk og automatisk fratrukket kundens bankkonto. Hvis en kunde betaler med check, kan supermarkedets kassedame bruge en speciel terminal for at afgøre, om kundens checks nogensinde er blevet afvist af banken, fordi der ikke har været dækning.

De fleste checks identificeres ved et sæt numre, der er magnetisk registreret efter The Magnetic-Ink Character Recognition system, MICR. I 1958 oprettede man standarder for MICR systemet, og i 1963 blev 85 procent af alle checks udskrevet i De forenede Stater identificeret ved hjælp af MICR numre. I 1968 havde næsten alle banker dette system, og på denne måde blev administrationen af checkkontiene automatiseret, ligesom den komplicerede proces, ifølge hvilken en check hævet hvor som helst i verden returneres til den bank, hvor checkkontoen findes.

Containerskibe blev indført i de sene 1950'ere, og siden da har container-systemerne øget hastigheden i cargobehandlingen rundt omkring i havnene, i hvert fald hvad mængden angår. Data-netværk har i høj grad medvirket til væksten af transportcontainer-systemet ved at holde rede på containernes

destination, deres ejere og indhold.

Ganske som i gros- og detailhandelen viste det sig inden for transportområdet, at standardisering var en nødvendig forudsætning for automatiseringen. Containeren af standardstørrelse og -form kunne lastes og losses i havne med specialiserede traktorer og kraner, der kun krævede meget lidt arbejdskraft. Standardformater for computerlæsbare dokumenter, tolddeklarerationer og fakturaer blev fastlagt af The Transportation Coordinating Committee, en non-profit organisation, der støttes ved afgifter fra shipping-firmaer.

I de industrialiserede dele af verden er næsten enhver slags arbejde blevet gjort mere effektivt ved hjælp af computere og automatisering. Selv kunstnere, musikere, arkitekter og forfattere opdager, at de anvender computere mere og mere. Forfatterens traditionelle skrivemaskine er blevet erstattet af tekstbehandlings-systemer, komponistens klaver af en synthesizer, der frembringer elektronisk musik.

I den industrielle revolution i det 18. og 19. århundrede blev muskler erstattet af maskiner. Computer-tidsalderen repræsenterer en anden industriel revolution: Maskiner er begyndt at udføre arbejde, der engang krævede menneskelig muskelkraft, men desuden også opgaver, der tidligere krævede menneskelig intelligens.

I de industrialiserede samfund har mekaniseringen af landbruget i høj grad reduceret den del af befolkningen, der lever af jorden. I De forenede Stater faldt for eksempel andelen af beskæftigede ved landbruget fra 72 procent til 3,1 procent i tiden fra 1820 til 1980. Der er tegn på, at edb-behandling og automatisering på samme måde vil formindske antallet af beskæftigede inden for handel og industri.

Computerteknologien er så ny, at vi endnu kun kan se begyndelsen af dens virkninger, men når den Anden industrielle Revolution er gennemført, hvordan vil den da påvirke samfundet? Når vore børn er færdige med deres uddannelse, vil de da stå over for en teknologisk betinget arbejdsløshed?

Som vi har set i de tidligere kapitler, skabte den første industrielle revolution megen lidelse, fordi arbejde blev betragtet som en vare, der kunne købes og sælges efter loven om udbud og efterspørgsel, næsten helt uden hensyn til arbejdskraftens behov. Vil vi gentage denne fejltagelse? Eller vil samfundet have lært af de tidligere erfaringer og bruge automatiserings-teknologien til at opnå en vidt udbredt menneskelig tilfredshed?

Nobelpristageren, økonomen Wassily W. Leontief har fremsat følgende udtalelse om problemet teknologisk arbejdsløshed:

"Før Adam og Eva blev uddrevet af Paradis, nød de fordel af en høj

levestandard uden at arbejde. Efter deres uddrivelse har de og deres efterkommere været dømt til at skaffe sig en miserabel eksistens ved arbejde fra morgen til aften. Historien om de sidste tohundrede års teknologiske fremskridt er i det væsentlige historien om, hvordan mennesker som art langsomt og støt arbejder sig tilbage til paradiset. Hvad ville der imidlertid ske, hvis vi pludselig opdagede, at vi var i det? Med alle goder og al service tilvejebragt uden arbejde ville ingen være beskæftiget med lønarbejde. At være arbejdsløs betyder, at man ikke modtager nogen løn. Resultatet ville være, at indtil der var formuleret en hensigtsmæssig ny indkomspolitik, som passede til de ændrede teknologiske vilkår, ville alle sulte i paradiset."

For at sige det samme på en lidt anden måde: tænk over, hvad der vil ske, når en fabrik, der idag beskæftiger 1000 arbejdere, indfører mikroprocessorstyrede industrielle robotter og indskrænker arbejdsstyrken til 50. Hvad ville de 950 overflødige arbejdere gøre? De vil ikke være i stand til at finde arbejde andetsteds inden for industri, handel eller landbrug, fordi scenen vil være den samme over alt i det økonomiske landskab.

Der vil stadig være meget socialt nyttigt arbejde at udføre, for eksempel at tage sig af ældre mennesker, at forskønne byerne, oprette ungdomscentre, plante skove, rense op i forureningen, bygge skoler i udviklingslandene, o.s.v. Disse socialt nyttige opgaver er ikke kommercielt profitable. De er snarere den slags projekter, regeringerne undertiden støtter, hvis der er penge til det. Men de penge, der behøves for på en nyttig måde at beskæftige de 950 arbejdere, vil regeringen ikke være i besiddelse af. De vil være hos den fabriksejer, der lige har automatiseret sine samleband.

For at få det økonomiske system til at fungere igen må enten fabriksejeren overtales til at støtte socialt godgørende, men kommercielt uprofitable projekter, eller også må en mærkbar del af virksomhedens overskud overføres til regeringen, der så vil være i stand til at beskæftige de arbejdsløse arbejdere på en konstruktiv måde.

De fremtidige problemer som følge af automatisering og teknologisk arbejdsløshed kan tvinge os til at revidere nogle af vore økonomiske ideer. Det er muligt, at det at hjælpe unge mennesker til at gennemføre en glat overgang fra uddannelse til sikre jobs vil blive et vigtigt ansvar for regeringerne, selv i lande hvis økonomi er baseret på de frie markeds kræfter. Hvis en sådan forandring finder sted i fremtiden, medens de socialistiske lande samtidig indfører nogle få af de bedre træk ved de frie markeds kræfter, kan man håbe, at verden vil blive mindre skarpt opdelt af kontrasterende økonomiske systemer.

(Det er en klar følge af den udvikling, som John Avery her skitserer, og

hvis første virkninger har været mærkbare gennem de senere års stigende arbejdsløshed i hele den industrialiserede verden, at meget omfattende tilpasninger i de sociale og økonomiske strukturer vil være nødvendige.

For det første må det antages, at produktionsapparatet vil skulle omstilles til fremstilling af varer og tjenester, der kan afsættes. For det andet må der søges andre markeder end de traditionelle, idet produktionen altid forudsætter et købedygtigt publikum som aftager af produkterne.

Uden lønindkomster vil en stedse voksende del af befolkningen ikke kunne aftage produktionen og vil ikke være i stand til at bidrage gennem skatter til samfundsøkonomien.

Tvært imod vil en voksende befolkningsgruppe i den nødvendige tilpasningsfase være helt afhængig af overførselsindkomster, der kun kan fremskaffes i mindre omfang gennem beskatning af de lønindkomster, der forsat vil eksistere, og i stigende omfang gennem beskatning af de producerende virksomheder. Det vil stille krav til virksomhederne om højere overskud, der kun kan opnås gennem øgede priser, samtidig med at en ringere udsigt til nettogevinst af produktionen vil mindske incitamentet til investering af risikovillig kapital.

Konkurrencen vil blive skærpet på markederne, hvor en ringere købekraft vil have vanskeligere ved at aftage produktionen, da nettoindkomsterne i højere grad vil skulle anvendes til næringsmidler og basale livsfornødenheder. Derved skærpes kravet om lavere priser på knappe råvarer, energi og fødevarer, hvilket er uforeneligt med en tendens til at priserne stiger i ønsket om at tilvejebringe større overskud og øgede lønindkomster til beskatning.

Skal det undgås, at dele af befolkningerne proletariseres og henfalder i lediggang, politisk uro, økonomisk depression, voksende kriminalitet og som ofre for politiske charlataner og selvbestaltede guruers åndelige vildførelser, vil det være nødvendigt at foretage tilpasninger i de industrialiserede lændes vækstfilosofi, i produktionen af varer og tjenester, i forbrugsmønstrene, i arbejdskraftens uddannelse og omskoling, i indvandrerpolitikken og befolkningstilvæksten samt i principperne for offentlig anlægsvirksomhed og ulandsbistand.

Tilpasningerne må sigte på at skaffe indtægtsgivende beskæftigelse til det størst mulige antal frie og nyttige samfundsborgere, og ikke blot til en elitær gruppe i en samfundspyramide, hvis nederste lag ellers vil være prisgivet en statslig almisse- og terapivirksomhed.

Faren herved er, at overførselsindkomster eller borgerløn vil være betinget af tvangs- og beskæftigelsesforanstaltninger, der reelt reducerer større

eller mindre dele af befolkningen til nødlidende anden klasses mennesker, som ikke formår at ændre på deres situation. Slaver, der er afhængige af et samfundssystem, de som borgere ikke længer formår at påvirke. O.a.)

18.4 Neurale netværk

Hvis civilisationen overlever, vil fremtidens historikere måske anse opfindelsen af computere som et endnu vigtigere skridt i den kulturelle udvikling, end opfindelsen af trykpressen eller skriften var. Udforskningen af mulighederne inden for kunstig intelligens er knap nok begyndt endnu. Den fremtidige udvikling af computere vil til dels afhænge af mere raffinerede programmer (software), dels af ny computer-arkitektur (hardware).

Fysiologer er begyndt at gøre brug af den indsigt, der stammer fra computer-design, i deres anstrengelser for at forstå hjernens mekanismer. Og computer-designere er begyndt at konstruere computere med neurale netværk som model.

Snart vil vi måske være vidner til udviklingen af computere, der er i stand til at lære komplicerede ideer, generaliseringer, værdidomme, kunstnerisk kreativitet, og meget andet, som man engang mente udelukkende var karakteristisk for den menneskelige hjerne. Forsøg på at udtænke sådanne computere vil utvivlsomt give os en bedre forståelse af måden, hvorpå hjernen udfører sine forbavsende funktioner.

Meget af vor forståelse af nervesystemets funktion hos de højerestående dyr skyldes den spanske mikroskopist Ramon y Cajal samt de engelske fysiologer Alan Hodgkin og Andrew Huxley. Cajals arbejde, som er blevet bekræftet og viderebearbejdet ved hjælp af moderne elektronmikroskopi, viste, at centralnervesystemet er et netværk af nerveceller (neuroner) og trådlignende fibre, der vokser ud og forbinder dem. Hver neuron har mange input-fibre (dendritter) og én output-fiber (axonen), som kan have flere forgreninger.

I 1952, medens de arbejdede med kæmpe-axonen fra en blæksprutte (disse axoner kan være helt op til en millimeter i tværmål) viste Hodgkin og Huxley, at nervefibre er som lange rør. Inde i rørene er en væske, der indeholder kalium og natrium ioner. I en nerve i ro er koncentrationen af kalium i røret højere end i de normale kropsvæsker udenfor, og natriumkoncentrationen er lavere. Disse unormale koncentrationer opretholdes ved hjælp af en "pumpe", der ved hjælp af stofskifteenergien bringer kalium-ioner ind i nerven og uddriver natrium-ioner.

Den rørignende membran, der omgiver nervefibren, er mere gennemtrængelig for natrium end for kalium, og de positivt ladede natrium-ioner har tendens til at sive tilbage i den hvilende nerve. Derved skabes en lille forskel i det elektriske potentiale mellem indersiden og ydersiden. Denne elektriske spændingsforskel hjælper til at holde nervemembranens molekyler ordnet i lag, så membranens gennemtrængelighed for ioner er ringe.

Hodgkin og Huxley viste, at når en nervecelle stimuleres, forandrer hele situationen sig dramatisk. Kalium-ioner begynder at flyde ud af nerven og nedbryder derved det elektriske potentiale, som opretholdt orden i membranen. En depolariserende bølge passerer langs nerven. Ligesom i en række domino-brikker, der vælter, forplantes forstyrrelsen fra den ene sektion af nerven til den næste. Kalium-ioner flyder ud. Det elektriske potentiale, der opretholder orden, forsvinder. Den næste lille sektion af nervemembranen bliver gennemtrængelig, o.s.v. På den måde viste Hodgkin og Huxley, at når en nervecelle "affyrer", bliver en hurtig pulslignende elektrisk og kemisk forstyrrelse transmitteret langs fibren.

Nervecellernes fibre kan være meget lange, men på et tidspunkt når signalet et knudepunkt, hvor en nervecelle er forbundet med en anden, eller hvor en nerve er sammenføjet med en muskel. Knudepunktet kaldes en synapse. I synapsen bliver kemiske stoffer (transmittorer) frigjort, hvad kan få den næste nervecelle til at "fyre" eller forhindrer den i det, afhængig af synapse-typen. De kemiske transmittorer, der frigøres ved nerveimpulserne, blev først studeret af Sir Henry Dale, Sir John Eccles og af Otto Loewi, der opdagede, at de også kan udløse muskelsammentrækninger. Blandt de substanser, som man mener er aktiverende transmittorer, er acetylkolin, noradrenalin, norepinefrin, serotonin, dopamin og glutamat, medens gamma-amino-smørsyre menes at være en hæmmende transmittor.

Når en nervecelle først fyrer, vil et signal med sikkerhed forplante sig langs dens axon. Når signalet imidlertid ankommer til en synapse, hvor en axon er i kontakt med en anden nervecelles dendrit, er det slet ikke sikkert, at den næste nervecelle vil fyre. Om den gør det eller ej afhænger af mange ting: Det afhænger af frekvensen af de pulstog, der ankommer langs axonen, idet transmittorsubstansen hele tiden bliver nedbrudt.

(De elektrobiokemiske signaler, der forplanter sig i nerverne er frekvensmodulerede. D.v.s. at f.eks. øget stimulus af en sansecelle giver ikke anledning til større signalamplituder, men til en højere signalfrekvens. O.a.)

Det afhænger endvidere af typen af transmittorsubstansen, idet nogle substanser hæmmer affyringen af den næste celle. Desuden afhænger det af,

om den næste neuron er åben, idet synapsen er blevet modificeret af sit tidligere historiske forløb, og endelig afhænger det af blodets koncentration af forskellige kemiske stoffer.

Variationen af og tilpasningsevnen i synapserne og i de komplekse forgrenede mellemforbindelser af dendritter og axoner hjælper med til at forklare nervesystemets finesse og dets følsomhed over for forskellige kemiske stoffer i blodet. Nogle neuroner (såkaldte og-celler) fyrer kun, når alle deres input-dendritter er "tændt". Andre neuroner (de såkaldte eller-celler) fyrer, når en vilkårlig af dendritterne fyrer. Andre neuroner igen (kaldet forhindrer-celler) fyrer, når visse dendritter bliver tændt, men kun hvis andre hæmmede dendritter ikke bliver tændt. Interessant nok har og-, eller- samt hæmmede eller forsinkende kredsløb spillet en fundamental rolle i computerudviklingen siden de elektroniske computers tidligste begyndelse.

I 1960'erne fremlagde den engelske neuroanatom J. Z. Young en model af synsnervebarken fra en blækspruttehjerne. I Youngs model udfører arrangementet af og-, eller- og forhindrer-cellerne mønsterabstraktionsfunktionen. Modellen er baseret både på indlæringseksperimenter med blæksprutter og på mikrofysiologiske studier af blækspruttehjernen.

Ifølge Youngs model registreres de synsindtryk, der modtages på blæksprutteøjets nethinde eller retina, på en direkte måde i de ydre lag af neuroner i hjernens synsbark. Billedet på retina danner et billede på barken, akkurat som blev det projiceret på en skærm. Men arrangementet af og-, eller- og inhibitor-celler i hjernebarken er sådan, at efterhånden som signaler fra retina forplantes indad til dybereliggende lag, vil bestemte celler i hjernebarken kun fyre som respons på et bestemt mønster på retina.

I Youngs model når signalet derefter til en forgrening, hvor det enten kan stimulere blæksprutten til angreb eller tilbagetog. Der er en fortrinsvis tilbøjelighed til angreb, og derfor vil blæksprutten, første gang den præsenteres for en genstand af en hvilken som helst form, have tendens til at angribe den. Men hvis den, der udfører eksperimentet, giver dyret et elektrisk stød, modificeres synapserne i angrebsvejen, og angrebsrefleksen bliver blokeret.

Når blæksprutten senere præsenteres for en genstand af samme form, kommer signalet igennem på nøjagtig samme måde som før. Men denne gang vil signalet, idet det når angrebs/tilbagetogs forgreningerne, få dyret til at retirere, idet pulsvejene for angrebsimpulsen er blokeret. Blæksprutten har "lært" af den tidligere "erfaring".

(Det synes at være et generelt træk ved hjernens funktion, at der gennem hele livsforløbet foregår en organiseret vækst og tilpasning i strukturen af

dendritter, axoner og synaptiske forbindelser, ligesom i mængden og fordelingen af kemisk udfældet stof i neuronerne som resultat af sansningen og hjernevirksomheden. Den erfarede ydre verden såvel som de indre individuelle erfaringer afbildes med andre ord gennem sanseapparatet i objektive reelle rumlige strukturer, der interagerer på en måde, vi endnu kun netop er på sporet af at forstå. Afbildningen kan sammenlignes med udfældningen af metalliske sølvkorn i en fremkaldt filmemulsion, således at tankevirksomheden groft sagt kan sammenlignes med en slags elektronisk billedbehandling af reelt foreliggende billeder. (En art trækken vod med bevidsthedens net. O.a.)

Det er muligt, at fremtidens computere vil have mønstergenkendelses- og indlæringssevner afledt af en arkitektur, der er inspireret af vor forståelse af synapsen i Youngs model, eller af andre biologiske modeller. Genkendelse af mønstre og indlæring kan imidlertid også opnås gennem programmering, når man anvender computere af konventionel arkitektur. Der eksisterer allerede programmer, som sætter computere istand til at genkende både håndskrift og menneskelig tale, og et af den senere tids skakprogrammer er istand til at lære ved at studere et stort antal mesterlige spil. Efter at have optimeret beslutningsparametrene, d.v.s. reglerne for spillet, gennem dette indlærings-eksperiment, var skakprogrammet istand til at vinde over stormestre i skak.

(Neurologien og computerteknologien vil formentlig også føre til dybere forståelse af sprog og sproghandling som program for fællesmenneskelig kommunikation, for læreprocesserne og normdannelserne, og for det psykologiske fænomen, at den sproglige kode er istand til aktivere komplekse indlærte handlingsmønstre, der f.eks. kan dreje sig om den adækvate håndtering af angst- og frygtreaktioner, men også kan bruges til aggression og kanalisering af samme i destruktiv retning. O.a.)

Ligesom kernefysik og gensplejsning repræsenterer kunstig intelligens en udfordring: Vil samfundet forstå at bruge den nye magt klogt og menneskeligt? Fremtidens computerteknologi kan befri os for kedeligt og ensformigt arbejde, og gøre det muligt for os at anvende vor energi på kreative måder. Eller den kan fremkalde arbejdsløshed og elendighed, afhængig af hvordan vi organiserer samfundet. Hvad vil vi mon vælge?

Kapitel 19

Omsorg for Jorden

19.1 Eksponentiel vækst

Vor arts kulturelle udvikling har været forbløffende hurtig, målt på tidsskalaen for almindelig genetisk udvikling. Mennesket har levet på Jorden i cirka to millioner år, - mere eller mindre, afhængig af hvor man drager grænsen mellem vore menneskelige og protomenneskelige forfædre. Gennem næsten hele denne tid har vore forfædre levet af jagt og fødeindsamling. De var ikke iøjnefaldende forskellige fra andre dyr, og der var slet ikke mange af dem.

Inden for et kort spand af titusind år eksploderede vor art så pludselig fra nogle få millioner til mere end fem milliarder mennesker, der befolker alle dele af Jorden, og endog har sat fødderne på Månen.

Denne befolkningsekspllosion, der stadig fortsætter, har været resultatet af dramatiske kulturelle forandringer. Genetisk er vi så at sige identiske med vore jagende og samlende forfædre, der levede for titusind år siden, men den kulturelle udvikling har ændret vor levevis til ukendelighed.

I den genetiske evolution ændrer en art sig gennem nedarvede variationer af DNA'et i artens individuelle medlemmer. Menneskearten har imidlertid en anden måde at forandre sig på, nemlig gennem de bidrag til den nedarvede mængde af teknikker, vaner og viden, vi kalder kultur.

Samtidig med talens udvikling begyndte menneskets kulturelle udvikling at accelerere. Med agerbrugsrevolutionen begyndte udviklingen at gå hurtigere, og endnu hurtigere efter opfindelsen af skrift og trykteknik. Endelig har den moderne videnskab accelereret hastigheden i de tekniske og sociale forandringer i en aldrig tidligere set grad. Med andre ord, der er sket en

"informationsekspllosion", hvortil den moderne videnskab har bidraget.

Væksten i moderne videnskab accelererer, fordi viden næres af sig selv. En ny ide eller udvikling kan i sig selv medføre adskillige andre nyskabelser, der igen kan igangsætte en lavine af forandringer. Inden for atomstrukturens område førte for eksempel kvanteteorien til opfindelsen af transistorer, der igen tillod udviklingen af meget hurtige ciffer-regnemaskiner. Og computere har ikke blot skabt videre udvikling i kvanteteorien, de har også været revolutionerende inden for mange andre felter.

Vækstlovene, der følger af denne type sammenhæng, er eksponentielle. Antallet af årligt publicerede videnskabelige artikler er gennem nogen tid vokset eksponentielt, og er blevet fordoblet ca hvert 15. år. Teknologiens eksponentielle vækst er drivkraften bag de andre eksponentielt stigende grafer, der kan tegnes, såsom graferne af befolkningstilvæksten og af væksten i den internationale handel.

Når forøgelsen af en kvantitet er proportional med mængden, der allerede findes, er den resulterende vækst eksponentiel. Videnskabens eksponentielle vækst skyldes, at dens forøgelse er proportional med mængden, der allerede findes. Det samme gælder befolkningstilvæksten, fordi fødselstilvæksten er større en dødstabet.

Fordoblingstiden for en eksponentielt voksende mængde er omtrent 70 år divideret med den årlige tilvækstprocent. Derfor vil en befolkning, der vokser med 2 procent om året, fordobles i løbet af ca 35 år, medens en population, der vokser med ca 3 procent om året, vil fordobles i løbet af ca 23 år.

Set ud fra et ganske bestemt synspunkt er den fænomenale vækst i befolkningstallene og i den økonomiske aktivitet en succes, hvori helten er den tekniske udvikling. Næsten alle, der lever idag, kan takke de moderne landbrugsmetoder, industrien og lægekunsten for livet. Hvis menneskene var forblevet jægere og samlere, ville den globale befolkning have fortsat at være kun nogle få millioner; og under disse omstændigheder ville næsten ingen nulevende være blevet født, eller de ville være døde i barndommen. Derfor kan de fleste af os takke de samfundsmæssige fremskridt for, at vi overhovedet eksisterer.

Men sammenlignes befolkningernes nuværende vækstrate og den økonomiske aktivitet med verdens reserver af uerstattelige ressourcer og dyrkelige landområder, ser billedet ganske anderledes ud: Vi kan se begyndelsen på en tragedie, hvori vækst og "fremskridt" formentlig vil spille skurkerrollerne.

19.2 Befolkning og fødevareforsyning

I 1950 var verdensbefolkningen 2,5 mia. I 1987 var den over 5 mia, og var således fordoblet på 37 år med en vækstrate på 1,7 procent pr år. Ekspertter fra De forenede Nationer tror, at omkring år 2095 vil Jordens befolkning have stabiliseret sig ved et folketal omkring 10 mia, groft sagt en fordobling af befolkningen idag, og størstedelen af væksten vil da have fundet sted i de mindre udviklede dele af verden.

I 1983 nedsatte De forenede Nationers generalsekretær en Verdenskommission for Miljø og Udvikling med den norske statsminister Gro Harlem Brundtland som leder. Kommissionens rapport "Vor fælles Fremtid", publiceret i 1987, undersøger spørgsmålet, hvorvidt Jorden kan brødføde en befolkning på 10 mia mennesker uden sammenbrud i de økologiske systemer, som alt liv afhænger af. Hvad angår fødevareproblemet har rapporten følgende at sige:

"...Forskerne har bedømt det "teoretiske" potentiale for global fødevareproduktion. Én undersøgelse antager, at arealerne til fødevareproduktion kan blive omkring 1.5 mia hektarer, nær det nuværende niveau, og at gennemsnitsudbyttet kunne nå op på en størrelse svarende til 5 tons korn pr hektar (over for det nuværende gennemsnit på 2 tons korn- ækvivalenter). Medregner man produktionen på marginaljorder og marine ressourcer, er det totale "potentiale" på ca 8 mia korn-ækvivalenter."

"Hvor mange mennesker kan dette brødføde? Det nuværende globale gennemsnitsforbrug af planteenergi til fødevarer, såsæd og dyrefoder beløber sig til omkring 6.000 kalorier dagligt med et spænd mellem landene på 3.000 til 15.000 kalorier dagligt, afhængig af kød-forbruget. På denne basis kunne den potentielle produktion ernære lidt mere end 11 mia mennesker. Men hvis det gennemsnitlige fødevareforbrug stiger væsentligt, f.eks. til 9.000 kalorier, kommer Jordens befolkningskapacitet ned under 7,5 mia."

"Disse tal kunne være betragteligt højere, hvis det areal, der anvendes til fødevareproduktionen, og produktiviteten af 3 mia hektarer permanent græsningsland kunne inddrages på en holdbar basis. Alligevel antyder data, at tilfredsstillelsen af fødevarebehovet hos en endelig verdensbefolkning på omkring 10 mia vil forudsætte nogle ændringer i spisevanerne tilligemed en væsentlig forbedring af effektiviteten i det traditionelle landbrug."

Den næste fordobling vil således bringe det globale folketal tæt på eller ud over det maksimale antal, Jorden kan ernære, selv hvis man regner med væsentligt forbedrede ydelser i landbruget. I det afsnit, der citeredes

fra Brundtland Rapporten, antages det, at verdensgennemsnittet af landbrugsydelse pr hektar kan fordobles, men denne forudsætning rejser mange problemer.

Ekstremt højtydende sorter af ris og hvede er blevet skabt af en "grøn revolutions" plantegenetikere, f.eks. sorten Norman Borlaug. Disse højtydende varieteter kræver imidlertid et stort forbrug af kemiske kunstgødningsprodukter og pesticider tilsammen med store mængder vand. Vil de nødvendige enorme mængder kunstgødning være globalt tilgængelige?

Ifølge en undersøgelse foretaget fornylig, *Man's impact on the Global Environment*, MIT Press, 1970, voksede verdens fødevarerproduktion 34 procent mellem 1951 og 1966, men dette medførte en forhøjelse på 146 procent i brugen af nitratgødninger og en forhøjelse på 300 procent i brugen af pesticider. Mellem 1964 og 1987 steg Asiens gødningsforbrug med en faktor 10 fra 4 mio tons til 40 mio tons. Der vil blive brug for endnu langt større forøgelse, hvis det globale landbrug skal fordoble produktiviteten pr hektar i løbet af det næste halve århundrede. Hvis vi går ud fra, at den fornødne mængde gødningsprodukter er disponibel, kan det forventes, at afvandingen fra markerne, der vil være stærkt mættede med nitrater, fosfater og pesticider, vil forurene grundvandet, søerne og oceanerne, og derved bl.a. reducere fiskebestandene.

Man kan allerede konstatere en katastrofal iltmangel i bundlagene i havområder som Østersøen, der er omgivet af lande, hvis landbrug for tiden har et stort forbrug af gødningsstoffer. Denne iltmangel skyldes algevæksten i overfladevandlagene, hvor algerne stimuleres af nitrat- og fosfat-indholdet. Algernes bakterielle forrådnelse i bundlagene opbruger ilten, og i mange af Østersøens områder er alle bundlevende arter forsvundet.

Pesticider og gødningsstoffer i drikkevandet kan forårsage sygdomme hos mennesker, her iblandt kræft og methæmoglobinæmi, somme tider kaldet "blå børn" syndromet, der bl.a. kommer af at drikke vand indeholdende for store nitratkoncentrationer.

Hvis en verdensbefolkning på 10 mia skal brødfødes, står et andet alternativ åbent: Mere land kan udnyttes til landbrug. Men vi kan imidlertid møde lige så mange problemer ved at fordoble verdens landbrugsarealer som ved at fordoble produktiviteten pr hektar.

Udgifterne til veje, vandingsanlæg, rydning og gødskning af ny landbrugsjord vil i gennemsnit beløbe sig til mere end 1.000 U.S. dollars pr hektar. I løbet af de næste 50 år vil hungersnød ramme de fattigste dele af verdens befolkninger. Kapital til indvinding af ny landbrugsjord kan ikke fremskaffes fra mennesker, der trues af hungersnød. Den må findes på andre måder.

En rapport fra De forenede Nationers "Food and Agricultural Organization", Provisional Indicative World Plan for Agricultural Development, FAO, Rom 1970, fremkommer med følgende udtalelse vedrørende ny landbrugsjord:

"I Syd-Asien, ...i nogle lande i Øst-Asien, i Mellemøsten og Nord-Afrika... er der næsten intet spillerum til udvidelse af landbrugsområderne. ...I de mere tørre områder vil det endda være nødvendigt at vende tilbage til permanent græsning på de jorder, der er marginale eller submarginale for dyrkning. I det meste af Syd-Amerika og i Afrika syd for Sahara er der stadig betragtelige muligheder for at udvide de dyrkede områder. Men udgifterne til udviklingen er høje, og det vil ofte være mere økonomisk at intensivere anvendelsen af de områder, der allerede er i brug."

I 1950'erne forsøgte både U.S.S.R. og Tyrkiet at omlægge udtørret græsland til hvedefarme. I begge tilfælde mislykkedes forsøgene på grund af tørke og vinderosion, på samme måde som hvedefarmene i Oklahoma blev ødelagt af tørke og støvflugt i 1930'erne.

Hvis overrislingen af udtørrede områder ikke foretages med omhu, kan salt aflejres, så jorden ødelægges for agerbrug. Denne type ørkendannelse kan ses i dele af Pakistan. En anden type ørkenudvikling kan iagttages i Sahel-området i Afrika syd for Sahara. Den hurtige befolkningstilvækst i Sahel har ført til overgræsning, ødelæggelse af trævæksten og vinderosion, så landet er blevet ude af stand til at ernære selv det oprindelige befolkningstal.

Jordens tropiske regnskove bliver også hastigt ødelagt for nye jordbrugs skyld. Tropiske regnskove menes at være hjemsted for mere end halvdelen af verdens plante- insekt- og dyrearter, og regnskovenes ødelæggelse medfører, at arterne udryddes med alarmerende hurtighed. Harvard-biologen E. O. Wilson beregner, at udryddeshastigheden på grund af skovdøden i troperne nu er oppe på mere end 4.000 arter om året, - 10.000 gange den naturlige hastighed ifølge Scientific American, september 1989.

Den vældige biologiske variation i de tropiske regnskove skyldes deres stabilitet. I modsætning til de nordlige skove, der har været påvirket af istiderne, har de tropiske regnskove eksisteret uforstyrret i millioner af år. Sarte og komplekse økologiske systemer har følgelig haft chance for at udvikle sig. Professor Wilson giver udtryk for dette med følgende ord:

"Sarte superstrukturer af arter opbygges, når miljøet forbliver stabilt nok til at understøtte deres udvikling gennem lange tidsrum. Biologer ved nu, at livsformerne kan bringes til at forsvinde, som korthuse der vælter, ved relativt små forstyrrelser i de fysiske omgivelser. De er slet ikke robuste."

Vi må anse det årlige tab af tusinder af arter for en tragedie, ikke blot

fordi enhver form for liv fortjener vor respekt og beskyttelse, men også fordi biologisk mangfoldighed er en potentiel rigdom for de menneskelige samfund. Det antal arter, vi hidtil har tæmmet eller udnyttet i medicinen, er meget lille i forhold til antallet af potentielt nyttige arter, der endnu venter i verdens tropiske regnskove. Ødelægger vi dem, skader vi vor egen fremtid.

Hvert år ryddes og brændes mere end 100.000 kvadratkilometer regnskov, et areal, der svarer til Schweiz's og Hollands samlede arealer. Næsten halvdel af verdens tropiske skove er allerede ødelagt. Ironisk nok bliver den jord, der således ryddes, ofte uegnet til landbrug i løbet af nogle få år.

Tropisk jordbund synes at være frugtbar, når den er dækket af en frodig vegetation, men den er ofte fattig på næringsstoffer på grund af udvaskning ved kraftige regnskyl. De næringsstoffer, der bliver tilbage, indeholdes i selve vegetationen, og når skovdækningen fjernes og brændes, bliver de meget hurtigt vasket bort.

Den tilbageværende jordbund er ofte rig på aluminiumoxid og jernoxid. Når sådan jordbund udsættes for ilt og sollys, dannes en stenagtig substans ved navn laterit. Angkor Wat templerne i Cambodia er bygget af laterit, og det menes, at Kmer-civilisationen, der byggede disse templer for tusind år siden, forsvandt på grund af jordens omdannelse til laterit.

Som det forstås af det, vi lige har diskuteret, vil en tilvækst af verdens fødevareforsyning for at brødføde en næsten fordoblet befolkning blive vanskelig. Hvis man overhovedet kan nå dette mål, kan det kun ske ved omkostning i form af alvorlig skade på det globale miljø og udryddelsen af mange tusinde arter.

Foruden de landbrugs- og miljømæssige problemer er der finansielle og fordelingsmæssige problemer. Hungersnød kan forekomme, selv når der findes korn andre steder i verden, fordi de samfund, der trues af sultedøden, ikke kan betale for kornet eller for transporten af det. De økonomiske love for udbud og efterspørgsel kan ikke løse problemer af denne type. Man siger således, at der ikke er "efterspørgsel" af fødevarer, idet man mener efterspørgsel i økonomisk forstand, selv om folk i virkeligheden sulter.

Efterhånden som Jordens befolkning nærmer sig de 10 mia, kan vi forvente, at der vil opstå alvorlig hungersnød i mange udviklingslande. Begyndelsen til denne tragedie kan allerede iagttages. Det er blevet beregnet, at omkring 40.000 børn nu dør hvert år af sult eller af kombinationen sygdom og dårlig ernæring. Denne forfærdelige lidelse og tabet af menneskeliv vil sandsynligvis blive endnu værre i de næste få årtier. At problemet at skabe øget vækst i verdens fødevareforsyning er meget vanskeligt, mindsker på ingen måde det



akutte behov for problemets løsning.

19.3 Byernes vækst

Globalt set er befolkningstilvæksten mindsket fra 2,0 procent pr år i 1972 til 1,7 procent pr år i 1987, og man kan håbe, at væksten vil fortsætte at aftage. Den er imidlertid stadig meget høj i de fleste udviklingslande. I Kenya f.eks. er befolkningstilvæksten 4,0 procent pr år, hvilket betyder, at Kenyas befolkning vil fordobles på 17 år.

På grund af den tiltagende mekanisering i landbruget er yderligere millioner i udviklingslandenes befolkninger ikke i stand til at finde arbejde ved landbruget. De har intet som helst andet valg end at søge til de overbefolkede byer, hvor infrastrukturen er ude af stand til at modtage de mange nyankomne. De nye tilflyttere er ofte tvunget til at leve i ekskrementfyldte interimistiske slumkvarterer, hvor dysenteri, leverbetændelse og tyfus florerer, og hvor de menneskelige livsbetingelser synker til det usleste stade, man kan tænke sig.

I løbet af de 60 år fra 1920 til 1980 er udviklingslandenes bybefolkninger steget med en faktor 10 fra 100 mio til næsten 1 mia. I 1950 var befolkningen i Sao Paulo i Brasilien 2,7 mio mennesker. I 1980 var den vokset til 12,6 mio, og forventes at nå op på 24,0 mio i år 2000. Også Mexico City er vokset eksplosivt ud over alle grænser. I 1950 var indbyggertallet i Mexico City 3,05 mio, i 1982 var det 16,0 mio, og det forventes at stige til 26,3 mio i år 2000.

En lignende eksplosiv bytilvækst kan observeres i Afrika og i Asien. I 1968 voksede Lusaka, hovedstaden i Zambia, og Lagos, hovedstaden i Nigeria, med 14 procent pr år, og således med en fordobling af befolkningstallet hvert 5. år. I 1950 havde Nairobi, Kenyas hovedstad, en befolkning på 0,14 mio. I år 2000 forventes den at være nået op på 5,3 mio, og vil dermed være vokset med en faktor næsten 40.

I 1972 var der 7,5 mio indbyggere i Calcutta. Antallet ventes at være fordoblet ved slutningen af dette århundrede. Denne tilvækst vil skabe en tragisk stigning i fattigdom og forurening, begge dele onder, som Calcutta allerede lider under. Hoogley-flodens munding nær Calcutta er allerede kvalt af ubearbejdet industriaffald og skrald, og 60 procent af Calcuttas indbyggere lider allerede nu af luftvejssygdomme på grund af luftforureningen.

Regeringerne i Den tredje Verden, der kæmper for at skaffe rent vand, sanitære anlæg, veje, skoler, sundhedsvæsen og arbejde til alle deres indbyg-

gere, må give op over for de hastigt voksende bybefolkninger. Ofte har de interimistiske barak- og skurbyer, der bebos af de nye tilflyttere, ingen vandledninger, eller hvis vandforsyning overhovedet eksisterer, er trykket så lavt, at kloakvand siver ind i systemet.

Mange hjemløse børn er i Tredie Verdens-lande overladt til at sørge for sig selv, og sover og fouragerer i byernes gader. Forholdene har tendens til at blive værre med tiden, snarere end bedre. Ligegyldigt hvilke forbedringer regeringerne forsøger at iværksætte, bliver de hurtigt bragt til ophør af de voksende befolkninger.

19.4 Den demografiske overgang

I redegørelsen for Den Industrielle Revolution bemærkede vi et generelt mønster i de sociale virkninger, som en teknisk nyskabelse medfører: Da tekniske forandringer sker eller kan gennemføres meget hurtigt, medens sociale og politiske tilpasninger tager længere tid, er den første virkning af en ny teknologi ofte, at der skabes ubalance i samfundet, og at den i en begyndelsesperiode bevirker lidelser og sociale forstyrrelser. Men når samfundet endelig har gennemført de nødvendige tilpasninger, bliver de nye teknikker ofte til nytte.

I tilfældet med Den industrielle Revolution blev resultatet store lidelser, da et landbrugssamfund med de traditionelle rettigheder og pligter blev erstattet af et samfund, der fungerede efter rent økonomiske love, idet arbejde blev betragtet som en vare, der kunne købes og sælges uden hensyn til de behov, de involverede mennesker havde. Senere, efter at man havde foretaget de nødvendige sociale tilpasninger, blev industrialiseringen imidlertid til stor gavn.

Vi har lige diskuteret et nyere eksempel på social forstyrrelse og lidelse, skabt som følge af introduktionen af en ny teknisk forandring: Avancerede medicinske teknikker, overført fra de industrialiserede lande til Den tredie Verden, har hurtigt sænket dødeligheden, men uden at indvirke på de grundliggende sociale strukturer og traditioner. Resultatet har været overbefolkning og fattigdom.

På Sri Lanka (Ceylon) for eksempel er dødeligheden faldet væsentligt fra 22 promille i 1945 til 10 promille i 1954, i hovedsagen som resultat af et anti-malari program. De sociale sædvaner er imidlertid forblevet de samme. Piger blev fremdeles gift meget tidligt, og fortsatte at føde deres ægtemænd et stort antal børn, ganske som da dødeligheden var høj. Resultatet er en

befolkningsekspllosion, der har voldt næsten lige så megen lidelse som den malaria, den afløste.

I 1950'erne og 1960'erne havde man store forhåbninger til, at overførslen af teknologi fra de industrialiserede lande ville føre til udvikling og fremgang i alle dele af verden. Præsident Kennedy foreslog, at 1960'erne skulle betegnes som "udviklings-tiåret", og det forslag blev taget til følge i De forenede Nationer.

Udviklings-tiårets gode intentioner blev understøttet af betydelig hjælp. Ifølge officielle beregninger bidrog de industrialiserede nationer med 8 mia U.S. dollars pr år til de mindre udviklede dele af verden. Men i de fleste Tredie Verdens-lande blokerede en eksplosiv befolkningstilvækst for den økonomiske udvikling og skabte en fattigdomsfælde. Kløften mellem de rige og de fattige nationer udvidedes i stedet for at mindskes.

Fødselstallene i udviklingslandene er nu begyndt at falde, og man kan håbe, at disse lande snart vil have fuldført den demografiske overgang fra deres oprindelige ligevægt med høj dødelighed og høje fødselstal til en ny ligevægt med lav dødelighed og lave fødselstal.

Hastigt voksende befolkninger er både årsagen til og virkningen af fattigdom. Som vi har set bliver økonomisk udvikling vanskeligere eller umulig i en hastigt voksende befolkning. Men i en veluddannet og velstående befolkning, hvor kvinder har en høj social status og arbejde uden for hjemmet, har fødselstallet en tendens til at være lavere. I Danmark for eksempel får hver kvinde i gennemsnit færre end to børn.

En ny undersøgelse ledet af Robert J. Lapham fra The Demographic and Health Surveys og af W. Parker Mauldin fra The Rockefeller Foundation har vist, at anvendelsen af fødselskontrol har forbindelse med både den socio-økonomiske baggrund og med eksistensen af stærke programmer for familieplanlægning. I lande som for eksempel Yemen, Burundi, Chad, Guinea, Malawi, Mali, Niger, Burkina Faso og Mauretanien, hvor man har svage eller slet ingen familieplanlægningsprogrammer, anvender kun 1 procent af parrene fødselskontrol.

I Paraguay, hvor den socio-økonomiske baggrund er på et højt stadi, men hvor der ikke findes noget familieplanlægningsprogram, bruger 36 procent af parrene fødselskontrol. I Indonesien med en lav socio-økonomisk baggrund, men med et stærkt regeringsstøttet program for familieplanlægning, er procenten 48. Endelig anvender 80 procent af alle par i Hong Kong fødselskontrol, idet man der har både en relativ høj socio-økonomisk status og et stærkt familieplanlægningsprogram.

Kina, verdens mest folkerige nation, har indført den politik kun at tillade ét barn pr. familie. Denne politik har indtil videre været mest effektiv i byerne, men med tiden kan den også blive effektiv i landdistrikterne. Som andre udviklingslande har Kina en meget ung befolkning, der vil fortsætte at vokse, selv når frugtbarheden falder til under udskiftningsgrænsen, fordi flere i befolkningen vil bidrage til fødselstilvæksten, end der afgår ved døden. Nuværende befolkning i Kina er mellem 1,1 og 1,2 mia. Det forventede folketal i Kina ved år 2025 er 1,5 mia mennesker.

Da sundhed, udvikling og lavere fødselstilvækst er kædet sammen, er det hensigtsmæssigt, at familieplanlægning er en vigtig bestanddel af programmer for den offentlige sundhed og den økonomiske udvikling. I 1977 bestemte The World Health Organization, at målet for det kommende tiår skulle være "Opnåelsen af, at alle verdens indbyggere ved år 2000 har et sundhedsniveau, der tillader dem at leve et socialt og økonomisk produktivt liv." Halfdan Mahler, som dengang var generaldirektør i The World Health Organization, har udtrykt forholdet mellem sundhed, udvikling og familieplanlægning med følgende ord:

"Land efter land har været vidne til, at en vanskeligt opnået vækst i totalproduktionen, fødevareproduktionen, sundheden og uddannelsesfaciliteterne samt beskæftigelsesmulighederne er blevet reduceret eller ophævet på grund af umådeholden befolkningstilvækst. De fleste underudviklede lande forsøger derfor at begrænse befolkningstilvæksten."

"De sidste år har lært os, at bogstavelig talt hvor som helst sundhedsbevarende institutioner er blevet gjort tilgængelige, har kvinder forlangt oplysning og de nødvendige hjælpemidler til at begrænse familiens størrelse og for selv kunne vælge, hvornår de vil have deres børn."

19.5 Uerstattelige ressourcer

Økonomer i de industrialiserede lande har længe virket, som om vækst var synonym med økonomisk sundhed. Hvis bruttonationalproduktet i et land stiger støt med 5 procent om året, giver de fleste økonomer udtryk for bifald og siger, at økonomien er sund. Hvis økonomien kunne bringes til at vokse endnu hurtigere, føler de, økonomien ville blive endnu sundere. Hvis vækstraten skulle falde, vil man stille diagnosen økonomisk sygdom.

Økonomien er blevet kaldt "vækstens utålmodige videnskab", og med kun nogle få bemærkelsesværdige undtagelser som f.eks. Rom-klubben, synes ø-

konomerne at formode, at vækst kan fortsætte evigt. Denne antagelse kan naturligvis ikke stå for en nærmere undersøgelse, ligesom heller ikke antagelsen om, at befolkningerne kan fortsætte at vokse for stedse.

Det er klart, at med en begrænset Jord kan befolkningen ikke fortsætte at vokse uendeligt på grund af de begrænsninger, som fødevareforsyningen sætter, og på grund af begrænsninger, der sættes af miljøets mulighed for at tåle forureningen. Eksponentiel vækst, hvor befolkningen fordobles for hver generation eller bare i løbet af nogle få generationer, har bragt os ret tæt på disse grænser med forbløffende hastighed. Det er karakteristisk for eksponentiel vækst, at man forbavses over den pludselige tilnærmelse til grænserne, fordi man bevæger sig brat fra en situation med overflod til en knaphedssituation i løbet af en enkelt fordoblingsperiode.

Som vi har set oven for, vil den globale befolkningsudvikling snart overstige miljøets bæreevne. Økonomisk vækst vil nå samme grænser såvel som de grænser, der sættes gennem brugen af uerstattelige ressourcer. Vor manglende evne til at indse dette klart skyldes formentlig vor modvilje til at se mere end nogle få år frem i tiden. Vi siger til os selv "Hvad der sker om halvtreds år er ikke vort problem". Men vi skylder trods alt vore børn at prøve at se så langt ud i fremtiden som vel muligt, fordi "vi ikke arvede Jorden fra vore forældre, vi låner den af vore børn."

I 1968 organiserede den italienske økonom dr. Aurelio Peccei et møde i Academia dei Lincei i Rom for at diskutere "Menneskehedens nuværende og fremtidige situation". Delegaterne ved mødet omfattede ikke blot økonomer, men også lærere, videnskabsmænd, humanister og politiske ledere. Mødet blev indledning til dannelsen af en uformel international gruppe ved navn Rom Klubben, som har gennemført en række studier med det formål at estimere den fremtidige globale økonomi.

En af rapporterne fra Rom-klubben, *Grænser for Vækst* af D. H. Meadows, D. L. Meadows, J. Randers og W. W. Behrens, Signet, 1972, omfatter en tabel over ikke-fornyelige ressourcer, der sammen med et skøn over åremålet, der vil gå, før de bliver ekstremt kostbare på grund af knaphed. Tabellen anfører både et statisk indeks baseret på det nuværende forbrug, og et eksponentielt indeks beregnet ud fra et stigende forbrug.

De faste forhold for nogle få uerstattelige ressourcer, som der er knaphed på, er som følger:

Kobber 36 år, bly 26 år, naturgas 38 år, råolie 31 år, tin 17 år, tungsten 40 år og zink 23 år. De eksponentielle forhold for disse ressourcer er endnu meget mindre. Hvis vi for eksempel går ud fra en eksponentiel stigning i

forbruget, vil naturgas blive meget dyr på grund af knaphed i løbet af blot 22 år, og råolien ligeledes i løbet af kun 20 år.

De nævnte ressourcer vil være til stede, men til stærkt forhøjede priser efter udløbet af disse perioder. Efterhånden som en uerstattelig beholdning er ved at være opbrugt, stiger prisen. Nye udvindingsmetoder bliver derved rentable, nye reserver vil undertiden blive opdaget, og forbruget vil falde. På denne måde forsvinder ressourcen ikke helt, men der vil være et bestemt tidspunkt, hvor man har nået et maksimum i produktion og forbrug, og fra det øjeblik falder forbruget af ressourcen.

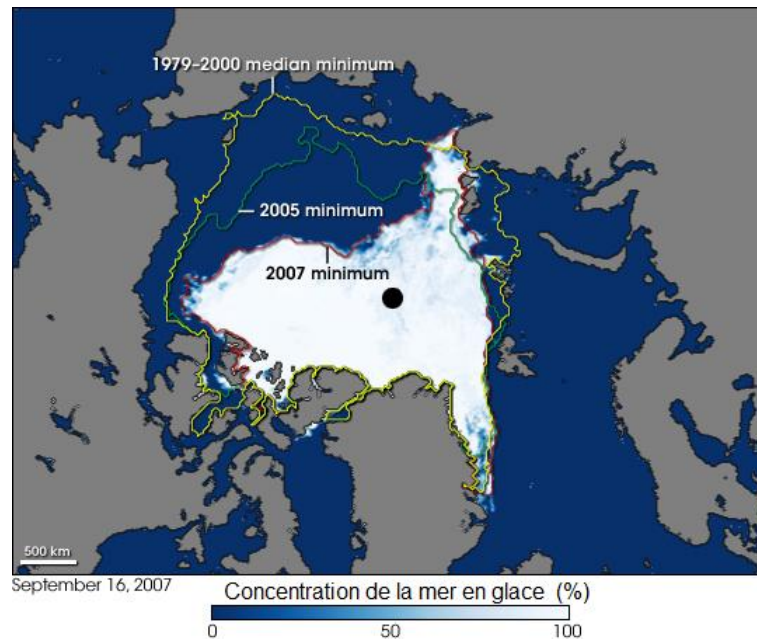
Man kan være uenig i dette skøn om de nøjagtige årstal, men der er almindelig enighed om, at maksimum i produktionen og forbruget af olie vil komme i løbet af meget få årtier. Efter dette tidspunkt forekommer det sandsynligt, at kul vil blive taget i brug til produktion af flydende brændstof som erstatning for råolie, og forbruget af kul vil derfor sandsynligvis stige brat.

Ser man udelukkende på det øjeblikkelige forbrug af kul, synes reserverne at være temmelig store. Det faste indeks for kul nævnt i Rom-klubbens rapport er 2.300 år. Men indekset, der går ud fra en eksponentiel stigning i forbruget, er kun 111 år.

Energiforbruget stiger med 5 procent pr år svarende til en fordoblingstid på 14 år. Udviklingslandenes forståelige stræben efter en højere levestandard vil forøge denne vækstrate. Det er blevet beregnet af R. A. Frosch og N. E. Gallopoulos, *Scientific American*, september 1989, at en global befolkning på 10 mia, der bruger energi svarende til det nuværende pr capita forbrug i U.S.A. ville udtømme Jordens reserver af kul på blot 29 år.

Forbrændingen af fossile energireserver som kul og olie og afbrændingen af de tropiske regnskove frigør så meget kuldioxid, at koncentrationen i atmosfæren er steget fra 290 dele pr million i 1860 til 347 dele pr million i 1985. Man formoder, at en fordobling af kuldioxid-koncentrationen i atmosfæren på grund af "drivhuseffekten" kan føre til en stigning i Jordens gennemsnitlige overflade-temperatur på mellem 3 og 5 grader C. Menneskets aktiviteter har således nået et punkt, hvor de vil kunne have mærkbar effekt på det globale klima i løbet af det næste århundrede.

De industrialiserede lande bruger meget mere end deres rimelige andel af de globale ressourcer. De rigeste 15 procent af verdens befolkning bruger for eksempel mere end halvdelen af energien. Hvis vi vil undgå alvorlige skader på verdensmiljøet, må de industrialiserede lande begynde at revurdere nogle af deres økonomiske ideer, især den formodning, at vækst kan foregå evigt.



Det er formentligt lige så svært for de udviklede lande at opgive deres vane med at opmuntre til økonomisk vækst, som det vil være for udviklingslandene at opgive deres skik med at animere til store familier. Begge holdningsændringer er imidlertid nødvendige af hensyn til vor planets fremtid.

De industrialiserede landes nuværende forbrug af ressourcer er yderst ødelæggende. En voksende nationaløkonomi må på et vist tidspunkt overstige borgernes reelle behov. I de udviklede lande har man vænnet sig til at skabe kunstige behov, bl.a. ved hjælp af reklamer, for at få økonomien til at vokse ud over det punkt, hvor alle reelle behov faktisk er tilfredsstillet, men denne ekstra vækst er ødelæggende, og i fremtiden vil det være essentielt ikke at forspilde Jordens svindende reserver af uerstattelige ressourcer.

De tider, vi lever i nu, indebærer således en udfordring: Vi har brug for en revolution i den økonomiske tænkning, som tager hensyn til realiteterne i verdens nuværende situation. En økonomi baseret på reelle behov og på stabil ligevægt for miljøet. Ikke den tankeløse antagelse, at vækst kan fortsætte evindeligt. Jordens ressourcer og den moderne videnskabs teknikker kan give en global befolkning af moderat størrelse en vis komfort og sikkerhed. Men den optimale befolkning er utvivlsomt mindre end verdens nuværende befolkning. Med en tilstrækkelig lille global befolkning kan erstattede energiresourcer findes til afløsning af de svindende reserver af fossilt brændstof.

Disse energiressourcer indbefatter solenergi, vindenergi, geotermisk energi, hydroelektrisk kraft og energi fra biomasse.

Teknologien kan muligvis også blive i stand til at finde erstattelige surrogater for mange snart forsvundne mineraler til en global befolkning af moderat størrelse. Hvad teknologien imidlertid ikke kan, er at give en global befolkning på 10 mia den samme levestandard, som de industrialiserede lande nyder idag.

Som en lastbil i fuld fart med retning imod en stenmur er Jordens hastigt voksende menneskemængde og deres voksende økonomiske aktivitet på vej mod en kollision med en endog meget solid barriere, - miljøets bæreevne.

Ligesom i tilfældet med lastbilen og muren vil den rette reaktion være at bruge bremserne i god tid.

I nutidens verden er magt og materielle goder mere værdsat, end de fortjener. "Civiliseret" liv degenererer ofte til alles kamp mod alle om magt og besiddelse. Det industrielle kompleks, som vareproduktionen afhænger af, kan imidlertid ikke bringes til at arbejde hurtigere og hurtigere i al evighed, for vi vil snart stå over for manglen på energi og råstoffer.

Når vi ser frem mod en fjern fremtid, kan vi håbe, at samfundets værdier vil ændre sig, og at ikke-materielle menneskelige kvaliteter som venlighed, høflighed, viden og musikalske, kunstneriske og litterære evner vil blive højere værdsat, og at mennesker vil finde en større del af deres glæde i værdsættelsen af en uspolet natur.

Vort magttilbedende industrielle samfund kan måske lære af de værdier, som vore jæger-samler forfædre, der levede i harmoni med naturen, satte pris på. Vi er nu så talrige, at vi ikke kan vende tilbage til en primitiv livsstil, men må lære at respektere naturen, som vore forfædre gjorde det.

Harmoni er et bedre ideal end magt. Vi må lære at leve i harmoni med andre mennesker og med andre arter. Vi må lære at tage vare på Jorden.