



History of Science Department
University of Aarhus

MARIE LOUISE THOMSEN

Den tidlige molekylærbiologis udvikling
og institutionalisering i Danmark
(1932-1970)

Hosta, No. 17, 2004
Work-in-Progress

Hosta (**H**istory **O**f Science and **T**echnology, Aarhus) is a series of publications initiated in 2000 at the History of Science Department at the University of Aarhus in order to provide opportunity for historians of science and technology outside the Department to get a glimpse of some of the ongoing or recent works at the Department by researchers and advanced students. As most issues contain work in progress, comments to the authors are greatly valued.

Publication is only made electronically on the web site of the Department (www.ivh.au.dk/hosta). The issues can freely be printed as pdf-documents. The web site also contains a full list of issues.

ISSN: 1600-7433



History of Science Department
University of Aarhus
Ny Munkegade, building 521
DK-8000 Aarhus C
Denmark

Indhold:

Indhold	1
Forord	3
Kapitel 1: Indledning	4
1.1: Ind i det ukendte.....	4
1.2: Problemformulering, litteratur og fremgangsmåde	5
1.3: Afgrænsning og opbygning	7
Kapitel 2: En ny tilgang til biologien	10
2.1: Introduktion til molekylærbiologiens historie	10
2.2: Niels Bohr og komplementaritetsprincippet	13
2.3: Max Delbrück og „Der Dreimännerwerk“	17
2.4: Erwin Schrödingers ”What is Life?”	22
2.5: Rockefeller Foundation og det molekylærbiologiske program	25
2.6: Fag-gruppen og informationsskolen	32
2.7: Den britiske molekylærbiologi: strukturskolen	39
2.8: Jagten på DNA strukturen	43
2.9: Delkonklusion	48
Kapitel 3: Et teoretisk mellem spil	52
3.1: Det komparative studie	52
3.2: Min model for molekylærbiologiens generelle udvikling	54
3.3: Den geo-politiske metafor	56
3.4: Det rumlige perspektiv	60
3.5: Prosopografi	61
3.6: Det internalistiske studie	64
3.7: Opsummering	65
Kapitel 4: Molekylærbiologiens fremkomst i Danmark	68
4.1: Bohr som biologiens organisator	68
4.2: Statens Seruminstitut	74
4.3: Københavnerskolen	92
4.4: Biologisk Central Institut	97
4.5: Delkonklusion	101
Kapitel 5: Molekylærbiologiens institutionalisering	106
5.1: Udbygningen af den biologiske faggruppe på Aarhus Universitet	106
5.2: Oprettelsen af Institut for Molekylær Biologi	113
5.3: Forskningen	118
5.4: Byggesagen	130

5.5: Delkonklusion	138
Kapitel 6: Konklusion	143
6.1: Kort opsummering af delkonklusionerne	143
6.2: Den nye models anvendelighed	143
6.3: Molekylærbiologiens tværfaglige natur – styrke eller svaghed?	145
Litteraturliste	147
Appendiks (figur 1 og 2)	153

Forord:

Dette speciale omhandler den tidlige molekylærbiologis udvikling og institutionalisering i Danmark. De få skriftlige kilder, der findes om dette emne, har i nogle tilfælde vist sig at være ufuldstændige eller i værste fald misvisende. Tilsammen giver disse kilder derfor et til tider usammenhængende billede af institutionaliseringsforløbet, og jeg har i den forbindelse haft det store held at kunne støtte mig til mundtlige interviews med nogle af de forskere, som enten direkte eller indirekte spillede en rolle i den tidlige danske molekylærbiologis udvikling og senere institutionalisering. Gennem lange samtaler har de gjort mig opmærksom på sammenhænge og pointer, der ikke altid var åbenlyse i det skriftlige materiale. En stor tak skal derfor gives til professor Niels Ole Kjeldgaard, der har brugt rørende meget tid på at hjælpe mig med mit arbejde. Ligeledes tak til professor Brian F. C. Clark og professor Kjeld A. Marcker, der gennem interviews og videnskabelige artikler har givet mig et indtryk af, hvordan det unge Institut for Molekylær Biologi fungerede, og hvad det beskæftigede sig med i 1970'erne. Jeg er også professor Jens Tyge Møller tak skyldig, for de mange gode samtaler om Kemi II/ Biologi III byggesagen på Aarhus Universitet.

Tak til professor Morten Lange for hans brev om forskellen på mikrobiologi og molekylærbiologi og til Aase Maaløe for lån af Ole Maaløes afskedstale i Botanisk Have. Ligeledes tak til de folk, som i det forgangne år har guidet mig gennem arkiv-junglen i København og Århus: Finn Aaserud og Felicity Pors fra Niels Bohr Arkivet, afdelingleder Else Aunsholt fra Det Naturvidenskabelige Fakultetssekretariat (AU), Torben Ankjær Johansen og Palle Lykke fra Journalkontoret(AU) samt institutleder ved Molekylærbiologisk Institut(AU) Just Justesen.

En særlig tak til Torben Ellebæk Petersen for hjælp med det molekylærbiologiske indhold og til min vejleder Henry Nielsen for god vejledning, stor tålmodighed og ukuelig optimisme gennem hele forløbet.

Marie Louise Thomsen

Århus, den 18. Oktober 2003.

Kapitel 1: Indledning

1.1: Ind i det ukendte

Mit første møde med molekylærbiologien var noget af et kulturchok, da jeg som bachelorstuderende ved Idehistorisk Institut på Aarhus Universitet pludselig besluttede mig for at krydse grænsen mellem universitetets Humanistiske og Naturvidenskabelige Fakultet. Idet de to fakulteters studieordninger kun i sjældne tilfælde komplementerede hinanden, røg jeg så at sige med katapult ind i studieordningen for Molekylærbiologisk Institut, hvor jeg i efteråret 2000 påbegyndte et kursus i introducerende molekylærbiologi uden at have den mindste ide om, hvad jeg havde kastet mig ud i. Jeg var end ikke klar over, hvorfor jeg havde valgt netop molekylærbiologien frem for en af de andre eksperimentelle biologiske videnskaber. Navnet "molekylærbiologi" var på mærkværdig vis blevet en del af det danske sprog, og gennem medierne fik jeg nærmest det indtryk, at disciplinen som en anden Kong Midas forvandlede alt, den rørte ved, til guld. Til trods for dette var jeg stadig i tvivl om, hvad der lå bag disciplinens navn. Alene kursets pensumliste vidnede om, at navnet "molekylærbiologi" dækkede over langt mere, end jeg på forhånd havde forestillet mig. I takt med at jeg tog flere kurser på stedet, blev jeg blot mere usikker på, hvordan man definerede molekylærbiologien. Heller ikke de forskellige lektorer på stedet var behjælpelige med en enstemmig definition på det fag, de havde beskæftiget sig med det meste af deres voksne liv. Det forekom mig, at der var næsten ligeså mange forskellige definitioner, som der var adspurgte folk. Molekylærbiologien måtte derfor være en meget tværfaglig og mangefacetteret disciplin, der ikke var centreret om en enkelt teknik eller forskningsgenstand, som det var tilfældet med andre mere veldefinerede discipliner som fx genetikken, hvis problemstillinger centrerede sig om nedarvningsfænomenet. Molekylærbiologien så derimod ud til at være så tværfaglig, at den lånte såvel sine teknikker som sine forskningsgenstande fra en række andre discipliner, og den kunne derfor beskæftige sig med vidt forskellige emner. Det var af samme grund svært at forklare min familie og venner, præcist hvad jeg beskæftigede mig med. Som idéhistoriestuderende var dette dog ikke et nyt fænomen for hverken mig eller familien. Idéhistorien var tilsvarende svær at definere, men dette forhold var af uransagelige årsager nemmere for mig at acceptere, og jeg fandt det måske endda forventeligt af en humanistisk disciplin. At den naturvidenskabelige disciplin molekylærbiologi derimod kunne unddrage sig en præcis indholdsbestemmelse, overraskede mig, da jeg indtil da havde sidestillet naturvidenskab med en vis eksakthed og stringens. Jeg havde svært ved at forstå, hvorfor den tværfaglige molekylærbiologi var blevet en selvstændig disciplin og ikke bare et underområde af de discipliner, den lånte sine teknikker og

forskningsgenstande fra og af samme grund mindede så meget om. Jeg blev efterhånden overbevist om, at svaret på dette spørgsmål måtte være at finde i disciplinens historie og institutionelle kår. Vejlederen på dette speciale, Henry Nielsen, gav mig muligheden for at undersøge denne teori nærmere på Institut for Videnskabshistorie, da jeg i november 2002 påbegyndte arbejdet med det foreliggende speciale om den danske molekylærbiologis historie.

1.2: Problemformulering, litteratur og fremgangsmåde

Jeg fandt hurtigt ud af, at der eksisterede mange videnskabshistoriske værker, som belyste molekylærbiologiens udvikling i udlandet. Med undtagelse af to eksamensarbejder fra RUC (Chamberlain, Hansen og Nielsen, 1993 & 1994) fandtes der derimod næsten intet materiale om udviklingen af molekylærbiologien i Danmark. Det var overraskende, idet litteraturen om de internationale forhold ofte tildelte danske forskere en central plads i udviklingen af det unge forskningsområde. Jeg blev således inspireret til at undersøge sagen nærmere.

Forfatterne til de to RUC opgaver har valgt at illustrere den danske molekylærbiologis tilblivelse gennem en biografi over en af dens grundlæggere - Ole Maaløe. Opgaverne gennemgår kyndigt Maaløes liv og videnskabelige levned. De fortæller historien om, hvordan Maaløe i slutningen af 1940'erne bragte den spæde molekylærbiologi til Danmark fra den amerikanske forskningsinstitution Caltech. Opgaverne beskriver dog ikke, hvordan det spæde forskningsområde udviklede sig fra at være et diffust interessefelt i Maaløes laboratorium til at blive en egentlig selvstændig disciplin på de danske universiteter. De siger med andre ord intet om molekylærbiologiens institutionalisering, og svarer dermed ikke på spørgsmålet om, hvordan Aarhus Universitet i 1968 kunne oprette det første selvstændige institut for en disciplin, som dens udøvere den dag i dag har svært ved at give en entydig definition på. Dette til trods for, at det Molekylærbiologiske Institut tilmed er blevet det institut på det Naturvidenskabelige Fakultet, som opnår de største bevillinger til undervisning og forskning.

Jeg blev således inspireret til at skrive speciale om netop dette urørte aspekt af molekylærbiologiens historie. Idet jeg var af den overbevisning, at videnskabelige discipliner kun yderst sjældent grundlægges som resultatet af én mands bestræbelser, valgte jeg RUC-opgavernes enkelt-biografiske fremgangsmåde fra. Jeg ville derimod prøve at undersøge det samspil af eksterne og interne faktorer, som måtte have haft afgørende formativ betydning for den spæde molekylærbiologi og dens senere institutionalisering. Det ledte til specialets problemformulering:

I slutningen af 1960erne vandt den revolutionære molekylærbiologi, der så stort på disciplin- og landegrænser, indpas i de danske videnskabelige miljøer. Men hvordan kom den nye disciplin

overhovedet til landet? Hvori bestod dens revolution i forhold til de discipliner, den var beslægtet med? Hvordan blev den finansieret? Og hvorfor blev Aarhus Universitet stedet, hvor den først blev institutionaliseret i Danmark? I mit speciale vil jeg forsøge at besvare disse spørgsmål gennem en analyse af dens grundlæggeres videnskabelige publikationer, indbyrdes netværk og fagpolitiske initiativer. Kildematerialet vil primært bestå af arkivalier, der befinder sig ved Institut for Molekylærbiologi og Det Naturvidenskabelige Fakultet, AU, samt bandede interviews med en række af de hovedpersoner, der stadig er i live.

Jeg ville med andre ord skrive den danske molekylærbiologis disciplin- og institutionshistorie indtil omkring 1970. Spørgsmålet var blot, hvordan jeg skulle gribe denne opgave an? Disciplin- og institutionshistorie er ikke just nye fænomener, og feltets teoretikere har allerede konstrueret mange modeller, der med held kan bruges til at forklare fremkomsten af nye forskningsområder og deres institutionalisering. Jeg fandt dog hurtigt ud af, at ingen af de modeller, jeg var stødt på, fuldt ud kunne anvendes på molekylærbiologien. Det gjorde sig end ikke gældende for modeller, der på glimrende vis var i stand til at forklare fremkomsten af den så beslægtede disciplin biokemi, som hos de anerkendte videnskabshistorikere Anders Lundgren, Timothy Lenoir og Robert Kohler. At disse videnskabshistorikeres modeller ikke uden videre kunne bruges på molekylærbiologien hænger sammen med deres opfattelser af, hvad en ”disciplin” er for noget, og hvor og hvordan den opstår. De nævnte teoretikere arbejder med modeller, der forudsætter, at nye discipliner opstår gennem en slags ”knopskydning” fra allerede veletablerede moderdiscipliner på universiteterne. Gennem den videnskabshistoriske oversigtslitteratur vidste jeg, at dette ikke var tilfældet for molekylærbiologien i lande som England, USA og Frankrig, hvor forskningsområdet ikke til at starte med kunne finde hjemmel på universiteterne grundet sin tværfaglige natur. Jeg satte mig af den grund for at undersøge, om den danske molekylærbiologi havde lidt samme skæbne herhjemme. Til det formål sammensatte jeg en ny og mere sofistikeret model på basis af de allerede eksisterende teorimodeller. Taget hver for sig var ingen af disse modeller i stand til at belyse molekylærbiologiens formative fase i tilstrækkelig grad. Til sammen viste brudstykkerne fra disse modeller sig dog at kunne forklare de forskningsmæssige, sociale, økonomiske og politiske forhold, som muliggjorde opkomsten og institutionaliseringen af forskningsområdet. Jeg fandt, at de forskellige faktorer hang sammen som ærtehalv. Det var derfor meningsløst at forsøge at forklare molekylærbiologiens gennemslagskraft udfra dens forskning alene. Jeg måtte samtidig tage højde for det sociale netværk af forskere, hvorigennem forskningsområdet blev fostret og siden bragt til Danmark. Det var ligeledes nødvendigt at undersøge, hvem der henholdsvis husede og finansierede forskningen for at

finde ud af, om dette øvede indflydelse på forskningens karakter. De førnævnte teoretikere har dog ikke været blinde for disse sammenhænge, og især Lenoir har gjort sig udmærkede tanker om deres betydning for dannelsen af nye discipliner, men han har dog aldrig omsat disse tanker til en praktisk anvendelig model. Da de andre teoretikere primært har beskæftiget sig med disciplinhistoriske modeller specifikke for biokemien, har de heller ikke haft behov for at konstruere modeller, der favnede bredere end som så. Det er med andre ord ikke en forglemmelse, at teoretikernes modeller ikke kan forklare udviklingen og institutionaliseringen af en disciplin som molekylærbiologien. Det har simpelthen ikke været deres mål. Således er der mange videnskabshistorikere, der har opstillet modeller for biokemiens og andre fags udvikling på universiteterne, og der er andre videnskabshistorikere, der har skrevet om molekylærbiologiens udvikling på diverse af universitetet uafhængige forskningsinstitutioner. Der er bare ingen der endnu har forsøgt at opstille en model, der kan redegøre for den tværfaglige molekylærbiologis institutionalisering. Det er på den baggrund, jeg opstiller min model, som udgør rygraden af dette speciale. Min models styrke i forhold til de traditionelle disciplinhistoriske modeller er netop, at den har været i stand til at belyse den *kontekst*, den tidlige molekylærbiologi indskrev sig i. I mit speciale er den derfor kommet til at fungere som en slags skabelon for undersøgelsen af, hvorvidt udviklingen og institutionaliseringen af den danske molekylærbiologi har fulgt samme mønster som i udlandet. Alt dette vil blive nøjere gennemgået i kapitel tre, hvor jeg redegør for konstruktionen af min model og dens praktiske anvendelse i dette speciale.

1.3: Afgrænsning og opbygning

At undersøge samspillet mellem *alle* de eksterne og interne faktorer, som havde betydning for udviklingen og institutionaliseringen af den danske molekylærbiologi, er for stor en opgave at gabe over i dette speciale. Jeg har fra starten været nødt til at afgrænse mit emne kraftigt, da specialet per definition er en opgave af begrænset omfang. Opgaven omhandler af den grund først og fremmest den danske molekylærbiologi i perioden 1932-1974. Denne periode strækker sig fra forskningsområdets forhistorie til og med de første år efter dets endelige institutionalisering på Aarhus Universitet. 42 års historie er stadigvæk meget at skulle beskrive indenfor specialets snævre rammer, hvilket har medført, at nogle hændelser og emner er blevet tildelt mere opmærksomhed end andre. Nogle emner har jeg endda helt måttet udelukke, da de har vist sig for omfattende at skulle beskrive. Et eksempel på dette kan være, at selvom jeg tildeler det forskningspolitiske aspekt en vigtig rolle i udviklingen af nye discipliner, har jeg set mig nødsaget til ikke at behandle de enkelte forskeres

forskningspolitiske engagement. En beskrivelse af fx de danske molekylærbiologers deltagelse i oprettelsen af European Molecular Biology Organization (EMBO) i begyndelsen af 1960'erne er velsagtens vigtig for forståelsen af de bestræbelser, man gjorde sig for at promovere molekylærbiologien som selvstændigt forskningsområde. Alligevel har jeg fundet det for omfattende at beskrive sagen om EMBO, da det samtidigt ville kræve, at jeg også skulle beskrive oprettelsen af det dertil knyttede råd og laboratorium i slutningen af 1970'erne. Dette ville igen lede til en beskrivelse af molekylærbiologernes indtog i de danske forskningsråd og videnskabelige selskaber. Sagen ville med andre ord gribe om sig og komme til at bringe specialets struktur ud af balance, og jeg har derfor valgt helt at udelukke den.

Specialet skal opfattes som en overordnet kontekstuel analyse af den tidlige danske molekylærbiologis formative og institutionelle kår. I specialet giver jeg således eksempler på de sociale, politiske, økonomiske og forskningsmæssige forhold, som *jeg* mener, var af størst vigtighed for forskningsområdets udvikling og institutionalisering. Det er således ikke tænkt som en minutøs gennemgang af hverken periodens komplette molekylærbiologiske forskning, fagpolitiske udspil, dens sociale begivenheder eller præcise budget. Specialet vægter med andre ord samspillet mellem faktorerne højere end isolerede analyser af dem hver især. Jeg har taget denne beslutning, da det i litteraturen ser ud til, at molekylærbiologien i udlandet netop er opstået gennem et *samspil* af førnævnte faktorer og ikke som resultat af en enkelt af dem. Jeg finder det derfor interessant at undersøge, hvorvidt den danske molekylærbiologi opstod indenfor disse generelle kontekstuelle rammer eller under helt særegne danske forhold.

Specialet er inddelt i seks kapitler, der hver især består af en række underafsnit. Med undtagelse af første og sidste kapitel, der fungerer som henholdsvis specialets indledning og konklusion, afsluttes hvert kapitel med en opsummerende delkonklusion.

Kapitel 1 fungerer som specialets indledning. Heri præsenteres specialets problemformulering og opbygning.

Kapitel 2 er en introduktion til molekylærbiologiens generelle disciplin- og institutionshistorie på baggrund af diverse oversigtsværker. Kapitlet omhandler fremkomsten af de første internationale molekylærbiologiske skoler.

Kapitel 3 er specialets teoretiske mellemspil. Her gennemgås konstruktionen og indholdet af den nye institutionaliseringsmodel, som skal bruges i den kontekstuelle analyse af den danske molekylærbiologis udvikling og institutionalisering. Det teoretiske kapitel er ikke placeret

som det første af specialets seks kapitler, da det i høj grad bygger på den generelle molekylærbiologis historie og er derfor bedst placeret i forlængelse af kapitel 2.

Kapitel 4 omhandler den danske molekylærbiologis fremkomst. Det vil blive gennemgået, hvordan forskningsområdet kom til Danmark, hvem der tog det til sig, og hvilke kår det fik lov til at udvikle sig under.

Kapitel 5 behandler molekylærbiologiens ikke helt uproblematisk institutionalisering i Århus.

Kapitel 6 fungerer som specialets konklusion. Kapitlet er dog ikke et detaljeret sammendrag af de andre kapitlers delkonklusioner.

Bilag og en bibliografi over anvendt litteratur findes bagerst i specialet.

Kapitel 2: En ny tilgang til biologien

2. 1: Introduktion til molekylærbiologiens historie.

“This search for the physical paradox, this quixotic hope that genetics would prove incomprehensible within the framework of conventional physical knowledge, remained an important element of the psychological infrastructure of the great creators of molecular biology.”¹

Ordene stammer fra molekylærbiologen Gunther S. Stents bidrag til festskriftet ”Phage - And the Origins of Molecular Biology” (PATOOMB) fra 1966. Festskriftet er dedikeret til Stents kollega og mentor, Max Delbrück, i anledning af dennes 60 års fødselsdag. Festskrifter er i reglen ikke sindsoprivende læsning, men PATOOMB er en sjælden undtagelse. Nok er skriftet en 32-stemmig kollegial hyldelse til en afholdt videnskabsmand og dennes karriere; men det er også historien om fødslen af en stadig ung videnskab – molekylærbiologien. Der fortælles således om, hvordan den teoretiske fysiks grand old man, Niels Bohr, ansporede den unge Delbrück til at påbegynde en odysse udi biologien på jagt efter de paradokser, fysikken ikke længere kunne byde ham. Delbrück stødte på genetikken, forenede den med kvantemekanikken og med eet var fundamentet for molekylærbiologien lagt.

Det er hverken overraskende eller særligt interessant, at en del af bidragyderne i PATOOMB hylder og i nogen grad overdriver Delbrücks resultater og akademiske indflydelse, som karikeret i det ovenstående. Men selve skriftets sammenkobling af en lovprisning af Delbrück og et spædt forsøg på at skrive molekylærbiologiens historie er interessant. Når bidragyderne roser Delbrück, skaber de samtidig (bevidst eller ubevidst) en slags mytologisk fundament for den disciplin, de selv er knyttet til. Skriftet kan derfor nemt opfattes som eet langt argument for molekylærbiologiens berettigelse som disciplin.

Molekylærbiologiens tværfaglige natur gav nemlig ofte anledning til, at forskere fra andre discipliner satte spørgsmålstejn ved, om der overhovedet kunne være tale om, at molekylærbiologien var andet og mere end blot et sammensurium af allerede etablerede fagområder. Især biokemikere gjorde i begyndelsen indsigelser, da mange af dem følte, at molekylærbiologi blot var ”at bedrive biokemi uden licens”². Selv en af molekylærbiologiens

¹ Gunther Stent: ”Introduction: Waiting for the Paradox”, i Cairns, Stent, Watson, eds. *”Phage and the Origins of Molecular Biology”*, Cold Spring Harbor, N.Y. 1966,(1992), p. 4.

² Robert Kohler : *”From medical chemistry to biochemistry”*, Cambridge University Press, Cambridge (1982) p. 332. Oprindeligt: Chargaff, Edwin: *”Essays on Nucleic Acids”* (1963), p. 176.

markante skikkelser (samt bidragsyder til PATOOMB), André Lwoff, var i tvivl om, hvorvidt hans arbejde var molekylærbiologisk fremfor noget andet:

”Yet since prophage is a molecule – of nucleic acid - and since I was studying its biology, I later on became a molecular biologist . A redoubtable position, though round about 1950 the future molecular biologists did not think of themselves as such. The incommensurable virtue of this magic label was discovered only much later. Perhaps I should add that I am unable to decide to what extent I feel molecular, if I am molecular at all.”³

På trods af at Lwoff, som eftertiden har givet ”den magiske mærkat”, ikke var i stand til at afgøre, hvorvidt genstanden for hans forskning skulle være særskilt molekylærbiologisk, har han trods alt følt et tilhørsforhold til Delbrück og den specielle måde, han bedrev videnskab på. Lwoff og mange andre af bidragsyderne til PATOOMB var på denne måde del af en gruppe af forskere centreret om Delbrück - Fag-gruppen⁴. Denne gruppe arbejdede på tværs af fag- og landegrænser. Gruppens specielle tværfaglige angrebsvinkel gav en slags fælles identitetsfølelse blandt gruppens medlemmer – den molekylære vision af livet. Dette til trods for, at man ikke havde nogen fælles betegnelse for gruppens eller lignende gruppers forskning. Den kom først i slutningen af 1950’erne, da den specielle angrebsvinkel havde vist sig frugtbar i løsningen af vigtige biologiske problemer. I 1960’erne blev den molekylære vision sågar ekspanderet og institutionaliseret. Molekylærbiologien blev dermed institutionelt set accepteret som en særskilt disciplin. Der var dog stadig delte meninger om oprettelsen og gyldigheden af en disciplin, som i den grad trak veksler på allerede eksisterende fagområders teknikker og genstandsområder.

PATOOMB udkom i denne periode. Den historisk interesserede Stent var primært ansvarlig for, at skriftet fik karakter af en påvisning af molekylærbiologiens berettigelse i videnskabernes hierarki. Stent fungerede som nådesløs redaktør for bidragsyderne, hvis artikler blev skåret til med kirurgisk præcision. Ikke alle bidragsyderne var medlemmer af Fag-gruppen. Nogle af dem var end ikke molekylærbiologer – hverken i egen eller i eftertidens opfattelse. Alligevel formåede Stent at redigere værket på en sådan måde, at læseren kunne få det indtryk, at der fandtes bred enighed om, at molekylærbiologien havde længere og mere prominente historiske rødder end først antaget. Således gav især de to første artikler i skriftet (en af Delbrück og Stents egen) udtryk for, at molekylærbiologien opstod på grund af tre teoretiske fysikers interesse i biologiske/genetiske problemstillinger – Niels Bohr, Erwin

³ André Lwoff: ”*The Prophage and I*”, PATOOMB, p. 91.

⁴ Delbrück og Fag-gruppen vil blive behandlet yderligere senere i opgaven.

Schrödinger og Max Delbrück⁵. Det at have så prominente herrer som fundament ville unægtelig give den unge molekylærbiologi den status, den ifølge Stent fortjente. I det indledende citat af Stent hævdes det videre, at det var kvantemekanikkens møde med genetikken, som resulterede i molekylærbiologiens tilblivelse. Med andre ord opstod molekylærbiologien i Fag-gruppen (informationsskolen), der netop beskæftigede sig med dette brydningsfelt. Stents fremstilling af molekylærbiologiens oprindelse var dog yderst forsimplet, hvilket John C. Kendrew da også irriteret gav udtryk for, da han i 1967 anmeldte PATOOMB i tidsskriftet *Scientific American*. Kendrew, der var trænet i den britiske molekylærbiologiske tradition (strukturens skolen), havde forståeligt nok svært ved at acceptere, at Stent og Informationsskolen med et trylleslag tog monopol på molekylærbiologien uden så meget som at nævne eksistensen af den vægtige konkurrerende britiske forskningstradition⁶.

Kendrew var og er ikke ene om at finde påstanden i festskriftet historisk urimelig. Man kan og bør dog ikke afskrive værket fuldstændigt. Selvom skriftet har en klar tendens til retrospektivt at placere molekylærbiologien og Fag-gruppen på et ophøjet mytologisk fundament i form af de førnævnte prominente fysikere, er der dog også en god portion sandheder i det. Bohr, Schrödinger og Delbrück *havde* en indvirken på udviklingen af den spæde molekylærbiologi, og Fag-gruppen *var* rent faktisk et af de fora, den opstod i. Festskriftet giver bare ikke en tilstrækkelig nuanceret fremstilling af forløbet. Ingen enkeltpersoner kan ”grundlægge” en disciplin, og den har sjældent kun et enkelt fødested. I den forstand er PATOOMB ikke en enlig svale. Det meste af den litteratur om molekylærbiologiens oprindelse, der udkom fra og med slutningen af 1960’erne og fremefter, har en specifik dagsorden⁷. Forfatterens egen disciplinære og forskningstraditionelle tilhørsforhold spejles ofte i, hvilke aspekter af molekylærbiologiens historie, der vægtes tungest i teksten. Således fokuseres der ofte overdrevent på fysikernes rolle i dannelsen af det nye forskningsområde uden at tage hensyn til de andre discipliners bidrag til samme. Det at fokusere så ensidigt på et enkelt perspektiv af sagen kan måske være frugtbart i fagpolitiske sammenhænge. Historiografisk set svarer det dog til bevidst at give sin læser skyklapper på. Udviklingen af den tidlige molekylærbiologi var kompleks og kan ikke reduceres til, at berømte fysikere fik lyst til at kaste sig over biologiske problemstillinger. I dette kapitel vil jeg fremstille nogle af de interne og eksterne faktorer, der *tilsammen* har spillet en afgørende rolle i udviklingen af den tidlige molekylærbiologi.

⁵ Robert Olby: ”*The Path To The Double Helix*”, Macmillan, UK (1974), p. 225.

⁶ John C. Kendrew: ”How Molecular Biology started”, *Scient. Am.*, 216:141 – 143, (1967).

⁷ Eksempler på dette er blandt andre D. Fleming : ”Emigre physicists and the biological revolution” i ”*The intellectual Migration: Europe and America (1930-1960)*”, Harvard University Press, USA, (1969) og Gunther Stent : ”That Was the Molecular Biology That Was”, *Science*, 160: 390-395, (1968).

2. 2: Niels Bohr og komplementaritetsprincippet

Klokken 10.00 mandag d. 15. august 1932 holdt den verdensberømte teoretiske fysiker Niels Bohr et foredrag med titlen "Light and Life". Foredraget åbnede en international kongres for lysterapister, som fandt sted i København. Byen var på den tid hjemsted for mange internationale kongresser af forskellig art, og Bohr blev ofte bedt om at give åbningstalen ved sådanne arrangementer. Han gav i kraft af sin berømmelse og videnskabelige pondus foretagendet et eksklusivt og elitært præg, selvom hans evner som foredragsholder var tvivlsomme. Åbningsforedraget for lysterapikongressen var ingen undtagelse. Ifølge Delbrück indledte Bohr således sin tale om kvantemekanikkens filosofiske implikationer med at fare vild bag talerstolen. Da han endelig fik orienteret sig i forhold til talerstol og sal, kompliceredes situationen yderligere på grund af en hydraulisk løfte-mekanisme. Et forbløffet publikum måtte måbende se på, mens den store tænker ved et uheld aktiverede mekanismen og langsomt forsvandt bag talerstolen. Da såvel Bohr som talerstol efterfølgende var kommet i rette position, fortsatte han nærmest mumlende sin tale til et publikum, hvoraf hovedparten ikke kendte det mindste til kvantemekanik⁸.

Det var dette foredrag, der ifølge PATOOMB og lignende tekster om molekylærbiologiens oprindelse skulle have inspireret den unge teoretiske fysiker Max Delbrück til at give sig i kast med løsningen af biologiske problemer⁹. Delbrück havde året forinden været på Bohrs Institut for Teoretisk Fysik på et stipendium fra Rockefeller Foundation. I sommeren 1932 havde han imidlertid været i Bristol, men den 15. august vendte han tilbage til København, hvor han blev mødt af Leon Rosenfeld. Her blev han informeret om, at Bohr ønskede hans tilstedeværelse under den forestående forelæsning¹⁰. Hverken Rosenfeld, Delbrück eller for den sags skyld resten af forsamlingen fik dog af ovennævnte årsager særligt meget ud af selve foredraget. Det var derimod Bohrs manuskript, der fangede Delbrücks interesse, da han efter foredraget fik fingre i det. I manuskriptet blev den uforståelige mumlen fra talerstolen med eet omsat til en teoretisk fysikers dragende vision om

⁸ E.P. Fischer og C. Lipson: "Thinking About Science: Max Delbrück and the Origins of Molecular Biology", New York: Norton (1988), p. 78-79.

⁹ Delbrück hævder det også selv i sin forelæsning om biofysik udgivet i "Commemoration of the Fiftieth Anniversary of Niels Bohrs First Papers on Atomic Constitution held in Copenhagen on 8-15 July 1963, Sessions on Cosmos and Life". Institute for Theoretical Physics". (Niels Bohr Arkivet). Det er dog en vis usikkerhed om, hvorvidt det rent faktisk var Bohr foredrag, der inspirerede Delbrück til at gå ind i biologien eller om det blot har fungeret som en prægtig historisk milepæl i Delbrücks erindring om skiftet, alt imens han faktisk havde fattet interesse for emnet forinden 1932.

¹⁰ Ibid. p. 78 samt i Olby (1974), p. 231.

kvantemekanikkens principper anvendt på biologien. Bohr præsenterede her en ide, som stred imod den klassiske fysiks determinisme – komplementaritetsprincippet!

Bohrs princip omhandlede i ”Light and Life”¹¹ de filosofiske implikationer valget af metode og opstillingen af et eksperiment har for den viden, man opnår om sin forskningsgenstand. Ifølge Heisenbergs usikkerhedsrelation kan en eksperimentopstilling ikke på én og samme tid give præcise målinger af en partikels position og hastighed. Tilsvarende kan lysets udbredelse med held beskrives som bølger. Hvad angår absorption er det derimod frugtbart at opfatte lys som partikler. Det kan dog ikke lade sig gøre at forklare absorption ud fra ideen om, at lys er bølger; eller at forklare udbredelsen af lys som partikler¹². Der hersker derfor en antagonisme mellem de to måder at opfatte lys på. Begge opfattelser er i en vis udstrækning korrekte. De giver blot ikke *alene* det fulde billede af objektet. Videnskabsmandens valg af metode og eksperimentopstilling kommer derfor uafvendeligt til at få betydning for, hvordan forskningsgenstanden vil åbenbare sig for ham. Grænsen mellem det observerede og den observerende udviskes dermed. Dette sammenfald betyder, at en kausalbeskrivelse på atomart niveau ikke længere er fuldt ud mulig.

Det var dette problem Bohr forsøgte at omgå med sit komplementaritetsprincip. Antagonismen mellem de forskellige måder at anskue samme objekt på skulle forsones. De forskellige anskuelsesvinkler burde derfor ikke opfattes som konkurrenter om monopolet på den ”virkelige” fremstilling af et objekt. De var derimod komplementære fremstillinger af et objekt, hvis natur ikke uden videre lod sig indfange og derfor skulle tilnærmes fra så mange vinkler som muligt. Bohr foreslog med andre ord, at forskningen tog en ny epistemologisk retning. Dette burde også gøre sig gældende i den biologiske forskning. Biologer beskæftigede sig med komplekse systemer, der ikke kunne betragtes som lukkede. Afskar man en biologisk organisme fra dens omgivelser, ville den dø, og biologiske organismer kunne derfor ikke sidestilles med inorganiske objekter for en kvantemekanisk analyse, da selve eksperimentopstillingen ville involvere for mange åbne parametre. Bohr satte derfor spørgsmålstegn ved, hvorvidt det var muligt at give en udelukkende physico-kemisk forklaring på biologiens største gåde – fænomenet liv. Det gjorde han i en tid, hvor biokemien gjorde store bestræbelser på at isolere og afdække strukturen af proteinerne (der gennem et århundrede var anset for at være ”livets” byggesten), og dermed slå det sidste søm i vitalismens ligkiste. Bohr var dog ikke enig med biokemien i, at løsningen på livets gåde udelukkende fandtes i isolation og analyse af en celledel og atomare processer. En sådan physico-kemisk analyse på atomart plan ville dræbe den levende organisme - og

¹¹ Der i redigeret udgave blev publiceret i Nature i 1933.

dermed genstanden for analysen. Svaret var nok nærmere at finde i selve organismens besynderlige og komplekse selvorganisation:

”However, analogies from chemical experience will not, of course, any more than the ancient comparison of life with fire, give a better explanation of living organisms than will the resemblance, often mentioned, between living organisms and such purely mechanical contrivances as clockworks. An understanding of the essential characteristics of living beings must be sought, no doubt, in their peculiar organisation, in which features that may be analysed by the usual mechanics are interwoven with typically atomistic traits in a manner having no counterpart in inorganic matter.”¹³

Bohr anerkendte muligheden af, at en organismes enkeltdele kunne undersøges på atomart niveau. Det var endda nødvendigt for forståelsen af organismen. Dog indvendte han, at isolationen af disse enkeltdele fra helheden brød organismens særegne organisation. Hvis han med dette mente en organisation, der ulig et mekanisk ur, er mere en blot summen af enkeltdelene, har han muligvis foregrebet moderne tids emergens-debat. I så fald ville livets gåde være et epistemologisk og ontologisk spørgsmål om springene mellem forskellige organisationsniveauer, der hver især udviser lovmæssigheder, men som ikke kan reduceres til organisationsniveauet derunder. Emergens eller ej; Bohr forsøgte med sit komplementaritetsprincip at styre den biologiske forskning mellem Skylla og Charybdis i form af henholdsvis den rene reduktionistiske tilgang og vitalismens (ifølge Bohr) ørkesløse ide om en ”livskraft”.

”With this dilemma before us, we must keep in mind, however, that the conditions holding for biological and physical researches are not directly comparable, since the necessity of keeping the object of investigation alive imposes a restriction on the former, which finds no counterpart in the latter. Thus we should doubtless kill an animal if we tried to carry out the investigation of its organs so far that we would describe the role played by single atoms in vital functions. In every experiment on living organisms, there must remain an uncertainty as regards the physical conditions to which they are subjected, and the idea suggests itself that the minimal freedom we must allow the organism in this respect is just large enough to permit it, so to say, to hide its ultimate secrets from us.”¹⁴

¹² Olby (1974), p. 229.

¹³ Niels Bohr: “Light and Life”, *Nature*, 131: 421-423 & 457- 459, (1933), p. 457.

¹⁴ Ibid., p. 458.

Selvom Bohr forsøgte at styre udenom vitalismens faldgruber var hans komplementaritetsprincip dog stærkt antireduktionistisk. Tanken om noget essentielt ubegribeligt i forsøgsorganismen var da også grunden til, at hovedparten af det videnskabelige samfund stemplede hans biofilosofi som uheldbredeligt vitalistisk¹⁵. Anklagen var forståelig, men den var til dels uberettiget. Det virker ikke sandsynligt, at Bohr skulle gå ind for den slags vitalisme, hans videnskabeligt ansete fader havde kæmpet for at undgå¹⁶. Fysiologen Christian Bohr lagde omkring århundredeskiftet hjem til diskussionsmøder med filosofen Harald Høffding, fysikeren Christian Christiansen samt lingvisten Vilhelm Thomsen. Diskussionerne omhandlede blandt andet biologiske spørgsmål, og den unge Niels Bohr fik lov til at overhøre disse sessioner¹⁷. Her blev han præsenteret for Høffdings tiltro til determinismen og den physico-kemiske fremgangsmåde; samt for faderens ide om, at organiske processer ikke kunne analyseres isoleret fra deres rolle i den levende organisme¹⁸. Christian Bohr understregede gang på gang det utilstrækkelige i en ren physico-kemisk forklaring af organismen, men tog stærkt afstand til den vitalistiske ide om en særlig "livskraft"¹⁹. Det er derfor tvivlsomt, at Niels Bohr forfægtede netop den slags vitalisme, når han som i ovenstående pegede på, at vi kun har begrænset adgang til organismens natur. Livet var for Bohr at betragte som et uomgængeligt faktum. Dette var dog ikke ensbetydende med, at biologien ikke kunne gøre fremskridt. Det er mere sandsynligt, at Bohr som sin fader mente, at en ren reduktionistisk tilgang kun ville afsløre én side af sagen. Den ville ikke kunne sige noget om den tilsyneladende formålsrettede selvorganisation i organismen. Hertil skulle en komplementær metode findes. Bohr kom dog ikke med yderligere detaljer om denne metodes natur og anvendelighed. Det lod han bioforskerne om. Eet var dog sikkert for Bohr; man burde skabe de rette begrebsmæssige og epistemologiske rammer for *en ny tilgang til biologien* ved at lægge komplementaritetsprincippet til grund.

Selvom Christian Bohrs antireduktionistiske argumenter gav ekko i sønnen Niels' tale fra 1932, var de næppe skyld i hans gryende interesse i biologiske spørgsmål. Niels Bohrs første publicerede udtalelser om biologi kan spores tilbage til 1929²⁰ - lang tid efter sessionerne i hans barndomshjem. At Bohr efter så mange år genfandt interessen i biologien skyldes nærmere, at han forsøgte at pudse sit komplementaritetsprincip af ved at finde så

¹⁵ Anklagen kom bla. fra den prominente biolog H.J. Muller. Se evt. Finn Aaserud : "*Redirecting science*", Cambridge University Press (1990) p. 98-99.

¹⁶ Han var nærmere en anti-reduktionist, der forsøgte at finde et alternativ til mekanicismen, jf. Niels Bohr: "Physical Science and the Problem of Life", i "*Essays 1933 – 1957 on Atomic Physics and Human Knowledge, The Philosophical Writings of Niels Bohr, Vol II.*" Ox Bow Press Woodbridge, Connecticut (1987). p. 96.

¹⁷ Aaserud (1990), p. 69.

¹⁸ Ibid., p. 72.

¹⁹ Olby (1974), p. 229.

mange anvendelsesområder for det som muligt. Han gik aldrig aktivt ind i den biologiske forskning. Hans interesse var udelukkende af teoretisk eller filosofisk karakter. Dette stemte fint overens med den særlige forskningsstil og det forskningsmiljø, han var kendt for at skabe. Denne måde at bedrive videnskab på blev kendt som ”Københavnerånden”, og på Bohrs Institut for Teoretisk Fysik foregik behandlingen af svære faglige problematikker oftest i afslappede diskussioner, hvor man tænkte ”op af hinanden” og udvekslede ideer og konstruktiv kritik. Der opstod på denne måde et forum, hvor den enkelte forsker kunne få vendt og drejet et problem, han ellers ville have siddet alene med.

2. 3: Max Delbrück og „Der Dreimännerwerk“

Den unge teoretiske fysiker Max Delbrück havde taget del i denne københavnerånd. Han var dybt fascineret af den berømte Bohrs organisationsevner og hans specielle måde at indrage den enkelte forsker i faglige diskussioner. Delbrück havde som så mange andre unge fysikere en følelse af, at fysikken efter kvantemekanikken ikke længere bød på muligheden for at opdage nye paradokser. Der var ikke stor chance for at han, ligesom Bohr, ville revolutionere fysikken. Det så derimod ud til at det, der var tilbage var en prestigeløs holdindsats for at få de sidste brikker af fysikkens ”puslespil” på plads. Da hans store mentor, Bohr, pludselig begyndte at tale om uløste problemstillinger i biologien, var Delbrücks interesse derfor straks vakt. Han havde ledt efter udfordringer på nye jagtmarker; han fik det i form af komplementaritetsprincippet og biologien.

Kort efter Bohrs foredrag tog Delbrück til Berlin. Her blev han assistent for Lise Meitner og Otto Hahn på Kaiser Wilhelm instituttet for kemi. Han nærmede i komplementaritetsprincippets ånd et håb om, at de forskellige institutter i Kaiser Wilhelm-Gesellschaft kunne arbejde eksperimentelt sammen om biologiske problemstillinger. Viljen var der, men det stadig stærkere nazistiske styre indførte efter marts 1933 restriktioner for forskningen i Tyskland. Delbrück så sig derfor nødsaget til at holde private diskussionsmøder med andre interesserede. Diskussionsmødernes deltagere havde vidt forskellige faglige interessefelter (deriblandt teoretisk fysik, fotosyntese, enzymkinetik, mm^{21}), og Delbrück fik på denne måde kontakt med folk, der ikke blot arbejdede teoretisk med biologien, hvilket gav ham mulighed for at udtænke et *eksperimentelt* anvendelsesområde for komplementaritetsprincippet.

²⁰ Aaserud (1990), p. 69.

²¹ Olby (1974), p. 231.

Det var dog ikke kun i den forstand, han tog princippet videre end Bohr. Delbrücks tolkning af princippet var en del anderledes end Bohrs egen. Dette var ikke et sjældent problem for Bohr, der ofte udtrykte sig i så kryptiske vendinger, at han nærmest indbød til en mangfoldighed af fortolkninger. Hans biofilosofi blev således også misforstået af den tyske fysiker Pascual Jordan. Jordan forsøgte at sprede Bohrs teoretiske overvejelser om biologi via artikler og foredrag. Problemet var bare, at Jordans fortolkning lå langt fra Bohrs egen. Jordan forklarede eksempelvis den frie vilje som en nødvendig konsekvens af kvantemekanik og kobled på den måde fysik, psykologi og biologi sammen ud fra en tanke om enhedsvidenskab. Bohr, der som sin far så biologien som en autonom videnskab skarpt adskilt fra fysikken, kunne ikke stå model til denne udlægning af sine tanker. Bohrs høflige irettesættelser til trods fortsatte Jordan ufortrødent sin udbredelse og videreudvikling af udlægningen af ”Bohrs” tanker om biologien. Denne udlægning blev efterhånden så forskruet, at den antog klar vitalistisk karakter²². Jordan skabte dermed forvirring blandt biologer og filosoffer om Bohrs egentlige standpunkt, og de vitalistiske tendenser i udlægningen fik mange til at affærdige Bohrs synspunkter. Jordans voksende sympati for nazismen bidrog kun yderligere til Bohrs skuffelse over sin kollega. Glædeligvis havde han mere held med Max Delbrück, hvis tolkning trods alt lå tættere på Bohrs egen.

Forskellen på Bohrs ideer og Delbrücks tolkning af samme synes blandt andet at hænge sammen med, at manuskriptet til ”Light and Life” i en vis grad var forskellig fra den publicerede udgave fra 1933. Dette skyldes måske, at Bohr først sent havde accepteret at tale, og at manuskriptet derfor ikke var helt færdigredigeret. At talen stik imod Bohrs normale redigeringsproces efterfølgende blev publiceret på flere sprog og i forskellige udgaver kan skyldes, at Bohr havde travlt med at skærpe og demarkere sine synspunkter i forhold til den frafaldne Jordans²³. Den brudte og accelererede redigeringsproces betød desværre ikke, at Bohrs formuleringer blev mindre kryptiske end i det første udkast. Hans til tider tvetydige sprog og de mange forskellige udgaver af skriftet bidrog måske endda til yderligere mistænksomhed hos en allerede skeptisk læser. Max Delbrück foretrak da også den oprindelige tale. Ifølge hans egne erindringer var fokus i talen fra 1932 ikke lagt på noget principielt uerkendeligt ved organismens natur, og den indbød derfor knap så meget til vitalistiske anklager. Følgende argument er genskabt ud fra Delbrücks erindringer om Bohrs tale:

²² Aaserud (1990), p. 88 samt ”*Niels Bohr Collected Works vol. 10*”, ed. David Favrholdt, Elsevier Science, Holland (1999), pp. 16-18.

²³ Aaserud (1990), p. 91.

”If one looks at even the simplest kind of cell, one knows it consists of the usual elements of organic chemistry and otherwise obeys the laws of physics. One can analyze any number of compounds in it but one will never get a living bacterium out of it, unless one introduces totally new and complementary points of view.”²⁴

Delbrücks opfattelse af den nye tilgang til biologien var knap så teleologisk orienteret som Bohrs publicerede udgave af talen. Delbrück var på jagt efter paradokser i biologien, som svarede til fysikkens paradoksale spring fra klassisk fysik til kvantemekanik. Bohr, derimod, sagde intetsteds noget om muligheden for, at biologien ville byde på paradoksale observationer svarende til, hvad Rutherford fandt i fysikken i 1911²⁵. Hvor Bohrs interesse i biologien var teoretisk og filosofisk, var Delbrücks interesse i højere grad eksperimentel. Han koncentrerede sig derfor om at finde en måde, hvorpå man kunne udforske den praktiske side af Bohrs teori. Dette kunne opnås ved at granske hvilke metoder fra fysik og biologi, der monstro ville vise sig at være frugtbare, når komplementaritetsprincippet skulle tages i anvendelse. Hvis disse metoder gav anledning til forskellige og gensidigt ekskluderende fortolkninger af samme fænomen, ville paradokset og dermed komplementaritet på et højere niveau have meldt sig²⁶. Delbrück forsøgte at få såvel kvantemekanikkens principper samt biologiens kausalforklaringer med i en model om biologiens centrale livsfænomener.

Et sådant samarbejde på tværs af disciplinære grænser og metoder fik han med genetikeren N.W. Timofeeff–Resovsky fra Institut for hjerneforskning og med biofysikeren K.G. Zimmer fra røntgenafdelingen på Cecilienhaus-hospitalet. Disse herrer knyttede sig til Delbrücks diskussionsgruppe, og det udviklede sig til et nært samarbejde mellem de tre. Deres arbejde omhandlede genmutation. ”Mutationer” og ”gener” var dengang meget løst definerede begreber. Baseret på Darwins begreb om naturlig selektion og Gregor Mendels arvelighedslære opfattede genetikere genet som en faktor, der overførtes fra generation til generation, og som i kraft af dets variationer kunne resultere i en enten positiv eller negativ selektion for individet, der bar genet. Denne definition sagde dog intet om, hvad genet bestod af – dets kemiske natur. Afdækningen af et biologisk stofs kemi var nemlig biokemikernes domæne. Biokemien havde i første halvdel af det tyvende århundrede enorm succes med at afdække biologiske molekylers struktur og funktion. Dette gjaldt især de metaboliske processer i organismen – syntesen og nedbrydningen af kroppens byggesten – der varetages af *enzym*er. Kun få havde imidlertid haft mistanke om en sammenhæng mellem syntesen af biokemikernes enzymer og genetikkens genbegreb.

²⁴ Fischer and Lipson (1988), p. 82.

²⁵ Favrholt ed. “Niels Bohr Collected Works vol. 10” (1999), p. 25.

Allerede i 1902 havde den engelske læge Archibald Garrod dog næret mistanke om, at ét gen var ansvarligt for produktionen af ét specifikt enzym. Mistanken skyldtes, at alle fem børn fra en søskendeflok led af samme lidelse. Lidelsen var forårsaget af en inaktivering af et enzym, der normalt varetog nedbrydningen af aminosyren tyrosin. Børnenes forældre var endvidere kusine og fætter, hvilket i overensstemmelse med Mendels arvelighedslove ledte Garrod til konklusionen, at lidelsen var dobbelt recessiv²⁷. Der blev dog ikke fulgt yderligere op på teorien førend i 1920'erne, hvor J.B.S. Haldane uden større held forsøgte at gennemskue funktionen af den fysiologiske basis for det enkelte gen, og spørgsmålet om hvorfor en mutation i genet bevirkede en ændring i enzymets egenskaber.

I 1910 havde den amerikanske genetiker Thomas Hunt Morgan sat skub i genetikkens udvikling ved at vælge frugtfluen *Drosophila* som forsøgsorganisme. Dette var hensigtsmæssigt, da fluetypen havde en meget kort levetid, hvilket gjorde arvelighedsmønstrene nemmere at iagttage i laboratoriet. Morgan opdagede, at visse gener ligesom kønskromosomer blev overført forskelligt afhængigt af køn, hvilket ledte ham til konklusionen, at gener var lokaliseret på kromosomerne i cellekernen²⁸. Genernes præcise lokation og kemiske natur blev dog ikke specificeret. Med denne opdagelse blev man i stigende grad interesseret i kromosomers fordobling (selvreplikation) under celledeling. Hvilken rolle spillede generne? Og hvad bestod de af? Disse spørgsmål vakte biokemikernes interesse. Kromosomerne havde vist sig at bestå af såvel nukleinsyrer som proteiner. Generne måtte med andre ord bestå af et eller begge af disse stoffer. Siden midten af det 19. århundrede havde man forsøgt at afdække proteins (og dermed også enzymernes) struktur. Man vidste, at disse stoffer var sammensat af 20 forskellige aminosyrer. Hvordan disse aminosyrer var arrangeret i forhold til hinanden, var dog det spørgsmål, der skilte vandende i det videnskabelige samfund. Diskussionen gik således på, hvorvidt proteiner var at betragte som makromolekyler eller kolloider. Under alle omstændigheder var proteinerne komplekse størrelser. Til sammenligning var nukleinsyrerne kun sammensat af 4 forskellige mindre enheder – nukleotiderne. Nukleinsyrernes struktur var heller ikke kendt, men den gængse opfattelse var, at de simpelthen ikke var komplekse nok til at rumme genets "information". Man antog derfor, med visse undtagelser (som fx Haldane i ovenstående), at generne måtte bestå af proteiner, for hvilke nukleinsyrerne blot fungerede som en slags mekanisk støtte eller energiresource²⁹.

²⁶ Fischer and Lipson (1988), p. 83.

²⁷ Michel Morange "A History of Molecular Biology", Harvard University Press, Massachusetts (1998), p. 21.

²⁸ Morange (1998), p. 16.

²⁹ Morange (1998), p. 18.

Denne forvirring om genernes kemiske natur, struktur og funktion var baggrunden for Delbrück, Timofeeff-Resovsky og Zimmers samarbejde. Dette samarbejde udmundede sig i udgivelsen af en artikel, "On the nature of Gene Mutation and Gene Structure"(1935), der siden blev kendt som "Der Dreimännerwerk" på grund af det (dengang) høje antal forfattere på skriftet. Skriftet handlede om røntgeninduceret mutation i *Drosophila*. De tre mænd lagde hver deres specielle vinkel på emnet. I 1926 havde den tyske genetiker Hermann J. Muller påvist, at røntgenstråler havde en muterende effekt på gener. I 1934 kunne Timofeeff-Resovsky verificere denne opdagelse, og han ønskede endda at tage en praktisk konsekvens af den, idet han ville udvikle en metode til at inducere specifik mutation i organismer og dermed producere nye genotyper blandt husdyr og planter til fordel for mennesket³⁰.

Biofysikeren Zimmer var derimod interesseret i selve de physico-kemiske forandringer, strålingen medførte. Hvorfor og hvordan var energidoser på røntgenstråleform farlige, når energi i form af varme ikke var i stand til at inducere mutationer? Zimmer og Timofeeff-Resovsky arbejdede derfor sammen om en analyse af mekanismerne bag røntgenstrålingens mutationsinducerende effekt. Delbrücks bidrag til skriftet var derimod overvejende teoretisk. Han tolkede de andres konklusioner ud fra en kvantemekanisk optik, og hans bidrag blev derfor senere kendt som den kvantemekaniske model af genet³¹. Han så ligesom Bohr genetikken som en autonom videnskab, der *ikke* kunne reduceres til ren fysik. Der forelå endnu ingen forklaring på genernes kemiske natur, og genetikerne arbejdede derfor ufortrødent videre med deres definition af genet som en faktor, der overføres fra organisme til organisme – med andre ord en fænotypisk beskrivelse! Delbrück så det af den grund som en udfordring at forene den genetiske model af mutationsfænomenet med fysikkens. Her var jo tale om to komplementære (og måske gensidigt udelukkende) vinkler på samme sag. Var her endda tale om et paradoks?

Delbrück valgte struktur- og biokemien fra i sin jagt på en forklaring af genet. Trods disse discipliners succes med afdækkelsen af andre biologiske stoffers struktur, mente Delbrück ikke, at en så kompleks, reduktionistisk og rent physico-kemisk metode ville være behjælpelig, hvad angik udforskningen af genet. Hans afvisning af de strukturelle biokemiske studier var ikke kun en genklang af den tone, Niels Bohr slog an i sin tale fra 1932³². Den skyldtes også bekymringen over, at en sådan analyse ville have kræve store mængder af homogent og stabilt genmateriale, hvilket Delbrück fandt umuligt under de givne forsøgsomstændigheder. De tre forskere valgte derfor i stedet at undersøge "...the nature of

³⁰ Olby (1974), p. 232.

³¹ Olby (1974), p. 233.

³² Den strukturkemiske tradition indenfor molekylærbiologien vil blive gennemgået i et senere afsnit.

the limits of the stability of the gene and see whether it agreed with what we know about well defined atomic associations on the basis of the atomic theory.”³³. Hvordan kunne genet være en stabil struktur både før og efter en mutation? De fandt frem til, at denne stabilitet skyldtes specielle kræfter mellem atomerne i genet. Springet fra den ene stabile form til den anden efter en mutation var derfor at betragte som et røntgeninduceret kvantespring!³⁴ Delbrück stødte altså ikke som håbet på paradokset i den kvantemekaniske model af genet. Dreimännerwerk – artiklen skulle dog gøre ham berømt alligevel.

2. 4: Erwin Schrödingers ”What is Life?”

I 1944 udgav en anden kendt skikkelse i den teoretiske fysik, Erwin Schrödinger, bogen *”What is Life?”*. Bogen var en samling af en række foredrag, Schrödinger havde holdt året forinden, og den gav et bud på, hvordan fysikkens teori kunne bidrage til forståelsen af fænomenet liv. Schrödinger var i modsætning til Bohr reduktionistisk og deterministisk orienteret. Han var overbevist om, at livsprocesser kunne forklares physico-kemisk (og især ved hjælp af biokemien) – også selvom det ville kræve opdagelsen af nye fysiske love³⁵! Han var i særdeleshed interesseret i generne; deres evne til at bære store mængder af ”information” samt deres præcise selvreplikation under celledelingen. I bogen fremhæver han Timofeeff-Resovsky, Zimmers og Delbrücks kvantemekaniske genmodel som et eksempel på, hvor frugtbar den fysiske metode allerede havde vist sig at være i biologien. Det må have været mærkeligt for Delbrück, at blive citeret af en mand, som filosofisk set stod i diametral modsætning til ham selv. Rent videnskabeligt set bragte Schrödinger ikke meget nyt under solen. Han svarede hverken tilfredsstillende på titlens spørgsmål om livets natur eller for den sags skyld på, hvilke tiltag fremtidig forskning burde tilskynde for at opnå resultater på området. I en af eftertidens store molekylærbiologers ord:

”A close study (...) has shown me that what was true in his book was not original, and most of what was original was known not to be true even when it was written.”³⁶

En af undtagelserne for dette var dog den teori om genets struktur, Schrödinger udledte af Delbrücks model. Han mente således, at Delbrück konkluderede, at genet var et

³³ Olby (1974), p. 233. Oprindeligt : Timofeeff- Resovsky, Zimmer og Delbrück: *”On the nature of Gene mutation and Gene Structure”*, (1935), p. 226.

³⁴ Olby (1974), p. 234.

³⁵ Erwin Schrödinger: *”What is Life?- The physical aspect of the living cell”*, The University Press, Cambridge, 1944, (1951) , p. 76.

³⁶ Max Perutz: *”Is Science Necessary?”*, E.Dutton, NY (1989), p. 231.

makromolekyle, og at bindingsenergiene i dette molekyle endvidere var af samme slags som den mellem atomer i krystaller. Dette ledte Schrödinger til konklusionen, at genet måtte være en lineær, endimensional men aperiodisk krystal³⁷.

Bogen blev flittigt læst og opnåede at blive anmeldt ikke mindre end 65 gange inden 1948. Ideen om den aperiodiske krystal tiltalte mange unge fysikere, men hvorvidt bogen enhændigt fik disse fysikere til at give sig i kast med biologiske problemstillinger er nok tvivlsomt. Fysikerne Gunther Stent, Maurice Wilkins, Francis Crick, Seymour Benzer m.fl. skriver i deres erindringer, at de blev påvirket af bogen. Det samme gør andre af molekylærbiologiens stjerner med biologisk, kemisk eller medicinsk baggrund: James D. Watson, Salvador Luria, Alfred Hershey, Francois Jacob m.fl. Spørgsmålet er bare på hvilken måde, bogen udøvede indflydelse på dem? Anden verdenskrig havde berøvet fysikken dens uskyld, og med udviklingen af atombomben var disciplinen for alvor trådt i militærets tjeneste, hvilket havde en stærk effekt på især de unge fysikers professionelle moral. Ligesom Delbrück og andre fysikere og kemikere i 1930'erne stod efterkrigstidens fysikere uden udsigt til at gøre store bedrifter inden for deres videnskab. Den havde nået en slags Kuhn'sk "normal science" periode, hvor de sidste brikker af puslespillet ikke forventedes at byde på nye paradokser. Den fysiske forskningspraksis havde ændret sig fra at være enkeltmandsbedrifter til at være konkurrenceprægede holdindsatser, hvor den enkelte forsker forblev anonym for omverdenen. Disse arbejdsvilkår var ikke ligefrem opmuntrende for fysikerne, der skulle finde en plads i videnskaben, der måske ikke længere uden at fremkalde skyldfølelse havde en plads i deres hjerter. Da den berømte Schrödinger (og endda også Leo Szilard) så pludselig legitimerede et skifte fra en "dødens videnskab" til videnskaben om livet, har denne løsning sikkert været fristende for mange.

Således var det ifølge Maurice Wilkins ikke kun Schrödingers bog, der fik ham til at vælge biologien³⁸. Der var nærmere tale om en kombination af alle ovennævnte faktorer. Det samme gjorde sig gældende for de fleste af de fysikere, der gav sig i kast med biologien efter krigen. Francis Crick, der fandt Schrödingers ide om aperiodiske krystaller interessant, mente at bogens succes lå i udgivelsens heldige timing³⁹. Med undtagelse af krystalteorien fandt han, ligesom Perutz, bogens faglige indhold yderst tvivlsomt, og selvom store navne i molekylærbiologien har angivet bogen som inspirationskilde, har den åbenbart ikke inspireret nok til at blive diskuteret på konferencer og i de enkelte laboratorier⁴⁰. Bogens styrke lå nok

³⁷ Max Perutz: *"Is Science Necessary?"*, Oxford University press, Oxford (1991), p. 250.

³⁸ Edward Yoxen: "Where Does Schrödingers "What is Life" Belong in the History of Molecular Biology", *History of Science*, 17: 17-52, (1979), p. 26.

³⁹ Perutz (1991), p. 244.

⁴⁰ Ibid.

nærmere i Schrödingers blåstempling af biologien. Den har inspireret folk, der ellers aldrig ville have fattet interesse for dette fagområde. Set i det lys er Schrödingers status som en af molekylærbiologiens grundlæggere en anelse overdrevent. Ét er dog sikkert. I 1930'erne og 1940'erne oplevede biologien en tilstrømning af forskere med akademisk baggrund i fysik, kemi, medicin mm. Men hvad var det for en forskertype, der valgte at begive sig ind i forskningsområdet? Delbrück, Stent⁴¹ og Benzer var fascinerede af muligheden for at finde paradokser og nye love i biologien. Andre, som fx Crick, var interesseret i at komme vitalismen til livs ved én gang for alle at påvise, at tilsyneladende uforklarlige biologiske fænomener kunne reduceres til fysik og kemi, og at den molekylære forklaring måtte være lige om hjørnet⁴². Biologien skulle da også blive vidne til et skifte i fremgangsmåde. Den var ikke længere et studium i diversitet og klassifikation. Den nye molekylære vision af livet fokuserede i stedet på de physico-kemiske forklaringer på livsprocesser (som fx replikation og respiration), der måtte være fælles for alle organismer. Ved på denne måde at isolere en livsproces fra organismen, tog man ikke højde for organismens emergente egenskaber og interaktion med sine omgivelser. Dette stod i stærk kontrast til Bohrs antireduktionistiske ideer om biologisk forskning. Med dette in mente kan det derfor være svært at forstå PATOOMB's insisteren på, at såvel Schrödinger som Bohr skulle have været blandt molekylærbiologiens "founding fathers". Bohrs tilhængere (Jordan, Delbrück og derigennem Benzer og Stent) fortolkede ham tilsyneladende alle som én forkert, og det faglige indhold i Schrödingers bog var under skarp kritik. Bohrs og Schrödingers indflydelse på den spæde molekylærbiologi har derfor næppe skyldtes deres indsigt i biologien. At de to berømte fysikere i diverse tidlige forsøg på at skrive molekylærbiologiens historie alligevel tilskrives en så stor rolle, kan som før nævnt skyldes et bevidst forsøg på at skabe et mere imponerende historisk fundament for disciplinen. I Bohrs tilfælde synes der dog at have været flere ting på spil. Som det vil fremgå af næste afsnit, var hans karismatiske og særegne stil som leder og organisator af pengekrævende forskningsprojekter en afgørende faktor i forskningsområdets udvikling, selvom hans ideer på området siden måtte vige for en mere reduktionistisk dagsorden. Den reduktionistiske og molekylære vision af livet blev nemlig delt af de fleste af de tilkomne forskere, men visionen og dens tilknyttede nye instrumenter og teknikker var dyre i drift og krævede omfattende finansiering. Skæbnen ville dog, at et fond, som tilgodeså forskningsprojekter med netop denne vision, også kom til at spille en vigtig rolle i udviklingen af molekylærbiologien.

⁴¹ Stent blev gennem Delbrücks udlægning tilhænger af Bohrs komplementaritetsprincip. Han tolkede af ukendte årsager Schrödingers ideer til at være i overensstemmelse hermed.

2. 5: Rockefeller Foundation og det molekylærbiologiske program

I 1938 anvendte Warren Weaver angiveligt som den første termen ”molekylærbiologi” i en årsrapport til Rockefeller Foundation om fondets nye eksperimentelle biologiprogram. Han brugte termen til at beskrive ”... a relatively new field, which may be called molecular biology, in which delicate modern techniques [fra fysikken, red.] are being used to investigate ever more minute details of certain life processes.”⁴³ Lige siden sin udnævnelse som direktør for fondets afdeling for naturvidenskab (The Natural Sciences Division) i 1932 havde Weaver forsøgt at flytte fondets ensidige fokus på de fysiske videnskaber over på en interesse i at støtte og stimulere anvendelsen af de fysiske videnskabers teknikker, eksperimentelle praksis og analytiske apparat på biologiske problemstillinger⁴⁴. Han ville skabe gode økonomiske og institutionelle rammer for en ny biologi, der brød med traditionelle disciplinære grænser og derfor rådede over en bred vifte af redskaber fra såvel biofagene som fra de mere eksakte videnskaber. Den slags tværfaglighed ville give bedre kår for at løse tidens essentielle biologiske problemer. Anvendelsen af en disciplins redskaber i en anden disciplin var som vist i ovenstående på ingen måde en ny ide i 1930’erne. Tanken om at de forskellige videnskaber (jf. Comte’s videnskabshierarki) gennemløber en udvikling mod kemi, fysik og endelig matematik var alment accepteret⁴⁵. Biokemien stod på den måde i gæld til både den fysiske kemi, den organiske kemi og fysiologien for mange af de teknikker og instrumenter, den tog i brug til undersøgelser af proteins struktur. Genetikens genbegreb blev som vist i ovenstående ligeledes taget i kærlig behandling af folk, der anvendte andre discipliners teknikker og begreber for at tilnærme sig en bedre forklaring af fænomenet. Det principielt nye i Weavers projekt var derfor dets økonomiske omfang samt det faktum, at det søgte at sammenkoble frontforskningen med fondets *sociale* dagsorden⁴⁶.

Rockefeller Philantropies (efter oliemagnaten John D. Rockefeller) havde især i perioden 1913-1933 en interesse i det, sociologien kaldte ”social kontrol”. Den amerikanske industrialisering og den stærke immigration til USA (1890-1919) havde vist, at den amerikanske drøm ikke var for alle. Løftet om, at hårdt arbejde ville bringe den enkelte og samfundet velstand og social stabilitet blev ikke indfriet. Industrien medførte derimod en

⁴² Evelyn Fox Keller: ”Physics and the Emergence of Molecular Biology”, *Journ. His. Biol.*, 23: 389-410, (1990), p. 404.

⁴³ Warren Weaver: ”Annual Report of the Rockefeller Foundation” (1938), p. 203.

⁴⁴ Warren Weaver: ”Molecular Biology: Origins of the term”, *American Association for the Advancement of Science* (1970), p. 582.

⁴⁵ Robert E. Kohler: ”The Management of Science – The experience of Warren Weaver and the Rockefeller Foundation Programme in Molecular Biology”, *Minerva*, 14: 249-293, (1976), p. 287.

⁴⁶ Lily E.Kay: ”The Molecular Vision of Life”, Oxford University Press, Oxford (1993), p. 18.

skarpere klasseopdeling, og den store indvandring og efterfølgende urbanisering betød, at udbuddet af arbejdskraft var større end efterspørgslen på den. Tilflytterne havde oftest ingen uddannelse og måtte tage til takke med dårligt betalt arbejde og kummerlige boligforhold. Byerne blev hurtigt skuepladser for social elendighed – en såkaldt ”fordærvelse af det amerikanske samfund”.⁴⁷ Rockefeller Philantropies søgte derfor at genskabe den sociale og økonomiske stabilitet ved at støtte uddannelse og forskning, der ledte til den sociale kontrol, som kunne forbedre den menneskelige adfærd og moral. Denne opførsel og moral skulle være dybt forankret i den amerikanske protestantisme. Fondet så derfor oprettelsen af blandt andet The Rockefeller Institute for Medical Research (1901) og The General Education Board (1903) som en investering i social velfærd. De biologiske videnskaber blev inddraget i indsatsen mod den elendighed, der trivedes i form af diverse stimulans-afhængigheder og sygdomme, da man håbede, de kunne bidrage til forståelsen af det menneskelige sind og dets patologi. Af alle biovidenskaberne indtog eugenikken den vigtigste plads. Mendels arvelighedslære supplerede Spencers dengang accepterede, men voldsomt diskriminerende, doktrin om racehygiejne, og læren om genernes overførsel var derfor anvendelig i planlægningen af, hvordan man bedst undgik fremtidige ”uheldige elementer” i samfundet. Fondet havde dog ikke et direkte eugenisk forskningsprogram, men det støttede blandt andet op om The National Committee For Mental Hygiene’s kampagne om sterilisering af åndssvage og lignende projekter.⁴⁸

Første verdenskrig styrkede yderligere videnskabens politiske rolle i samfundet. Ny teknologi blev frembragt gennem tværfaglige samarbejder på tværs af discipliner og sektorer. Videnskaben havde bevist sin anvendelighed i militære anliggender og var derfor værd at støtte og styrke yderligere. Landets mest prominente forskere var bevidste om deres nye vigtige position og prædikede grundforskningens uvurderlighed. Støtten til forskningen kom ikke længere kun fra stat og industri men også fra private fonde som Carnegie Corporation og Rockefeller Foundation. Især dette samarbejde mellem den private sektor og den akademiske videnskab blev vigtig for den naturvidenskabelige forsknings kår, hvilket illustreredes i oprettelsen af bl.a. National Research Council (1918)⁴⁹ i et forsøg på at styrke de amerikanske forskningsinstitutioner. Gennem International Education Board forsøgte man tillige i 1920’erne at støtte og genoprette den *europæiske* forskning, som havde lidt stor nød under krigens restriktioner. Støtten var både en direkte støtte til (gen-)oprettelse af forskningsinstitutioner, men også støtte i form af rejsestipendier til de enkelte forskere.

⁴⁷ Kay (1993), p. 25.

⁴⁸ Kay (1993), p. 27.

⁴⁹ Kay (1993), p. 29.

Støtten gik dog primært til de fysiske videnskaber, da et egentligt biologisk program endnu ikke var blevet organiseret. Eugenikken havde i slutningen af 1920'erne fået et så dårligt ry som racistisk propaganda og pseudovidenskab, at fondets ledelse udviste ambivalens for søsætningen af det planlagte biologiske projekt⁵⁰. I 1929 undergik Rockefeller Philantropies dog store strukturændringer, der blandt andet betød, at fondet overtog International Education Boards naturvidenskabelige program. Fondet oprettede derfor et nyt organ - Natural Sciences Division (NSD). Fysikeren Max Mason blev midlertidigt kaldt til posten som direktør for dette organ, men da han samtidig bestred hvervet som præsident for hele fondet, havde han ikke tid nok til at udfærdigede et egentligt gennemtænkt politisk programskrift for støtten til naturvidenskaberne. Dette betød, at NSD i perioden 1929-1932 i høj grad manglede styring og sigte med sin virksomhed som naturvidenskabens velynder⁵¹. Det biologiske projekt blev dog ikke lagt helt på hylden. Mason var ikke kun interesseret i at promovere de fysiske videnskaber. Han nærede

”...a consuming interest in behavioural research and particularly in the possibility that the physical sciences, working closely with and through the biological sciences, could shed new and revealing light on the normal and abnormal behaviour of individuals, and ultimately on the social behaviour of groups of men.”⁵²

Udfordringen var at sammensætte et biologisk program uden alt for stærke eugeniske islæt. Det var i høj grad et spørgsmål om retorik. Frank R. Lillie's forslag om at oprette et institut på Chicago Universitet, der skulle beskæftige sig med en bred tilgang til genetik, reproduktionsfysiologi og kønsforskning faldt pænt indenfor fondets oprindelige mål og ønsker om social kontrol. Lillie fik dog ikke sin støtte, førend han i samråd med Mason i 1931 ændrede navnet på det kommende institut fra Institut for Racebiologi til det mindre iøjnefaldende Institut for Genetisk Biologi⁵³.

I efteråret 1931 opfordrede Mason sin tidligere studerende Warren Weaver til at tiltræde posten som direktør for NSD. Som før nævnt var Weaver ivrig for at gennemføre sin og Masons vision om et tværfagligt samarbejde mellem de fysiske og biologiske videnskaber, da han havde fuld tiltro til en ren reduktionistisk, physico-kemisk forklaring af livsprocesserne. Han tog ligesom Mason afstand fra kvantemekanikkens indeterminisme og manglende kausalforklaring. Han betragtede disciplinens abstrakte begreber som en bombe

⁵⁰ Kay (1993), p. 38.

⁵¹ Aaserud (1990), p. 171.

⁵² Weaver om Mason, citeret i Kay (1993), p. 40.

⁵³ Kay (1993), p. 41.

under enhver rationel og lovmæssig naturbeskrivelse⁵⁴. Weaver og hans biologiske program var derfor i stigende grad reduktionistisk orienteret og i direkte modstrid med Bohrs ideer på området. Weaver havde i modsætning til Mason både tiden og gennemslagskraften til at realisere den vision, han havde om NSD's rolle i den biologiske forsknings udvikling. Han så sig selv som en slags "videnskabs manager", der sammen med resten af fondets embedsmænd formede videnskaben ved at yde støtte til projekter, der faldt indenfor de af fondet tilrettelagte intellektuelle rammer for (biologisk) forskning. Disse rammer blev mere og mere snævre i takt med, at Weaver fik defineret sit projekt om "en ny biologi". Dette afspejles da også i projektets mange navne, der fra Weavers udnævnelse ændredes fra "Psykobiologi" til "Livsprocesser" og "Eksperimentel biologi" for endelig i 1938 at blive kaldt "Molekylærbiologi".⁵⁵

Fra midten af 1930'erne ændredes NSD's struktur igen. NSD skulle nu ikke længere beskæftige sig med emner som kønsforskning og endokrinologi, der nu skulle høre under en særskilt afdeling for medicinsk forskning. Weaver så dette som en oplagt mulighed for at styre sit biologiske projekt i en mere fysisk og *eksperimentel* retning. Retningsskiftet medførte en del ændringer i fondets støttepolitik, da Weaver i høj grad vægtede tværfagligt samarbejde mellem biologer og fysikere. Der blev derfor givet støtte til forskning i ny teknik som fx radioaktive isotoper (som indikatorer på organiske stoffers færd i organismen), Theodor Svedbergs ultracentrifuge og Astburys røntgenkrystallografiske studier. Som det vil blive gennemgået i det følgende, blev selve samarbejdet og anvendelsen af physico-kemiske teknikker og begreber vægtet tungere end det egentlige biologiske problem, de skulle bruges til at løse. Projektet fjernede sig derfor hastigt fra fondets oprindelige krav om videnskabernes direkte anvendelighed i udøvelsen af social kontrol.

Det biologiske problem var dog ikke *helt* uden betydning. Weaver støttede helst projekter, der anvendte de nye teknikker på områder, der allerede havde vist sig lovende som fx biokemi, genetik og cellefysiologi⁵⁶. Han satte med andre ord de første (om end meget løse og brede) intellektuelle rammer for *molekylærbiologisk* forskning. Weaver så frem for alt tværfagligheden som den nye biologis styrke, og han støttede den underudviklede biofysiks anvendelse på uberørte områder af de førnævnte og allerede veletablerede discipliner, hvis forskning var centreret om veldefinerede intellektuelle problemer. For genetikken (og

⁵⁴ Kay (1993), p. 43.

⁵⁵ Kay (1993), p. 48.

⁵⁶ Kohler (1976), p. 296.

biokemien) kunne sådan et uberørt område være en kemisk og fysiologisk forklaring på genets struktur, udtryk og mutation⁵⁷.

Weaver fandt biokemien det mest lovende felt af alle. Dette betød dog ikke, at han fandt en ren biokemisk forskning interessant. Han mente derimod, at det bedste arbejde i biokemien blev udført af forskere med andet disciplinært ophav. Denne opfattelse blev ikke altid delt af hverken biokemikere eller fysikere. Weavers magtfulde position som manager for en velhavende fond betød dog, at han i høj grad kunne påvirke den akademiske forsknings udvikling ved hjælp af fondets forskningspolitik og selektive støtte til de enkelte projekter. Det biologiske projekts endelige navneskift til ”molekylærbiologi” indikerer, at Weaver fandt allerede eksisterende disciplinnavne utilstrækkelige. Den nye term dækkede derfor over en ny tilgang til biologien med afsæt i en eller flere veletablerede discipliner. Denne tilgang skulle sætte den tværfaglige fremgangsmåde højere end definitionen af et særskilt og nyt intellektuelt problem, hvorefter dens forskning skulle kredse⁵⁸.

Niels Bohrs indtræden i Weavers eksperimentelle biologiprogram i midten af 1930’erne er et godt eksempel på, hvordan et projekts biologiske problem blev nedprioriteret i forhold til fremgangsmåden⁵⁹. Selvom Weaver tog klart afstand fra Bohrs anti-reduktionisme og hans udelukkende teoretiske tilgang til biologiske problemer, var han interesseret i at hverve ham til fondets eksperimentelle biologiprogram. Bohrs status alene gjorde ham til en oplagt kølerfigur for det nylancerede projekt. Fondet håbede derfor på at kunne overtale Bohr til at arbejde sammen med biologer om en *eksperimentel* tilgang til biologien. Bohr var dog ikke ovenud begejstret for dette forslag, da NSD embedsmændene Wilbur Tisdale og Patrick O’ Brian i april 1934 tog til København for at præsentere visionen om den nye biologi for en række af hovedstadens mest prominente forskere. Bohr mente ikke, at hans sparsomme biologiske ekspertise kunne slå til i veldefinerede biologiske eksperimenter og ville derfor hellere holde sig til ”Københavneråndens” frie diskussionsstil⁶⁰. Han var dog åben for, at prominente biologer kunne tage del i disse diskussioner, hvis de havde lyst. Denne udmelding var ikke nok for Tisdale og O’ Brian. De havde på intet tidspunkt gjort sig forhåbninger om, at Bohrs kendskab til biologi var fyldestgørende nok til, at han ene mand kunne stable et projekt på benene. De havde dog håbet på, at han kunne blive den prestigetunge organisator for et projekt, der involverede kompetente fysikere fra Bohrs Institut for Teoretisk Fysik *samt* biologer fra nogle af Københavns biologiske forskningsinstitutioner. Rockefeller Fondet havde i 1920’erne støttet fysiologen August Kroghs arbejde. Kroghs arbejde faldt i og for sig

⁵⁷ Kohler (1976), p. 302.

⁵⁸ Kohler (1976), p. 304.

⁵⁹ Dermed ikke sagt, at Bohrs projekt ifølge eftertidens standard kvalificerede sig som molekylærbiologisk.

uden for NSD's nye biologiske program, men det ville under en ny fysisk optik være oplagt at støtte⁶¹. Bohr kom imidlertid ikke med forslag af den art, og de to officerer måtte nedslået erkende, at de ikke havde hvervet et af de absolutte ikoner for den teoretiske fysik.

I de følgende måneder skete der dog en interessant ændring i Bohrs indstilling til at deltage i det eksperimentelle biologiprogram. Nogenlunde samtidigt med Tisdales og O' Brians besøg ankom forskeren James Franck til Bohrs institut. Francks interessefelt var at efterprøve den teoretiske fysiks antagelser eksperimentelt, og han havde i nogen tid udtrykt ønske om at give sig i kast med kernefysik. Dette bidrog til, at Bohr indledte forberedelser til et retningsskifte på instituttet. Nu skulle også kernefysikken tages under kyndig behandling. Dog manglede det teoretisk orienterede institut i alvorligste grad det nødvendige (og meget dyre) udstyr til et sådant skifte. Da den teoretiske fysiker George von Hevesy pludselig meldte sin ankomst på instituttet få måneder efter, begyndte en plan at klækkes i Bohrs hoved. Hevesy havde før arbejdet med radioaktive isotoper og den såkaldte radioaktive indikator teknik. Selvom Hevesy primært havde arbejdet med teknikken i fysisk øjemed, havde han kort beskæftiget sig med muligheden for at anvende teknikken i biologiske forsøg. Hvis en radioaktiv isotop indgik i et molekyle (en radioaktiv "mærkning"), ville dets færd og skæbne i en organisme eller over kunstige membraner kunne spores. Dette ville fx være en uvurderlig hjælp i studiet af en organismes omsætning af en bestemt organisk forbindelse. Da udstyret til fremstillingen af disse radioaktive isotoper, en cyklotron, også var det centrale udstyr i eksperimentel kernefysisk forskning, anede Bohr fordelene ved at deltage i NSD's program. Kernefysikken kunne nu blive introduceret på instituttet ved hjælp af NSD's støtte til det biologiske projekt! Da Tisdale endnu engang interviewede Bohr i København den 29. august 1934, var det derfor med et helt andet udfald end deres forrige møde. Tisdale kunne efter mødet rapportere om Bohrs forslag til et eksperimentelt funderet biologisk projekt:

"Due to the presence of VON HEVESY in Copenhagen, Bohr has decided to undertake a cooperative problem with KROGH, VON HEVESY, and himself. They now have an arrangement with the Radium Institute for the loan of a small fraction of a gram of radium at intermittent periods, but this has proved so unsatisfactory an arrangement that lacking the possibilities of a better cooperation with the Radium Institute, Bohr has decided to install a high-tension equipment for the production of artificially stimulated radioactivity. With the elements so made radio-active, Krogh, von Hevesy and Bohr are to enter upon the cooperation of the problem of the identification of the processes with which these elements are concerned. (...) They propose to begin their work with heavy hydrogen and then sodium

⁶⁰ Aaserud (1990), p. 183.

chloride, using first artificially prepared membranes, and then probably the most impermeable of body membranes, the bladder, eventually to come to cell walls.”⁶²

De tre forskeres forslag indeholdt alt det NSD kunne ønske! Det biologiske problem om membraners selektive permeabilitet blev i et storslået samarbejde forsøgt løst ved hjælp af en ny fysisk tilgang. Krogh skulle stå for den biologiske ekspertise, mens Hevesy stod for den nye eksperimentelle fysiske teknik. Bohrs rolle var derimod af mere administrativ karakter. Om end hans interesse i det biologiske projekt sikkert var oprigtig nok, var han mest interesseret i instituttets mulige skifte til kernefysik. I den forbindelse viste Bohr sit enorme talent indenfor kunsten at finansiere forskning. Til trods for at projektets biologiske problemstilling aldrig helt blev specificeret overfor Tisdale, var Bohr og Hevesy dog ikke i tvivl om, hvilket *udstyr* opgaven krævede. Bohr lod således Tisdale forstå, at han havde fået lovning på dækning af en del af udstyrets udgifter fra Carlsbergfondet. Dette til trods for, at Bohr først ansøgte det danske fond om støtte flere måneder efter mødet med Tisdale⁶³. Bohr påpegede yderligere, at en uoverensstemmelse mellem kursen på den amerikanske dollar og den tyske mark var skyld i, at det estimerede støttebeløb ikke længere slog til. Under henvisning til at hele Carlsbergfondets støtte til det biologiske projekt måske var i fare, hvis han bad fondet om yderligere støtte til visse laboratorieinstallationer, fik han flere penge fra Rockefeller Foundation. Den egentlige ansøgning til Carlsbergfondet var dog en ansøgning om penge til et rent *kernefysisk* projekt. På denne måde opnåede Bohr penge, som ikke var direkte øremærkede til det biologiske projekt. Helt fordækt var det dog ikke, da Weaver sikkert kun var glad ved tanken om, at det dyre udstyr også ville blive brugt til store prestigeprojekter i fysik⁶⁴.

Det foreløbige forslag fra Bohr, Hevesy og Krogh stemte ikke overens med den endelige indsendte ansøgning. I denne ansøgning var fokus skiftet fra Kroghs membranforsøg til brugen af den radioaktive isotop, P32, og dens ”skæbne i kroppen”. Det biologiske problem var nu om muligt blevet endnu vagere formuleret til fordel for fremhævelsen af den eksperimentelle fremgangsmåde. I ansøgningen blev Kroghs rolle i projektet minimeret. Til gengæld brugte Bohr og Hevesy megen energi på gennem samtaler at informere Tisdale om deres netværk til andre interesserede biologiske forskere og institutioner i København⁶⁵. Alligevel blev projektet godkendt af NSD allerede den 18. april 1935. Fondet tildelte en støtte

⁶¹ Aaserud (1990), p. 185.

⁶² Citeret i Aaserud (1990), p. 192.

⁶³ Aaserud (1990), p. 195. Aaserud anfører dog også, at Bohr udmærket kan have haft mundtlige samtaler med Carlsbergfondet inden møderne med Rockefeller repræsentanterne

⁶⁴ Aaserud (1990), p. 197.

på i alt \$ 54 000 over en femårig periode. \$ 15 000 gik til anskaffelsen af en cyklotron. Derudover blev projektet tildelt en årlig sum på \$ 3100 til assistenter, \$ 3100 til Bohrs og Hevesys materialer og instrumenter, samt \$ 650 til Krogh⁶⁶.

At Bohrs endelige ansøgning blev godkendt vidnede om, at når et projekt først én gang var blåstemplet af NSD som faldende indenfor rammerne af deres program, var et løst defineret centralt biologisk problem ikke en hindring for at opnå støtte. Fondet satte tilsyneladende hvervningen af prominente forskere samt anvendelsen af de fysiske teknikker og begreber på biologien højere. Bohr, Hevesy og Kroghs projekt fik derfor lov til at blive mere og mere orienteret i retning af fysik. Projektets udfoldelse på Bohrs institut var dog ikke uden problemer. Fysikerne på stedet blev i stigende grad irriterede over det biologiske projekts læggen beslag på det nye udstyr. Dette resulterede endeligt i, at Hevesy flyttede en del af projektet til Stockholm efter krigen. I København blev projektet delvist fortsat på andre institutioner som fx på Kroghs institut under Paul Brandt Rehbergs ledelse. Det gav ligeledes genklang i forskning bedrevet af Bjerrum og Brønsted, som havde arbejdet sammen med Hevesy. Det oprindelige projekt var dog brudt sammen og vidnede om, at fusionen af den teoretiske fysik og biologien i København kun var flygtig⁶⁷. Ikke alle Rockefeller Foundations projekter skulle falde sådan ud. Fondet kom til at spille en vigtig rolle i promoveringen af forskning af molekylærbiologisk karakter. Weaver var i høj grad ansvarlig for dannelsen af de første, brede intellektuelle rammer for molekylærbiologien og dens tværfaglige natur. Fysikernes indtog i biologien skyldtes derfor ikke kun ren ideologi. Der var også en økonomisk gevinst at hente. I årene fra 1932 -1959 postede fondet over \$ 25 millioner (1/4 af hele støtten til biologien⁶⁸) i molekylærbiologisk forskning. En af denne periodes vigtigere investeringer skulle vise sig at være i Max Delbrücks videre færd ind i genetikken.

2.6: Fag-gruppen og informationsskolen

Efter udgivelsen af ”Der Dreimännerwerk” fortsatte Max Delbrück arbejdet i biologien og kontakten med Bohr. De korresponderede flittigt om biologiske problemer, og Delbrück tilsendte blandt andet Bohr en kopi af sit arbejde med den kvantemekaniske model af genet. Bohr havde fundet artiklen interessant, selvom Delbrück måtte erkende, at han ikke som håbet havde fundet anvendelse for komplementaritetsprincippet i form af et paradoks. Bohr var blevet inspireret, og organiserede med Rockefeller Foundations hjælp en international

⁶⁵ Aaserud (1990), p. 204.

⁶⁶ Aaserud (1990), p. 210.

⁶⁷ Aaserud (1990), p. 250.

⁶⁸ Kay (1993), p. 7.

konference om mekanismerne bag røntgeninduceret mutation i genetisk materiale. Den tværfaglige konference fandt sted den 27-29. september 1936 og var den første af sin slags⁶⁹. Blandt deltagerne var Timoféeff- Resovsky, H.J. Muller og Delbrück. Konferencen, der end ikke berørte spørgsmålet om genets kemiske natur⁷⁰, opmuntrede Delbrück til yderligere at give sig i kast med biologien. Dette blev dog delvist forhindret af det nazistiske styres indvirken på det tyske universitetssystem, og idet Delbrück havde svært ved at føje den politiske dagsorden, overvejede han så småt at forlade landet.

Denne plan blev forstærket, da H.M. Miller fra Rockefeller Foundation kom på besøg samme år. Miller hævdede officielt, at besøget udelukkende var et standardbesøg med det formål at se, hvordan tidligere Rockefeller-støttede forskere klarede sig. Uofficielt skulle Miller dog undersøge, hvorvidt Delbrück og andre tyske forskere var villige til at forlade landet. Fondet havde oprettet et "Special Research Aid Fund for Deposed Scholars", som havde til formål at støtte forskere i deres flugt fra et ulmende fascistisk regime. Da Delbrück under Millers besøg havde givet sig i kast med at studere J.B.S. Haldane, A. Fischer og S. Wrights udlægning af teorien om den naturlige selektion, foreslog Miller, at Delbrück ansøgte fondet om penge til at komme til London for at arbejde sammen med disse forskere. Da Haldane imidlertid var bortrejst i mere end et år, måtte Delbrück finde på en anden plan. Han ansøgte derfor om støtte til at studere (*Drosophila*!) genetik under den kendte genetiker Thomas Hunt Morgan på The California Institute of Technology (Caltech) i Pasadena. Ansøgningen blev i april 1937 imødekommet med \$150 pr måned, hvortil der kom en dækning af rejse- og laboratorieudgifter.⁷¹ Delbrück kom dog ikke til at arbejde meget i Morgans aktive *Drosophila*-gruppe. Han kom i det hele taget ikke til at arbejde med fluer eller andre flercellede organismer førend langt senere i sin karriere. I 1935 var det nemlig lykkedes den amerikanske biolog Wendell Stanley at krystallisere Tobaksmosaikviruset på akkurat samme måde, som en kemiker kunne krystallisere cellulære (makro)molekyler som proteiner. Det var alment accepteret, at denne type virus reproducerede sig selv i tobakspplanter, men selve virusets kemiske natur var dog mere eller mindre ukendt. Stanleys krystalline virusform havde dog vist, at viruset bestod af såvel protein som nukleinsyre. Da den gængse definition af "liv" involverede en organismes evne til blandt andet at reproducere sig, var det muligt at antage, at vira måtte være levende, men Stanleys opdagelse pegede nu i retning af, at i hvert fald Tobaksmosaikviruset var et *molekyle*! Et virus måtte således

⁶⁹ Niels Bohr Collected Works, vol.10 (1999), p. 23. Bohr skulle komme til at arrangere flere konferencer af denne slags. Det vil blive gennemgået i kapitel 4.

⁷⁰ C.H. Waddington: "Some European Contributions to the Prehistory of Molecular Biology", *Nature*, 221: 318-321, (1969), p. 318.

⁷¹ Fischer og Lipson (1988), p. 97-98.

balancere på kanten af at være en levende organisme og at være et ”dødt” molekyle. Opdagelsen inspirerede derfor Delbrück (og Bohr), der anede muligheden for endelig at kunne anvende komplementaritetsprincippet. På den ene side skulle viruset som organisme forklares ved hjælp af biologien; på den anden side ville en physico-kemisk forklaring af viruset som molekyle(r) være at foretrække. Et studie af den simple virus’ replikationsmekanisme ville måske derfor byde på et paradoks!

Efter en rundtur til forskellige laboratorier i USA og lidt ustruktureret arbejde under Morgan fandt Delbrück endelig sin niche på Caltech i 1937. Han fandt ud af, at biokemikeren Emory Ellis arbejdede med bakterieinficerende vira, de såkaldte bakteriofager⁷², i Caltechs kælderetage. Selvom Delbrück som før nævnt var skeptisk indstillet overfor biokemien, kunne han ikke lade være med at blive fascineret af Ellis simple men effektive forsøgsopstillinger. Forskningen krævede kun meget simpelt og billigt udstyr: en autoklave, pipetter, petriskåle, bakteriofager, bakterien *E.coli* og næringsmediet agar-gel. Fagens hurtige replikationscyklus betød, at man kunne opnå resultater på meget kort tid. Hvis en petriskål beklædt med næringsmediet agar blev smurt med en bakteriekultur og efterfølgende tilsat en lille mængde bakteriofager, ville petriskålen efter kort tids inkubation vise små bare pletter på steder, der før havde været dækket af bakterier. Dette var ifølge fagens døber, Felix D’Herelle, et udtryk for, at fagpartiklen var trængt ind i bakteriecellen og havde multipliceret sig derinde. Denne hændelse ville med tiden medføre en sprængning af cellen (lysis), som ville frigøre en mangfoldighed af nye fag-partikler. Denne teori fra 1917 var stadig kontroversiel, da Delbrück påbegyndte sit samarbejde med Ellis, og Stanleys påvisning af et krystallinsk virus’ kemiske indhold bidrog kun til yderligere begrebsforvirring, da hverken proteiner eller nukleinsyrers funktion og struktur skulle blive tilstrækkeligt afdækket førend i 1950’erne. Delbrück stod således over for et arbejde, der involverede udefinerbare og sammenfildrede størrelser som ”fag”, ”protein” og ”nukleinsyre”. Det slog dog ikke Delbrück ud, da han primært var interesseret i mekanismerne og egenskaberne bag det mærkelige virus’ reproduktionssystem. Han satte med andre ord auto- replikationsprocessen højere end substansen af det, der blev repliceret⁷³. Delbrück og Ellis arbejdede derfor sammen om dette emne og udtænkte et eksperiment, der skulle blive grundlæggende for den følgende bakteriofag-forskning. Forsøget blev kaldt ”one-step growth”. Der var tale om en metode til at finde det antal af nye bakteriofager (første generation), som blev produceret ved én fags infektion af en bakterie. Man søgte med andre ord at undersøge kvantitativt, hvordan én fag

⁷² Navnet ”Fag” er de danske molekylærbiologers oversættelse af den engelske betegnelse for organismen bakteriofag, ”Phage”, som er afledt af det græske ”phagein” – at fortære.

⁷³ Fischer og Lipson (1988), p. 117.

reproducerede sig i en celle. For at opnå dette inficerede de to forskere en bakteriekultur med bakteriofager. Teknikken gik simpelthen ud på at tælle antallet af nye fager, som blev frigivet ved bakteriecellens lysering. De to forskere sikrede, at dette tal ikke blev for højt ved at tilsætte antistof, der kun kunne binde opløsningens frie bakteriofager og dermed sætte dem ud af spil. På den måde blev kun de fager, som rent faktisk havde inficeret bakterierne talt med. Den inficerede kultur blev derefter fortyndet så meget, at man undgik at den nye (frie) generation af fager ville binde sig til brudstykker af de lyserede bakterier. Derefter blev der taget prøver, hvor antallet af frie førstegenerationsbakteriofager pr. bakteriecelle kunne beregnes⁷⁴. Forsøget sagde intet om replikationsprocessens kemiske detaljer, men Ellis og Delbrücks arbejde gav alligevel afkast i form af ny viden om, hvor mange nye fager en infektion af en enkelt celle kunne give. Derudover fandt man også, at reproduktionstiden varierede fra et par timer til en dag alt efter, hvilken type bakteriofag man valgte at anvende. Den korte reproduktionstid betød, at fagerne var ideelle forsøgsorganismer, idet man hurtigt kunne opnå resultater og ny viden om deres replikationsproces⁷⁵. Ellis og Delbrück arbejdede derfor sammen om dette emne i et år, indtil målsætningen med Ellis' stipendium tvang ham til at afbryde fag-studiet til fordel for hans oprindelige kræftforskning. Delbrück var derfor alene om arbejdet, der straks blev mere fysikorienteret. Han centrerede sin forskning om nye spørgsmål om den mystiske replikationsproces. Hvordan kom fagen fx ind i bakterien? Og skyldtes nogle bakteriers resistens overfor en bestemt type fag en mutation i det bakterielle arvemateriale? Han publicerede ene mand tre artikler om dette arbejde i 1940. Disse artikler vakte opmærksomhed blandt andre forskere, og Delbrück fik på denne måde udvidet sit netværk.

Den 28. december 1940 fandt et vigtigt møde sted. Delbrück mødte den italienske læge Salvador Luria, der siden udgivelsen af "Der Dreimännerwerk" havde ønsket at arbejde sammen med Delbrück. De to forskere indledte prompte et samarbejde i Cold Spring Harbor på Long Island. Samtidig satte en ny og revolutionerende teknik, elektronmikroskopet, forskerne i stand til at undersøge fagen, som var for lille til at blive undersøgt med et almindeligt mikroskop. I et samarbejde med elektronmikroskopisten T.F. Anderson afslørede Luria og Delbrück, at fagen *ikke* trængte ind i selve bakterien. Den blev derimod siddende udenpå overfladen. Denne iagttagelse betød, at fagens replikationscyklus måtte være langt mere kompleks end først antaget. Delbrück var henrykt! Fagens biologi bød på udfordringer, som ikke længere kun var af interesse for Delbrück og Luria. Snart gav andre forskere deres

⁷⁴ Chamberlain, Hansen og Nielsen (1994): "Ole Maaløe og Københavnerskolen: et biografisk studie af Ole Maaløe og hans betydning for bakteriefysiologien", upubliceret eksamensarbejde ved Den Naturvidenskabelige Basisuddannelse på RUC opgave, 1994. p. 24.

interesse i emnet til kende. En af dem var Alfred Hershey, der tidligere havde arbejdet med et mere immuno-preparativt aspekt af udforskningen af fagens natur. Han var nu opsat på at arbejde mere direkte med selve mekanismerne bag fagens replikation. Luria og Delbrück bød dette initiativ velkomment, og et møde mellem de tre i april 1943 markerede dannelsen af en af molekylærbiologiens mest berømte grupper: Fag-gruppen⁷⁶. Denne gruppes forskning var centreret om fagens replikationscyklus. Der var tale om en fremgangsmåde, der kombinerede fysik og genetik. Gruppen ønskede at løse livets gåde om, hvordan arvematerialet kunne overføre det informationsvæld, der gav ophav til enhver organismes særpræg. Studiet involverede klassiske genetiske krydsningsforsøg samt brugen af radioaktive isotoper, ultracentrifugering og elektron mikroskoper. Det dannede endda skole – informationsskolen. Gruppens resultater indskrev sig dog ikke alle som molekylærbiologiens mest revolutionerende. Egentlige vigtige resultater blev først opnået i begyndelsen af 1950'erne. Dette stod i direkte kontrast til den berømmelse og indflydelse, gruppen opnåede allerede inden da. Gruppens styrke lå derfor indledningsvis i dens *netværksdannelse*. Et netværk, som jeg i kapitel 4 vil vise inkluderede danske forskere med vidt forskellig akademisk baggrund. Gruppens tre grundlæggere Delbrück, Luria og Hershey tog alle elever. De rekrutterede også nye medlemmer blandt forskere, der allerede var velfunderede i andre discipliner.

Fra 1945 blev der iværksat praktiske indføringskurser i bakteriofagens replikationscyklus. Disse kurser blev holdt i Cold Spring Harbor og skulle primært appellere til fysikere, der søgte ind i biologien. Deltagerne viste sig dog at strømme til fra vidt forskellige discipliner og verdenshjørner. Den danske biokemiker Hermann Kalckar var eksempelvis den første registrerede deltager i "Fagkurset", selvom han dog aldrig blev et fuldgældigt medlem af gruppen⁷⁷. Med disse kurser fik gruppen under Delbrücks kyndige ledelse udbredt dens karakteristiske fremgangsmåde til deltagerne. Man behøvede derfor ikke at arbejde side om side med Delbrück i hans laboratorium for at kvalificere sig som medlem af Fag-gruppen. Fra 1940 – 45 havde mange forskellige forskere taget Delbrücks, Hersheys og Lurias fremgangsmåde og foretrukne forsøgsorganisme i brug i deres egne laboratorier andre steder i USA og i Europa. Fag-gruppen havde blandt andet en europæisk "filial" i Paris på Pasteur Institutet under ledelse af Delbrücks gode ven André Lwoff. Efter det første Fagkursus i 1945 intensiveredes rekrutteringen af medlemmer til Fag-gruppen, og de forskellige nyoprettede laboratorier begyndte at træne elever i fagens molekylære biologi. En

⁷⁵ Ibid. p. 25.

⁷⁶ Fischer og Lipson (1988), p. 149.

⁷⁷ N.C. Mullins: "The Development of a Scientific Speciality – The Phage group and the Origins of Molecular Biology", *Minerva*, pp. 51-82, (1972), p. 63.

af Lwoffs elever var fx Niels Ole Kjeldgaard, der senere skulle blive den drivende kraft i oprettelsen af det første molekylærbiologiske institut i Danmark.

Fag-gruppens stærke vækst skyldtes i høj grad Delbrücks karisma, intellekt og imponerende organisationsevner. Delbrück førte Københavnerånden og Bohrs lederstil videre i gruppen, hvis samlende aktiviteter primært foregik i Cold Spring Harbor og på Caltech. Han yndede for eksempel at tage sine studerende og kolleger med på vandreture i den californiske ørken for at få dem til at tænke over deres projekter i et andet miljø end laboratoriet. Den livlige københavnske diskussionsstil gav ligeledes genklang mellem Caltech's mure, hvor alle forskerne fik mulighed for at få luftet deres teorier i et uformelt diskussionsforum. Instituttet viste sig i det hele taget at være det ideelle væksthus for en ny biologi. Caltechs unikke institutionelle struktur gav det nye biologiske program en større frihed til at udfolde sig, end det havde under universiteternes mindre fleksible opbygning. For det første fandtes der hverken evolutionsbiologi, medicinstudier eller landbrugsvidenskab på Caltech. Den nye biologi skulle derfor ikke konkurrere med disse discipliner om de økonomiske midler. Midlerne (især fra Rockefeller Foundation) var udelukkende dedikeret til udviklingen af en ny biologi gennem fysikkens teknologi og begrebsapparat. For det andet var Caltechs nye biologi ikke lakaj for en medicinskole, som det ellers var tradition på universiteterne. Caltechs biologi skulle ikke yde nogen form for service til medicinske studier, og kunne derfor forme sin forskning, som den ville. Forskningen behøvede ikke at have nogen praktisk anvendelse i medicinsk øjemed. Caltech var derfor det perfekte fristed for et forskningsområde som den nye biologi, der ikke kunne finde institutionel hjemmel i de stive universitetsstrukturer. Delbrück udnyttede dette til fulde og kvitterede ved at ekspandere biologien ud over Caltechs geografiske grænser. Hans eftermæle som en af molekylærbiologiens mest markante skikkelser skyldes da også i højere grad hans visionære lederstil end hans forskning. Han formåede at skabe en gruppe, der var fælles om en ny tilgang til såvel biologien som laboratoriepraxis.

Det var denne nye tilgang, som gav gruppens medlemmer en fælles identitetsfølelse og bandt den sammen i begyndelsen. Gruppen var ikke en gennemorganiseret struktur med reglement og medlemskontingent. Der var snarere tale om et kollegialt netværk, som delte metodologi og erfaringer i studiet af den mærkelige forsøgsorganisme "bakteriofag". Deres tværfaglige tilgang til bakteriofagen mindede ikke voldsomt om den forskning, der blev bedrevet på de mere etablerede, traditionsrige biokemiske og genetiske afdelinger på universiteterne. I det hele taget slog de traditionelle disciplinære betegnelser ikke til, når man skulle beskrive medlemmernes forskning, som satte nye standarder for design af

eksperimenter i biologien⁷⁸. Termen molekylærbiologi blev ikke taget i populær brug førend i slutningen af 1950'erne, og de fleste forskere var som nævnt i indledningen af dette kapitel ikke engang *retrospektivt* klar over, at deres forskning nødvendigvis måtte være molekylærbiologisk frem for noget andet. De havde ingen interesse i, *hvad* deres forskning end måtte hedde. De var kun interesserede i forskningens karakter – den frugtbare tværfaglige tilgang.

De var med andre ord ved at skabe et intellektuelt rammeskift⁷⁹ for den biologiske forskning, der skulle se stort på disciplinære grænser og traditioner. Et sådant skifte forudsætter ifølge teoretikeren Nicholas C. Mullins, at en gruppe af forskere enten sammen eller uafhængigt af hinanden ændrer deres opfattelse af den genstand, de analyserer. Den nye opfattelse (rammeskiftet) dikterer så deres efterfølgende forskning. Rammeskiftet skal endvidere retfærdiggøres ved, at den nye tilgang til genstanden resulterer i en succesfuld løsning af problemer, den traditionelle forskning ikke kunne løse⁸⁰. Det spæde forskningsområde, eftertiden skulle kalde molekylærbiologi, var et resultat af et sådant intellektuelt rammeskift i årene fra 1930'erne til 1950'erne⁸¹. Som før nævnt skyldtes dette delvist, at den traditionelle biologi blev tilført en saltvandsindsprøjtning i form af forskere, teknikker og begreber fra de fysiske videnskaber samt Warren Weavers visionære molekylærbiologiske program. De intellektuelle rammer var meget løse, og begrebsapparatet for den nye tilgang til biologien var under stadig udvikling. Genstanden for denne nye tilgang blev, som Weaver havde dikteret det, hentet fra relativt forsømte områder af allerede etablerede, og veldefinerede discipliner som genetik, cellebiologi, mikrobiologi og biokemi. Fag-gruppens arbejde placerede sig i brydningsfeltet mellem traditionel genetik og teoretisk fysik. Den lånte sit intellektuelle problem - faggenernes autoreplikation – fra genetikken, virologien og biokemien, der hidtil havde afstået fra at udforske området med deres metodik. Dette rammeskift resulterede som før nævnt i dannelsen af sociale strukturer, Fag-gruppen, hvis medlemmer opnåede en fælles identitetsfølelse gennem den nye tilgang til de biologiske problemer. De haltede dog bagefter, hvad angik retfærdiggørelsen af det påståede rammeskift. I perioden op til 1950'erne producerede gruppen ikke resultater, der i overbevisende grad kunne vidne om den nye tilgangs succes. Disse resultater skulle først komme i 1950'erne,

⁷⁸ Stent (1992 b): Nekrolog over Max Delbrück, *PATOOMB*, p. 354.

⁷⁹ Begrebet er lånt fra Mullins, der bruger ordet "frameshift".

⁸⁰ Mullins (1972), p. 51.

⁸¹ Robert Olby: "The Molecular Revolution in Biology", i ed. Olby: "*Companion To The History of Modern Science*", Routledge, London, (1990), samt i Stent: "That Was The Molecular Biology That Was", *Science*, pp. 390 –395, (1968).

hvor informationsskolen måtte erkende, at dens forskning i stigende grad krævede et samarbejde med den biokemi, Delbrück havde forsøgt at undgå.

2.7: Den britiske molekylærbiologi: strukturskolen

Gunther Stent hævdede i festskriftet PATOOMB, at molekylærbiologien stort set kun opstod som et resultat af Fag-gruppens forening af fysik og genetik. Dermed underkendte han biokemien og hele den britiske molekylærbiologiske traditions bidrag til det unge forskningsområdes oprindelse. Der var stor forskel på den molekylærbiologiske forskning i USA og England. De to traditioner udsprang ikke af samme disciplinkrydsninger. Stents fortællelse af det engelske bidrag skyldtes dog ikke en slags kappestrid mellem de to nationer. Stent skrev nemlig også Caltech-kemikeren Linus Pauling og dennes strukturkemiske forskning ud af molekylærbiologiens historie. Stents selektive fremstilling skyldtes formodentlig i højere grad, at den biokemiske nerve i Paulings og den britiske traditions forskning stod i skærende kontrast til informationsskolens epistemologiske grundlag. Den britiske forskningstradition (strukturskolen) beskæftigede sig primært med den detaljerede atomare arkitektur i forskellige vigtige biologiske molekyler. Deres arbejdshypoteser var i nogen udstrækning hentet fra biokemien. Deres arbejde forudsatte derfor, at et røntgenkrystallografisk studie af molekyler og subcellulære niveauers struktur og funktion ville kunne give indsigt i højere organisationsniveauer⁸². Stent fandt det derfor umuligt at tildele denne reduktionisme en plads i et festskrift for Delbrück og hans molekylærbiologi, som byggede på Bohrs antireduktionisme. Men den spæde molekylærbiologi havde mange ansigter, og den strukturkemiske tradition viste sig at være eet af dem.

Strukturskolens vigtigste redskab var røntgenkrystallografien, som blev udviklet af William Bragg og hans søn Lawrence. I 1915 blev de begge tildelt nobelprisen i fysik for dette arbejde. Samme år blev William kaldt til et professorat i fysik på Londons University College. William havde et meget utilitaristisk syn på videnskaben. Han stræbte derfor efter at gøre sin forskning direkte anvendelig i større industrielle, militære og sundhedsvidenskabelige sammenhænge. I London ledede han en mindre forskningsgruppe, hvis aktiviteter (strukturbestemmelsen af organiske krystaller) blev støttet økonomisk af Department of Scientific and Industrial Research (DSIR). Deciderede forskningsgrupper var på den tid usædvanlige i England. Braggs gruppe var ikke desto mindre velfungerende og talte fire fastansatte forskningsassistenter: George Shearer, Alexander Müller, Reginald Gibbs og

W.T. Astbury⁸³. En af fordelene ved at bedrive forskning i en gruppe var muligheden for arbejdsdeling. Forskningen krævede instrumenter, som ofte var for dyre og komplekse at bygge og betjene for den enkelte forsker. En gruppe ville derimod kunne trække på de enkelte medlemmers særskilte ekspertise. Braggs gruppe byggede selv deres komplicerede instrumenter in situ. Da William Bragg i 1923 blev tilbudt at lede forskningsinstitutionen, The Royal Institution (RI) og dens Davy-Faraday Research Laboratory (DFRL), flyttede hele gruppen og de nybyggede instrumenter med. RI blev oprettet i 1799 af en gruppe af velhavende gentlemen med det formål at udbrede videnskab og fremme dens anvendelighed i samfundet. Institutionen forsøgte at gøre dette gennem videnskabelige forelæsninger, som med tiden fik stor indflydelse og nåede ud til et bredere publikum end selve foredragssalens. RI kom til at fungere som videnskabelig rådgiver for staten, militæret, industrien og andre af samfundets organer. William Braggs utilitaristiske videnskabssyn og forskning stemte derfor godt overens med RI's dagsorden. RI kom de følgende år til at fungere som centrum for det netværk af biologisk orienterede røntgenkrystallografer, der udsprang af William Braggs oprindelige gruppe. William Bragg fungerede som mentor for dette netværks medlemmer, der løbende forlod RI for at danne skole andre steder i England. Ligesom Delbrück var William Bragg en karismatisk og energisk leder, der formåede at skabe et afslappet og kooperativt forskningsmiljø. Der var ingen konkurrence mellem instituttets enkelte forskere. Dette var meget vigtigt for William, der frygtede at konkurrence ville afskrække den enkelte i at dele sine opdagelser med andre. Hans gruppe på RI blev af hans protegeer betegnet som "en stor lykkelig familie"⁸⁴. Når familiemedlemmerne undertiden drog bort for at starte nye grupper andre steder i landet, meldte de altid tilbage til familieoverhovedet William, der bistod dem med gode råd og vejledning. I takt med at Williams gruppe ekspanderede op gennem 1920'erne og 1930'erne, blev der udviklet nyt udstyr og ny teknik. Det satte gruppen i stand til at analysere strukturen af større biologiske molekyler som proteiner og lipider. Men det nye udstyr kostede penge, og William brugte derfor meget af sin tid på at finde midler fra forskellige velyndere som DSIR, Rockefeller Foundation, Medical Research Council og industrien. RI blev i kraft af denne økonomiske støtte et tværfagligt forskningscentrum, der gav forskerne frihed til i fællesskab at udvikle nye forskningsområder, der aldrig ville have set dagens lys på universiteterne.

⁸² Doris T. Zallen "Redrawing the Boundaries of Molecular Biology", *Journal of the History of Biology*, pp. 65-87, (1993).

⁸³ Viviane Quirke, "A Big Happy Family", p. 256, i *"The Common Purposes of Life"*, ed. Frank A.J.L. James, Ashgate, UK (2002).

⁸⁴ Quirke (2002), p. 253.

Der var nemlig ikke altid plads til disciplinær nytænkning på de konservative engelske universiteter. Det måtte Williams disciple erfare, da de søgte ud i landet for at udbrede budskabet om biokrystallografien. To af dem, Astbury og J.D. Bernal var i 1927 blandt ansøgerne til en stilling som underviser i strukturel krystallografi på Cambridge Universitetet. Arthur Hutchinson, der tidligere havde bestredet stillingen, var netop blevet professor i mineralogi. Han havde i sin tid undervist både Astbury og Bernal i krystalfysik, og det var nu hans opgave at finde den bedst egnede af dem til den opslåede stilling. Valget var ikke uden betydning, da Hutchinson på det tidspunkt var ved at styre stedets krystallografiske tradition i retning mod fysik og kemi og løsne den dermed fra geologien og mineralogien. Han havde endda som den første i landet indført Bragg familiens røntgenkrystallografi i undervisningen. Han valgte endelig Bernal som sin tro væbner i denne omvæltning af instituttets hæderkronede geologiske traditioner. Bernal fik til opgave at vedligeholde røntgenudstyret og undervise de mest fremmelige studerende i røntgenkrystallografisk analyse. Dette retningsskifte blev dog ikke budt velkomment af alle på universitetet. Geologerne følte, at den krystallografiske undervisning alligevel burde fokusere på emner, som lå tættere på deres felt. Især den nye røntgenkrystallografi var under beskyldning, da geologerne og petrologerne ikke så anvendeligheden af den. De frygtede, at fokus på den nye teknik ville rive den krystallografiske tradition ud af hænderne på dem. De forsøgte derfor at redde deres lærestol i geofysisk orienteret mineralogi. Deres sag blev yderligere støttet af industriens, minernes og olieudvindingens behov for forskere med en god og stabil træning i mineralogi og petrologi.⁸⁵ Cambridge konkluderede til slut, at det måtte være universitetets pligt at levere sådanne folk til industrien, og kravet om en yderligere institutionel løsrivning af krystallografien blev afslået under henvisning til dårlig økonomi. Der var med andre ord tale om et magtspil på universitetet, som forhindrede at røntgenkrystallografien blev institutionaliseret. Den nye krystallografi havde derfor dårlige kår på Cambridge, indtil Rutherford tillod det en plads i Cavendish laboratoriet for fysik i 1935. På dette tidspunkt havde Bernals arbejde ændret karakter. Han havde fået øjnene op for vigtigheden af krystalfysiske undersøgelser af biologiske forbindelser som fx aminosyrer, steroler mm. Han var især interesseret i undersøgelsen af proteiners struktur. Han så det derfor som sin mission at indføre fysikken og kemien i studiet af biologiske forbindelser.⁸⁶ Den slags projekter faldt som før nævnt i god jord hos Warren Weaver. Bernal, Astbury (der var taget til Leeds) og andre af den krystallografiske gruppe, der havde givet sig i kast med biologien, opnåede derfor støtte fra Rockefeller Foundation.

⁸⁵ Olby (1974), p. 252.

William Braggs disciple havde efterhånden spredt sig fra RI rundt om på forskellige forskningsinstitutioner i landet. Der bedrev de røntgenkrystallografiske studier af forskellige biologiske forbindelser som proteiner, nukleinsyrer, fedtsyrer og senere krystalline vira. Da man i 1930'erne stadig troede, at proteiner var det genetiske materiale, var især udforskningen af de forskellige proteins struktur vigtig. Især Bernals krystallografiske laboratorium arbejdede intenst med proteinerne. Den østrigske kemiker Max Perutz blev en del af Bernals gruppe i 1936, hvor han hurtigt kom til at arbejde med hæmoglobinmolekylet. Den røntgenkrystallografiske teknik var så udviklet, at det var muligt at tage "røntgenbilleder" af krystalline former af proteinet. Dette foregik ved, at det krystalliserede protein blev udsat for en røntgenstråle, hvis diffraktion og udspaltning i flere mindre stråler ville efterlade spor på en fotografisk plade bag ved krystallet. Disse "spor" udgjorde et såkaldt diffraktionsmønster. Det krystalline molekyles struktur kunne så ifølge teorien aflæses ud fra mønstrets komposition og intensitet⁸⁷.

Williams søn, Lawrence, overtog posten som leder af Cavendish laboratoriet efter Rutherfords død i 1937. Lawrence, der oprindeligt kun havde beskæftiget sig med inorganiske krystaller, blev begejstret for Perutz's fotografier af det uendeligt komplekse hæmoglobin. Lawrence så yderligere arbejde med det komplekse protein som en udfordring og søgte straks flere midler fra Rockefeller Foundation. Dette sikrede molekylærbiologien på Cambridge, idet Lawrence fortsatte med at sikre støtten fra mange fronter. Især støtten fra Medical Research Council bidrog til oprettelsen af Astbury og Kendrew's "Unit for the Study of Molecular Structure of Biological Systems" i 1947. I 1962 blev laboratoriet kaldt "Laboratory of Molecular Biology".⁸⁸ Dog bød det røntgenkrystallografiske studie af proteinerne på komplikationer. Anvendelsen af komplekse teknikker på komplekse biologiske strukturer gav tilsvarende komplekse resultater⁸⁹. Det var svært at tolke disse resultater. Mange gange gav samme resultat mulighed for flere forskellige tolkninger. Den nye teknik gav med andre ord ikke entydige beviser for proteinernes tredimensionelle struktur, og det ledte ofte til de forkerte konklusioner. Det skete således for Max Perutz, der så at sige holdt på den forkerte hest, og måtte se sig overhalet af den amerikanske strukturmikemiker Linus Pauling, der som

⁸⁶ Olby (1974), p. 255.

⁸⁷ Morange (1998), p. 106.

⁸⁸ Quirke (2002), p. 266.

⁸⁹ Røntgenkrystallografer i 1920'erne var f.eks. af den overbevisning, at proteiner ikke kunne være makromolekylære substanser. Denne ide var bygget på den tids regel om, at et molekyle ikke kan være større end den mindste del af molekylet, som ved røntgenkrystallografi kan redegøre for hele det krystalliserede molekyles struktur. Idet man ved hjælp af denne nye teknik havde fastslået denne mindste del (unit cell) af det krystalliserede protein til at have en relativ lille størrelse, kunne proteiner derfor ikke være makromolekyler. Eftertiden skulle dog klart bevise, at proteiner faktisk var makromolekyler.

den første opdagede α – helixen i 1951.⁹⁰ Dette var en fiasko for Lawrence, der havde håbet, at Perutz ville tage føringen i proteinforskningen. Proteinernes struktur var dog langt fra udredt, og der skulle blive rig mulighed for at opdage alternativer til Paulings foldningskonfiguration. En række opdagelser skulle dog vise, at den virkelige udfordring for den spæde molekylærbiologi lå i et helt andet biologisk molekyle – nukleinsyren.

2.8: Jagten på DNA strukturen

En række opdagelser op igennem 1940'erne rokkede ved opfattelsen af, hvad gener er. Teorien om, at kun proteiner var komplekse nok til at udgøre en celleds arvemateriale, var svær at komme til livs, og Garrods (og senere Haldanes) ide om, at eet gen var ansvarligt for syntesen af eet enzym i hele det voldsomt indviklede metabolismesystem, vandt aldrig helt gehør i de biokemiske kredse. Biokemikernes opfattelse af en celle som "a bag of enzymes" tildelte de katalytiske enzymer hovedrollen i stort set samtlige af cellens processer. Skulle et "gen" endelig være involveret i syntesen af disse store molekyler, var det nærliggende for en biokemiker at antage, at genet selv måtte være et protein med evne til at katalysere reaktioner – altså et enzym.

Det konkluderede G.W. Beadle og E.L. Tatum også i deres arbejde med svampen *Neurospora* i 1941. Denne svampeart behøvede ikke vitaminerne B1 og B6 for at gro, da den selv var i stand til at syntetisere dem ved hjælp af et særligt enzym. Beadle og Tatum forsøgte at isolere *Neurospora* mutanter, der ikke selv kunne danne vitaminerne, og derfor var afhængige af at få dem tilført udefra. Beadle og Tatum vidste, at svampen under replikationen var haploid⁹¹. Hvert gen var med andre ord kun repræsenteret i en enkelt kopi. Enhver mutation i genet ville derfor straks komme til udtryk, da der ikke som i diploide organismer fandtes en "urørt" kopi af genet til at maskere mutationen. Ved hjælp af stråling inducerede de to forskere mutationer i en *Neurospora* kultur. Da strålingsinduceret mutation ikke rammer eet specifikt sted på arvematerialet, var Beadle og Tatum nødt til at undersøge præcis hvilke svampe i kulturen, der havde mistet evnen til at syntetisere B1 og B6. Det opnåede de gennem såkaldte selektive vækstmedier – eet med B1 og B6 og eet uden. Den bestrålede kultur havde nu replikeret sig så mange gange, at små subkulturer var opstået fra svampene med inducerede mutationer. Ved at udsætte svampe taget fra disse kulturer for begge vækstmedier ville Beadle og Tatum kunne finde den ønskede mutant. Var svampen en sådan mutant, ville

⁹⁰ Pauling opdagede i samarbejde med R.B. Corey, at nogle polypeptidkæder kan folde på en bestemt måde, så de antager helixform. De udgav disse resultater i syv artikler i samme udgave af *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA: Proc. Natl Acad. Sci. USA.* 37, (1951), pp. 235-285.

⁹¹ Den har kun eet sæt kromosomer fremfor to som i diploide organismer.

den ikke kunne vokse på vækstmediet uden vitaminerne. Gennem krydsning af mutanter og normale svampe fandt de, at den manglende evne til at syntetisere B1 og B6 skyldtes en mutation i et enkelt gen. Beadle og Tatum leverede med andre ord eksperimentelt bevis for Garrods mistanke om en sammenhæng mellem generne og syntesen af et specifikt enzym. Desværre konkluderede de som før nævnt, at genet selv måtte være en speciel form for enzym⁹². Elegancen i de to forskeres forsøg var overbevisende og styrkede ideen om, at proteinet måtte være den informationsbærende substans.

Først i 1944 kom der eksperimentelt bevis for det modsatte. Amerikaneren Oswald T. Avery arbejdede med lungebetændelse-bakterien (*pneumococcus*) på Rockefeller Institute i New York. Andre folks forskning i denne bakteries infektionsstrategi havde afsløret, at der fandtes mange forskellige typer *pneumococci*, hvoraf nogle ikke var patogene. Et eksperiment havde dog vist, at tilstedeværelsen af en patogen type kunne gøre de nonpatogene typer sygdomsfremkaldende (de fik en slags beskyttende kapseloverflade). Avery fandt dette fascinerende og gav sig derfor i kast med at undersøge, hvad der lå bag transformationen. Noget måtte blive overført fra den ene type til den anden. Dette noget måtte være skyld i, at den ene type pludselig udviste egenskaber, den ikke havde haft før. Avery og hans kolleger antog derfor, at der måtte være tale om en overførsel af genetisk materiale. De tog fysiske og kemiske metoder i brug for at bestemme den kemiske natur af det overførte materiale. Resultaterne fra disse undersøgelser pegede alle i retning af, at det mystiske transformerende arvemateriale bestod af nukleinsyren deoxiribonucleic acid (DNA). En farvetest på det oprensede transformerende materiale viste, at det kun bestod af DNA. Enzymatiske forsøg viste, at materialet ikke blev beskadiget af enzymer, der kløver proteiner (proteaser). Det blev heller ikke nedbrudt af enzymgruppen phosphataser, der normalt bryder bindinger i Ribonucleic acid (RNA). Det blev dog beskadiget af DNA nedbrydende enzymer fra serum. På baggrund af dette, konkluderede Avery og hans kolleger, at materialet måtte være DNA. Materialets molekylære vægt (MW) viste sig endda at være lige så høj som DNA molekylets. Sagen måtte derfor være klar, og Avery publicerede i 1944 en artikel om emnet.

Artiklen blev læst af mange biokemikere og genetikere. Alligevel blev den ikke accepteret som det endegyldige bevis på genernes kemiske natur. Averys valg af forsøgsorganisme var en af årsagerne til det videnskabelige samfunds manglende respons på opdagelsen. Man vidste dengang ikke voldsomt meget om hverken DNA eller *pneumococci*. Måske gjaldt fænomenet endda kun denne bakterietype? Måske var Averys oprensning kontamineret? Under alle omstændigheder vidste selv forskere som Delbrück ikke helt, hvad

⁹² Olby (1974), p. 149.

de skulle stille op med Averys resultater. Den gængse opfattelse af det genetiske materiale forblev derfor stort set den samme – at proteinerne bar den genetiske information, og at DNA’ets phosphatbindinger fungerede som en slags tilknyttet energireserve for proteingenerne på kromosomerne⁹³.

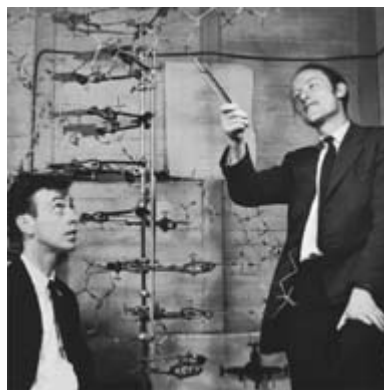
Der skulle gå otte år førend det videnskabelige samfund lod sig overbevise af Averys konklusion. I 1952 fastslog Fag-gruppens Alfred Hershey og Martha Chase, at DNA var det materiale, generne bestod af. Deres forsøg var så elegant i sin udformning, at det umiddelbart havde større gennemslagskraft end Averys. Som før nævnt havde Luria, Delbrück og Anderson undersøgt fagens infektionsvej gennem elektronmikroskopet. Dette studie havde vist, at *hele* fagen mod forventning ikke replicerer sig *indeni* bakterien. Den blev derimod siddende udenpå bakteriens overflade. Alligevel lyserede bakterien efter et stykke tid, hvorved den frigav en mængde nye fag-partikler. Hershey og Chase overvejede derfor i forlængelse af disse forsøg, hvorvidt fagen sender en slags transformerende materiale ind i bakterien. Da fagen kun bestod af proteiner og nukleinsyre, måtte det indsendte informationsmateriale bestå af en af de to muligheder. I to sideløbende forsøg mærkede Hershey og Chase bakteriofagkulturer med radioaktive isotoper. I det ene forsøg var fagens proteinskal mærket med radioaktivt svovl. I det andet forsøg mærkede de fagens DNA med radioaktivt phosphat. I begge forsøg fik de mærkede fager lov til at inficere en bakteriekultur i en opløsning. Hershey og Chase rystede derefter opløsningen så kraftigt, at fagpartiklerne fjernedes fra bakteriens overfalde. Dernæst centrifugerede de opløsningen, for yderligere at separere bakterieceller og fagpartikler. De ”tunge” celler dannede efter centrifugering en pellet nederst i røret med opløsningen. De lettere fagpartikler lå derimod i supernatanten. Hershey og Chase fandt, at det radioaktive svovl fandtes i supernatanten. Det radioaktive phosphat var derimod at finde i celle-pellet, hvorfra en ny generation af fager kunne isoleres. De to forskere kunne derfor i overensstemmelse med Avery konkludere, at det transformerende arvemateriale måtte være DNA. Offentliggørelsen af dette resultat satte et kapløb i gang. Den, der først klarlagde DNA’ets tredimensionelle struktur og de kemiske mekanismer bag dets replikation var en sikker kandidat til berømmelse og Nobelprisen. De mest prominente deltagere i dette kapløb var:

- Fra Caltech: Linus Pauling og til dels Max Delbrück.
- Fra Indiana University: Salvador Luria
- Fra Columbia University: Erwin Chargaff (supererklæret biokemiker)

⁹³ Morange (1998), pp. 32-34.

- Fra Kings College, London: Maurice Wilkins og Rosalind Franklin
- Fra Cambridge, Cavendish Laboratoriet: Lawrence Bragg, Max Perutz og endelig Francis Crick & James Watson.

Kapløbet blev vundet af James Watson og Francis Crick i 1953. Fysikeren Crick havde siden 1949 arbejdet i Perutz's gruppe i Cavendish laboratoriet. Han havde selv sat sig ind i røntgenkrystallografien og begyndte inden længe at anfægte gruppens måde at tolke data på. Han havde en unik tilgang til de røntgenkrystallografiske studier, og kom hurtigt til at arbejde med komplekse biologiske molekyler. Amerikaneren James Watson var derimod biolog af akademisk træning. Han var som elev af Salvador Luria en del af Fag-gruppen, og havde tæt kontakt med Delbrück. Fag-gruppen havde, efter smertefuld erkendelse af at deres arbejde i stigende grad krævede hjælp fra biokemien, sendt den unge Watson og Gunther Stent til Kalckars laboratorium i København for at opnå biokemisk indsigt i nukleinsyrer⁹⁴. Da dette ophold ikke levede op til Watsons forventninger, blev han i 1951 overført til Cavendish laboratoriet, hvor han mødte Crick. Det blev starten på et af de mest berømte samarbejder i molekylærbiologiens historie. Det var et møde mellem informations- og strukturskolen, hvor de to forskere leverede henholdsvis den fag-genetiske og den røntgenkrystallografiske ekspertise. Ikke alene supplerede de hinanden fagligt, deres stærke personligheder passede også så godt sammen, at et konstruktivt samarbejde var muligt. De havde også et fælles udtalt mål: Nobelprisen! Watson og Crick havde hverken tid eller tålmodighed til omhyggeligt at indsamle empirisk data (som Rosalind Franklin fra Kings College). De var i stedet modelbyggere.



Watson og Crick med DNA modellen.

⁹⁴ Dette vil blive uddybet i et af de næste kapitler.

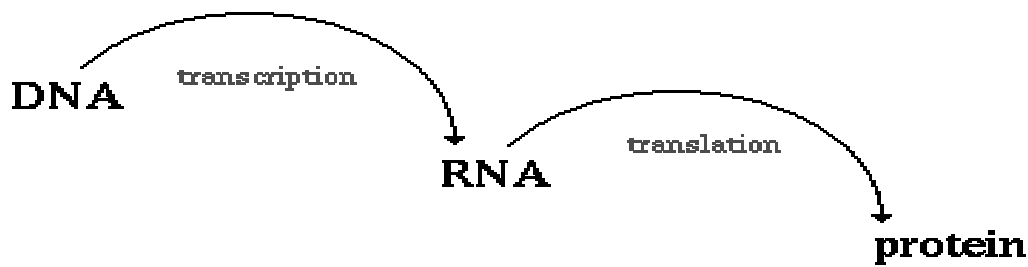
Deres model var genial i sin simplicitet. De antog, at DNA måtte være en dobbelthelix. Watson og Crick udledte deres model på baggrund af analyse af det diffraktionsmønster, Wilkins og Franklin havde opnået ved krystallografiske studier af DNA fibre. Modellen var baseret på følgende antagelser⁹⁵:

1. DNA består af to spiralformede, modsatrettede polynucleotidkæder, der snor sig om samme akse.
2. Deoxinukleotiderne består hver især af en base, en sukker (deoxiribose) og en fosfatgruppe. Baserne er altid i helixens midte, mens deoxiribosen og fosfatgruppen altid er yderst, hvor de udgør strukturens rygrad.
3. De to kæder er holdt sammen af hydrogenbindinger mellem baserne. Basen adenin parrer altid med thymin; guanin parrer altid med cytosin. Kæderne er derfor komplementære til hinanden⁹⁶.
4. Rækkefølgen af baser i en polynukleotidkæde udgør den genetiske information.
5. Kæderne fungerer under replikationen som hinandens skabelon. Replikationen er derfor semi-konservativ, og varetages af en lang række enzymer. Disse enzymer bryder først hydrogenbindingerne mellem de to kæder. Dernæst tilfører andre enzymer de enkelte kæder nye komplementære nukleotider, så hver kæde nu har fået en ny ”makker”.

Watson og Cricks model afslørede, at selv replikationsprocessen kunne forklares physico-kemisk. Det paradoks, Delbrück havde håbet på at finde i denne mekanisme, viste sig at være et spørgsmål om enzymatisk brydning og dannelse af hydrogenbindinger mellem polynukleotidkæder. Denne opdagelse havde vist, at den molekylærbiologiske tilgang var frugtbar og berettiget, idet den havde fundet simpliciteten bag en kompleks proces. Molekylærbiologien havde med andre ord endelig retfærdiggjort det intellektuelle rammeskift, dens grundlæggere havde foretaget i trediverne og fyrrerne. Opdagelsen af dobbelthelixa blev samtidig startskuddet for et væld af spændende forskningsresultater. Man opdagede f.eks. mRNA’et og gennemsåede den genetiske kode. Alt dette bidrog til en skærpelse af det molekylærbiologiske begrebsapparat. I slutningen af 1960’erne havde man således et billede af, hvordan genetisk information i DNA’ets baserækkefølge blev omdannet til specifikke aminosyresekvenser i proteiner. Dette blev kaldt molekylærbiologiens centrale dogme.

⁹⁵ Stryer, Lubert: *“Biochemistry”*, Freeman, USA, 1995, pp. 80-81.

⁹⁶ Jævnfør Erwin Chargaff.



Det centrale dogme blev den molekylærbiologiske forsknings skelet. Op igennem 1960'erne følte en del molekylærbiologer derfor, at de vigtigste opdagelser var gjort, og at resten blot var standardarbejde. Den molekylære tilgang havde revolutioneret biologien og blev efterhånden ekspanderet og institutionaliseret rundt om på de forskellige universiteter. Den lettere arrogante antagelse af, at molekylærbiologien nok allerede havde opdaget alt det, der var værd at opdage, fik forskere som Stent til at skrive dens historie. Som det vil fremgå senere i opgaven, bød molekylærbiologien stadig på epokegørende opdagelser. Dette kapitel slutter dog, hvor det startede - i Stents bidrag til PATOOMB.

2.9: Delkonklusion

Som vist i ovenstående var Stents udlægning af molekylærbiologiens oprindelse og udvikling mangelfuld. Molekylærbiologien opstod *ikke* kun i Fag-gruppen og *ikke* kun som et resultat af fysikerne Schrödinger og Bohrs interesse i biologien. Udviklingen skyldtes derimod et samspil af eksterne og interne faktorer.

Den traditionelle biologi fik en saltvandsindsprøjtning, da den op igennem trediverne og fyrrerne oplevede en tilstrømning af forskere fra de fysiske videnskaber. Årsagen til disse forskeres faglige omvendning var kun til dels Bohrs og Schrödingers teoretiske interesse i anvendelsen af fysiske begreber på biologiske problemer. Den skyldtes også, at fysikken efter krigen havde mistet sin uskyld og tilsyneladende ikke længere bød på muligheden for nye revolutionerende opdagelser for den enkelte forsker. Siden midten af 1930'erne var tilstrømning tillige blevet motiveret rent økonomisk. Rockefeller Foundations biologiske program støttede under Warren Weavers kyndige vejledning forskningsprojekter, der involverede anvendelsen af fysico-kemiske teknikker på biologiske problemer. Weaver satte med sit projekt de første brede intellektuelle rammer for, hvad den nye (molekylær)biologi var. Weaver og det biologiske program vægtede tværfaglighed og anvendelsen af de fysiske videnskabers redskaber tungere end selve det biologiske problem/forskningsområdet. Den nye biologi havde derfor ikke et snævert defineret centralt intellektuelt problem, hvorom dens forskning centrerede sig. Den lånte sine intellektuelle problemer fra relativt forsømte områder

af allerede etablerede og veldefinerede discipliner som genetik, cellebiologi, mikrobiologi og biokemi.

Idet den unge molekylærbiologi delte genstandsfelt med disse discipliner, var det undertiden svært skelne dem fra hinanden⁹⁷. Således reagerede især biokemikerne hårdt imod molekylærbiologien, som de ikke ville anerkende som andet end en underafdeling af biokemien. Biokemikerne, hvis fag selv var opstået som en tværfaglig disciplin, havde svært ved at se det principielt nye ved den molekylærbiologiske *tilgang*. Der var for dem at se intet nyt i anvendelsen af fysiske teknikker på biologiske problemer. Et nyt forskningsområde blev defineret ud fra det forskerne studerede eller ud fra den måde, de studerede det på. Da hverken den unge molekylærbiologiske intellektuelle problem eller dens fremgangsmåde var nye i biokemikernes øjne, kunne de end ikke med god vilje acceptere den som et nyt forskningsfelt. Alligevel var fællesskabet om denne tilgang netop det, der gav de tidlige molekylærbiologer en fælles identitetsfølelse, dengang deres forskning end ikke havde et navn. Selvom Stent i kapitlets indledende citat ikke havde ret i, at alle de tidlige molekylærbiologer søgte efter paradokser, havde han dog ret i, at de blev forenet i en fælles psykologisk infrastruktur. Som det blev vist i ovenstående gav den nye fremgangsmådes kognitive fokus ophav til dannelsen af den tidlige molekylærbiologiske sociale strukturer i såvel informations- som strukturskolen.

At biokemien gjorde indvendinger var dog forståeligt. Den følte sig både truet og forulempet. Det må som biokemiker have været svært at stå model til, at et netværk af såkaldte molekylærbiologer kom ind fra højre og tog patent på at løse problemer, der traditionelt lå inden for biokemiens felt. Det blev ikke bedre af, at repræsentanter fra dette netværk tilmed hævdede, at biokemiens evne til at løse disse problemer udviklede sig *evolutionært*, mens molekylærbiologien udviklede sig *revolutionært*! Hvor provokerende sådan et udsagn end har været, rummer det trods alt et gran af sandhed, som måske kan forklare, hvorfor molekylærbiologerne opfattede deres forskningsfelt som nyt. Den tidlige molekylærbiologi (som diffust interessefelt) blev huset af uafhængige forskningsinstitutioner som Caltech og Royal Institution. Disse steder havde en langt mere fleksibel institutionel struktur end de traditionsbundne universiteter. Den tværfaglige molekylærbiologiske forskning havde derfor bedre mulighed for frit at udfolde sig der. Forskningen blev endvidere tilgodeset økonomisk af stedets fremsynede ledere (Delbrück, Bragg mm.), der i kraft af deres

⁹⁷ Sammenligner man fx de instruktioner, som redaktørerne af tidsskrifterne for ”*Journal of Molecular Biology*” og ”*Journal of Biological Chemistry*” fra 1959 giver deres forfattere angående indholdet af artiklerne, minder de meget om hinanden. En artikel, der kvalificerede sig til at blive publiceret i det molekylærbiologiske tidsskrift opfyldte også kravene til at blive publiceret i det biokemiske. Efter introduktionen af den rekombinante genteknologi i 1970’erne blev det dog nemmere at skelne de to discipliner fra hinanden, da molekylærbiologien nu i høj grad blev karakteriseret af en bestemt teknologi og dertil hørende metoder.

status havde held med at søge penge fra offentlige organer og private fonde. Havde molekylærbiologien udelukkende skullet opstå på universiteterne, havde den nok aldrig opnået status som selvstændig disciplin. Det havde nemlig krævet, at den som et underområde i blandt andet biokemien kunne præsentere så gode resultater af forskning i et bestemt, veldefineret intellektuelt problem, at forskningens omkostninger ikke længere kunne dækkes af det biokemiske budget, men derimod måtte blive et selvstændigt felt med eget budget⁹⁸. Eftersom molekylærbiologiens intellektuelle problem fra starten var (for?) bredt defineret, og siden dens forskning først for alvor opnåede succes relativt sent i forløbet, ville en sådan indre institutionalisering kun sjældent have fundet sted. På Caltech og RI blev der dog set stort på den slags restriktive disciplinære anliggender. Molekylærbiologien fik massiv støtte fra fonde og offentlige organer, hvilket sikrede dens videre udvikling. I modsætning til den institutionaliserede biokemi var molekylærbiologien heller ikke lakaj for en medicinske, som det ellers var tradition på nogle universiteter. Den skulle ikke yde nogen form for service til medicinske studier, og kunne derfor forme sin forskning, som den ville. At molekylærbiologisk forskning var revolutionær i sin udvikling i forhold til biokemien, kan derfor skyldes, at molekylærbiologien havde friere tøjler og gunstigere institutionelle rammer. Denne forklaring kan dog ikke redegøre for biokemisk forskning som Averbys, der fik relativt frie tøjler på Rockefeller instituttet i New York eller for den biokemiske forskning, der bidrog til udfærdigelsen af det centrale molekylærbiologiske dogme. Denne forskning var ligeså ”revolutionær” som den molekylærbiologiske. I den molekylærbiologiske litteratur tildeles denne forskning endda en plads i molekylærbiologiens ”hall of fame”⁹⁹. Det uundgåelige spørgsmål må derfor være, hvorfor noget forskning ikke får den magiske molekylærbiologiske mærkat, selvom det tilsyneladende bliver opfattet som molekylærbiologi?

Noget af forklaringen kan ligge i forskernes nærmiljø. Hvis en biokemisk forsker var velintegreret i sit forskningsmiljø, og hans måske lidt utraditionelle (molekylærbiologiske?) forskning blev accepteret af kollegerne, var der vel heller ingen grund til, at han skulle flytte til en anden institution og foretage terminologiske demarkationer. Strukturskolens og informationsskolens grundlæggeres forskning fik dog *ikke* en sådan sympatisk modtagelse blandt kollegerne fra de traditionelle discipliner, som følte at forklaringer på et højere organisationsniveau end det molekylære, var det eneste, der kunne forklare, hvordan en

⁹⁸ Anders Lundgren: ”Naturvetenskaplig institutionalisering”, i ed. Sven Widmalm: *”Vetenskapsbärarna: naturvetenskapen i det svenska samhället, 1880-1950”*, Gidlunds Forlag, Hedemora, (1999), p. 130.

⁹⁹ Jan Witkowski: ”Fifty years on: molecular biology’s hall of fame.”, *Trends in Biotechnology*, pp. 234-243, (1988).

organisme fungerede¹⁰⁰. Molekylærbiologiens grundlæggere følte derfor et behov for at skabe et fristed for deres tværfaglige forskning, der tilsyneladende ikke passede ind i de gængse institutionelle strukturer på universiteterne. Som før nævnt fandt de dette fristed på uafhængige institutioner. Selve termen molekylærbiologi og oprettelsen af *Journal of Molecular Biology* i 1959 var måske i en vis udstrækning et forsøg på at råde bod på den manglende institutionelle hjemmel ved at skabe et særskilt fundament og forum, hvor molekylærbiologer kunne publicere artikler blandt og til ligesindede.

Molekylærbiologien skulle dog med tiden finde sin plads på universiteterne. Watson og Cricks opdagelse af dobbelthelixen markerede molekylærbiologiens anvendelighed og succes. Fra slutningen af 1950'erne afspejledes denne succes også i, at nobelprisen oftere og oftere blev tildelt molekylærbiologer. Det havde vist sig, at den meget forskelligartede og tværfaglige molekylærbiologi simpelthen var bedre forberedt end den traditionelle biokemi på at løse de centrale problemer i biologien. Derfor kom den til at virke revolutionerende i forhold til biokemien og de traditionelle biologiske discipliner, som ikke havde udvist samme grad af effektivitet og opfindsomhed i løsningen af problemstillingerne¹⁰¹. Den unge videnskab havde sejret, og dens overrumplende succes blev da også grunden til dens institutionalisering. Op gennem 1960'erne fik molekylærbiologien nemlig endelig foden indenfor på universiteterne, idet der stort set samtidigt i de vestlige lande blev oprettet institutter for molekylærbiologi side om side med biokemien og de andre biologiske discipliner, den mindede så meget om. Det er derfor en besnærende idé, at udviklingen og institutionaliseringen af molekylærbiologien stort set er skåret efter samme "skabelon" i de forskellige lande, som gennemgået i det foregående. I de følgende kapitler vil jeg derfor gennemgå denne generelle internationale skabelon og teorien bag den og samtidig belyse oprindelsen og institutionaliseringen af den danske molekylærbiologi for derigennem at se, om der skulle være tale om en særskilt dansk afvigelse fra skabelonen.

¹⁰⁰ Zallen (1993), p. 84.

Kapitel 3: Et teoretisk mellem spil

3.1: Det komparative studie

Som omtalt i andet kapitel er det at skrive historien om en videnskabelig disciplins udvikling og institutionalisering ikke helt uden problemer. Der er flere ting, man som historiker bør gøre sig klart, førend man sætter sig til tastaturet. Først og fremmest er det historikerens evindelige hurdle, at man aldrig kan give et fuldstændigt billede på den tid eller det historiske fænomen, man ønsker at portrættere. Det ville nemlig forudsætte, at man var alvidende og i øvrigt havde meget tid rådighed. De fleste historikere vælger derfor at fokusere på et mindre udsnit af helheden. Kunsten er så at analysere dette udsnit for derigennem at gøre rede for dets placering og begrænsning i forhold til helheden. Gør man ikke dette, kan man støde på problemer, således som Gunther Stent gjorde, da han skrev om molekylærbiologiens tilblivelse i PATOOMB. Han undlod (bevidst?) at påpege, at hans historie udelukkende omhandlede udviklingen af den form for molekylærbiologi, der blev bedrevet på Caltech, og altså ikke molekylærbiologiens udvikling generelt! Resultatet blev, at han skrev en historie, hvori han underkendte, at molekylærbiologien kunne være opstået andre steder end i USA. Det er derfor vigtigt at afgrænse sit område. Det er endvidere ligeså vigtigt at gøre sig klart, hvordan og hvorfor man vælger at afgrænse sit område på en bestemt måde frem for en anden. Molekylærbiologiens historie kan derfor skrives på mange forskellige måder, alt efter hvor forfatteren mener, fokus bør ligge. Man kan vælge at skrive disciplinens historie på et overordnet internationalt niveau. Men man kan også vælge at skrive den på et mere snævert nationalt niveau, hvor der fokuseres på det, der er specifikt for udviklingen af molekylærbiologien i et bestemt land. Derudover kan man også fortælle disciplinens historie ved at tage udgangspunkt i en enkelt eller få forskningsinstitutioner, hvor molekylærbiologien blev udviklet og bedrevet. Man kunne sågar vælge at fokusere på den enkelte forskers bidrag til molekylærbiologiens udvikling og institutionalisering og dermed skabe en beretning om forskeren, institutionsbyggeren og grundlæggeren af molekylærbiologien. Det var denne model Stents festskrift for Max Delbrück var bygget op efter. Den model er der for så vidt ikke noget galt i, hvis man bare husker at gøre opmærksom på dens begrænsninger. Festskriftet ville have været fuldt ud berettiget, hvis Stent havde påpeget, at Delbrück var grundlæggeren af molekylærbiologien på *Caltech* og altså ikke af molekylærbiologi *generelt*.

¹⁰¹ I litteraturen om molekylærbiologiens historie kaldes dette fænomen (molekylærbiologiens korstogt ind i den akademiske verden) til tider "molekylærismen" af de biologiske videnskaber.

Hvor slemt det end kan være at drage universelle konklusioner på baggrund af det partikulære og afgrænsede, er det modsatte dog ikke at foretrække. Selvom det siges, at naturvidenskaben som sådan er international, finder man alligevel nationale forskelle i måden, hvorpå forskellige discipliner opstår og udvikles. Når jeg i første kapitel refererer til en slags fælles skabelon, som udviklingen af de forskellige molekylærbiologiske forskningstraditioner rundt om i verden skulle være skåret efter, er det derfor med dette forbehold. En sådan model er god i den udstrækning, at den i grove træk tegner et billede af molekylærbiologiens generelle udvikling og nogle af de vigtigste årsager til samme. Hvis man leder efter en mere fyldig forklaring på fænomenet, skal den grove skitse omsættes til et detaljerigt billede. Dette kan opnås gennem studier af disciplinens udvikling i de enkelte lande¹⁰². Jeg tror dog ikke, det er muligt at forstå det specifikke ved fx udviklingen og institutionaliseringen af molekylærbiologien i Danmark gennem et isoleret nationalt studium alene. Man bliver nødt til at forstå den danske udvikling i forhold til udviklingerne i resten af verden. Det ideelle studium i den danske molekylærbiologiske disciplinære og institutionelle udvikling ville derfor være et komparativt og kontekstuel studie bygget på tilsvarende studier fra alle andre lande. Det er selvfølgelig en ”hønen og ægget” problematik, da fremkomsten af de andre komparative, nationale studier ville forudsætte eksistensen af andre igen. Det er i dette lys, at den grove internationale skitse eller model for molekylærbiologiens generelle udvikling og institutionalisering finder sin berettigelse. Til trods for at modellen er grov og i nogen grad utilstrækkelig, idet den er konstrueret på baggrund af isolerede studier af udviklingen og institutionaliseringen af molekylærbiologien i enkelte toneangivende lande, er den dog stadig anvendelig. I forrige kapitel har jeg beskrevet, hvordan udviklingen af den tidlige molekylærbiologi primært fandt sted i USA, England og Frankrig. Det er udviklingen i disse lande, min generelle model er modelleret over. En grov skitse over de disciplinære og institutionelle udviklinger i tre lande lyder måske ikke af meget i forhold til det førnævnte ideelle komparative studium, hvor samtlige nationale redegørelser for molekylærbiologiens tilblivelse ville blive taget med i betragtning. Da det imidlertid netop var USA, Frankrig og England, som interagerede med og øvede indflydelse på udviklingen af den spæde molekylærbiologi i Danmark, er fraværet af andre nationale disciplinshistorier dog til at

¹⁰² Denne tese deler jeg med Jordanova: ”Gender and the historiography of science”, *British Journal for the History of Science*, 26: 469-83, (1993) og Soraya de Chadarevian: *“Designs for Life- Molecular Biology after World War II”*, Cambridge University Press, UK (2002). Nogle af de komparative studier, jeg har baseret min generelle model på er at finde i særnummeret af *Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences* (september 2002), med titlen ”Molecular Biology in Postwar Europe”.

overkomme i første ombæring grundet mit speciales begrænsede omfang. Jeg vil derfor beskrive den særsomt danske udvikling og institutionalisering af molekylærbiologien i henhold til den generelle ”big picture” historie og model for udviklingen af disciplinen i disse tre lande. Det er dog i alle tre tilfælde en beretning om succesfuld institutionalisering af disciplinen. Jeg vil derfor også kort sammenligne den danske udvikling med udviklingen i et vestligt land, hvor institutionaliseringen af molekylærbiologien rent faktisk *slog fejl* – nemlig Holland. Jeg håber på denne måde at få belyst, hvad der var særsomt dansk ved udviklingen af molekylærbiologien i Danmark og i nogen grad at kunne forklare, hvorfor det her lykkedes at institutionalisere disciplinen, når det ikke lod sig gøre i Holland.

3.2: Min model for molekylærbiologiens generelle udvikling

I forrige kapitel beskriver jeg som før nævnt udviklingen af nogle vidt forskellige forskningstraditioner, der alle skulle komme til at bære navnet ”molekylærbiologi” til trods for deres uens natur. Jeg tror, at disse forskningstraditioner alligevel formåede at blive samlet under en fælles betegnelse, fordi deres udvikling stort set er skåret efter samme skabelon – min ”generelle” institutionaliseringsmodel. Modellen er nærmere bestemt en række af eksterne og interne faktorer, som jeg mener, har været af afgørende betydning for molekylærbiologiens opståen og senere institutionalisering. De opsummeres her i følgende punkter, som den danske molekylærbiologi skal kunne opfylde, for at den kan siges at have fulgt samme udviklings og institutionaliseringsmodel som den internationale molekylærbiologi.

1) Tværfaglighed

Tilstrømningen af forskere fra de fysiske videnskaber ind i biologien i 1930’erne og 1940’erne resulterede i nye tværfaglige vinkler på biologiske problemstillinger, der traditionelt hørte under allerede veletablerede biologiske videnskaber (fx biokemien). Den tværfaglige tilgang ser derfor ud til at være et vigtigt fælles træk for udviklingen af molekylærbiologien i USA, England og Frankrig.

2) Finansiering

Noget andet, der var fælles for udviklingen af molekylærbiologien i USA, Frankrig og England var måden, hvorpå forskningsområdet blev finansieret på. Både staten og private fonde var interesserede i at investere i den nye eksperimentelle biologi. Støtten var dog ikke uden betingelser. Fondene opsatte forskellige kriterier for, hvordan et forskningsprojekt skulle se ud for at opnå økonomisk støtte. På denne måde formede

fondene forskningen, så den kunne tjene deres egen politiske dagsorden. Således udsprang Rockefeller Foundations molekylærbiologiske forskningsprogram oprindeligt af et ønske om social kontrol. Det britiske MRC havde ligeledes et ønske om, at de støttede projekter skulle give afkast i praktiske anvendelser. Det er derfor værd at undersøge, hvem der finansierede den danske molekylærbiologi, og hvad disse offentlige eller private organer ønskede at opnå med støtten.

3) Institutionelle rammer og magtforhold

Et tredje fælles træk for molekylærbiologien i de tre lande har været dens institutionelle rammer. Molekylærbiologiens tværfaglige natur forhindrede den i at finde hjemmel på universiteterne. I stedet endte den på de såkaldte uafhængige forskningsinstitutioner, hvis smidige institutionelle rammer gav den molekylærbiologiske forskning frie tøjler. Jeg mener, det var denne frihed, der gjorde molekylærbiologien revolutionerende i forhold til de traditionelle biologiske videnskaber i 1950'ernes kapløb om at løse centrale biologiske problemstillinger. Hvis udviklingen af den danske molekylærbiologi således har fulgt samme model, skal den have haft til huse på en eller flere af sådanne uafhængige forskningsinstitutioner i Danmark.

4) Netværksdannelse

Det fjerde fællestræk er netværksdannelsen. De tidlige molekylærbiologer fik deres fælles faglige identitetsfølelse ved at beskæftige sig med samme kognitive fokus. Det gav ophav til dannelsen af et "molekylærbiologisk" netværk, som voksede ved hvervning af nye medlemmer. Netværksdannelsen beroede på fællesskabet om forskningen og blev en slags psykologisk infrastruktur for molekylærbiologien. Det er min tese at netværksdannelsen derfor gjorde det ud for en indre institutionalisering¹⁰³. Den danske molekylærbiologi skal således være opstået i og gennem et lignende socialt netværk for at have udviklet sig som i udlandet.

Udviklingen af den danske molekylærbiologi skal altså været præget af tværfaglighed, en speciel form for finansiering, netværksdannelse og frie institutionelle rammer og magtforhold for at være skåret efter samme skabelon som den internationale molekylærbiologi. Som det fremgår af ovenstående, vil min historie ikke være afgrænset til en enkelt dansk institution eller forsker, da det er min overbevisning, at en ny disciplin ikke bliver grundlagt af et enkelt individ eller på en enkelt institution. I lighed med mange andre er jeg af den opfattelse, at en

¹⁰³ Jævnfør Anders Lundgrens betydning af ordet, som vil blive gennemgået i nedenstående.

ny disciplin opstår som følge af et kompliceret samspil mellem de enkelte forskere, deres projekter og institutionelle rammer samt tidens politiske og økonomiske udspil og magtforhold. Min model er derfor bygget op om de fire ovenstående punkter, som jeg mener havde afgørende betydning for, hvordan og hvorfor molekylærbiologien opstod på internationalt plan. Jeg minder igen om, at jeg har opstillet disse punkter og teserne på baggrund af studier af molekylærbiologiens opståen og institutionalisering i USA, England og Frankrig, der var molekylærbiologiens arnesteder. For at undersøge, om denne model også kan bruges til at forklare opkomsten af molekylærbiologi i Danmark, må jeg tage forskellige historiografiske metoder i brug. Verifikation eller falsifikation af modellens punkter og dertil knyttede teser synes at kræve hver sin metode. Jeg vil efterfølgende redegøre for modellens sammensætning, og for hvilke metoder jeg har valgt at bruge til at afprøve den på de danske forhold. Samtidigt håber jeg at vise, hvorfor jeg ikke blot har valgt at bruge en allerede eksisterende model for disciplin- og institutionshistorie.

3.3: Den geo-politiske metafor

Hvorfor er der overhovedet behov for at konstruere en ny model? Disciplin- og institutionshistorie er jo ikke just nye fænomener, og det er derfor ikke urimeligt at tro, at dette felts teoretikere allerede har konstrueret modeller, der med held kan bruges til at forklare fremkomsten af nye discipliner og deres institutionalisering. Det er da også tilfældet, at der er skrevet mange glimrende bøger og artikler om forskellige fagområders opståen. Ingen af de modeller, jeg er stødt på, kan dog fuldt ud overføres på molekylærbiologien og forklare dens opståen og institutionalisering. Det gør sig end ikke gældende for modeller, der er i stand til at forklare fremkomsten af den så beslægtede disciplin biokemi, som hos de anerkendte videnskabshistorikere Anders Lundgren, Timothy Lenoir og Robert Kohler. At disse forskeres modeller ikke uden videre kan bruges til at forklare molekylærbiologiens opståen og efterfølgende institutionalisering skyldes blandt andet modelbyggernes opfattelser af, hvad en ”disciplin” er for noget, og hvor og hvordan den opstår.

Det er meget svært at give en entydig definition på disciplinbegrebet. Oftest bruges termen til at sætte videnskaberne i system på universiteterne, så man terminologisk kan adskille et forskningsområde fra et andet. Et forskningsområde opnår med andre ord disciplinær status, når det bliver institutionaliseret i den akademiske verden. Der hersker dog stor uenighed om, hvad der konstituerer en disciplin. Udfra hvilke kriterier vurderer man, om et forskningsområde adskiller sig nok fra de allerede etablerede discipliner til at blive en selvstændig disciplin? Sker det fx udfra metodik, genstandsfelt eller områdets anerkendelse i

det videnskabelige samfund?¹⁰⁴ Blandt videnskabshistorikere er meningene om dette talrige, og sagen bliver ikke lettere af, at forskerne fra de forskellige discipliner i praksis ikke kan tage hensyn til, om deres forskningsaktivitet til tider lapper ind over en anden disciplin. Inddelingen af videnskaberne i terminologisk afgrænsede discipliner kan derfor ikke altid sige så meget om disciplinernes faglige indhold. Det lettere abstrakte disciplinbegreb er dog ikke kun til for, at videnskabshistorikerne kan katalogisere forskningsområderne. Som jeg vil vise i de kommende kapitler, kan der være stærke fagpolitiske og økonomiske interesser i, at et forskningsområde opnår disciplinær status på et universitet. Ifølge Anders Lundgren handler disciplinbegrebet derfor ikke kun om fagligt indhold men også om økonomi:

”När ett forskningsområde, hur det än uppkommit, väl vuxit sig så starkt att det kunnat uppvisa vetenskapelige resultat av en sådan omfattning att det uppmärksammas i vidare kretsar, och när kostnaderne inte kan täckas av moderinstitutionen, indträder ett behov av en egen administrativ organisation. Det är då en institution etableres, och det är då som det nya forskningsområdet definitivt får en självständig plats i den officiella vetenskapsorganisationen.¹⁰⁵”

Lundgren skelner, i lighed med sine kolleger Lenoir og Kohler, mellem et forskningsområdes forskningsmæssige aktivitet og den indsats, områdets udøvere lægger for dagen for at opnå institutionalisering og disciplinær status for deres fag på universiteterne. Han ser dette som en to-leddet proces betående af en såkaldt *indre* og en *ydre* institutionalisering:

”Den inre institutionaliseringen innebär uppkomsten av ett avgränsat, någorlunda väldefinierat forskningsområde, med någorlunda väl avgränsade metoder och frågeställningar, men som lever sitt vetenskapliga liv innanför de administrativa ramarna vid en redan befintlig institution. Den ytre institutionaliseringen består av att skapa nödvändiga byråkratiska rutiner, som organiserar och inte minst kanaliserar de forskningsresurser som kommer forskningsområdet til godo. Det sker oftast genom att en ny institution skapas, inom vars ramar de nye forskningsområdet självständigt kan bedrivas och utvecklas. Den ytre institutionaliseringen skapar den nödvändiga organisation som krävs för att ekonomiskt större projekt skall kunna planläggas, administreras och utföras.”¹⁰⁶

¹⁰⁴ Matthias Dörries, ”Easy Transit: Crossing Boundaries Between Physics and Chemistry”, i ed. Agar & Smith: “Making Space for Science”, Macmillan Press Ltd, London, UK, (1998).

¹⁰⁵ Lundgren (1999), p. 130

¹⁰⁶ Lundgren (1999), p. 130.

Lundgren mener altså, at en ny disciplin opstår, når et underområde af en allerede eksisterende disciplin vokser sig så stort, at moderdisciplinens budget ikke længere kan dække underområdet omkostninger. Den egentlige institutionalisering sker efterfølgende ved, at universitetet tildeler det ekspanderede forskningsområde sit eget budget, navn og administrative organisation. Den nye disciplin opstår så at sige som en slags knopskydning fra moderdisciplinen, hvorfra den har sine metoder, sit tankesæt eller sit videnskabelige apparatur. Timothy Lenoir går en tand videre, idet han påstår, at det ekspanderende underområde af moderdisciplinen ikke kan vide sig sikker på at blive institutionaliseret på universitetet, blot fordi det tilvejebringer gode resultater. Lenoir mener derimod, at et forskningsområde er afhængigt af flere ting, førend institutionaliseringen kan forløbe¹⁰⁷:

- 1) Der skal være gunstige magtforhold på institutionen
- 2) Forskningsområdet skal have et loyalt og dedikeret klientel af forskere
- 3) Forskningsområdet skal have et levedygtigt og succesfuldt forskningsprogram
- 4) Forskningsområdet må gøre sig uundværligt på institutionen ved levere forskningsmæssige service ydelser til de allerede etablerede discipliner.

Tre ud af disse fire kriterier taler imod, at molekylærbiologien nogensinde skulle blive institutionaliseret. Som før nævnt var magtforholdene og de disciplinære strukturer på universiteterne absolut ikke stemt for, at den dengang navnløse molekylærbiologi skulle få foden indenfor på universiteterne i 1930'erne og 1940'erne, og den måtte derfor finde hjemmel på de uafhængige forskningsinstitutioner. Til trods for Warren Weavers omfattende molekylærbiologiske støtteprogram fra 1938 viste molekylærbiologien sig først for alvor succesfuld op igennem 1950'erne. Man kan derfor ikke sige, at molekylærbiologerne prompte kunne mønstre et succesfuldt forskningsprogram. Den leverede heller ikke nogen form for service ydelser til andre discipliner. I det hele taget ville den spæde molekylærbiologi kun kunne opfylde eet af Lenoirs kriterier: den havde et loyalt og dedikeret klientel af forskere.

Lundgrens og Lenoirs modeller kan forklare institutionaliseringen af biokemien og andre discipliner, der opstod på universitetet som knopskydning af en allerede etableret disciplin¹⁰⁸. Modellerne kan dog ikke anvendes på et multiværfagligt forskningsområde som molekylærbiologien, der ikke opstod som resultat af et klassisk forløb af indre og ydre

¹⁰⁷ Timothy Lenoir: *"Instituting Science"*, Stanford University Press, Stanford, USA (1997), pp. 58-61.

¹⁰⁸ Op til 1970'erne var det svært at skelne molekylærbiologi og biokemi fra hinanden hvad angik deres kognitive fokus. De søgte nemlig begge at give en molekylær forklaring på biologiske fænomener. En mulig måde at foretage en historisk skelnen mellem de to discipliner er derfor ved at analysere deres forskellige institutionelle kår.

institutionalisering på universiteterne. Lundgren og Lenoir redegør nemlig ikke for institutionaliseringsprocessen for et forskningsområde, der har udviklet et succesfuldt forskningsprogram (eller en slags Lundgren'sk indre institutionalisering) *uden for* universitetet. Dette er ikke overraskende, idet i hvert fald Lundgren udelukkende har til formål at bruge sin model til at forklare *biokemiens* institutionalisering. Hans model er med andre ord ikke konstrueret som en universal institutionaliseringsmodel, der skal kunne forklare alle discipliners institutionalisering, og dermed også de discipliner der i modsætning til biokemien *ikke* opstod på universiteterne. Lenoir gør sig som nævnt i indledningen tanker om forskningsområders opståen udenfor universiteterne, men han opstiller desværre ingen håndgribelig model til forklaring af fænomenet. Eftersom den tværfaglige molekylærbiologi nu engang *blev* institutionaliseret på universiteterne, selvom den ikke opstod der, kan jeg ikke bruge Lundgrens og Lenoirs ellers udmærkede modeller og disciplinbegreb i *mit* forehavende. Lundgren og Lenoir står dog ikke alene med deres opfattelse af disciplinbegrebet, som jo med held kan anvendes på fx biokemien. Opfattelsen bliver delt af en lang række videnskabshistorikere, iblandt hvilke Robert Kohler udtrykker sagen klarest:

”Disciplines are political institutions that demarcate areas of academic territory, allocate the privileges and responsibilities of expertise, and structure claims on resources. They are the infrastructure of science (...). If disciplines are to the political economy of science what nations are to the political economy of production and commerce, then it is no surprise that their domestic affairs may be profoundly influenced by a diverse traffic in ideas and problems with neighbouring disciplines.”¹⁰⁹

Kohler og hans kolleger sidestiller med andre ord inddelingen af den akademiske verden i forskellige *discipliner* med verdens inddeling i forskellige *lande*. Den disciplinære dynamik i den akademiske verden kan derfor forstås udfra de kræfter, der er på færde når landegrænser flyttes eller nye stater fødes ud af gamle. Videnskabshistorikeren Matthias Dörries kalder denne opfattelse af disciplinbegrebet for en ”geo-politisk” metafor¹¹⁰. Han mener, at metaforen forudsætter for stor stabilitet i de disciplinære afgrænsninger. Især Kohler og Lundgren kommer derfor til at overdrive eksistensen af en overordnet enhed i videnskaben, idet de beskæftiger sig med en slags ”udkrystalliseret” videnskab i form af professorater og institutter på universiteterne. Deres videnskabelige landkort viser ikke de forskningsmæssige

¹⁰⁹ Kohler (1982), p. 1 & 7.

¹¹⁰ Dörries (1998), p. 246. Selvom Dörries på denne side kun refererer til Kohler og en anden videnskabshistoriker Mary Jo Nye, mener jeg at Lundgren også kan føjes til listen af den geo-politiske metafor tilhængere i hans arbejde om biokemiens institutionalisering.

landvindinger, der bliver gjort udenfor universitetsverdenen¹¹¹. Som før nævnt er Lenoir en undtagelse, idet han gør sig gode tanker om noget sådant, men opstiller desværre ikke en håndgribelig model til belysning af emnet. Selvom hans model ikke direkte kan anvendes på molekylærbiologien, kan den heller ikke føres ind under den geo-politiske metafor. Metaforen kan ligesom Lenoirs ikke bruges som model til at forklare opkomsten af en disciplin som molekylærbiologi, der opstod på de uafhængige forskningsinstitutioner, men det skyldes noget helt andet end i Lenoirs tilfælde. Metaforen forudsætter nemlig for stabile disciplinære strukturer, hvor import og eksport af videnskabelige ideer og metoder til nabolandene nok er muligt, men foregår under (politisk) kontrol. Metaforen kan derfor forklare, at nye discipliner/stater fødes i brydningsfeltet mellem allerede eksisterende discipliner/nabolande. Den er derimod ikke fleksibel nok til at forklare fremkomsten af den tværfaglige molekylærbiologi, der i geo-politiske termer må siges at være opstået som en slags transcenderende meta-stat, som udsprang fra adskillige lande, der ikke alle grænsede op til hinanden men derimod befandt sig på forskellige kontinenter! Metaforen spiller da også fallit, når den skal forklare, hvordan denne transcenderende meta-stat alligevel fandt sin vej ind i det velordnede verdenskort, da molekylærbiologien blev institutionaliseret på universiteterne; for hvor og hvordan skulle sådan en stat tegnes ind? Problemet er således, at mens mange videnskabshistorikere har opstillet modeller til forklaring af institutionaliseringen af discipliner som biokemi, har ingen rigtigt opstillet tilsvarende modeller for molekylærbiologien. Havde de ovennævnte videnskabshistorikere haft til opgave at beskrive molekylærbiologiens udvikling og institutionalisering, ville deres modeller sikkert også have set anderledes ud. Men da de mig bekendt ikke har beskæftiget sig med dette emne, må jeg selv gøre forsøget i stedet. Jeg finder det derfor nødvendigt at skabe en ny og mere fleksibel model, der kan forklare molekylærbiologiens fremkomst og institutionalisering på en mere nuanceret måde.

3.4: Det rumlige perspektiv

Den geo-politiske metafor rummer alligevel mange anvendelige elementer. At fagområders (ydre) institutionalisering afhænger af universitetets politiske og økonomiske magtforhold er en god pointe. Selvom metaforen ikke kan bruges til at forklare, hvordan molekylærbiologien formåede at udvikle sig til en egentlig fælles forskningstradition med et levedygtigt forskningsprogram (dens indre institutionalisering), kan den faktisk redegøre for de omstændigheder, der førte til at den opnåede ydre institutionalisering på universiteterne. Dog

¹¹¹ Ibid.

fokuserer metaforen så meget på fagområdernes rigide afgrænsning, at den forsømmer at tage højde for deres indhold og daglige videnskabelige aktiviteter. Forskningen og den videnskabelige praksis på de enkelte institutter unddrager sig nemlig ofte disciplinær klassifikation¹¹². Som det vil fremgå af næste kapitel, kan man ikke vurdere noget om en disciplins forskningsmæssige indhold på baggrund af dens navn alene. Nogle gange siger forskningens fysiske rammer mere om sagen. Selve bygningerne, som huser de forskellige institutter, afspejler de daglige samarbejdsmuligheder institutterne imellem. Ifølge Dörries siger konstruktionen og placeringen af bygningen derfor også noget om bygherrens og de lokale magthaveres syn på disciplinerne¹¹³. Hvor den geo-politiske metafor udelukkende kan skildre magthavernes syn på et fagområde gennem enten succesfuld eller fejlslået institutionalisering, kan en vurdering af fagområdets fysiske rammers indretning, placering og beskaffenhed give en mere nuanceret fremstilling. Et fagområde kan sagtens opnå institutionalisering uden at alle på stedet dermed accepterer den. Magtforhold og alliancer på et universitet kan også ændre sig over tiden, så de folk, der godkender et fagområdes institutionalisering ikke nødvendigvis bliver dem, som fagpolitisk vil komme til at præge dets videre udvikling. Som det vil fremgå af de næste kapitler, har forskningens fysiske rammer stor betydning for dens udvikling. Planlægningen og konstruktionen af videnskabens bygninger kan derfor bruges til at kontrollere, i hvilken retning denne videnskab skal løbe. Dörries teori skal dog ikke opfattes som et ophøjet alternativ til den geo-politiske metafor, men derimod som et supplement til den, da heller ikke Dörries teori kan stå alene.

3.5: Prosopografi

Hvis jeg skærer det ”disciplin-geografiske” element ud af Lundgrens, Lenoirs og Kohlers modeller, står jeg tilbage med ideen om, at et fagområdes institutionalisering afhænger af lokale magtforhold, politik og økonomi. Kombinerer jeg desuden dette med Dörries rumlige perspektiv, har jeg en model, som i vid udstrækning vil være i stand til at redegøre for de eksterne årsager til at molekylærbiologien blev institutionaliseret i Danmark. Denne model byder mig at finde ud af, hvem der fx finansierede institutionaliseringen og hvorfor? Hvad var de fagpolitiske overvejelser bag oprettelsen af en lærestol og et institut for molekylærbiologi? Og hvordan var de lokale magtforhold på universitetet stemt for den tværfaglige disciplin? Illustreredes dette gennem de fysiske rammer, disciplinen blev tildelt? I praksis kan dette undersøges ved at læse fagudvalgsrapporter, fakultets- og konsistoriumsmødereferater, brevvekslinger mellem de implicerede parter, samt ved at foretage interviews af disse osv.

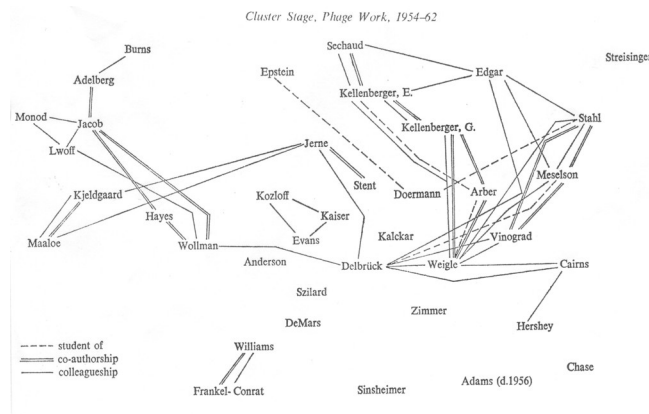
¹¹² Dörries, p. 247.

Idet hverken Dörries, Lundgren, Lenoir eller Kohler har haft til formål at belyse molekylærbiologiens udvikling, afslører deres tekster ikke noget om, hvordan molekylærbiologien kunne udvikle sig til et så succesfuldt forskningsprogram, at fagområdet kunne blive taget i betragtning til institutionalisering på universiteterne. I Lundgrens termer kan de kun forklare fagområdets ydre institutionalisering – ikke dets indre. Som jeg beskrev i første kapitel gennemløb molekylærbiologien ikke et klassisk forløb med en indre og ydre institutionalisering på universiteterne. Den opstod og udviklede derimod sit levedygtige forskningsprogram på uafhængige forskningsinstitutioner som Caltech og Royal Institution. Selvom forskningen dengang ikke havde noget egentligt navn og den enkelte forsker ikke var klar over, at hun eller han arbejdede indenfor et bestemt forskningsområde, udsprang der alligevel en slags fælles identitetsfølelse blandt forskerne af at arbejde med det samme kognitive fokus – at søge at løse biologiske problemstillinger på molekylært plan. Denne samlende identitetsfølelse blev til den spæde molekylærbiologiske psykologiske infrastruktur, og det er en af min generelle institutionaliseringsmodels teser, at denne sociale interaktion har gjort det ud for en slags indre institutionalisering à la Lundgren. Infrastrukturen blev nemlig udvidet ved, at den enkelte forsker tog studerende. Som nævnt i afsnittet om Fag-gruppen, resulterede en sådan hvervning af studerende og kolleger i et voksende netværk af folk, som beskæftigede sig med samme videnskabelige felt. På denne måde er molekylærbiologiens forskningsprogram og disciplinære program tæt sammenflettet¹¹⁴, idet den psykologiske infrastruktur udsprang af det kognitive fokus. Man dannede med andre ord *skole*. På denne måde fik de tidlige molekylærbiologer skabt et stærkt og fælles forskningsprogram, der kunne gennemløbe en ydre institutionalisering på universiteterne, hvis økonomien og de lokale magtforhold var stemt for det.

Mit speciale omhandler som bekendt fremkomsten og institutionaliseringen af molekylærbiologien i Danmark. Jeg skal derfor vise, at der har været et netværk af ”molekylærbiologer” i Danmark. Jeg skal også forsøge at vise, at det danske netværk var en del af de større molekylærbiologiske netværk som fx Fag-gruppen og den røntgenkrystallografiske skole. Det ville nemlig kunne give en forklaring på, hvordan molekylærbiologien kom til Danmark, når den nu ikke opstod ved klassisk knopskydning på universiteterne. Jeg har tænkt mig at kortlægge det danske netværk og dets forbindelser til molekylærbiologiens internationale knudepunkter ved hjælp af den kollektive forskerbiografi – prosopografien. Videnskabssociologen Nicholas C. Mullins er fortaler for et sådant prosopografisk studie af videnskaben. Han har selv studeret den amerikanske Fag-gruppe og

¹¹³ Dörries, p. 262.

er af den mening, at videnskabsfolkernes sociale interaktioner er lige så afgørende for et forskningsområdes udvikling som selve forskningsprogrammet¹¹⁵. Mullins påpeger, at når det sociale netværk af forskere, der arbejder med samme felt, vokser, distribueres ideerne hurtigt på tværs af medlemmernes disciplin- og landegrænser. Ideerne bliver dermed spredt til en eksklusiv gruppe i et hurtigere tempo, end man ville have opnået gennem almindelig publikation i videnskabelige tidsskrifter. Mullins finder derfor netværkets dannelse og udvikling interessant og illustrerer denne proces gennem flere kronologisk fremadskridende grafiske fremstillinger af netværksmedlemmernes indbyrdes relationer.



Mullins forbinder netværksmedlemmernes navne med punkterede, dobbelt- eller enkeltoptrukne streger alt afhængig af medlemmernes indbyrdes sociale relationer. Et medlem kan således være et andet medlems elev, mentor, kollega og/eller medforfatter på en videnskabelig artikel. Den resulterende grafiske fremstilling viser, at man sagtens kan tilhøre samme videnskabelige netværk, selvom man ikke har sin daglige gang i samme laboratorium eller for den sags skyld land, hvis man i diagrammet anfører hjeminstitutionen for de enkelte medlemmer.

Mullins' prosopografiske model byder også på historiografiske problemer. Den siger kun noget om den sociale basis for udviklingen af et nyt forskningsområde men ikke noget om de eksterne faktorer, der er med til at forme forskningen, såsom magtforholdene og økonomien på de uafhængige institutioner, der husede forskerne og forskningen. Ej heller vil den kunne sige noget om eventuelle politiske initiativer, der måtte blive taget til fremme af forskningen. Derudover er selve det at vælge, hvem der kvalificerer sig som medlemmer af et molekylærbiologisk netværk, ikke uden problemer. Det (danske) netværk eksisterede førend Danmark overhovedet fik oprettet en lærestol i molekylærbiologi. Som det fremgik af forrige kapitel, var det de færreste forskere i molekylærbiologiens oprindelseslande, som før

¹¹⁴ Hvilket også er i modstrid med Lenoirs model.

¹¹⁵ Mullins: "The Development of a Scientific Speciality: The Phage Group and the Origins of Molecular Biology", *Minerva*, (1972), pp. 51 – 82.

slutningen af 1950'erne opfattede sig selv som molekylærbiologer frem for noget andet¹¹⁶. Det samme gjorde sig gældende for de danske forskere, der bragte molekylærbiologien til Danmark og arbejdede med den her. Faktisk lader det til, at kun de forskere, som samtidigt aktivt arbejdede på at fremme dette felt i kraft af deres virksomhed som ”disciplinbyggere”, åbenlyst har erklæret sig molekylærbiologer. Det er derfor svært at vurdere, hvem der bør tages med i et dansk molekylærbiologisk netværk. Udfra Mullins’ kriterier skal et medlem af netværket have en professionel relation til et eller flere af netværkets andre medlemmer. Medlemmet skulle med andre ord være et andet medlems elev, mentor, kollega og/eller medforfatter på en videnskabelig artikel. Men disse kriterier er for løse, og fremstillingen af netværket er derfor i fare for at blive for upræcist. En forsker kan sagtens publicere en artikel sammen med et medlem af det molekylærbiologiske netværk, uden at denne forsker eller artiklen nødvendigvis behøver at beskæftige sig med molekylærbiologiske emner. På samme måde kan et medlem af netværket være oprigtigt interesseret i molekylærbiologiske aktiviteter som foredrag, seminarer, kurser osv. uden at lade sig påvirke af dette og de molekylærbiologiske problemstillinger i den daglige forskning. Bør denne forsker så være en del af netværket i historisk forstand?

Der er således fare for at tage for mange med i netværket, og man må derfor foretage individuelle vurderinger i udvælgelsen af hvem, der skal være med i den prosopografiske analyse. Omvendt kan en sådan subjektiv vurdering også betyde, at man ikke får alle de vigtige aktører med. I praksis forsøger jeg at komme udenom dette problem ved at holde mig til netværkets egen opfattelse af, hvem der var med til at udvikle den spæde molekylærbiologi i Danmark. Disse opfattelser kommer ofte til udtryk i medlemmernes populære artikler, taler, festskrifter, breve og interviews. Jeg håber på denne måde at begrænse min egen rolle i udvælgelsen, så det er forskernes egen opfattelse af, hvem der var molekylærbiologer (og dermed indirekte hvad molekylærbiologi egentlig var), som kommer til at fremgå af figuren.

3.6: Det internalistiske studie

Når den prosopografiske model kun indirekte kan sige noget om forskernes egen opfattelse af, hvad molekylærbiologi var for noget i Danmark, skyldes det, at figuren i sig selv kun angiver forskernes navne og altså ikke indholdet af deres forskning. For at kunne gennemskue forskernes fagdefinition ud fra netværksfiguren alene, skal man have et forhåndskendskab til medlemmernes forskning. Jeg bliver derfor nødt til at foretage sådanne udvalgte internalistiske studier af medlemmernes videnskabelige produktion for fyldigt at kunne

¹¹⁶ Se starten af kapitel 2.

redegøre for, hvordan den danske molekylærbiologi udviklede sig til et levedygtigt og institutionaliserbart forskningsprogram. Som det ses af Mullins' figur, er der flere danske navne blandt medlemmerne af Fag-gruppen. Biokemikeren Herman Kalckar er blandt andre taget med, idet han var den første, der bestod det såkaldte Fag-kursus. Men kaster man et nærmere blik på hans videre forskning, synes han umiddelbart upåvirket af bakteriofag-forskningen. Det prosopografiske og internalistiske studie bør derfor supplere hinanden, idet de hver for sig kan sige noget forskelligt om naturen af netværksmedlemmernes engagement i molekylærbiologien. For måske var Kalckars bidrag til molekylærbiologien ikke af forskningsmæssig karakter?

I det hele taget kan det internalistiske og ovenstående eksternalistiske studie supplere det sociale ved at sige noget om, hvorvidt de danske medlemmer rent faktisk lod sig påvirke af forskningen fra de molekylærbiologiske knudepunkter som Caltech og Pasteur Institutet og dermed forklare, hvordan den molekylærbiologiske forskningstradition i Danmark er kommet til at se ud, som den gør. Samtidig kan studierne sige noget om betydningen af de institutioner, som husede de danske molekylærbiologer inden molekylærbiologiens institutionalisering i Danmark.

3.7: Opsummering

Min plan er at undersøge, hvorvidt udviklingen og institutionaliseringen af molekylærbiologien i Danmark er skåret efter den samme generelle skabelon som udviklingen i de forskningsmæssigt toneangivende lande USA, England og Frankrig. Denne skabelon eller model er stykket sammen af dele fra de netop gennemgåede disciplin- og institutionshistoriske modeller, der hver især ikke formår at redegøre for molekylærbiologiens fremkomst og institutionalisering på tilfredsstillende vis. Sammen udgør delene dog en anvendelig model. I praksis har jeg tænkt mig at udføre min undersøgelse ved hjælp af forskellige historiografiske metoder, da hver af modellens fire punkter synes at kunne belyses med disse.

Netværksdannelse:

Jeg vil forsøge at bevise, at der fandtes et netværk af forskere, som arbejdede med molekylærbiologiske problemstillinger i Danmark førend et egentligt institut for molekylærbiologi blev oprettet. Jeg har tænkt mig at gøre dette prosopografisk ved ligesom Mullins at afdække de forskellige aktørers indbyrdes faglige relationer i en slags fælles forskerbiografi. Jeg vil også undersøge, om de har deltaget i vigtige molekylærbiologiske

møder eller om de for eksempel har været på studierejser til internationale molekylærbiologiske forskningscentre. Ligesom Mullins vil jeg fremstille dette netværk grafisk. Som før nævnt afslører denne fremgangsmåde ikke direkte noget om det videnskabelige indhold af medlemmernes forskning. Den prosopografiske tilgang kan derfor ikke stå alene.

Tværfaglighed:

I første og andet kapitel hævder jeg, at et rent internalistisk studie af netværksmedlemmernes videnskabelige produktion ikke vil kunne forklare, hvorfor molekylærbiologien blev en selvstændig disciplin og ikke blot et underområde af biokemien. Et internalistisk studie er med andre ord ikke nok i sig selv, men det kan være med til at påvise, om medlemmerne af det netværk, den prosopografiske model afdækker, rent faktisk beskæftigede sig med molekylærbiologiske problemstillinger i deres daglige forskning. Studiet kan tillige fortælle om medlemmerne i så fald lod sig påvirke af de molekylærbiologiske forskningstraditioner på fx Caltech eller Pasteur Institutet, som medlemmerne måske var i kontakt med. Jeg ville på den måde kunne fastslå om udvekslingen af ideer og studieophold rent faktisk gav sig udslag i ny forskning, eller om det blot var en formsag. Dog tillader specialets begrænsede omfang ikke et fuldstændigt studie af alle de impliceredes videnskabelige produktioner. Det må ske i begrænset omfang, hvor enkelte forskningsarbejder vil blive fremhævet.

Finansiering:

Inspireret af Lundgren, Lenoir og Kohler vil jeg undersøge, hvem der finansierede den molekylærbiologiske forskning i Danmark gennem såvel den indre som den ydre institutionalisering. Det vil i den anledning være interessant at se, om det primært var staten eller private fonde, som støttede forskningen i Danmark. Hvad angår statsstøtten skal jeg undersøge, hvilken effekt den socialdemokratiske regerings bemærkelsesværdige saltvandsindsprøjtning til den danske forskning fra midten af 1950'erne betød for den spæde molekylærbiologi. Betød dette initiativ, at man havde lettere ved at institutionalisere molekylærbiologien i Danmark end i andre lande? Og støttede Rockefeller Foundations molekylærbiologiske program også danske forskere, eller kom den private støtte udelukkende fra danske fonde som Carlsbergfondet? Og hvad var disse velynderes interesse i molekylærbiologien? Også på mere lokalt institutionsmæssigt plan er det værd at undersøge, hvilke fagpolitiske og økonomiske initiativer, der lå bag den endelige institutionalisering af molekylærbiologien i Aarhus. Dette kan praktisk belyses ved hjælp af diverse fagudvalgsrapporter, fakultets- og konsistoriumreferater, interne memoer samt interviews med nulevende involverede personer.

Institutionelle rammer og magtforhold:

Den danske molekylærbiologi opstod ikke på universiteterne og følger i den forstand den generelle institutionaliseringsmodel. Jeg vil undersøge de forskningsinstitutioner, den rent faktisk blev bedrevet på for at se, om de skulle have fællestræk med institutioner som Caltech, Royal Institution og Pastur Institutet. Jeg vil især se på Statens Seruminstitut. I 1958 blev en form for molekylærbiologi smuglet ind på Københavns Universitet under påskud af at være mikrobiologi. Dette resulterede dog ikke i en egentlig institutionalisering af molekylærbiologien. Dette skete først i 1968 på Aarhus Universitet. Jeg vil derfor ligeledes behandle disse institutioner. Var det danske universitetssystem mere fleksibelt end fx det engelske, siden det kunne tillade, at man bedrev tværfaglig molekylærbiologisk forskning der? Afspejledes dette i de bygninger, forskningen blev bedrevet i? Afspejler arkitekturen og de lokale magtforhold på institutionen i det hele taget stedets disciplinære grænser og opfattelse af fagene, der huses der? Dette kan illustreres ved hjælp af Dörries rumlige perspektiv, og jeg har især tænkt mig at behandle en udbygningssag fra Aarhus Universitet, som belyser denne pointe godt.

Som før nævnt er det svært at redegøre for disse enkelte dele af historien om molekylærbiologiens opkomst og institutionalisering i Danmark, idet de hænger sammen som ærtehalv. For derfor at bevare det episke element i fortællingen vil jeg for så vidt muligt undgå at behandle punkterne hver for sig i de følgende kapitler. Jeg anser det som mere hensigtsmæssigt, at samle trådene i en mere overskuelig fremstilling i *konklusionen* på kapitlerne, hvor sagen om det fejlslåede forsøg på at institutionalisere molekylærbiologien i Holland ligeledes vil tjene som redskab til yderligere at understrege, hvilke elementer af den generelle model, der var af afgørende betydning for den danske institutionalisering.

Kapitel 4: Molekylærbiologiens fremkomst i Danmark

4.1: Bohr som biologiens organisator

Foreningen af fysik og biologi på Niels Bohrs Institut for Teoretisk Fysik (ITF) viste sig at være en flygtig konstellation i form af instituttets eksperimentelle biologiprojekt fra 1935. Som nævnt i specialets andet kapitel var søsætningen af dette projekt en del af Niels Bohrs plan om at skaffe midler til at få kernefysikken til ITF. Instituttets rendyrkede fysikere opfattede derfor det eksperimentelle biologiprojekt som et nødvendigt om end irriterende onde, der alt for ofte optog det dyre apparatur på stedet¹¹⁷. Denne holdning betød, at Hevesy og hans projekt blev noget isoleret på instituttet. At Bohr lod dette ske, vidner om hans noget delte interesse i sagen. Nok havde Bohr en filosofisk interesse i biologiske problemer, men Hevesys projekt blev stablet på benene for at opnå midler fra Rockefeller Foundations biologiske program, der samtidig kom til at finansiere ITF's skifte til kernefysisk forskning. Bohrs interesse i det biologiske projekt var derfor delt. Han fandt de filosofiske aspekter af mødet mellem fysik og biologi interessante, men den praktiske del af forskningen var ham knap så vedkommende. Det var kernefysikken derimod, og spørgsmålet er derfor, i hvor høj grad Bohr har forsøgt at lette Hevesys arbejdssår på ITF ved at irettesætte de andre fysikere, når de brokkede sig over projektet. Det var dog ikke alle i København, der delte holdning med instituttets mest skeptiske fysikere. Uden for instituttet var situationen en anden. Hevesy forsøgte derfor at få andre forskere med forskellig faglig baggrund og fra forskellige institutioner til at interessere sig for hans radioaktive indikator tekniks anvendelse i biologiske eksperimenter. Udover projektsamarbejdet med August Krogh arbejdede Hevesy blandt andre med den danske biokemiker Kaj Ulrik Linderstrøm-Lang og dennes assistent, der begge havde til huse i den ansete uafhængige forskningsinstitution, Carlsberg Laboratoriet. Arbejdet omhandlede radioaktivt fosfors dynamik i voksende planter¹¹⁸. Hevesy formåede at udbrede kendskabet til sin sporingsteknik i Københavns biologiske og medicinske kredse. Dette kunne lade sig gøre, da det københavnske forskningsmiljø var af en sådan overskuelig størrelse, at de enkelte forskere ofte kendte hinanden såvel professionelt som privat. Kendte man således prominente forskere som Niels Bohr og Linderstrøm-Lang, der henholdsvis stod og kom til at stå i spidsen for hver sin internationalt ansete forskningsinstitution, ville man uden tvivl blive præsenteret for et stort netværk af andre forskere. Forskere af denne karat havde høj status i det videnskabelige miljø i København og brugte ofte denne indflydelse i organisatorisk øjemed. Forskere som Bohr, Linderstrøm-Lang og senere også Kroghs efterfølger Paul Brandt

¹¹⁷ Aaserud (1990), p. 250.

¹¹⁸ Aaserud (1990), p. 222.

Rehberg engagerede sig i fag- og forskningspolitik, og havde i kraft af denne rolle stor indflydelse på forskningens udvikling i Danmark¹¹⁹.

Bohrs prestige sikrede da også, at Hevesys forskning kom ud over Københavns volde. Delbrück havde i 1935 tilsendt Bohr sit manuskript til ”Der Dreimännerwerk”, som omhandlede den kvantemekaniske model for geners mutation. Manuskriptet interesserede Bohr, der i samme måned modtog Rockefeller Foundations godkendelse af det eksperimentelle biologiprojekt på ITF. Han lod sig inspirere af manuskriptet i en sådan grad, at han søgte fondet om yderligere midler til at afholde en genetisk konference om emnet på sit institut. Selvom Delbrück, Timofeeff-Resovsky og Zimmers arbejde ikke som håbet havde afsløret et paradoks i udforskningen af, hvordan et gen kunne være en stabil struktur både før og efter en mutation (men derimod kunne forklares som et kvantespring), havde det stor interesse for Bohr. Delbrücks forsøg på at finde anvendelse i biologien for komplementaritetsprincippet, var nemlig i fin overensstemmelse med Bohrs filosofiske interesse i biologien. Det samme gjorde sig ikke i fuld udstrækning gældende for Hevesy, der ikke havde ytret forventning om at støde på et paradoks eller for den sags skyld anvendelse for komplementaritetsprincippet i sin forskning. Hevesys teknik var derimod et langt mere håndgribeligt anliggende, der havde stor betydning for studiet af organisk metabolisme, men som ikke lagde op til de helt store landvindinger i spørgsmålet om livets beskaffenhed. Rockefeller Foundation gik dog først med til at finansiere Bohrs planlagte konference om mutationsmekanismer, hvis han samtidig indvilligede i at planlægge endnu en konference på ITF, der skulle omhandle instituttets egentlige biologiske projekt – Hevesys teknik¹²⁰. Bohr accepterede vilkårene og blev dermed én af den lille flok af organisatorer af de første egentlige videnskabelige konferencer for biologer og interesserede fysikere og kemikere. En gruppe, der udover Bohr talte H.J. Muller, Timofeeff-Resovsky og Max Delbrück¹²¹.

Den første biologiske konference på ITF blev arrangeret som en del af en årlig uformel fysik konference på instituttet d. 28.-29. september 1936. Den var en måde at vise omverdenen, at instituttet nu havde foretaget et forskningsmæssigt kursskifte i retning af kernefysikken og den eksperimentelle biologi. Bohr understregede, at konferencen var uformel, så deltagerne skulle føle sig velkomne til frit at diskutere emnerne i bedste Københavnerånd. Det var samtidigt en måde at vise, at instituttet havde bevaret denne berømte diskussionsform til trods for overgangen fra teoretisk fysik til den mere

¹¹⁹ Specialets omfang tillader mig ikke at uddybe dette forhold. For en fylldig gennemgang af emnet se Henrik Knudsens endnu upublicerede Ph.d. afhandling på Institut for Videnskabshistorie, AU.

¹²⁰ Aaserud (1990), p. 223.

¹²¹ Waddington (1969), pp. 318-321.

eksperimentelt orienterede forskning¹²². Bohr havde på en konference forinden redegjort for de fejlagtige udlægninger af hans komplementaritetsprincip, og ITF konferencen har derfor tiltrukket forskere, der ellers tidligere havde afskrevet det, de troede var Bohrs biologiske filosofi¹²³. Danske og udenlandske forskere som Muller, Delbrück, Timofeef-Resovsky, P.A.M. Dirac, C.H. Waddington, Ø. Winge, Kristine Bonnevie, O.L. Mohr m.fl. mødte op. Hevesy og Krogh deltog dog ikke, da de hver især var ude at rejse¹²⁴. Dermed var de drivende kræfter bag Bohrs egentlige biologiske projekt ikke til stede på konferencen, der primært omhandlede den kvantemekaniske model af genet og dets naturlige og kunstige mutationer. Mærkværdigt nok viser referatet af diskussionerne på mødet, at man ikke har diskuteret genernes mulige kemiske natur¹²⁵. Arrangementet var i det hele taget centreret om kvantemekanikken som forklaringsmodel for et biologisk fænomen og appellerede derfor i højere grad til Bohr og hans kolleger end til mere praktisk orienterede forskere som Hevesy.

Det egentlige biologiske projekt på ITF kom dog i højsædet på den anden physico-biologiske konference, der blev afholdt 12.-14. maj 1938. Det overordnede emne for arrangementet var ”organisk metabolisme”, og Hevesys teknik indtog af den grund en naturlig central plads i diskussionerne. Denne konference var klart den største af de to, og tiltrak forskere fra mange forskellige lande og institutioner. Hevesys forsøg på at udbrede kendskabet til sin teknik blandt forskere med medicinsk og biologisk baggrund afspejles i deltagerlisten. Denne liste talte deltagere fra så forskellige steder som fx institutter på Københavns Universitet, Carlsberg Laboratoriet, Polyteknisk Lærestalt, Cambridge Biochemical Lab, Harvard Medical School, Rockefeller Institute (New York), Rigshospitalet, Niels Steensens Hospital, Tandlægehøjskolen, Farmaceutisk Lærestalt, Landbohøjskolen og Statens Gymnastikinstitut. Foredragene på konferencen blev holdt af Hevesy, Dorothy Needham fra Cambridge University, den polske J.K. Parnas, Otto Meyerhof og Krogh¹²⁶. Jeg fandt desværre ikke noget referat af diskussionerne i tilknytning til disse foredrag, men deltagerlisten tæller så mange prominente navne, at jeg er tilbøjelig til at tro, at der har fundet interessante diskussioner sted. Blandt de københavnske deltagere var:

Bohr og Hevesy (ITF), Krogh og P.B. Rehberg (fra Kroghs lab), H. Ussing og Erik Zeuthen fra det Zoofysiologiske Laboratorium, Linderstrøm-Lang, Heinz Holter og Rollin Hotchkiss (alle tilknyttet Carlsberg Laboratoriet), H.V. Brøndsted fra Finsens Institut, Dr. Warburg fra

¹²² Aaserud (1990), p. 235.

¹²³ Ibid.

¹²⁴ Aaserud (1990), p. 223.

¹²⁵ Delbrück og Timofeef-Resovsky: ”Summary of discussions on mutation”, fra samlingen ”*Manuscripts of a Scientist*”, Niels Bohr Arkivet.

¹²⁶ Aaserud (1990), p. 224.

Rigshospitalet, Ejnar Lundsgaard og Herman Kalckar fra Medicinsk Fysiologisk Institut, A. Langseth og Jannik Bjerrum fra det Kemiske Laboratorium, Albert Fischer og Fritz Lipmann fra Carlsbergfondets Biologiske Institut, Niels Bjerrum fra Landbohøjskolen, H.M. Hansen fra Biofysisk Laboratorium samt Henrik Dam og Richard Ege fra Biokemisk Institut¹²⁷.

Denne konference henvendte sig således til en bredere kreds end den forrige. Den er samtidigt et godt eksempel på, at det københavnske forskermiljø var af en sådan natur, at man ikke strengt holdt sig indenfor de udstukne disciplinære grænser, men derimod deltog flittigt i hinandens konferencer og seminarer, selvom emnerne ikke altid faldt direkte indenfor ens eget snævre forskningsfelt. Det fremgår endvidere af Bohrs invitation til konferencens internationale deltagere, at han ikke kun regnede Hevesy og Krogh med i den københavnske gruppe, der samarbejdede om anvendelsen af fysiske teknikker på biologiske problemer:

”As you may know we have in Copenhagen with considerable support of the Rockefeller Foundation and the Carlsberg Foundation started an active cooperation between a group of physicists working in this Institute, including above all prof. Hevesy, and a number of biologists, including prof. Krogh, prof. Linderstrøm-Lang and prof. Lundsgaard attached to various Danish Biological Institutions, to try to utilize the new possibilities created by the development of atomic physics for the elucidation of various fundamental biological problems.”¹²⁸

Ifølge Bohr strakte det eksperimentelle biologiske projekt sig med andre ord ud over ITF's mure gennem et netværk af forskere med vidt forskellig baggrund. Langt fra alle af disse forskere tog forskningen fra projektet med hjem til deres egne laboratorier, men en oprigtig interesse for den nye form for eksperimenterende biologi var vakt rundt om på de forskellige forskningsinstitutioner. Noget tyder på, at når en kendt international forsker blev inviteret til at tale på en konference, ville han i forlængelse heraf blive inviteret til kollokvier og mindre seminarer på andre institutioner i byen. Der hersker dog stor forvirring om, præcist hvor og hvornår de forskellige konferencer og kollokvier blev holdt i København i 1930'erne. Arkivalierne og deltagernes erindringer stemmer ikke altid overens. Det kan være svært at skelne de forskellige møder fra hinanden, da de af ovennævnte årsag ofte havde nogenlunde samme emne, deltagerliste og dato. Det fremgår af et brev fra Heinz Holter til Herman Kalckar, at man afholdt et kollokvium på Carlsberg Laboratoriet i forlængelse af konferencen

¹²⁷ Papirer om ”Physico-biological Conference May 12-14 1938”, fra samlingen ”Niels Bohr General Correspondance”, Niels Bohr Arkivet.

¹²⁸ Brev af 16.marts 1938 fra Niels Bohr til Dr. Flexner, fra samlingen ”Niels Bohr General Correspondance”, - Niels Bohr Arkivet.

på ITF i 1938. Holter beder i sit brev Kalckar om at skrive et indlæg om Carlsberg Laboratoriets kollokvier til et jubilæumsskrift for laboratoriets 100 årsdag. I brevet omtaler han et kollokvium på Carlsberg Laboratoriet, hvis deltagere også var at finde på ITF's konference. Dog nævner han enkelte deltagere som *ikke* var på ITF's deltagerliste. Heriblandt den dengang unge genetiker Mogens Westergaard (1912-1975), som angiveligt skulle have været til stede på kollokviet og efterfølgende talt meget derom¹²⁹. Dette leder mig til at tro, at der meget vel kan have været et kollokvium på Carlsberg Laboratoriet med nogenlunde samme emne og deltagere som konferencen på ITF. Carlsberg Laboratoriet var et internationalt anerkendt tværfagligt forskningscentrum med både en kemisk og en fysiologisk afdeling, der ofte afholdt kollokvier med varierende emner og kunne derfor nemt have lagt hus til et kollokvium om organisk metabolisme og Hevesys teknik. Laboratoriet blev grundlagt af bryggeren J.C. Jacobsen i 1875¹³⁰ med det formål at effektivisere bryggekunsten gennem uafhængige videnskabelige studier¹³¹. I 1876 blev Carlsbergfondet efterfølgende oprettet. Dette fond havde ikke mindst til opgave at videreføre forskningen på laboratoriet – det skulle også fremme videnskaben generelt. Et af Jacobsens krav til fondet og laboratoriet var, at stedets forskning ikke måtte hemmeligholdes. Den skulle derimod offentliggøres, hvilket forstanderne på laboratoriets to afdelinger opnåede ved blandt andet at publicere deres resultater i laboratoriets eget tidsskrift og ved at yde en enestående gæstfrihed, der i sampil med den høje forskningsstandard på laboratoriet lokkede mange udenlandske forskere til stedet, hvor de kvitterede med at gæstetale på kollokvier. Carlsberg Laboratoriet blev af den grund et internationalt forskningscentrum, og det virker således meget sandsynligt, at talerne fra ITF symposiet om Hevesys teknik har slået vej forbi laboratoriet for at afholde et kollokvium.

Der blev afholdt mange internationale møder i København, om emner der udsprang af brydningsfeltet mellem fysik og biologi. Hovedstadsområdet var derfor ikke et ukendt område på videnskabens landkort. Genetikeren C.H. Waddington hævder endda, at Klampenborg i 1938 husede den første konference, hvor genetikere og krystallografer har diskuteret kromosomernes og genernes kemiske natur¹³². Waddington var angiveligt selv en af deltagerne i dette møde, jeg ikke har kunnet finde spor af i arkiverne. Jeg ved af den grund ikke, hvem der arrangerede mødet eller for den sags skyld finansierede det. Ej heller kender jeg den fuldstændige deltagerliste. Waddington hævder, at 1930'ernes videnskabelige møder

¹²⁹ Brev af 15.10.1975. fra Heinz Holter til Herman Kalckar. Kapsel x00100078x, håndskriftsafdelingen, Det Kgl. Bibliotek.

¹³⁰ Heinz Holter: *"The Carlsberg Laboratory 1876 – 1976"*, RHODOS, København (1976), p. 16.

¹³¹ Ibid.

¹³² Waddington (1969), p. 318.

om physico-biologiske emner stort set alle var arrangeret at Bohr, Delbrück, Muller eller Timofeef-Ressovsky. Da Waddington skriver, at hverken Bohr, Delbrück eller Muller var tilstede på mødet, vil det være logisk at konkludere, at Timofeef-Ressovsky må have haft en finger med i spillet. Den russiske genetiker var da også blandt de få deltagere, Waddington har valgt at anføre i sin beretning. Men hvorfor skulle han arrangere det på dansk jord? Skyldtes det mon den usikre situation i såvel Sovjetunionen som Tyskland, hvor han tidligere havde arbejdet sammen med Delbrück? Deltagerne i mødet skulle blandt andet have talt så prominente forskere som fysikerne P. Auger og K. Zimmer, de britiske røntgenkrystallografer W.T. Astbury og J.D. Bernal; C.D. Darlington og den russisk fødte Rockefeller stipendiat genetikeren Boris Ephrussi fra Paris. Disse forskere skulle angiveligt have diskuteret kromosomernes struktur og kemiske natur. Hvis det var tilfældet, har Danmark på dette tidlige tidspunkt været vært for et helt unikt samarbejde mellem britiske røntgenkrystallografer og amerikanske genetikere. Et samarbejde mellem to skoler, der ellers først så dagens lys i 1951-1953 gennem Watsons og Cricks opdagelse af dobbelthelixen. På Klampenborgmødet diskuterede man således kromosomernes og genernes tredimensionelle konfiguration og kemi. Waddington skriver, at disse diskussioner blev nedfældet på papir i en såkaldt "Klampenborg rapport", som det desværre ikke har været muligt for mig at finde. Om Waddington har haft adgang til rapporten eller om han i artiklen blot har rekonstrueret den ud fra sine erindringer, står uklart for mig. Under alle omstændigheder er det Waddingtons opfattelse, at man på mødet drøftede, hvorvidt spiralen kunne være et muligt strukturmotiv for genet. I 1938 herskede der dog stadig stor usikkerhed om genets kemiske natur, og man kom derfor aldrig helt i nærheden af Watson og Cricks model fra 1953.

Da jeg ikke er i besiddelse af den fulde deltagerliste til Klampenborgmødet, kan jeg kun gisne om, hvilke danske forskere der var med i mødet. Det forekommer mig usandsynligt, at det skulle være gået hen over hovedet på det københavnske forskermiljø, at et sådan møde fandt sted. Jeg forestiller mig endvidere, at især Linderstrøm-Lang, der selv foretog studier i biologiske stoffers struktur, måtte have haft en interesse i at deltage i mødet. Måske var han endda med til at arrangere det? Bohr kan heller ikke have undgået at have kendskab til, at disse internationale forskere pludselig holdt møde i Klampenborg. Mødet i Klampenborg er omgærdet af mange i arkivalierne ubesvarede spørgsmål, og jeg kan kun gisne om, hvilken betydning mødet har haft for videnskaben i Danmark. Under alle omstændigheder vidner det og de andre møder i slutningen af 1930'erne om en tiltagende videnskabelig interesse i den nye eksperimentelle biologi, Warren Weaver støttede med sit molekylærbiologiske forskningsprogram. Det unge forskningsområde så ud til at blive det felt, som ville blive tildelt flest midler fra fonde som Rockefeller Foundation og MRC. Bohr må derfor have set

muligheder i at forsætte sit engagement i biologien. Han har måske forsøgt at ”følge midlerne”. Han blev i hvert fald ved med at pleje sin filosofiske interesse i biologien ved at deltage i diverse biologiske konferencer i København og i udlandet – selv efter sammenbruddet af det eksperimentelle biologiprojekt på ITF under anden verdenskrig. Bohr formåede godt nok ikke at huse den spæde molekylærbiologi på sit eget institut, og måtte derfor følge den de steder, hvor den rent faktisk fandt et hjemsted. For ITF’s biologiske projekt og 1930’ernes konferencer om fysikkens møde med biologien skulle ikke være sidste gang, det danske forskningsmiljø stødte på dette faglige brydningsfelt. Den netværksdannelse, som prægede det videnskabelige miljø i København, blev i nogen grad forhindret under den tyske besættelse af Danmark under anden verdenskrig. Det blev meget svært at arrangere internationale videnskabelige møder, og udvekslingen af ideer og teknikker med omverdenen blev derfor sat på lavblus herhjemme. Europæiske forskere som Delbrück og Luria, der flygtede til USA, videreførte dog som før nævnt mødernes Københavnerånd i deres tværfaglige forskning i Fag-gruppen. En ånd, der efter krigens afslutning skulle blive bragt tilbage til Danmark via en lille afdeling på Statens Seruminstitut.

4.2: Statens Seruminstitut¹³³

Statens Seruminstitut (SSI) blev oprettet d. 9. september 1902 i en tid, hvor den moderne lægevidenskab beviste sit værd ved at frembringe praktisk anvendelige redskaber til forebyggelse, diagnosticering og behandling af sygdomme. To af disse redskaber var disciplinerne mikrobiologi og immunologi. SSI blev oprettet som en central institution med det formål at forebygge og bekæmpe smitsomme sygdomme som Difteri gennem fremstilling af antidifterisk serum til syge danskere. I 1890 havde forskerne Emil von Behring og Shibasaburo Kitasato opdaget, at man ved at indsprøjte difterigiftstoffer (toksiner) i en organisme ville få organismen til at fremstille anti-toksiske substanser, der var at finde i den del af blodet, man kalder serum. Det blev siden vist, at serum med disse substanser kunne bruges i behandlingen af sygdommen¹³⁴. Opdagelserne blev i praksis omsat til et redskab til bekæmpelse af smitsomme sygdomme. Dette resulterede i oprettelsen af en del institutter med sygdomsbekæmpelse som formål – deriblandt det danske SSI. Produktionen af sera herhjemme havde indtil oprettelsen af SSI fundet sted på Københavns Universitets Institut for

¹³³ Dette afsnit bygger i betydelig grad på Chamberlain, Hansen og Nielsen: ”*Ole Maaløe og Københavnerskolen: et biografisk studie af Ole Maaløe og hans betydning for bakteriefysiologien*”, upubliceret eksamensarbejde ved Den Naturvidenskabelige Basisuddannelse, Roskilde Universitetscenter, forårssemestret 1994.

¹³⁴ Thomas Söderqvist: ”Hvilken kamp for at undslippe – En biografi om immunologen og nobelpristageren Niels Kaj Jerne”, Borgen, Kbh. (1998), p. 251.

Medicinsk Bakteriologi og Almen Patologi under ledelse af Professor Carl Julius Salomonsen. Universitetet var trods et stigende behov i befolkningen for antidifterisk serum bekymret for den kommercielle orientering af instituttets forskning og ønskede ikke længere at stå for serumproduktionen. Salomonsen blev i stedet ansat som direktør for den af universitetet uafhængige forskningsinstitution SSI, hvor han kunne fortsætte sin forskning og produktion¹³⁵.

Institutionen fik med tiden succes og begrænsede ikke kun sin forskning til sygdommen difteri, idet der også blev forsket i andre smitsomme sygdomme og udviklingen af vacciner herimod. SSI fik et godt internationalt ry, og var under første verdenskrig storleverandør af serum mod stivkrampe til de krigsførende lande. I 1935 oprettede Salomonsens efterfølger, Thorvald Madsen, en standardiseringsafdeling på SSI. Denne afdeling skulle sikre, at kvaliteten af de forskellige antiseraprodukter rundt om i verden var nogenlunde ens. Dette blev gjort ved at afdelingen fremstillede og udsendte biologiske referenceprodukter med nøje titrer-angivelse til ca. 50 laboratorier verden over. Madsen indrettede oprindeligt afdelingen som depot for referenceprodukterne i forbindelse med hans engagement i Folkeforbundets Sundhedsorganisation. Afdelingen passede derfor ikke rigtigt til instituttets diagnostiske afdelinger, som forskede i vira, blodtyper, salmonella og lungebetændelse¹³⁶. Den var også instituttets mindste afdeling bestående af et forstanderkontor, et lille sekretærværelse og et mindre laboratorielokale øverst i hovedbygningen¹³⁷. Trods afdelingens begrænsede størrelse skulle der alligevel blive bedrevet stor forskning på stedet. I 1947 fik Standardiseringsafdelingen en ny forstander, der skulle få afgørende betydning for udviklingen af molekylærbiologien i Danmark – Ole Urban Maaløe (1914 – 1988).

Maaløe havde opnået sin medicinske embedseksamen med Laudabilis i København i 1939. Herefter fulgte en etårig turnusperiode på henholdsvis den medicinske og gynækologiske afdeling af Kommunehospitalet. Det var dengang svært at få arbejde som nyklækket lægekandidat, men Maaløe var heldig at få arbejde på Diakonissestiftelsen under overlæge Arne Johannessen, der stod i spidsen for både den medicinske afdeling og børneafdelingen. Her arbejdede han i halvandet år efterfulgt af seks måneder på Blegdamshospitalets børneafdeling. På disse steder studerede han spædbørns immunresistens, og han iagttog over en længere periode, hvor godt spædbørn med hareskår modstod infektion efter korrigerende kirurgiske indgreb. Han konkluderede på baggrund af disse iagttagelser, at

¹³⁵ Ovenstående afsnit bygger i høj grad på information fra SSI's egen hjemmeside og Klaus Jensens:

”Bekæmpelse af infektionssygdomme – Statens Seruminstitut 1902 – 2002”, Nyt Nordisk Forlag, Kbh., (2002).

¹³⁶ Brev af 28.02.1989 fra Jerne til Niels Ole Kjeldgaard. (IVH arkiv, AU).

spædbørnenes alder havde stor betydning for, hvorvidt de pådrog sig en dødelig infektion som resultat af operationen eller ej. De fleste af undersøgelsens dødsfald fandt sted blandt spædbørn i alderen fem til ni måneder. Maaløe mente, at dette forhold skyldtes, at der måtte være et fald i børnenes medfødte resistens overfor infektioner i det første halve leveår¹³⁸. At dette fald ophørte efter ca. den niende til tolvte levemåned, var for Maaløe et udtryk for, at barnet på dette tidspunkt udviklede sit eget forsvarssystem. Mønstret gjaldt ikke kun operative indgreb. Spædbørns immunitet overfor epidemiske børnesygdomme varierede på samme måde. Maaløe fik med denne undersøgelse smag for den videnskabelige forskning fremfor arbejdet som praktiserende læge. Forskningen på hospitalerne var dog begrænset, og Maaløe søgte derfor til det ene sted i København, hvor en læge i 1940'erne kunne få en offentlig stilling og gode forskningskår – SSI. Der var rift om det begrænsede antal stillinger på SSI, men instituttets daværende direktør Jeppe Ørskov så muligheder i Maaløe og hans forskning i spædbørns immunresistens. I 1942 tilbød han derfor Maaløe en stilling som først ulønnet og senere lønnet lægeassistent på den Serodiagnostiske Afdeling. Her påbegyndte han et arbejde, der udmøntede sig i hans disputats ved det lægevidenskabelige fakultet i 1945 – ”On the Relation between Alexin & Opsonin”¹³⁹. Disputatsen var en undersøgelse af, hvorvidt serumbestanddelene Alexin og Opsonin var lige effektive i organismens immunforsvar, hvor de spiller hver sin rolle. Opsonin er således medvirkende til, at de hvide blodlegemer kan dræbe bakterier ved fagocytose, mens Alexin medvirker i lysis af bakterierne. I disputatsen konkluderede Maaløe, at de to processer i lige høj grad var ansvarlig for neutraliseringen af de angribende bakterier. De to stoffer var derfor lige effektive. Under arbejdet udviklede Maaløe en teknik til tællinger af bakteriekolonier på en agarplade, hvorpå de forskellige forsøgsblandinger blev spredt. På denne måde fik Maaløe mulighed for at undersøge den fagocytiske og lytiske proces under ens forsøgsbetingelser, som han selv bestemte ved at tilsætte forsøgsblandingen bestemte komponenter. Antallet af bakteriekulturer på agarpladen efter forsøgets afslutning, var et kvantitativt udtryk for bakteriedensiteten. Denne metode skulle blive central i Maaløes videre arbejde og den tidligste danske molekylærbiologi. I 1946 overflyttedes Maaløe til Serumafdelingen, hvorefter han begyndte at arbejde med Salmonella-bakterien og dens udvikling af resistens overfor serumbestanddele (komplement) gennem tilfældig mutation.

Tiden på SSI havde ikke blot givet Maaløe mulighed for at bedrive forskning, den havde også sørget for, at han efterhånden fik skabt sig et godt netværk af kontakter til andre

¹³⁷ Ibid.

¹³⁸ Chamberlain, Hansen og Nielsen (1994): p. 10.

¹³⁹ Ibid. p. 14.

forskere rundt om på de forskellige videnskabelige institutioner. Dette skete ikke alene gennem de mange videnskabelige seminarer og kollokvier, der blev afholdt på Carlsberg Laboratoriet og lignende steder. Det skyldtes også, at han deltog i de private selskaber, københavnske videnskabsfolk havde for vane at holde på den tid. Maaløe fik blandt andet knyttet stærke bånd til Linderstrøm-Lang, genetikeren Mogens Westergaard og biokemikeren Herman Kalckar¹⁴⁰. Også på SSI afholdt man små tværfaglige møder instituttets forskere imellem. Maaløe deltog blandt andet i en lille studiegruppe i (bio-)statistik, der også talte den lægeuddannede Niels Kaj Jerne (1911-1994) fra Standardiseringsafdelingen samt matematikeren/statistikeren Georg Rasch, der viste gruppen fordelene ved at matematisere biologien ved at udnytte kvantitative metoder fremfor rent kvalitative¹⁴¹. Kvantitative metoder var en åbenlys fordel for forskningsområder, hvis forskningsobjekt ikke altid kunne skues med hverken det blotte øje eller gennem mikroskopet. Såvel Maaløes som Jernes forskning faldt under denne kategori, og det var således ikke første gang, Maaløe mødte Jerne, da han i 1947 blev ansat som forstander for Standardiseringsafdelingen på SSI, hvis personale talte den videnskabelige assistent Niels Kaj Jerne, laboratorieteknikeren Jens Ole Rostock og en sekretær på halv tid. Maaløe var til at starte med bekymret for at blive udnævnt som forstander for den tre år ældre Jerne og laboratorieteknikeren Rostock, der i mange år havde udført afdelingens standardiseringsarbejde, og derfor var nødt til at sætte deres nye chef ind i hvervet, da han ikke på forhånd kendte noget til sagen¹⁴². Maaløes bekymringer blev dog gjort til skamme, da det viste sig, at han og Jerne fint kunne bruge hinanden gennem lange samtaler om forskningen og mere kulturelle emner. Således diskuterede de to forskere naturvidenskabelige problemer som styrkemåling af antisera mm., mens de overlod det mere rutineprægede, praktiske standardiseringsarbejde til Rostock. Ørskov, der vægtede grundforskningen tungere end standardiseringsarbejdet, bifaldt denne beslutning, og man blev hurtigt enig om kun at standardisere om mandagen¹⁴³. Resten af hverdagene blev samtaleemnerne omsat til praksis gennem eksperimenter, der blandt andet ved hjælp af titrering af difteri antisera gennem kaninhud gav muligheden for at forbedre standardiseringsarbejdet ved at analysere mængden af frit toksin i en toksin-antitoxin blanding¹⁴⁴.

¹⁴⁰ Ibid., p. 17.

¹⁴¹ Söderqvist (1998), p. 324., samt i Maaløe: "How It All Began", i Steinberg & Lefkovits ed. *"The Immune System – Festschrift in Honor of Niels Kaj Jerne on the Occasion of his 70th Birthday"*, KARGER, Basel, (1981), p. 4.

¹⁴² Maaløe (1981), p. 2.

¹⁴³ Brev af d. 23.02.1989 fra Niels Kaj Jerne til Niels Ole Kjeldgaard, (IVH arkiv, AU).

¹⁴⁴ Maaløe (1981), p. 2.

Maaløe havde imidlertid fået mulighed for at præsentere sit tidligere arbejde om mutations-induceret resistens hos *Salmonella* for et bredere publikum i juli 1947. Da var Danmark vært for den fjerde Internationale Mikrobiologiske Kongres, der var arrangeret af en række danske mikrobiologer og fik omkring 1200 besøgende fra ikke mindre end 34 lande¹⁴⁵. Kongressen var den første af sin art efter anden verdenskrig, og var en af de første muligheder for fri udveksling af resultater og teorier i internationalt forum i lang tid. Blandt de udenlandske deltagere var Fag-gruppens hovedskikkelser Max Delbrück og Salvatore Luria. Maaløe var gennem SSI kollegaen og virusforskeren Preben von Magnus blevet præsenteret for en artikel af Luria, der demonstrerede, hvordan man ved bestråling kunne studere bakteriofagerne og deres replikationsmekanismer¹⁴⁶. Denne tilgang til vira var ny for Maaløe. På SSI var studierne af de forskellige vira mere medicinsk-serologisk orienteret. Genetikken indtog derimod ikke nogen central rolle i forskningen. Selve forsøgsorganismen, bakteriofagen, var også fremmed for instituttet, der hovedsageligt beskæftigede sig med vira, der inficerede menneskeceller og altså ikke *bakterier*. Det er uvist, hvorvidt Maaløe var tilstede under netop Luria og Delbrücks foredrag på kongressen. Under alle omstændigheder fattede han hurtigt interesse for det nye forskningsområde, og han ansøgte snart The Rockefeller Foundation om et rejsestipendium til en studietur i USA. Fondet imødekom hans ansøgning, og i foråret 1949 tog han på et 4 måneder langt studieophold i USA for at besøge to laboratorier i Californien: Max Delbrücks laboratorium på Caltech og bakteriologen Cornelius van Niel's laboratorium i Pacific Grove¹⁴⁷.

Kontakten til Delbrück blev formidlet af biokemikeren Herman Kalckar (1908–1991), som havde tilbragt krigen i USA, og derfor havde et indgående kendskab til den amerikanske biologiske forskning. Kalckar havde som en af de første bestået Delbrücks Fag-kursus i 1945, og var dermed medlem af Fag-gruppen¹⁴⁸. På kurset havde Delbrück introduceret Kalckar for den kvantitative biologi og genetikken, hvilket dengang var usædvanlige emner at beskæftige sig med, når man var biokemiker. Man kunne derfor let ledes til at tro, at Kalckar var den første danske molekylærbiolog. Dette var dog ikke tilfældet, da han åbenbart ikke lod sig påvirke synderligt af kurset og Fag-gruppens molekylærbiologiske problemstillinger¹⁴⁹. Går man hans publikationsliste efter i sømmene, viser det sig hurtigt, at hans forskning forblev overvejende biokemisk. Han publicerede aldrig

¹⁴⁵ Chamberlain, Hansen og Nielsen (1994), p. 18.

¹⁴⁶ Luria, Salvatore & Latarjet, R.: "Ultraviolet Irradiation of Bacteriophage during Intracellular Growth", *Journal of Bacteriology*, pp. 149-163, (1947).

¹⁴⁷ Kjeldgaard: "Ole Maaløe", *Det Kongelige Danske Videnskabernes Selskab – Oversigt over Selskabets Virksomhed 1988-1989*, Munksgaard, København, (1989), p. 191.

¹⁴⁸ Herman M. Kalckar (1992): "High Energy Phosphate Bonds: Optional or Obligatory?", *PATOOMB*, p. 43.

¹⁴⁹ MLT interview med Kjeldgaard d. 12.11.2002.

i Fag-gruppen eller om rent molekylærbiologiske emner¹⁵⁰. Kalckar omsatte derfor ikke sin interesse i den internationalt anerkendte Fag-gruppe til egentligt molekylærbiologisk arbejde. Han kom dog alligevel til at spille en vigtig rolle i udviklingen af den danske molekylærbiologi, selvom hans bidrag ikke bestod af forskningsmæssige resultater, men nærmere af formidling af kontakt imellem andre forskere, som fik en markant betydning for den danske molekylærbiologi. Da han i 1946 vendte hjem til det befriede Danmark, formåede han at blive del af et større netværk af forskere som bl.a. talte Linderstrøm-Lang og Mogens Westergaard, der skulle komme at sætte dagordenen for den danske biologiske forskning på mere end én måde¹⁵¹. Gennem dette netværk mødte han Ole Maaløe, som han anbefalede at besøge Delbrück på Caltech.

I februar 1949 valgte Delbrück at afholde et ekstraordinært Fag-kursus, hvor der kun var to deltagere – Ole Maaløe og den schweiziske fysiker Jean Weigle¹⁵². Normalt blev Fag-kurset afholdt om sommeren i Cold Spring Harbor, men eftersom begge besøgende forskere udtrykte stor interesse for bakteriofagforskningen, besluttede Delbrück at lade sine to postdocs, franskmanden Elie Wollman og amerikaneren Gunther Stent, føre Maaløe og Weigle gennem bakteriofagens biologi i seks uger¹⁵³. Kurset blev et vendepunkt for Maaløe, der pludselig var blevet en del af den berømte Fag-gruppe, hvis arbejde han havde læst om i Lurias artikel. Han skriver herom:

”Problemet selv og de muligheder arbejdet med bakteriofager indebar gjorde et stærkt indtryk på mig og bidrog væsentligt til, at jeg et par år efter rejste til Pasadena for at lære fagteknik hos Max Delbrück. Min egen forskning fik på den måde en afgørende drejning, (...) og det har jeg bestemt ikke fortrudt.”¹⁵⁴

På kurset blev Maaløe præsenteret for teknikken bag Delbrücks tidlige ”one-step growth” forsøg (se side 34) og fordelene ved at bruge den simple bakteriofag som forsøgsorganisme. I modsætning til Kalckar tog Maaløe det nye forskningsområde til sig, og fortsatte arbejdet med det hjemme på SSI. Årsagen til hans fascination af det nye forskningsområde kan være mangesidet. For det første var bakteriofagarbejdet ligesom hans tidligere serologiske arbejder meget eksperimentelt orienteret. Fag-gruppens centrale eksperimenter var tilmed så elegante,

¹⁵⁰ Mullins (1972), p. 63.

¹⁵¹ Kjeldgaard (1989), p. 191.

¹⁵² Ibid., p. 192.

¹⁵³ Stent (1985): ”The Copenhagen Spirit” i Schaechter, Neidhardt & Kjeldgaard: *“The Molecular Biology of Bacterial Growth – A Symposium held in honor of Ole Maaløe”*, Jones and Bartlett Publishers, USA, (1985), p. 378.

¹⁵⁴ Chamberlain, Hansen og Nielsen (1994), p. 22.

at de kun kan have virket dragende på Maaløe, der må have set muligheden for at yderligere at forbedre og udfolde sine evner som eksperimentator gennem fag-arbejdet. For det andet var Fag-gruppens fokus nyt for Maaløe. Han havde som serolog været vant til at betragte vira som sygdomsfremkaldende agenter, der skulle bekæmpes. Fag-gruppen betragtede derimod den bakterieinficerende virus som en ideel forsøgsorganisme til udforskning af en for livet central mekanisme - replikationen. Maaløe tog derfor det nye fokus til sig, og idet studiet af bakteriofagerne samtidigt var et studie af de bakterier, fagerne inficerede, foretog Maaløe forskningsmæssigt et kursskifte fra serolog til mikrobiolog¹⁵⁵. For det tredje kan Maaløe have været tiltrukket af prestigen ved at være del af en lille international gruppe af forskere, som delagtiggjorde hinanden i det nye forskningsområdes resultater. I Maaløes egne ord:

”Den [Fag-gruppen] var meget lille dengang, det var en inderkreds, der verden over bestod af et halvt hundrede mennesker, og det havde den store charme, at inden for denne ganske lille kreds, der vidste alle alt hvad der var lavet på det område.¹⁵⁶”

Da han vendte tilbage til Standardiseringsafdelingen, forsøgte Maaløe i ro og mag at sætte sig ind i alle aspekter af Fag-gruppens hidtidige forskning. Han var alene om arbejdet, da studiet af bakteriofager var et ukendt forskningsområde i Danmark. Han påbegyndte en række modificerede udgaver af Delbrücks ”one-step growth” forsøg for at danne sig et klarere billede af, hvad der præcist skete i fagernes mærkelige replikationsproces i perioden, der strakte sig fra det øjeblik, fagerne inficerede bakterierne til værtsbakteriernes endelige lysis. Maaløes modifikationer af forsøget var variationer af de eksterne faktorer, der kunne påvirke fagernes replikation i bakterien. Han opdagede at perioden fra infektion til lysis forlængedes eller forkortedes, hvis temperaturen henholdsvis blev sænket eller hævet¹⁵⁷. Forsøgene afslørede langt fra alle replikationsmekanismens mysterier. Udgivelsen af resultaterne gjorde dog Maaløe til et fuldgældigt medlem af Fag-gruppen, da han i modsætning til Kalckar arbejdede indenfor gruppens forskningsområde og med dens foretrukne forsøgsorganisme.

Selvom Maaløe stod alene med den praktiske udførsel af fag-arbejdet på SSI, fik han rig mulighed for at diskutere de teoretiske aspekter af Caltech-folkenes nye tilgang til biologien med Niels Kaj Jerne. Standardiseringsarbejdet optog stadig kun lidt af de to forskeres tid, og afdelingen var derfor perfekt til fri forskning og diskussion i Fag-gruppens ”importerede” Københavnerånd. Hvor Jerne var den intuitive, kreative tæinker, der lyttede

¹⁵⁵ Chamberlain, Hansen og Nielsen (1994), p. 29.

¹⁵⁶ Ole Maaløes afskedstale i Botanisk Auditorium 30.08.1984. (udlånt af Aase Maaløe).

¹⁵⁷ Maaløe: ”Some Effects of Changes of Temperature on Intracellular Growth of the Bacterial Virus T4”, *Acta Pathologica et Microbiologica Scandinavica*, pp. 507-513, (1950).

nøje og derpå stillede ting og sager på hovedet; var Maaløe en handlingens mand, der omsatte ideerne fra diskussionerne til nye eksperimenter¹⁵⁸. Jerne beskriver sin diskussionspartner således:

”Han var en meget dygtig, så at sige professionel eksperimentator. Jeg beundrede hans elegante måde at omgås reagensglas og pipetter og alle slags instrumenter. Det var måske noget han havde arvet fra sin far, der var en fremragende amatørastonom. Alt hvad Ole foretog sig eller interpreterede var meningsfuldt og sindigt. Han holdt sig altid indenfor selvvalgte rammer, og var på ingen måde ekstravagant. Måske kan man sige, at det eneste han manglede noget af er fantasi.”¹⁵⁹

Selvom Maaløe og Jerne aldrig opnåede vigtige resultater i et egentligt samarbejde, har diskussionerne mellem den elegante eksperimentator og den kreative tænker foran den sorte tavle i Standardiseringsafdelingen alligevel været vigtige for dem begge. De komplementerede hinanden godt, idet Jerne var en klodset eksperimentator, og Maaløe angiveligt manglede fantasi til at sætte problematikken på hovedet.¹⁶⁰ Selvom Jerne ikke beskæftigede sig med fag-eksperimenter fandt han det alligevel interessant at diskutere forskningen fra Caltech. En mulig årsag til denne interesse kan være, at forskningen på Caltech repræsenterede et brydningsfelt mellem biologien og de eksakte videnskaber, som mindede om det Jerne selv diskuterede i Georg Raschs biostatistiske studiegruppe. Under alle omstændigheder blev der rask væk diskuteret fag-replikation, Poisson-fordelingens betydning for forståelsen af biologiske data, Linus Paulings proteinstruktur, Delbrück-Lurias fluktuationstest mm., indtil de to forskere mente at have forstået emnet eller forsøgsresultaterne til fulde og opstillet den mest rimelige fortolkning af disse¹⁶¹. De to forskere søgte at konstruere teoretiske modeller for et fænomen, førend et praktisk eksperiment blev konstrueret og udført¹⁶². Diskussionerne var vigtigere end selve forsøgene, og Københavneråndens diskussionsstil, der havde vist sig at passe så godt til Delbrücks kvantitative fag-arbejde, var således atter bragt ind i biologien på en københavnsk forskningsinstitution - SSI.

¹⁵⁸ Söderqvist (1998), p. 329.

¹⁵⁹ Brev af 23.02.1989 fra Niels Kaj Jerne til Niels Ole Kjeldgaard. (IVH arkiv, AU)

¹⁶⁰ Söderqvist (1998), p. 330.

¹⁶¹ Brev af 23.02.1989 fra Niels Kaj Jerne til Niels Ole Kjeldgaard. (IVH arkiv, AU)

¹⁶² Chamberlain, Hansen og Nielsen (1994), p. 33.

Weigle og Maaløe havde imidlertid ikke været alene om at blive påvirket af Fag-kurset i 1949. De to kursusedtagere havde også haft en vis indflydelse på den kursusansvarlige Gunther Stents færd efter kurset. Om Weigle og Maaløe siger han følgende:

”...whatever scientific benefits they may have derived from Wollmans and my tuition, both had a tremendous formative influence on me. For Maaløe and Weigle were the first urbane, Continental bon vivants with whom I happened to have come into contact. In stark contrast to the generally frugal, not to say, dowdy, scientific community in which I had moved in Illinois, Cold Spring Harbor and Caltech, Weigle drove a brand-new Cadillac convertible, Maaløe bought, with his last leftover Rockefeller dollars, the most expensive suit he could find in the finest clothing store in Pasadena, and both were connoisseurs of good food and wine. So I tried to style myself after them, although it took me another 15 years until I finally managed to get my own (and even then, secondhand) Cadillac convertible.¹⁶³”

Det var da også udsigten til at mødes med den stilfulde Maaløe, der fik Stent til at tage på studieophold i København tre år efter Fag-kurset¹⁶⁴. Maaløe havde ved kursets afslutning inviteret Stent til sin lille enmandsfilial af Fag-gruppen på Standardiseringsafdelingen, hvis han nogensinde skulle komme til Danmark.¹⁶⁵ I 1950 ankom Stent og en anden af Faggruppens senere så kendte postdocs, James D. Watson, så til København. Som før nævnt havde Fag-gruppen i reglen forsøgt at undgå biokemien i udforskningen af replikationsmekanismen, men i takt med at DNA- molekylet i stigende grad så ud til at være det genetiske materiale, måtte bakteriofag-paverne Luria og Delbrück dog sande, at en biokemisk indsigt i dette stof var nødvendig for at forstå replikationen. De sendte derfor Stent og Watson til København for at lære kunsten af biokemikeren og Fag-gruppemedlemmet Herman Kalckar og håbede, at denne ville beskæftige sig med det biokemiske aspekt af fagernes replikation. Som før nævnt havde Kalckar ikke taget fag-arbejdet til sig, men arbejdede derimod støt med biosyntesen af nukleotider. Det dræbte nu ikke håbet hos Luria og Delbrück. I Watsons ord:

”Though Kalckar was admittedly a biochemist, through his brother he knew Bohr and so should be receptive to the need of high powered theoretical reasoning. Even better, Kalckars interest in nucleotide chemistry should immediately be applicable to the collections of

¹⁶³ Stent (1985), p. 378.

¹⁶⁴ Ibid.

¹⁶⁵ Söderqvist (1998), p. 381.

nucleotides in DNA. The decision was finally settled in early November, when by accident Kalckar and Delbrück both were in Chicago on a weekend ... Kalckar seemed excited about the possibility of using some C14 labelled adenine, which had just been synthesized in Copenhagen, to study phage reproduction, and he gave the impression of very much wanting phage people to come to his lab.¹⁶⁶

Det blev hurtigt klart for de to Rockefellerstipendiater, at Kalckar ikke som lovet ville fokusere på replikationsproblemet¹⁶⁷. Kalckar, der havde et laboratorium hos Ejnar Lundsgaard på Københavns Universitet, var mere optaget af det rent biokemiske problem om nukleotidernes stofskifte. Dette emne blev hurtigt en kedelig affære for Stent og Watson, der ikke havde den mindste interesse i den rendyrkede biokemi¹⁶⁸. Opholdet blev yderligere påvirket af, at Kalckar var midt i en skilsmisse og ikke tilbragte så meget tid i laboratoriet¹⁶⁹. Stent så derfor sit snit til at arbejde med Maaløe i stedet, og begyndte sammen med Watson at tilbringe mere tid i Maaløes laboratorium end hos Kalckar, selvom et sådant ophold ikke var omfattet af deres rejsestipendier. Kalckar begræd sikkert ikke, at Stent og Watson mod aftale befandt sig i vennen Maaløes laboratorium. Undervisningen af de to postdocs ville uden tvivl kun have lagt yderligere byrder på Kalckars skuldre, der i forvejen var tynget af personlige problemer.

¹⁶⁶ Watson (1992): "Growing up in the Phage School", *PATOOMB*, p. 243.

¹⁶⁷ Ibid., p. 245.

¹⁶⁸ Watson: "*The Double Helix*", Atheneum, NY, (1968), p. 24.

¹⁶⁹ MLT interview med Niels Ole Kjeldgaard d. 12.11.2002.



Cytofysiologisk Institut 1950. Øverst fra venstre: Gunther Stent, Niels Ole Kjeldgaard, Hans Klenow, Jim Watson, Vincent Price. Nederst fra venstre: Herman M. Kalckar, Audrey Jarnum, Jytte Heisel, Eugene Goldwasser, Walter McNutt, E. Hoff-Jørgensen (på gæsteoptræden)¹⁷⁰.

Watson og Stent faldt imidlertid hurtigt til hos Maaløe, der var meget glad for at blive besøgt af andre medlemmer af Fag-gruppen¹⁷¹. Maaløe var nu ikke længere alene med arbejdet med fagerne, men blev derimod assisteret af to forskere, der havde direkte tilknytning til Luria og Delbrück og dermed også til den nyeste forskning, der endnu ikke var nået ud til alle afkroge af Fag-gruppens netværk. Inden afrejsen til København havde Watson for eksempel deltaget i det årlige Fag-møde i Cold Spring Harbor i august 1950. Her havde han hørt de to proteinkemikere Lloyd Kozloff og Frank Putnam berette om en række eksperimenter, de havde udført¹⁷². De to forskere havde i forskellige forsøg mærket bakteriofagers DNA med radioaktivt fosfor for at studere, hvorvidt fagerne ville overføre det radioaktivt mærkede fosfor til andengenerationsfagerne. Eksperimentet var bygget på Delbrücks berømte "one-step-growth" eksperiment, og var et forsøg på at komme den mærkelige replikationsproces nærmere. For det var stadig et stort mysterium, hvordan andengenerationsfagerne blev dannet i bakterierne. Forsøgene viste, at ikke alt det radioaktivt

¹⁷⁰ Billede taget fra Agnete Munch- Petersens artikel om Herman Kalckar i Biozoom 4, 2001.

¹⁷¹ Maaløe (1984).

mærkede fosfor blev overført til anden generation. Dette tolkede de to proteinkemikere som udtryk for, at der fandtes både genetisk og ikke-genetisk DNA, hvoraf kun det genetiske blev overført til den nye generation af fager. Denne teori kaldtes den biparte teori. Til trods for at forsøgene ikke gav klare svar på særligt mange spørgsmål, inspirerede selve fremgangsmåden Watson til at udføre nye forsøg for at belyse fagernes reproduktionsmekanisme¹⁷³. Det fik han i selskab med Stent og Maaløe mulighed for at føre ud i livet på Standardiseringsafdelingen, hvor de tre forskere gik i gang med at undersøge, hvilken rolle bakteriofagernes nukleinsyre havde for reproduktionen i bakterierne¹⁷⁴. På kongressen havde amerikaneren Seymour Cohen foreslået, at man efterprøvede den biparte teori ved at udføre et modificeret "one-step growth" forsøg, hvor man brugte andengenerationsfagerne fra Kozloff og Putnams forsøg. Disse fager havde ifølge biparte teorien *kun* fået overført det radioaktivt mærkede "genetiske" DNA. Hvis teorien holdt, skulle der af den grund forekomme en 100 % overførsel af det radioaktivt mærkede fosfor fra disse fager til deres afkom. Det var blandt andet dette eksperiment, Watson ønskede at udføre med Maaløe:

"Maaløe liked the idea of the second generation experiment and we began making labeled phage. After a few failures, we obtained a clean cut, but then disappointing result that the transfer in the second generation was the same as in the first generation."¹⁷⁵

Maaløe og Stent måtte dermed afvise den biparte teori. Resultaterne blev hurtigt sammenfattet i en artikel, der efter Delbrücks gennemlæsning og redigering blev publiceret i 1951.¹⁷⁶ De fortsatte med forskellige variationer over forsøget og kom endelig frem en overførselsprocent på omtrent 50. To år efter skulle Watson som bekendt være med til at opdage den egentlige årsag til, at en komplet overførsel af det radioaktive fosfor ikke var mulig grundet DNA'ets semikonservative replikationsmekanisme. Maaløes og Watsons arbejde var velovervejet, men udtømte langt fra mysteriet om replikationen¹⁷⁷. Maaløe og Gunther Stent udførte også forsøg med radioaktivt fosfor, der skulle demonstrere, hvordan de nye fager gradvist blev samlet inde i værtsbakterierne, og hvordan uorganisk fosfor fra disse bakteriers vækstmedium blev indbygget i fagerne¹⁷⁸. Disse forsøg var ligesom forsøgene med Watson udmærkede arbejder,

¹⁷² Chamberlain, Hansen og Nielsen (1994), p. 36.

¹⁷³ Söderqvist(1998), p. 382.

¹⁷⁴ Kjeldgaard (1989), p. 193.

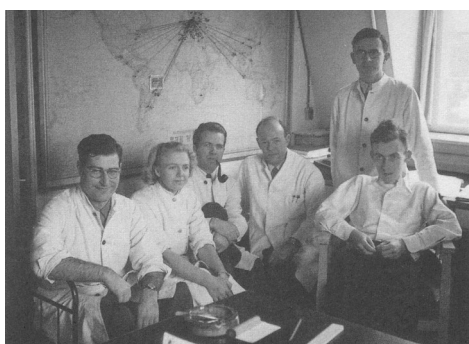
¹⁷⁵ Watson (1966), p. 245.

¹⁷⁶ Maaløe og Watson: "The Transfer of Radioactive Phosphorous from Parental to Progeny Phage", *Proceedings of the National Academy of Sciences of the Unites States of Americapp.*, pp. 507-513, (1951).

¹⁷⁷ Maaløe, (1984).

¹⁷⁸ Maaløe og Stent: Radioactive Phosphorous Tracer Studies on the Reproduction of T4 Bacteriophage", *Acta Pathologica et Microbiologica Scandinavica*, pp. 149-157, (1952).

der faldt pænt indenfor Fag-gruppens forskningsområde. De kom dog ikke i sig selv til at revolutionere biologien. Arbejdet med Watson indskrev sig dog i en række af eksperimenter, der ledte *frem* til det berømte Hershey-Chase eksperiment fra 1952 (se side 45), der fastslog, at DNA var det arvbærende molekyle. Alfred Hershey og Martha Chase anvendte ligesom Watson og Maaløe (og Kozloff og Putnam før dem) radioaktive sporstoffer i deres eksperiment med fager, og Hershey må have været bevidst om denne sammenhæng, da han i starten af 1952 diskuterede forsøget med andre Fag-gruppedlemmer, der arbejdede med samme forskningsområde, deriblandt Maaløe¹⁷⁹, som derfor kan siges at have været med til at bane vejen for en af molekylærbiologiens store opdagelser.



Standardiseringsafdelingen:

Fra venstre: Stent, ukendt laborant, Maaløe,
Rostock, Jerne (stående) og Watson.

Samtidigt med Maaløe og amerikanernes ivrige fag-arbejde på Standardiseringsafdelingen, arbejdede Niels Kaj Jerne med sin disputats om antistoffers aviditet, som er antistoffernes stigende evne til at binde til antigenet i løbet af immuniseringen¹⁸⁰. Watson og Stent fandt i starten ikke Jernes arbejde interessant, da immunologi og serologi forekom dem alt for kompliceret¹⁸¹. For forskere, hvis forskningstradition satte en ære i at udforske livets mest basale mekanismer gennem den simpleste forsøgsorganisme, må studiet af højerestående organisms immunrespons have virket ørkesløst. Jerne, der gennem diskussionerne med Maaløe allerede kendte til nogle af de centrale problemer i bakteriofag-forskningen, var derimod straks interesseret i amerikanernes arbejde. Da alle afdelingens videnskabelige ansatte var nødsaget til at arbejde i samme lille laboratorium, var det velsagtens også svært at undgå at blive sat ind i, hvad de andre lavede.

¹⁷⁹ Chamberlain, Hansen og Nielsen, (1994), p. 43.

¹⁸⁰ Kjeldgaard (1989), p. 193.

Jerne blev inspireret til selv at gå til laboratoriebænken og tilegne sig noget praktisk erfaring med bakteriofagerne, som han forsøgte at neutralisere med antifagserum¹⁸². Han fik antifagsera fra et dyr, han gentagne gange havde immuniseret overfor fagerne ved at indsprøjte en stor dosis af dem. Dernæst kunne han ud fra dyrets blod fremstille et hyperimmunt antifagserum. Ved efterfølgende at tilsætte antifagserumet til en fortyndet opløsning af fager, opnåede Jerne den ønskede neutralisering. Fagerne var ikke længere i stand til at inficere bakterier. Ved hjælp af den såkaldte ”plaque-assay” teknik kunne reaktionsforløbet følges ved at tælle antallet af overlevende fager på forskellige tidspunkter¹⁸³. Forløbet kunne efterfølgende fremstilles grafisk i en ”neutralisationskurve”. I 1940’erne havde Alfred Hershey arbejdet med denne kurve, som han mente var en ret linie i et log-diagram, hvilket i hans øjne var ensbetydende med, at neutraliseringen af fagerne var irreversibel. Jerne var dog af den overbevisning, at kurven bøjede af efter en halv times forløb, hvilket viste, at 100 fager pr. ml forblev i live. En fag per million blev reaktiveret!¹⁸⁴ Hersheys konklusion måtte derfor være forkert, selvom om den gjorde sig gældende for resten af millionen. Jernes teori blev dog i nogen grad afvist som værende en smule søgt og blev ikke tildelt større opmærksomhed i Fag-gruppen. Reaktionen mellem fagerne og antistoffet rettet mod dem skulle dog vise sig at blive et meget følsomt system til måling af antistoffernes evne til at binde til deres antigen i de forskellige stadier af immuniseringsforløbet¹⁸⁵.

I foråret 1951 gjorde Jerne dog en opdagelse, der var af direkte anvendelse for Fag-gruppen. I det lille laboratorium havde Jerne en dag kigget Stent og Watson over skulderen og erfaret, at de to forskere neutraliserede fagerne i vækstmediet bouillon. Dette var normal praksis i arbejdet med fager, men Jerne indvendte til amerikanernes umiddelbare irritation, at det var ulogisk at lade neutraliseringen foregå i bakterievækstmediet bouillon, eftersom der ikke fandtes bakterier i inaktiveringsglasset¹⁸⁶. I stedet foreslog Jerne (af ukendte årsager) at bruge destilleret vand, hvilket viste sig at accelerere neutralisationsprocessen. Opdagelsen var ikke stor i sig selv, men da den kom Delbrück for øre, blev han imponeret over selve bedriften at finde noget nyt i et ellers fortærsket emne, og han opfordrede Jerne til at publicere resultaterne i tidsskriftet *Nature*¹⁸⁷. Arbejdet fik dog større *social* end videnskabelig betydning for Jerne, der pludseligt publicerede og bevægede sig i Fag-gruppens kredse, selvom han i modsætning til Maaløe og Kalckar aldrig havde taget Fag-kurset. For eksempel blev den

¹⁸¹ Söderqvist, (1998), p. 384.

¹⁸² Ibid.

¹⁸³ Söderqvist (1998), p. 385.

¹⁸⁴ Ibid.

¹⁸⁵ Thomas Söderqvist: ”Niels K. Jerne – en intuitiv forsker”, *Biozoom*, 3, (2000).

¹⁸⁶ Söderqvist (1998), pp. 390-91.

¹⁸⁷ Ibid., p. 393

franske bakteriefagforsker André Lwoff opmærksom på arbejdet og inviterede Jerne til et kollokvium sommeren efter¹⁸⁸. I september 1951 kom også Delbrück til København for at deltage i den internationale polio-kongres i byen og for at besøge sine venner og kolleger. Jerne arrangerede i den forbindelse en fest til ære for Delbrück.



FIGURE 2 Copenhagen, August, 1951. Left to right, first row: M. Delbrück, Florence Goldwasser, Mogens Westergaard. Second row: G. Rasch, Gunther Stent, Aase Maaløe, Herman Kalckar. Third row: James Watson (face covered by camera flash attachment), Ada Jerne, Ole Maaløe, Carsten Bresch, (?), Inga Loftsdottir (later Stent), Barbara Wright (later Kalckar), André Lwoff, E. Goldwasser, (?). Standing: (?), (?), Niels Jerne and son Donald. (?).

Jernes fest er et eksempel på det selskabsliv, man førte i de videnskabelige kredse i København, og som var medvirkende til, at videnskabelige netværk blev dannet på kryds og tværs af faglige og institutionelle grænser. Både de tværfaglige kongresser, gæsteforskerne og private selskaber blev således en vigtig del af den sociale infrastruktur, som virkede befordrende på udviklingen af den spæde molekylærbiologi i Danmark¹⁸⁹. Man besøgte også kollokvierne på Carlsberg Laboratoriet, som var arrangeret af Linderstrøm-Lang, der var blevet forstander for laboratoriets kemiske afdeling¹⁹⁰. Under multitalentet Linderstrøm-Langs kyndige styring blev stedet om muligt endnu mere kendt end tidligere. Lang havde i samarbejde med Heinz Holter udviklet en række kvantitative metoder til måling af enzymatiske processer, og hans evner som eksperimentator og organisator gjorde ham til et verdensnavn i videnskabelige kredse¹⁹¹. Carlsberg Laboratoriet og dets kollokvier var derfor velbesøgte og med til at gøre København til et attraktivt videnskabeligt centrum. Også

¹⁸⁸ Ibid., p. 394.

¹⁸⁹ Som nævnt i indledningen blev dette netværk også styrket af molekylærbiologernes senere indtog i forskningsråd, videnskabelige selskaber og internationale organisationer som EMBO og de dertil hørende organer EMBC og EMBL. Der er simpelthen ikke plads nok i dette speciale til at gennemgå denne side af historien.

¹⁹⁰ Brev af 23.02.1989 fra Niels Kaj Jerne til Niels Ole Kjeldgaard (IVH, AU), p. 4.

Standardiseringsafdelingen, hvis lokale atmosfære af international forskning trak mange gæster til, bidrog til byens tværfaglige forskningsmiljø ved at afholde mange kollokvier. Det lille laboratorium husede i årene 1950-51 hele to kommende nobelpristagere (Watson og Jerne) og fik ofte besøg af den allerede velrenommerede nobelpristager Niels Bohr, der grundet sin stadige interesse i brydningsfeltet mellem fysik og biologi ofte deltog i stedets arrangementer. Ifølge Ole Maaløe var Bohr en af drivkræfterne bag en mindre diskussionsgruppe, som samledes for at diskutere tidens centrale eksperimentelle biologiske problemstillinger – herunder DNA strukturen¹⁹².



Yderst til venstre: Niels Bohr, på hug foran ham sidder Maaløe.
Yderst fra højre ses Mogens Westergaard, Watson, Kalckar og Stent.

Genetikeren Mogens Westergaard (1912–1975) var blandt de faste medlemmer af denne diskussionsgruppe. Han tog sin magisterkonferens i botanisk genetik ved Københavns Universitet i 1936 og startede sin videre genetiske og cytologiske forskning som studerende ved Carlsberg Laboratoriet. I 1940 opnåede han sin doktorgrad på afhandlingen ”Studies on cytology and sex determination in polyploid forms of *Melandrium album*.” I 1945 blev han udnævnt som lektor i arvelighedslære ved Københavns Universitet, og han fungerede i denne stilling indtil han i 1949 blev tildelt det første danske professorat i genetik¹⁹³. Hans faglige interesser gik dog ud over grænserne for den klassiske botaniske genetik, han var trænet i. I 1946 tog han med Rockefeller Foundations støtte på studie- og forskningsophold i USA, hvor han blandt andet besøgte Caltech. Han kom dog ikke for at besøge Delbrück og for at lære

¹⁹¹ Söderqvist (1998), p. 372.

¹⁹² Maaløe: ”Om Niels Bohr og biologien”, *Naturens Verden*, pp. 344-345, (1985).

¹⁹³ Dieter von Wettstein: ”Nekrolog over Mogens Westergaard”, *Det Kongelige Danske Videnskabernes Selskab – Oversigt over Selskabets Virksomhed 1975-1976*, (1976), pp. 94- 109.

dennes bakteriofagforskning at kende. Han opholdt sig derimod på institutionens biologiske afdeling i laboratoriet, hvor G.W. Beadle og E.L. Tatum i 1941 havde udført deres elegante *Neurospora*-eksperiment og demonstreret den negative og positive selektionsteknik (se side 43). Eksperimentet havde lagt grunden for den såkaldte biokemiske genetik, der ligesom bakteriofagforskningen var med til at udgøre forskellige facetter af den tidlige molekylærbiologi. Hvor den klassiske genetik overvejende analyserede nedarvningen via mønstre af overførte morfologiske karakteristika, søgte den biokemiske genetik at finde det arvelige grundlag for organismernes forskellighed i deres kemiske struktur¹⁹⁴. Westergaard fattede hurtigt interesse for den nye tilgang til studiet af nedarvningsmekanismerne. I samarbejde med H. Mitchell udarbejdede han bl.a. et medium, som fremmede den seksuelle formering i den lille svamp *Neurospora*. Hans store interesse i emnet gav sig endvidere udslag i studier i induceret mutation af gener, og han udviklede i den forbindelse ”tilbage-mutationstesten”, som blev et vigtigt redskab i forsøget på at lokalisere og identificere mutationer i en organisme¹⁹⁵. I modsætning til Kalckar lod Westergaard sig inspirere så meget af sit ophold på en af den tidlige molekylærbiologiske oprindelsessteder, at han tog det nye forskningsområde med sig hjem til Danmark. Ole Maaløe var da også af den opfattelse, at det var Mogens Westergaard og han selv, der fik fornøjelsen af at bringe molekylærbiologien til Danmark¹⁹⁶:

” (...) Han og jeg oplevede begge molekylærbiologiens tidligste fase på samme sted. Som klassisk genetiker arbejdede Mogens med mikrosvampe og jeg med bakteriofager. Vi kom inden for i et center, hvor alle de nye tanker blev diskuteret hele tiden, og da vi kom hjem til Danmark, var vi naturligvis optaget af at formidle denne nye viden, som, i forhold til hvad vi ved i dag, var meget primitiv, men som vi alligevel var klar over var indgangen til en ny æra.”¹⁹⁷

Selvom Westergaards biokemiske genetik ikke skulle blive institutionaliseret som en selvstændig disciplin - eller for den sags skyld under navnet molekylærbiologi - eksisterede den i bedste velgående som et underområde på hans institut. Dengang var der måske heller ikke et bydende behov for at foretage voldsomme institutionelle og terminologiske demarkationer i forhold til den klassiske biologi, da det københavnske forskningsmiljø som

¹⁹⁴ Mogens Westergaard: ”Et nyt Arbejdsområde for Arvelighedsforskningen: Den biokemiske Genetik”, *Naturens Verden*, pp. 253-60, (1946).

¹⁹⁵ Wettstein, (1976), p. 100.

¹⁹⁶ Maaløe (1984), p. 1.

¹⁹⁷ Ibid., p. 6.

før nævnt var mere tværfagligt orienteret end så mange andre steder som fx Cambridge. Kollokvierne, studiegruppen, gæsteforskerne, studierejserne og de private gilder gav rig mulighed for at knytte nye kontakter og udfolde tværfagligheden i et venligt stemt forum. Det fik Westergaard endda også mulighed for i den offentlige debat, hvor han på baggrund af sine studier varslede, at foranstaltninger snart burde tages for at beskytte de menneskelige arveanlæg mod kemiske mutagener, der ubekymret blev produceret af industrien.

I 1951 eksisterede der med andre ord en lille gruppe af forskere, der af alt andet end navn var molekylærbiologer, og som havde direkte kontakt til Caltech. Som Jerne udtrykte det, følte både han og Maaløe sig ”velfunderede i den unge molekylærbiologi”, og måske netop derfor foreslog de Jeppe Ørskov at oprette en rent eksperimentel forskningsafdeling på SSI¹⁹⁸. Ørskov var dog imod forslaget, idet han ikke så nogen mening i matematisere biologien ved hjælp af kvantitative metoder og bestemmelser¹⁹⁹. For Ørskov var tværfaglighed tilsyneladende et spørgsmål om midlertidige pragmatiske samarbejder fagfolk imellem og altså ikke et spørgsmål om at fusionere forskellige fagområder. Han foreslog derfor, at de forskellige afdelinger på SSI arbejdede sammen om at udarbejde et kursus, hvor unge læger kunne videreuddanne sig. Det var dog ikke i overensstemmelse med Jerne og Maaløes vision, og da muligheden for et nyt Rockefeller stipendium til et ophold på Delbrücks laboratorium fra 1951-52 bød sig, slog Maaløe straks til. Det blev samtidig opløsningen af den lille molekylærbiologiske gruppe, idet Watson og Stent som resultat af Maaløes varslede afrejse måtte finde andre lærepladser. Stent rejste til Pasteur Institutet i Paris, mens Watson som bekendt endte i Cambridge. Også Jerne afbrød tiden på SSI med en længere rejse til Sydøstasien, hvor han fungerede som WHO's standardiseringsekspert. I 1954/55 blev han efterfølgende inviteret et år til Caltech af Delbrück. Her fortsatte han arbejdet med en ide, han i sommeren 1954 havde fået fra et forsøg, hvor han erfarede, at der fandtes små mængder af præformererede antistoffer specifikke mod antigenet bakteriofag T4 i kaniner, der aldrig var blevet indsprøjet og immuniseret med bakteriofagerne. Dette stred imod den gængse teori om antistoffernes dannelse, der betragtede processen som en instruktionsproces, hvor antigenet dikterede antistoffets form. Jerne forestillede sig i stedet en darwinistisk selektionsproces, hvor de inficerende antigener bliver bundet af de dertil bedst tilpassede antistoffer, som organismen allerede havde dannet i forvejen. Organismen ville som resultat af denne binding producere mere af slagsen²⁰⁰. ”Selektionsteorien” blev navnet på denne teori, der i 1984 var medvirkende til at give Jerne nobelprisen i medicin. Til trods for,

¹⁹⁸ Brev af 23.02.1989 fra Niels Kaj Jerne til Niels Ole Kjeldgaard. (IVH, AU), p.5.

¹⁹⁹ Ibid.

²⁰⁰ Söderqvist, Thomas (2000).

at han efter 1954 blev ved med at bevæge sig i molekylærbiologiske kredse, valgte han efterfølgende *ikke* at være en del af den hastigt fremvoksende molekylærbiologi. Han ville hellere at være alene i sin egen niche – den molekylære immunologi:

”Jeg ville ikke gå over til de her [molekylærbiologerne], for der var jo allerede en hel masse, der arbejdede med det, som var meget bedre til det. Så var jeg ikke alene om det. Og de vidste meget mere om DNA end jeg.”²⁰¹

4.3: Københavnerskolen

Maaløe brugte sin tid på Caltech til at arbejde videre med bakteriofagerne. Han var især interesseret i, at bakteriofagernes komplicerede replikation inden i bakterierne kunne styres, således at processen foregik synkront i en hel bakteriekultur på et nøjagtigt defineret tidspunkt²⁰². Den kunstige synkronisering af replikationen var en mulighed for trin for trin at studere processens forløb helt fra bakteriofagens indledende infektion af en bakterie til dannelsen af nye bakteriofager og værtsbakteriens endelige lysis. Da opholdet på Caltech lakkede mod enden, gjorde Maaløes sig tanker om, hvorvidt han ville få mulighed for at videreføre forskningen hjemme på SSI. Stent og Watsons afrejse samt Ørskovs afvisning af forslaget om den rent eksperimentelle forskningsafdeling havde lagt en dæmper på Maaløes forventninger til den videre forskning på Standardiseringsafdelingen. Til alt held var afdelingen ”kommet på listen over gode steder at være”²⁰³, og da Maaløe vendte hjem fra sit studieophold, ankom også to nye amerikanske post-docs til afdelingen – Delbrücks svoger Vic Bruce og Fag-grupped medlemmet Gordon Lark. De to amerikanere havde fundet beretninger om Watson og Stents ophold i København som grund nok til selv at af sted²⁰⁴. Sammen med Maaløe arbejdede de på at finde en metode, hvormed de kunne synkronisere bakteriernes biologiske processer i en hel bakteriekultur ved at få bakterierne til at dele sig samtidigt. Synkronien ville tjene som redskab til at opnå en større forståelse af mekanismerne bag bakteriernes replikation og DNA syntese. Bakteriel vækst var dog ikke noget nyt forskningsområde. Allerede i 1918 havde Buchanon foreslået, at bakteriers vækst forløb i forskellige faser af den såkaldte ”bakterielle livscyklus”, som var delt ind i vækst-, hvile- og dødsfaser. I 1928 videreudviklede Heinrichi denne model, da han observerede, at bakterier i en

²⁰¹ Söderqvist (1998), pp. 411 – 412.

²⁰² Kjeldgaard (1989), p. 193.

²⁰³ Maaløe (1984).

²⁰⁴ Stephen Cooper: ”The origins and meaning of the Schaechter-Maaløe-Kjeldgaard experiments”, *Journal of General Microbiology*, pp. 1117 –1124, (1993).

overdyrket²⁰⁵ bakteriekultur var meget små, og deres væksthastighed var lav. Bakteriecellerne var derimod størst, når væksthastigheden var højst. For Heinrich var iagttagelserne udtryk for, at bakteriernes varierende størrelse hang sammen med forskellige faser i bakteriernes livscyklus. Maaløe og amerikanerne var derfor meget interesserede i at finde ud af, hvordan man kunstigt kunne gribe ind i forløbet denne cyklus, og synkronisere bakteriernes biologiske begivenheder.

Lark foreslog en mulig metode. Som studerende fra New Yorks Universitet havde han kendskab til forskning, der foregik på andre af storbyens forskningsinstitutioner. Således kendte han til Rockefeller Institute-forskeren Rollin Hotchkiss' forskning i bakteriers synkronisering. Hotchkiss havde foretaget markante temperaturændringer i bakteriekulturen for at opnå synkroni, og Lark foreslog derfor det samme i Maaløes laboratorium²⁰⁶. Ved gentagne gange at skifte temperaturen mellem 37 og 26 grader Celsius lykkedes det de tre forskere at få alle bakterier i en *Salmonella*-kultur til at dele sig i takt²⁰⁷. Lark gjorde endda observationer, der kunne tyde på, at bakteriers vækst mindede en del om den eukaryote celled livscyklus med vekslende vækst- og stationære faser²⁰⁸. Konklusionen skulle dog vise sig at være fejlagtig, da resultaterne var ”kunstigt” frembragt som følge af synkroniseringsindgrebet.

I 1956 rådede Maaløe bod på denne fejl, da han sammen med italiensk-amerikaneren Moselio Schaechter og danskeren Niels Ole Kjeldgaard (f. 1926) udførte en række forsøg med bakterier, der voksede under helt normale betingelser. Schaechter var en ud af den imponerende række af udenlandske forskere, der søgte til Maaløes laboratorium for at nyde godt af dennes inspirerende og strengt analytiske måde at bedrive forskning på. Han var ikke blevet henvist til Maaløe af Delbrück eller nogen anden af Fag-gruppens prominente ledere. Han havde i stedet fattet interesse for Maaløes arbejde ved at læse Larks og Maaløes fælles publikationer. Kjeldgaard, der senere oprettede det første danske institut for molekylærbiologi, var derimod allerede en del af Fag-netværket, da Maaløe tilbød ham en stilling på Standardiseringsafdelingen. I 1945 påbegyndte han sin uddannelse som magister i biokemi på Københavns Universitet. Dette førte til, at han i 1948 søgte til Herman Kalckars laboratorium på Lundsgaards Medicinsk Fysiologiske Institut, for at arbejde med inhibition af enzymer som fx xanthin oxidase og alkohol dehydrogenase²⁰⁹. I 1949 fik Kjeldgaard et fransk

²⁰⁵ En bakteriekultur som havde fået lov til at vokse og dele sig meget længe, så der fandtes rigtigt mange bakterier i petriskålen.

²⁰⁶ Cooper (1993), p. 1119.

²⁰⁷ Kjeldgaard (1989), p. 193.

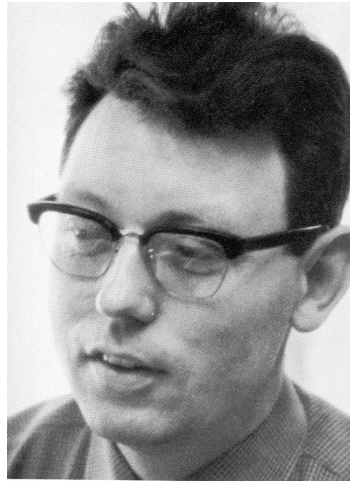
²⁰⁸ Cooper (1993), p. 1119.

²⁰⁹ Cooper (1993), p. 1120. og Just Justesen: ”Niels Ole Kjeldgaard”, *Biozoom*, 2, (2002).

stipendium til at studere hos André Lwoff på Pasteur Institutet. At det netop blev her, den unge biokemiker skulle tilbringe sit studieophold er en anelse besynderligt. André Lwoff var en del af Fag-gruppen, og han beskæftigede sig af den grund primært med bakteriofagforskning og ikke den slags biokemi, Kalckar havde trænet Kjeldgaard i. Hvorfor henviste biokemikeren Kalckar sin studerende til et molekylærbiologisk laboratorium, når han nu ikke selv havde ladet sig påvirke synderligt de molekylærbiologiske problemstillinger, han blev præsenteret for på Fag-kurset i 1945? Selv Kjeldgaard undrer sig over denne disposition, men mindes dog at have fortalt Kalckar, at han ønskede at komme til Frankrig på studieophold²¹⁰. Det er muligt, at Kalckar af den grund har vurderet sine ”franske forbindelser” og fundet bakteriofag-forskeren Lwoff’s laboratorium på det berømte Pasteur Institut for det bedste valg. Under alle omstændigheder betød henvisningen, at Kjeldgaards uddannelse blev mere molekylærbiologisk orienteret end biokemisk, og det er endnu et eksempel på, hvordan Kalckars rolle i udviklingen af den danske molekylærbiologi var som formidler af kontakt mellem forskere, der i modsætning til ham selv kom til at bidrage forskningsmæssigt til disciplinen. Allerede under sit etårige studieophold på Pasteur Institutet kom Kjeldgaard til at yde sit første bidrag til molekylærbiologien, da han i samarbejde med Lwoff, Louis Sinnovitch og Sarah Rapkine prøvede at finde ud af, hvad der inducerede lysis i en ”lysogen” afart af *Bacillus megaterium*. Lwoff og hans kollega Jacques Monod havde efter anden verdenskrig videreført Pasteur Institut-kollegaen Eugene Wollmans lysogeny-arbejde. Den jødiske Wollman, som blev dræbt i en koncentrationslejr under tyskernes besættelse af Frankrig under anden verdenskrig, havde i 1930’erne opdaget, at nogle bakterier kunne blive inficeret med fager uden at lysere med det samme. Bakterierne voksede og delte sig derimod, som var intet galt. De konkluderede, at der måtte være tale om en infektionsstrategi, der adskilte sig fra den, der førte til direkte lysis og frigivelse af nye fager. Det nye fænomen blev kaldt ”lysogeny”. Her ”lagredes” det virale genmateriale i bakteriens eget indtil en bestemt hændelse udløste den normale lytiske infektionsproces. Lwoff’s gruppe forsøgte at identificere denne hændelse, som så ud til at forekomme tilfældigt blandt enkelte bakterier i en lysogen kultur. Gruppens mål var således at finde en faktor, der kunne udløse synkron lysis (i den lysogene bakteriekultur). Man forsøgte sig frem med forskellige vækstmedier og ændringer i pH værdien mm., men intet så ud til at virke. Gruppen forsøgte endelig at udsætte kulturen for UV bestråling, hvilket inducerede den ønskede synkrone lysis. Opdagelsen var af stor betydning i Fag-gruppen, men ingen i Danmark var interesserede i emnet, da Kjeldgaard i 1950 vendte hjem til Kalckars laboratorium. Til trods for, at Lwoff tilbød den unge

²¹⁰ MLT interview med Kjeldgaard af 12.11.2002.

Kjeldgaard at blive Ph.d.-studerende på Pasteur Institut, besluttede Kjeldgaard sig nemlig for at tage tilbage til København og tage sin Magisterkonferens. Efter endt eksamen fik han med støtte fra Carlsbergfondet en plads i Erik Zeuthens laboratorium på Zoofysiologisk Institut, hvor han kom til at arbejdede med synkronisering af *Tetrahymena* kulturer²¹¹. Forsøgene gav ingen anvendelige resultater, og Kjeldgaard trivedes ikke helt i laboratoriet, da han fra starten ikke troede fuldt ud på eksperimenterne, han skulle udføre²¹².



Niels Ole Kjeldgaard

I 1956 holdt den internationalt anerkendte forsker Jacques Monod foredrag i København. Det var en begivenhed, som fik stor betydning for både Kjeldgaards og den danske molekylærbiologis fremtid. Idet Monod gjorde sig klar til at begynde sit foredrag, fik han øje på Kjeldgaard i publikum. Da Monod kendte Kjeldgaard fra tiden på Pasteur Institut, forlod han talerstolen for med stor glæde at hilse på ham. Maaløe, der ligeledes sad blandt publikum, bed mærke i dette møde, og tilbød inden længe Kjeldgaard arbejde i sit laboratorium²¹³. Her arbejdede de sammen med Schaechter om undersøgelser af *Salmonella* bakteriers vækst - nu uden kunstige synkroniseringsindgreb. De foretog forsøg med bakterier i forskellige vækstmedier, der gav bakterierne forskellig væksthastighed, og de målte efterfølgende bakteriernes indhold af DNA, RNA og protein²¹⁴.

”Der viste sig her tydelige lovmæssigheder og klare relationer mellem bakteriernes væksthastighed og cellernes kemiske sammensætning. Langsomt voksende bakterier var små

²¹¹ Cooper (1993), p. 1120.

²¹² MLT interview med Kjeldgaard d. 12.11.2002.

²¹³ Cooper (1993), p. 1120.

²¹⁴ Kjeldgaard (1989), p. 194.

og indeholdt kun lidt RNA, mens hurtigt voksende bakterier var store og indeholdt store mængder RNA. Disse ændringer anså vi som udtryk for, at vi på en grundlæggende måde rørte ved de kontrolmekanismer, der styrer bakteriernes biologi. Disse mekanismer blev yderligere sat på prøve, ved at vi fremkaldte hurtige skift af bakteriernes vækstbetingelser.”²¹⁵

Forsøgene viste, at der ikke fandtes en obligatorisk bakteriel livscyklus, som Buchanon og Heinrici havde antaget²¹⁶. Bakterierne reagerede i højere grad på deres umiddelbare vækstbetingelser, og deres størrelse afhang af væksthastigheden. Mekanismerne, der regulerede bakteriernes reaktion på deres omgivelser, virkede kun på initieringen af syntesen af bakteriens makromolekyler. Hastigheden af denne syntese var dog uafhængig af de ydre påvirkninger²¹⁷.

Forsøgene blev grundlæggende for den bakterielle fysiologi, der i modsætning til tidens reduktionistiske tendenser i den biologiske forskning ikke pillede forsøgsorganismen fra hinanden til mindste dele. Som Kjeldgaard udtrykker det, blev forsøgene:

”(...) starten på Maaløes livslange bestræbelse på at beskrive den ”hele” bakterie, at forsøge at give et sandt billede af den uhyre komplicerede sammenhæng mellem bakteriernes talrige livsprocesser”²¹⁸

For Maaløe og hans gruppe var den reduktionistiske tilgang et nødvendigt onde for at opnå eksperimentelle data om bakteriens enkeltdele. Disse data blev dog altid tolket i samspil med bakterien som helhed²¹⁹. Filosofien bag eksperimenterne var således at ”forstyrre” forsøgsorganismen så lidt som muligt. I den forstand videreførte Maaløes gruppe nerven i Niels Bohrs ”Light and Life” tale fra 1932. Dette blev endda bemærket af Niels Bohr selv, der i et brev til Delbrück gjorde opmærksom på, at Maaløe var i færd med at genoplive reminiscenser af hans biologiske filosofi og komplementaritetsbegreb²²⁰. Maaløe-gruppens fremgangsmåde skulle dog ikke forstås som et alternativ til reduktionismen, men nærmere som den logiske efterbehandling af de resultater, den reduktionistiske fremgangsmåde kan

²¹⁵ Kjeldgaard (1989), p. 194.

²¹⁶ Cooper (1993), p. 1120.

²¹⁷ Kjeldgaard (1989), p. 194.

²¹⁸ Kjeldgaard (1989), p. 193.

²¹⁹ James D. Friesen: ”The Balanced Growth of Bacterial Growth”, i Schaechter, Neidhardt & Kjeldgaard: *“The Molecular Biology of Bacterial Growth – A Symposium held in honor of Ole Maaløe”*, Jones and Bartlett Publishers, USA, (1985), p. 374.

²²⁰ Brev af 17.03.1960 fra Niels Bohr til Max Delbrück, fra arkivet ”Niels Bohr General Correspondance”, Niels Bohr Arkivet.

frembringe. Maaløe, Kjeldgaard og Schaechter satte de kvantitative data om cellens enkeltdele i system, så det ikke gik ud over studiet af den ”hele” bakteries særegne organisation og funktion. Resultaterne blev publiceret i to artikler fra 1958²²¹ og repræsenterede en tilgang til studiet af bakteriel vækst, som var usædvanlig i 1950’erne, og som efterhånden dannede skole for forskere, der ønskede at tilegne sig den enestående og elegante måde at udføre simpelt designede eksperimenter på. Skolen fik navnet ”Københavnerskolen”²²².

I starten af 1950’er var Maaløe blevet tilbudt et professorat i mikrobiologi på Københavns Universitet. Professoratet var det første af sin slags i Danmark, selvom mikrobiologien gennem lang tid havde været anvendt i industrielt øjemed. Ole Maaløe var med sit alsidige kendskab til såvel vira som bakterier en oplagt kandidat til professoratet. Ifølge Jerne ville Maaløe ganske givet have efterfulgt Jeppe Ørskov som direktør for SSI, men Maaløe ønskede dog ikke at ende i en rent administrativ stilling og takkede derfor ja til professoratet i mikrobiologi, hvor han ville kunne fortsætte sin bakteriologiske forskning i selskab af postdocs fra hele verden.²²³ Bygningen, hvori professoratet og det dertil hørende institut skulle have hjemme, var dog endnu ikke opført. Det skete først i 1958, hvor Maaløe tog Kjeldgaard og Ole Rostock med sig til det nye institut i Botanisk Have. Her fortsatte gruppen forskningen, der grundlagde Københavnerskolen, og som i årene frem til Maaløes afgang i 1984 tiltrak godt 60 udenlandske forskere af alle aldre, som besøgte stedet. Til alt held var det nye biologiske byggeri i Botanisk Have indrettet på en sådan måde, at det ligefrem opfordrede til tværfaglighed og dermed muliggjorde den molekylærbiologiske forskning, man i tiltagende grad kom til at bedrive på Maaløes Mikrobiologiske Institut. Så gode bygningsmæssige kår for et nyt institut var bemærkelsesværdige i en tid, hvor fremme af forskningen og dens fysiske rammer længe havde været nedprioriteret af staten på grund af en svag økonomi.

4.4: Biologisk Central Institut

Den amerikanske udenrigsminister George Marshall gav i 1947 udtryk for, at USA burde yde økonomisk støtte til genopbygningen af det krigshærgede Vesteuropa. Ved at forhindre en

²²¹ Kjeldgaard, Maaløe og Schaechter: ”The Transition Between Different Physiological States During Balanced Growth of *Salmonella typhimurium*.”, *Journal of General Microbiology*, p.607-616, (1958). Samt ”Dependency on Medium and Temperature of Cell Size and Chemical Composition during Balanced Growth of *Salmonella typhimurium*.”, *Journal of General Microbiology*, pp. 592-606, (1958).

²²² Moselio Schaechter: ”Going after the Growth Curve”, i Schaechter, Neidhardt & Kjeldgaard: ”*The Molecular Biology of Bacterial Growth – A Symposium held in honor of Ole Maaløe*”, Jones and Bartlett Publishers, USA, (1985), p. 371.

²²³ Brev af 23.02.89 fra Niels Kaj Jerne til Niels Ole Kjeldgaard (IVH arkiv, AU).

økonomisk krise i disse lande, ville USA samtidig sikre sig mod østblokkens politiske indflydelse herpå. Marshalls ideer blev derfor realiseret gennem samlede bevillinger på 13 milliarder dollars til forskellige investeringer i Vesteuropa. Også Danmark fik del i denne støtte, der blandt andet blev brugt til at modernisere det efterhånden udslidte landbrug og industrielle produktionsapparat²²⁴. Efterkrigstiden var præget af økonomisk lavkonjunktur og en uligevægtig handelsbalance, og det danske produktionsapparat var ikke fuldt ud konkurrencedygtigt med de andre landes. De skiftende regeringer følte sig derfor nødsaget til at føre restriktiv politik og varsle sparetider for at få landets økonomi på højkant igen. Store bevillinger til forskningen var derfor ikke prioriteret højest. Forskningen måtte finde sin økonomiske støtte andet steds fra. Til alt held var det private fond, Carlsbergfondet, indstillet på at spille rollen som videnskabens velynder. Dette og andre private fonde var derfor uhyre vigtige for dansk videnskabs udvikling i denne periode. Det var måske netop på grund af Carlsbergfondet, at politikerne turde forsømme støtten til forskningen.

I midten af 1950'erne ændrede den politiske situation sig. En socialdemokratisk regering ønskede at forbedre det danske produktionsapparat ved i højere grad at satse på industrien og ikke kun på landbruget, der indtil da havde været den bærende økonomiske kraft. Offentlige initiativer og investeringer i foretagender, der kunne hjælpe på produktionen og den danske konkurrencedygtighed på det internationale marked, blev derfor planlagt. Blandt disse investeringer var en omfattende støtte til den danske teknologiske og naturvidenskabelige forskning²²⁵. Initiativet om støtte til forskningen blev ført ud i livet af den daværende finansminister Viggo Kampmann. Han udnyttede 1950'ernes unikke politiske situation, hvor både den økonomiske mulighed og det politiske motiv til en omfattende finansiering af den danske forskning var til stede. De forskellige regeringer i sparetiden havde som før nævnt ikke turdet afse anseelige beløb til forskningen. Ej heller havde de traditionelt set "landbrugsvenlige" partier kunne se formålet med en sådan støtte. Kampmanns plan om at bruge støtten til forskningen som redskab i en økonomisk-politisk strategi, var derfor uden fortilfælde.

Noget af støtten blev brugt til nye byggerier til naturvidenskaben. I efterkrigstidens genopbygning havde kun Institut for Teoretisk Fysik opnået betydelige bevillinger fra staten. Resten af videnskaben havde i høj grad måttet løbe an på de private fondes støtte²²⁶. Med regeringens nye støtte, så dette forhold dog ud til at ændre sig, da netop naturvidenskabelige byggerier blev sat i højsædet. Rektor for Københavns Universitet, professor H.M. Hansen,

²²⁴ Nielsen et al.: *"Til samfundets tarv – Forskningscenter Risø's historie"*, Forskningscenter Risø, (1998), p. 29.

²²⁵ Ibid., p. 31.

²²⁶ Ibid., p. 31.

blev i 1949 præsenteret for et byggeprojekt på initiativ af en gruppe af forskere med genetikeren Mogens Westergaard i spidsen. Projektet var et fælles byggeri for de eksperimentelle biologiske fag: plantefysiologi, arvelighedslære (genetik), mikrobiologi og biologisk kemi²²⁷. Byggeriet blev kaldt Biologisk Central Institut (BCI) og skulle placeres i Botanisk Have, idet flere af de involverede fag skulle benytte Havens drivhuse. Ved at samle de eksperimentelle fag i samme bygning kunne der spares penge gennem ”en rationalisering af udnyttelsen af det kostbare instrumentarium”²²⁸. Konstruktionen lagde samtidigt op til forskningsmæssig kontakt og samarbejde fagene imellem. Første sal skulle indrettes til professor Müller og plantefysiologi. Anden sal ville blive indrettet til professor Mogens Westergaard og hans Genetiske Institut. Tredje sal var reserveret til Maaløes nyoprettede Mikrobiologiske Institut, mens fjerde sal var tiltænkt Biologisk Kemi. Dette institut var oprindeligt ledet af Herman Kalckar, men da han i 1953 emigrerede til USA, overtog professor Hans Ussing roret²²⁹. Linderstrøm-Lang, Maaløe og Westergaard havde ellers ønsket at beholde Kalckar, med hvem samarbejdsmulighederne var bedre, da han jo var bekendt med og en del af det molekylærbiologiske netværk. Som erstatning for Kalckar foretrak Westergaard, Linderstrøm-Lang og Maaløe derfor Kalckars gamle elev Hans Klenow, der ville kunne fortsætte forskningen i Kalckars ånd. Klenow havde dog endnu ikke en disputats, og stod derfor ikke godt i forhold til Ussing, som efter nøje overvejelse dog blev fundet acceptabel²³⁰. Maaløes, Linderstrøm-Langs og især Westergaards interesse i sagen skyldtes, at byggeriet var blevet en hjertesag for dem. De tilhørte en gruppe af forskere, der havde stor indflydelse i det videnskabelige miljø i København, og som før nævnt var specielt Linderstrøm-Lang og nu også Westergaard blandt de få forskere, der formåede at engagere sig på en måde, vi i dag ville kalde forskningspolitisk. De blev betragtet som inspiratorer, der formåede at søge penge, når noget skulle op at stå²³¹. Oprettelsen af det nye Biologiske Central Institut var derfor ikke kun et spørgsmål om, at Westergaard i den grad ønskede nye lokaler til sit institut. Det var i lige så høj grad et spørgsmål om fagpolitik. Byggeriet ville ikke alene give nye lokaler til de enkelte fag, det ville også huse et enestående samarbejde mellem de biologiske fag på tværs af de disciplinære grænser. På denne måde ville man langt om længe have skabt de optimale bygningsmæssige kår for den københavnske tradition for tværfagligt og tværinstitutionelt samarbejde, der som tidligere nævnt havde været på færde

²²⁶ Især Rockefeller Foundation, Carlsbergfondet og Michelsen-fondet var aktive i støtten af opførelsen af naturvidenskabelige byggerier i Danmark.

²²⁷ Institutlederne: ”De nye Institutter i Botanisk Have”, *Naturens Verden*, p.129-148, (1959).

²²⁸ Ibid.

²²⁹ Chamberlain, Hansen og Nielsen (1994), p. 70.

²³⁰ Brev af 27.11.1953 fra Linderstrøm-Lang til Kalckar. Nr. x00100078x, håndskriftsafdelingen, DKB.

²³¹ Chamberlain, Hansen og Nielsen (1994), p. 49.

siden 1930'erne. Gruppens medlemmer havde udnyttet deres status til at samle penge fra private fonde og firmaer, men søgte at få dækket de sidste udgifter af et finansudvalg, der indtil midten af halvtredserne ikke havde set velvilligt på sagen.

Projektet faldt i god jord hos såvel rektor som Det Matematisk-naturvidenskabelige Fakultet, og blandt andet som følge af regeringens initiativ fra midten af 1950'erne og lange diskussioner om rimeligheden i en yderligere bebyggelse på det statsejede parkområde, blev den første sten til BCI lagt i jorden af undervisningsminister Julius Bomholt d. 8. maj 1957. Arkitekter, ingeniører og håndværkere var dog blevet sat på en hård prøve, idet de fire professorer konstant krævede ændringer i byggeplanen, der måtte formes efter det nyindkøbte instrumentariums installeringsmuligheder og ikke omvendt. Især Westergaard og Maaløe fulgte udviklingen på byggepladsen så nøje, at håndværkerne gav dem tilnavnene ”Piraten” og ”Millimeter-Ole”²³². Bygningen blev taget i brug i løbet af efteråret 1958 og blev officielt indviet i 1959, hvor den amerikanske nobelpristager George W. Beadle fra Caltech gav en åbningsforelæsning.

At netop lederen af den berømte forskningsinstitution Caltech indviede BCI var ingen tilfældighed. BCI's organisation var på mange måder inspireret af Caltech. Indretningen af BCI var en klar lempelse af universitetets ellers så stive disciplinære struktur, der ikke normalt tillod tværfagligt samarbejde i så stort et omfang. I den henseende mindede BCI mere om Caltechs samarbejdsvenlige opbygning. Rent forskningsmæssigt stod to af det nye byggeris institutter ligeledes i gæld til den amerikanske institution. Som før nævnt var Maaløes forskning stærkt inspireret af Fag-gruppen, og Westergaard havde ligeledes fundet forskningsmæssig inspiration på Caltech, om end ikke fra Delbrücks afdeling. Westergaard hældede mere til en anden form for molekylærbiologi, den biokemiske genetik, som blev bedrevet af Beadle og Tatum gennem forsøg med svampen *Neurospora*²³³. Et samarbejde mellem Genetisk og Mikrobiologisk Institut var derfor oplagt. Westergaard og Maaløe kendte som tidligere nævnt hinanden på forhånd. I 1955 havde de endda arbejdet sammen om et øvelseskursus i biokemisk genetik på Genetisk Institut på Københavns Universitet. Kurset omhandlede mutationsprocesser i bakterier²³⁴. Som klassisk genetiker med interesse i sporeplanter, havde Westergaard endvidere også samarbejdsmuligheder med plantefysiologien på første sal. Kun Biologisk Kemi var ikke helt så aktiv i den tværfaglige kollaboration²³⁵. Dette kan måske skyldes, at forskningen på dette institut i vid udstrækning var klassisk biokemisk forskning. Institutet beskæftigede sig primært med stofskifte,

²³² Chamberlain, Hansen og Nielsen (1994), p. 70.

²³³ Se gennemgang af Beadle og Tatum selektionsforsøg i kapitel 2.

²³⁴ Københavns Universitets lektionskatalog for foråret 1955. KU.

salttransport og bioelektriske fænomener og altså knap så meget med kemiske beskrivelser af replikations- og mutationsmekanismer som i den biokemiske genetik og Maaløes mikrobiologi²³⁶. Trods den begrænsede kontakt til Institut for Biologisk Kemi blev BCI dog et frugtbart og tværfagligt forskningsmiljø, hvor især Maaløes Mikrobiologiske Institut kom til sin ret. Instituttet blev et nordligt mekka for forskere, der interesserede sig for celle-regulation, og var derfor et velbesøgt internationalt forskningscenter²³⁷. Det tværfaglige miljø gav endelig Maaløe mulighed for den frie (og efterhånden molekylærbiologiske) forskning, han og Jerne havde haft visioner om på SSI²³⁸.

4.5: Delkonklusion

Udviklingen af molekylærbiologien i Danmark ser ud til at være skåret efter min institutionaliseringsskabelon, jeg gennemgik i kapitel tre. Molekylærbiologien opstod ikke på universiteterne gennem en klassisk knopskydning fra en allerede veletableret disciplin. I slutningen 1940'erne blev den derimod importeret fra uafhængige forskningsinstitutioner såsom det amerikanske Caltech og Pasteur Institutet i Frankrig til den uafhængige forskningsinstitution SSI i Danmark²³⁹. Denne import af de internationale skolars forskningstradition kan klart spores i de danske videnskabsfolks forskning fra den tid. Ikke alene lånte de danske forskere deres forsøgsorganismer og kognitive fokus fra skolerne; de arbejdede også sammen med repræsentanter fra dem. Dette skabte et dynamisk forskningsmiljø, hvor udvekslingen af nye data skete hurtigt laboratorierne imellem. De danske forskere Maaløe, Kjeldgaard, Jerne og Kalckar blev alle bekendt med eller del af Faggruppens arbejde og var sammen med Westergaard og andre prominente forskere med interesse i den nye eksperimentelle tilgang til biologien med til at sætte København på landkortet over gode naturvidenskabelige centre. Der fandtes altså et netværk af forskere, som arbejdede sammen om molekylærbiologiske emner i Danmark. Dette netværk bestod af forskere af international standard og tiltrak folk fra hele verden. Netværket var af en sådan art, at det udgjorde en indre institutionalisering for molekylærbiologien, der trivedes, selvom der i første omgang ikke blev oprettet institutter i dens navn. Forskningen blev endvidere finansieret af de private fonde og et forskningsstøtteinitiativ fra staten. Dette ledte endelig til opførslen af BCI, hvis arkitektoniske udformning vidnede om universitetets og statens ønske

²³⁵ MLT interview med N.O. Kjeldgaard d. 12.11.2002.

²³⁶ Institutlederne (1959), p. 139.

²³⁷ Friesen (1985), p. 373.

²³⁸ Maaløe (1984).

om tværfaglig forskning. I dette kompleks blev der bedrevet molekylærbiologi, selvom det foregik på et *mikrobiologisk* institut. Som det vil fremgå af næste kapitel formåede molekylærbiologien dog at blive institutionaliseret i eget navn. Udfra denne meget korte opsummering kan man sige, at udviklingen af den danske molekylærbiologi således har fulgt den generelle models fire punkter om: *tværfaglighed, netværksdannelse, finansiering* samt *de institutionelle rammer og magtforhold*.

At udviklingen af et forskningsområde kan opfylde de forskellige punkter i denne generelle udviklings- og institutionshistoriske model er dog ikke ensbetydende med en efterfølgende institutionalisering. Det betyder blot, at forskningsområdet rent faktisk blev bedrevet i landet. Den hollandske videnskabshistoriker Ton van Helvoort skriver i et endnu ikke publiceret skrift²⁴⁰ om institutionaliseringen af molekylærbiologien i Holland, at den hollandske molekylærbiologi trods gunstige forhold aldrig formåede at blive institutionaliseret. Der blev såmænd bedrevet molekylærbiologi i små forskningsgrupper i Holland, og staten forsøgte endda også at imødekomme den tværfaglige forskning økonomisk. Alligevel mislykkedes alle forsøg på at oprette egentlige institutter for molekylærbiologi på universiteterne. Spørgsmålet må følgelig være: Hvorfor? Svaret på dette spørgsmål, vil måske give en klarere forståelse af, hvilke faktorer, der havde størst betydning for den vellykkede udvikling og institutionalisering af molekylærbiologien i Danmark?

I Holland var de molekylærbiologiske forskningsgrupper spredt ud over hele landet. Dette var som bekendt ikke tilfældet for det danske molekylærbiologiske netværk. Den danske molekylærbiologi var indtil slutningen af 1960'erne samlet i København. Som det vil fremgå af næste kapitel oprettede Aarhus Universitet ikke et naturvidenskabeligt fakultet førend efter 1954, og København var derfor det naturlige naturvidenskabelige centrum i Danmark. Her trivedes forskningen på såvel universitetet som på andre af byens forskningsinstitutioner (fx Carlsberg Laboratoriet og SSI). København var ikke for stor til, at mange af forskerne fra de forskellige institutioner kendte hinanden, selvom de var både geografisk og forskningsmæssigt adskilt. Som før nævnt var det danske netværk specielt i den retning, at man ikke behøvede at arbejde med præcist samme genstandsfelt for at betragte hinanden som en slags kolleger. Hele den molekylærbiologiske forskning var samlet på institutioner i en by, hvor initiativer af vidt forskellig natur og blandt fagfolk fra vidt forskellige faggrupper gav ophav til den transdisciplinære forskning, der senere blev kaldt

²³⁹ Som det skal blive gennemgået i næste kapitel var disse to molekylærbiologiske forskningstraditioner ikke ene om at præge den danske molekylærbiologi. Den britiske strukturskole kom i allerhøjeste grad til at sætte sin signatur på den danske disciplin under dens institutionaliseringsforløb.

²⁴⁰ Ton van Helvoort: "*A Scientific Ecology of Molecular Biology Research in the Netherlands (1945-1990)*", Department of History, University of Maastricht.

molekylærbiologi. Forskerne deltog og havde interesse i hinandens konferencer og foredragsrækker, selvom emnet måske ikke altid faldt indenfor deres eget faglige felt. Selv forskere, der ikke bidrog fagligt til det nye tværfaglige forskningsområde, blev betragtet som en del af det netværk eller den gruppe af forskere, som bakkede op om det nye felts fremme. Således kunne et medlems bidrag være af en anden karakter end rent forskningsmæssigt. Biokemikeren Herman Kalckar bestod som den første Delbücks Fag-kursus og blev af den grund betragtet som et dansk medlem af den molekylærbiologiske Faggruppe. Dette til trods for at han ikke lod sig påvirke synderligt af denne gruppes forskningstradition i sin egen forskning. Hans bidrag til molekylærbiologiens udvikling var nærmere, at han formidlede kontakter mellem Fag-gruppen og andre danske forskere, der efterfølgende blev drivende kræfter i udviklingen af molekylærbiologien i Danmark. De mange videnskabelige møder og det faktum, at mange af forskerne traf hinanden privat, styrkede kun dette tværfaglige miljø. Det er derfor svært at opstille en prosopografisk model som Mullins', da han som nævnt i kapitel tre definerer et netværk ud fra nogle meget afgrænsede kriterier. Ifølge Mullins består et videnskabeligt netværk således kun af personer, der enten har publiceret sammen eller er hinandens kollega, elev eller mentor. Idet han mener, at det kollegiale forhold indebærer, at man beskæftiger sig med samme forskningsområde, kan det blive svært at fremsætte en egentlig model for det Københavnske netværk, hvor folk betragtede hinanden som en slags kolleger, selvom man ikke arbejdede indenfor for præcist samme forskningsområde. Selvom det kun var et begrænset antal forskere, der direkte beskæftigede sig med molekylærbiologiske problemstillinger, vil en grafisk fremstilling af denne eksklusive gruppe fremstå som amputeret fra resten af et Københavnske forskermiljø, hvis tværfaglige indstilling var med til at muliggøre udviklingen af molekylærbiologien. Det er således med disse forbehold, at jeg vælger at opstille en om end kraftigt forsimplet grafisk fremstilling. Jeg bliver nødt til at afvige en del fra Mullins fremstillingskriterier, og i stedet prøve at opstille en figur, der med ovennævnte forbehold prøver at illustrere, hvem der var kernen af netværket og spillede en direkte rolle i udvikling af molekylærbiologien. Bohr, Linderstrøm-Lang og andre organisatorer af de for netværket så vigtige kongresser og kollokvier er for overskuelighedens skyld ikke taget med her, selvom de indirekte spillede en stor rolle. Ej heller har jeg som Mullins forsøgt at fremstille netværket over en årrække. Jeg har i stedet valgt at sætte navnene på uden hensyntagen til tidspunktet, de påbegyndte deres molekylærbiologiske arbejde. Til gengæld har jeg i modsætning til Mullins valgt i parentes ud for hvert navn at anføre den forskningsskole, den enkelte forsker har fået sin inspiration fra, for på denne måde at anskueliggøre, hvilke traditioner den danske molekylærbiologi udsprang af. I Kalckars tilfælde har jeg dog sat en stjerne ved parentesens, da han var medlem af Fag-gruppen men

ikke publicerede indenfor skolen, og i nogen grad må opfattes som en slags ”prosopografisk blindgyde”. Til trods for alle disse forbehold og variationer over Mullins’ grafiske fremstilling, kommer også min fremstilling til kort, da den ikke kan illustrere det exceptionelle tværfaglige miljø i København, der var med til at muliggøre udviklingen af den spæde danske molekylærbiologi. Jeg må derfor konkludere, at det alene ud fra Mullins’ fremstillingskriterier er umuligt udtømmende at anskueliggøre de sociale faktorer, der befordrede fremkomsten af det nye molekylærbiologiske forskningsområde.

Se appendiks model 1

Som før nævnt havde Niels Bohr også betydning for den spæde molekylærbiologi i Danmark, selvom han ikke er taget med i modellen. Til trods for at han ikke bidrog eksperimentelt til molekylærbiologien, havde han en om end filosofisk interesse i den og udnyttede sin prestige til at arrangere internationale videnskabelige møder, hvor dette emne blev diskuteret. Som nævnt i starten af kapitlet formåede Bohr dog ikke at huse den spæde molekylærbiologi på ITF efter sammenbruddet af det eksperimentelle biologiprojekt. Bohrs fortsatte deltagelse i det nye forskningsområdes møder kan skyldes hans filosofiske interesse i biologien, men kan også være et udtryk for, at han ligesom mange andre forskere blev klar over, at den nye molekylære biologi ville blive de private fondes nye kæledægge. Det er en mulighed, at Bohr derfor har engageret sig i forskningsområdets videre udvikling for så at sige at ”følge midlerne”, der allerede én gang havde finansieret en forskningsmæssig omlægning på hans eget institut. I takt med at Linderstrøm-Lang kom til at indtage den ubestridt stærkeste position som organisator af tværfaglige møder i det biologiske miljø i København, blev Bohr nødt til at følge udviklingen fra sidelinien som en værdsat deltager i de forskellige biologiske kollokvier. Året efter Linderstrøm-Langs alt for tidlige død i 1959 begyndte Bohr dog atter at arrangere biologiske møder på egen hånd. Møderne, der blev afholdt på ITF, omhandlede rent molekylærbiologiske emner og var et forsøg på at få fysikere til at interessere sig for biologiske problemstillinger. Emnerne spændte vidt fra RNA’s rolle i proteinsyntesen til strukturen af humant hæmoglobin²⁴¹. Deltagerne kom som sædvanligt fra vidt forskellige institutioner, men møderne var ifølge en af deltagerne, Niels Ole Kjeldgaard, en fiasko, idet man vist ikke fik omvendt særligt mange fysikere²⁴². Det er ikke umuligt, at møderne var Bohrs sidste forsøg på at få den pengeslugende molekylærbiologi tilbage på sit institut. Denne teori kan dog ikke bevises ud fra det skriftlige materiale og er derfor rent spekulativ. Et er dog

²⁴¹ ”Biological Discussions, 1960” fra arkivet “*Niels Bohr General Correspondance*”, Niels Bohr Arkivet.

sikkert; der var efterhånden mange penge i den molekylære biologi, der jævnfør kapitel tre i høj grad blev finansieret af private fonde som Rockefeller Foundation, der støttede projekter i forskellige lande. Den danske molekylærbiologi var ingen undtagelse. Private fonde, Marshall-hjælpen og især Finansminister Viggo Kampmanns enestående politiske initiativ havde sikret, at det unge forskningsområde kunne finansieres og endda placeres i et bygningskompleks, hvis udformning og lokale magthavere decideret lagde op til tværfagligt samarbejde mellem de forskellige eksperimentelle biofag²⁴³. Dette er i fin overensstemmelse med teoretikeren Dörries model fra kapitel tre.

Selvom udviklingen af den danske molekylærbiologi således ser ud til at have fulgt den generelle model for udviklingen af molekylærbiologi, rummer den dog visse nationale særpræg. Sammenfattende kan man sige at den gode økonomi, den centraliserede forskning i det stærke netværk og universitetets overraskende åbenhed overfor tværfaglighed på BCI var særegent for Danmark og har været medvirkende til, at molekylærbiologien kunne overføres fra Maaløes Mikrobiologiske Institut til Århus, hvor den skulle opnå sin første egentlige institutionalisering. I Holland var den molekylærbiologiske forskning som før nævnt *decentraliseret*, og den var derfor sværere at betragte som et samlet forskningsområde. Den hollandske molekylærbiologi eksisterede af den grund aldrig som andet end et diffust interessefelt og formåede ikke at blive institutionaliseret. I Holland har det simpelthen været for svært at samle bidragene fra de forskellige molekylærbiologiske forskningsgrupper til én stærk forskningstradition, der viste betydelige forskningsmæssige fremskridt. Det har været problematisk at koordinere sådanne spredte gruppers aktivitet, så der ikke blev bedrevet overlappende forskning. Ligeledes ville den hollandske støtte til forskningsområdet måske have båret mere frugt, hvis den ligesom i Danmark var blevet postet i et samlet kompleks for de forskellige molekylærbiologiske grupper, hvor man kunne arbejde sammen og være fælles om det kostbare apparatur. Denne form for samarbejde var dog umulig for de spredte hollandske forskningsgrupper. Derfor slog institutionaliseringen fejl i Holland, mens den lykkedes i Danmark. Som det vil fremgå af næste kapitel var molekylærbiologiens indtog på Aarhus Universitet dog ikke uden problemer.

²⁴² MLT interview med N.O. Kjeldgaard af d. 12.11.2002.

²⁴³ Michael Meyerheim: "Det hele er i virkeligheden fysik og kemi", *Politiken*, fredag d. 11.maj 1979.

Kapitel 5: Molekylærbiologiens institutionalisering

5.1: Udbygningen af den biologiske faggruppe på Aarhus Universitet

Det var ikke kun Københavns Universitet, som nød godt af den naturvidenskabelige forsknings nye og gunstige økonomiske kår fra midten af 1950'erne. Også Aarhus Universitet så sit snit til at udnytte denne økonomiske medvind til at opbygge et naturvidenskabeligt fakultet i årene efter 1954²⁴⁴. Dette var det femte og sidste led i planen om at få udbygget det unge universitet fra 1928 til et helstøbt "Humboldt-universitet" med fem fakulteter²⁴⁵. At universitetet op til 1954 ikke havde haft et naturvidenskabeligt fakultet betød dog ikke, at der ikke fandtes naturvidenskab i Århus overhovedet. På Lægevidenskabelig Fakultet (LF) tilbød man for eksempel undervisning i fysik og kemi, og Humanistisk Fakultet (HF) husede fra 1943 Geografisk Institut med Professor Johannes Humlum ved roret. Derudover fandtes der også den selvejende institution Naturhistorisk Museum²⁴⁶. Nogen egentlig samlet naturvidenskabelig institution fandtes dog ikke. I den forstand virkede oprettelsen af et Naturvidenskabeligt Fakultet (NF) som en god ide. Langt fra alle var ovenud begejstrede for initiativet. En række videnskabsfolk fra hovedstaden (deriblandt Niels Bohr) indvendte, at det ville være katastrofalt at sprede den naturvidenskabelige forskning ud over landet fremfor at have eet enkelt forskningscentrum – nemlig det allerede eksisterende i København. Man måtte med andre ord sætte kvalitet over kvantitet. Antallet af studerende på fagene matematik, fysik og kemi på Københavns universitet havde siden midten af 1930'erne været alarmerende lavt, og Bohr og hans åndsfæller så derfor ingen mening i at sprede disse i forvejen få studerende ud på hele *to* naturvidenskabelige fakulteter²⁴⁷. Dertil kom spørgsmålet om, hvorvidt man overhovedet havde nok faglig kapacitet til den forestående oprettelse af NF på Aarhus Universitet?

Andre videnskabsfolk i København så dog anderledes på sagen. De bød oprettelsen af det århusianske fakultet velkommen som en mulighed for at reformere det

²⁴⁴ En redegørelse for oprettelsen af selve NF på AU fås i Henry Nielsens endnu upublicerede bidrag til fjerde bind af Dansk Videnskabs Historie, "*Oprettelsen og udviklingen af Det Naturvidenskabelige Fakultet ved Aarhus Universitet*." Grundet pladsmangel vil jeg ikke gå i dybden med denne historie her men i stedet fokusere på udbygningen af den biologiske faggruppe.

²⁴⁵ De fem fakulteter: Det humanistiske, det teologiske, det økonomisk-juridiske, det lægevidenskabelige og endelig det naturvidenskabelige.

²⁴⁶ Nielsen (upubl.), p. 3.

undervisningssystem, de tillagde en del af skylden for den lave tilgang af studerende til de hårde naturvidenskabelige discipliner på det naturvidenskabelige fakultet ved Københavns Universitet. Måske ville NF i Århus være i stand til skabe mere attraktive rammer og studieordninger for det naturvidenskabelige studium og dermed tiltrække flere studerende med henblik på at imødekomme samfundets tiltagende behov for uddannede naturvidenskabsmænd²⁴⁸. Det var sådanne argumenter, der i sidste ende fortrængte Bohr og hans allieredes indvendinger. Den 8. september 1954 så Aarhus Universitets Naturvidenskabelige Fakultet derfor første gang dagens lys. Fakultetet bestod da af Det Fysiske Institut (Prof. Sven Werner), Kemisk Institut (Prof. Hakon Lund), Geografisk Institut (Prof. Johannes Humlum) og endelig et nyoprettet Matematisk Institut ledet af professor Svend Bundgaard. Professor Bundgaards ansættelse beroede knap så meget på hans videnskabelige produktion som på hans undervisningsevner og administrative talent²⁴⁹. Et talent, han fik rig mulighed for at udfolde i opbygningen af det spæde NF. For nok eksisterede fakultetet på papiret, men der skulle stadig findes plads i universitetsparken til at samle dets forskellige institutter, der hidtil havde været huset af andre fakulteter. Der skulle også tages stilling til, hvordan fakultets skulle udbygges rent fagligt.

Her gav Bundgaard fra starten sin mening til kende. Han prioriterede mat-fys faggruppens udbygning højere end en eventuel udbygning af en bio-geo faggruppe. Denne faggruppe kunne først tages i betragtning, når mat-fys faggruppen allerede var godt i gang med udbygningen. Bundgaard forsvarede denne prioritering ved at henvise til, at samfundets behov for uddannede matematikere og fysikere var større end dets behov for geografer og biologer. Denne udmelding var i klar uoverensstemmelse med geografi-professor Humlums interesser, idet han ikke uden kamp ville lade bio-geo faggruppen stå i skyggen af de såkaldte ”hårde” naturvidenskaber. Gennem flere år forsøgte han at få lovning på en snarlig udbygning af sin faggruppe, men hans forslag blev gang på gang underkendt af Bundgaard og dennes faggruppefæller²⁵⁰.

Det var således først i 1961, at udbygningen af bio-geo faggruppen kunne komme på tale. Dette skyldtes blandt andet, at man indtil da ikke havde haft fuld tiltro til undervisningsministeriets gavmilde udspil. Da dette ministerium i 1957 bad universiteterne gøre rede for deres ønskede byggeinvesteringer, var udmeldingerne derfor forsigtige. Da undervisningsministeriet imidlertid bad universiteterne om at revidere deres ønsker i 1961, kunne universiteterne kun måbende konstatere, at de havde fået carte blanche til at slå et

²⁴⁷ Nielsen (upubl.), p. 7.

²⁴⁸ Nielsen (upubl.), p. 4 & 7.

²⁴⁹ Nielsen (upubl.), p. 5 & 7.

større brød op²⁵¹. Dette betød blandt andet, at NF nu fik midler nok til at udbygge alle faggrupperne i stor stil. Derudover var man i 1961 blevet klar over, at tilstrømningen af studerende til de biologiske fag i København var stærkt tiltagende. En udbygning af de biologiske fag på Aarhus Universitet var derfor nødvendig og måtte fremskyndes for at aflaste de biologiske institutter i København. NF besluttede af den grund kort før årsskiftet 1961/62 at accelerere den 5-årsplan, man havde redegjort for i ”Aarhus Universitets byggeprogram af 6. februar 1961”. Da ministeriets initiativ omfattede såvel byggebevillinger som stillingsbevillinger, var planen nu snarest muligt at få opført de nødvendige institutter, som kunne varetage undervisningen til forprøven til embedseksamen i bio-geo fagene. De forprøvestuderende ville her blive undervist i grundfagene: geologi, geografi, zoologi og botanik²⁵². Fakultetet vurderede, at de første studerende ville have bestået den århusianske forprøve i efteråret 1964. Man håbede så på, at NF på det tidspunkt ville være rustet til at fortsætte undervisningen på 1.del og til den afsluttende 2.del af embedseksamen. På førstedelen ønskede fakultetet at udbyde undervisning i følgende fag:

Botanik, Plantefysiologi, Dyrefysiologi, Zoologi, Arvelighedslære, Legemsøvelser, Geologi, Geografi, Biologisk Kemi samt *Mikrobiologi*²⁵³.

Man var fra fakultetets side optimistisk med hensyn til accelereringen af udbygningen af bio-geo faggruppen og forventede derfor undervisningen i ovennævnte fag mulig allerede fra efterårssemestret 1963 eller 1964. Hvis det ikke blev tilfældet, måtte de studerende fortsætte deres uddannelse i København²⁵⁴.

Fakultetets optimistiske tidsplan kunne dog ikke overholdes. I 1964 var NF endnu ikke rede til at varetage undervisning i fagene på hverken 1. eller 2. del af studiet. Der blev derfor lagt nye langtidsplaner for etableringen af de nye fagområder. Den biologiske undervisning måtte ækvivaleres med undervisningen i København, da de studerende jo skulle færdiggøre deres uddannelse der²⁵⁵. Da NF således havde sandet, at man ikke ville kunne udbygge biofagene i én ombæring, gik man i stedet ind for en trinvis udbygning af faggruppen i Aarhus. På denne måde sikredes en maksimal aflastning af den københavnske faggruppe, der i stigende grad var overbebyrdet på grund af den store tilstrømning af studerende. De nye planer tog derfor højde for et voksende antal af studerende, men de havde

²⁵⁰ Nielsen (upubl.), p. 9.

²⁵¹ Nielsen (upubl.), p.13.

²⁵² Inden længe fik man fx oprettet og besat de første biologiske professorater i zoologi, botanik og jordbundsbiologi.

²⁵³ Min kursivering. (MLT)

²⁵⁴ Redegørelse af 27.12.1961 for Det Naturvidenskabelige Fakultet ved Aarhus Universitet. (UHA, AU).

²⁵⁵ Skrivelse af d. 21.01.1964 til AU fra NF. (UHA, AU).

stadig ikke løst de problemer, der havde forhindret den oprindelige udbygningsplan fra 1961 i at blive udført. Disse problemer kunne sammenfattes til tre hovedpunkter²⁵⁶:

- 1) Sikring af areal til byggeri
- 2) Projektering og igangsættelse af byggeri
- 3) Oprettelse og besættelse af de nye videnskabelige stillinger

Først og fremmest ønskede man fra fakultetets side at holde de biologiske fag samlet på eet sted. De forskellige biologiske institutter skulle ikke presses tilfældigt ind i andre fags bygninger, hvor man nu end kunne finde plads, blot for at spare omkostningerne til opførslen af en særskilt bygning til biologi. Man ville derimod sørge for at samle biologien i et byggeri så vidt muligt i forlængelse af den allerede eksisterende universitetspark. Fakultetet havde et godt øje til en grund, der fungerede som militær opmarch- og garageplads. Militæret var imidlertid ikke videre interesseret i at opgive dette areal, og man forudså derfor omstændelige forhandlinger, førend en afklaring på sagen kunne nås. Med mindre universitetet havde sikret sig en byggegrund, ville enhver projektering og igangsættelse af byggeriet jo være udelukket. Løsningen på det *tredje* problem var dog en afgørende forudsætning for, at en investering i de to første punkter kunne gennemføres. Ville det overhovedet være muligt at finde egnede og interesserede kandidater til at bestride de eventuelle nyoprettede professorater? Hvis det ikke var muligt at lokke egnede videnskabsfolk til professoraterne i Århus, var det strengt taget ikke nødvendigt at fortsætte hverken de faglige eller arkitektoniske udbygningsplaner. Det var derfor bydende nødvendigt at få afklaring med hensyn til dette punkt. Af denne grund nedsatte NF pr. 18.11.1965 et udvalg, der skulle vurdere behovet for udbygningen af de biologiske fag ved Aarhus universitet.

Udvalget bestod af professorerne: Dr.phil. Kai Larsen (Botanik, Aarhus Universitet), dr.phil. H.M. Thamdrup (Zoologi, Aarhus Universitet), dr.phil. K.G. Wingstrand (zoologi, Københavns Universitet), dr.phil. C. Barker Jørgensen (zoofysiologi, Københavns Universitet), dr.phil. Morten Lange (botanik/sporeplanter, Københavns Universitet), dr.phil. H. Ussing (Biokemi, Københavns Universitet) samt dr.phil. Ole Urban Maaløe (Mikrobiologi, Københavns Universitet)²⁵⁷. Dette udvalg skulle ikke alene bedømme behovet for *hvilke* fagområder, det ville være hensigtsmæssige at oprette på AU. Det skulle ligeledes vurdere i hvilken rækkefølge disse fagområder skulle etableres og muligheden for at rekruttere

²⁵⁶ Skrivelse af d. 10.04.1964 til AU fra Bio-geo faggruppen. (UHA, AU)

²⁵⁷ Rapport af 02.02.1966 til AU fra bioudvalget. (Det Naturvidenskabelige Fakultets Arkiv, AU).

kvalificerede videnskabsfolk til at bestride professoraterne i disse fagområder. Udvalgets arbejde og konklusioner blev lagt frem i en rapport af 2. februar 1966.

Denne rapport vidner om, at udvalget støttede en udbygning af de biologiske fag på Aarhus Universitet. Alene det stigende studentertal ved faggruppen i København retfærdiggjorde i udvalgets øjne en sådan udbygning. Studentertallet var der steget fra 412 i 1960 til 1127 i 1965. Universitetskontoret i København havde endda udviklet en prognose, der rakte 3 år frem i tiden og forudsagde en yderligere stigning²⁵⁸. Udvalget (og måske især dets københavnske professorer) var af den grund enige om, at en aflastning af den københavnske faggruppe var meget vigtig. Udbygningen af de biologiske fag i Århus var derfor et meget kærkomment initiativ, som man måtte støtte og tilrettelægge på den mest hensigtsmæssige vis. Udbygningen af den århusianske faggruppe skulle helst komplementere den københavnske faggruppe i en sådan udstrækning, at man opnåede maksimal aflastning for begge steder. Det ville således ikke nytte at sende halvdelen af de nye studerende til Aarhus Universitet, idet den biologiske faggruppe her slet ikke ville være opgaven voksen. Den københavnske faggruppe måtte derfor fortsat selv forsøge at løfte det meste af undervisningsbyrden, imens den unge århusianske faggruppe langsomt voksede sig stærk nok til i stigende grad at kunne overtage noget af arbejdet²⁵⁹. Udvalget talte med andre ord for en sådan trinvis udbygning af de biologiske fag, som allerede var blevet foreslået i 1964 af NF selv. Den århusianske faggruppe skulle udover undervisning til forprøven gøres klar til at yde undervisning og vejledning til 2.del af embedseksamen. På denne måde kunne den århusianske faggruppe aflaste den københavnske ved at overtage nogle af dens studerende, som så måtte flytte til Århus for at afslutte deres uddannelse:

”Vanskelighederne ved at skaffe ”lærepladser” for de mange studerende til anden del i København, vil medvirke til, at en del vil tage 2.dels studiet i Aarhus, - I denne forbindelse vil også den forskningsmæssige arbejdsdeling, der består mellem København og Aarhus, spille en rolle. Aarhus vil være særligt rustet til at varetage visse specialer og byder her på de bedste muligheder.”²⁶⁰

Den nye biologiske faggruppe i Århus skulle altså ikke blot være en tro kopi af den københavnske. Der var tale om en egentlig arbejdsdeling. Den trinvis udbygning var ikke

²⁵⁸ Ibid., p.2.

²⁵⁹ Udvalget ønskede, at biogruppen frem til 1970 skulle bestå af 13 professorater, 15 afdelingsledere og 39 ammenuensere. Se: Kjeldgaard, ”Molekylær Biologi i 25 år” i ”25 år – Institut for Molekylær Biologi”, AU, (1993).

²⁶⁰ Ibid., p. 4.

kun et spørgsmål om at købe Århus-gruppen tid nok til at opnå tilfredsstillende bygningsmæssige forhold for undervisningen, så man på lige fod med København kunne varetage undervisningen af alle dele af embedseksamen. Det var i allerhøjeste grad også et spørgsmål om, at man forsøgte at skabe de bedst mulige vækstvilkår for oprettelsen af helt nye fagområder. Der skulle være tale om fagområder, der ikke allerede eksisterede i den københavnske faggruppe. Med disse fag ville man opnå en ønskværdig arbejdsdeling mellem de to faggrupper. Da faggruppen i Århus endnu ikke var udbygget i sådan grad, at den kunne varetage undervisningen af 1.dels studerende, måtte den hellere fokusere på de mere eksperimentelt orienterede 2.dels studier og i første omgang overlade de mere traditionelle, taksonomiske fagområder til faggruppen i København:

”Det vil i overvejende grad være naturligt i begyndelsen at lægge hovedvægten på de eksperimentelle aspekter i de fag, som udbygges i Aarhus, da samlingerne indtil videre kun inden for begrænsede områder vil kunne danne basis for forskning. Som første led i ethvert nyetableret professorats aktivitet iværksættes undervisning og vejledning til 2.del jævnsides med forskningsvirksomhed og forberedelse af de øvrige undervisningstrin, der er nødvendige for gennemførelsen af det fulde biologistudium i Aarhus.”²⁶¹

Det var med andre ord de mere specialiserede, eksperimentelt orienterede biologiske fagområder, man ønskede at udbygge nu, hvor fagene til forprøven var på plads. Udvalget overvejede derfor oprettelsen af og rekrutteringsmuligheder indenfor fagområderne plantefysiologi, dyrefysiologi, genetik, biologisk kemi (biokemi), *mikrobiologi*²⁶² samt ekstra afdelinger indenfor de allerede eksisterende fag zoologi og botanik. Hvad angik professoraterne i plante- og dyrefysiologi, havde udvalget allerede fundet værdige kandidater fra Bergens Universitet. Besættelsen af de ekstra professorater i botanik og zoologi²⁶³ kunne udskydes, indtil universitetet begyndte at varetage undervisningen på 1.del af embedseksamen. Udvalget så heller ikke problemer i at finde kvalificerede ansøgere til professoratet i biologisk kemi (biokemi). Da faget betragtedes som et vigtigt biologisk fag, ønskedes udvalget en lærestol oprettet så hurtigt som muligt. Det samme gjorde sig gældende for fagområdet genetik. Ved rapportens udfærdigelse mente udvalget, at op til hele 12 kvalificerede, potentielle ansøgere var at finde i de nordiske lande. Disse ansøgere repræsenterede hver især forskellige sider af genetikken (cytogenetik, mutationsforskning,

²⁶¹ Ibid., p. 3. Understregninger er med i den oprindelige rapport.

²⁶² Min kursivering (MLT)

²⁶³ Professoratet i zoologi var godt nok i nogen grad tænkt som et eksperimentelt 2.dels fag, men problemer med faget i den Københavnske faggruppe, havde fået udvalget til at tøve med oprettelsen af professoratet i Aarhus.

populationsgenetik og strålingsgenetik)²⁶⁴, og beklædelsen af lærestolen skulle derfor overvejes nøje. Udvalget opfordrede til, at man valgte at besætte professoratet med en kandidat, hvis faglige speciale passede ind i et eventuelt samarbejde med faggruppens øvrige fag²⁶⁵. Fagområdet mikrobiologi var straks mere problematisk:

”Også mikrobiologien indgår på væsentlig måde i studieplanen. Hvad sidstnævnte fag angår, vil der næppe herhjemme indenfor en kommende 5-års periode stå egnede kandidater til rådighed for en lærestol i Aarhus, og det må derfor anses for rimeligt at udskyde en besættelse af dette fag i nogle år.”²⁶⁶

Denne konklusion kan måske virke en anelse overraskende, idet en åbenlyst egnet kandidat var at finde på et udvalgsmedlems hjemmebane – nemlig Ole Maaløes egen afdelingsleder på Mikrobiologisk Institut (MI): Niels Ole Kjeldgaard! Da Kjeldgaards faglige kapacitet næppe kunne drages i tvivl, kunne en *mulig* forklaring på udmeldingen være, at Maaløe ikke ønskede at miste sin kompetente afdelingsleder og dermed få opsplittet sit institut i to.²⁶⁷ Under alle omstændigheder anbefalede udvalget, at man snarest muligt oprettede lærestole i plantefysiologi, dyrefysiologi, genetik og biologisk kemi (biokemi), da man umiddelbart kunne finde egnede kandidater til disse lærestole. Mikrobiologien måtte indtil videre vente. Anbefalingerne blev sendt til NF og dets budgetudvalget, der valgte at medtage de fire professorater på det kommende budgetforslag for 1966/67²⁶⁸. Fakultetet havde således sikret et professorat i biokemi. Men biokemien skulle alligevel ikke få foden indenfor på fakultetet førend hele tre år senere. Den ellers midlertidigt skrinlagte mikrobiologi overtog nemlig biokemiens plads!

Årsagen til denne omprioritering er svær at fastslå. Kilderne er forbavsende tavse derom. Jeg kan derfor blot give et muligt men forhåbentligt kvalificeret bud på, hvorfor tingene forløb på denne måde. Måske bød rekrutteringen af en passende kandidat til lærestolen i biokemi alligevel på problemer? Dette kunne i sig selv være grund nok til at udsætte oprettelsen og besættelsen af en lærestol. Men hvis man dertil lægger, at NF mod udvalgets rapporterede forventning alligevel fandt frem til en værdig kandidat til lærestolen i mikrobiologi, kan man måske ane en forklaring på omprioriteringen i udbygningen af de biologiske fag. NF var interesseret i så hurtigt som muligt at få udbygget bio-faggruppen, så

²⁶⁴ Rapport af 02.02.1966 til AU fra bioudvalget. (Det Naturvidenskabelige Fakultets Arkiv, AU). P. 5.

²⁶⁵ Ibid.

²⁶⁶ Ibid., p.6.

²⁶⁷ Dette er kun spekulation fra min side, da jeg af gode grunde ikke har kunnet spørge den nu desværre afdøde Professor Maaløe. Min spekulation bakkes dog op af mit interview med N.O. Kjeldgaard d. 23.04.2003.

den kunne varetage undervisningen på 2.del. Man havde fået afsat bevillinger til fire professorater på budgetforslaget 1966/67. I det perspektiv var det for så vidt ligegyldigt om det fjerde professorat blev i biokemi eller mikrobiologi. Man ønskede simpelthen bare at få udbygget de fagområder, som var parat til det. I en skrivelse fra biofaggruppen til NF af 27.06.1966 orienteredes der derfor om, at der førtes forhandlinger ”med fire højt kvalificerede forskere om besættelse af de ledige professorater i de biologiske fag: plantefysiologi, dyrefysiologi, genetik og *mikrobiologi* [min kursiv]”.²⁶⁹ Den kvalificerede forsker, man forhandlede med om professoratet i mikrobiologi, var lektor og afdelingsleder dr.phil. Niels Ole Kjeldgaard.

Kjeldgaard havde fungeret som afdelingsleder ved Københavns Universitets Mikrobiologiske Institut siden 1961. Mange af de biologiske institutter på Københavns Universitetet undergik dengang en række *duplikationer*. Der blev med andre ord oprettet et ekstra professorat (og dertil hørende institut) i samme fag. Det var blandt andet tilfældet for faget biokemi. Universitetets Mikrobiologiske Institut så dog ikke ud til at skulle gennemgå en sådan fordobling. Da bio-udvalgsmedlem Morten Lange derfor spurgte Kjeldgaard, om han ville være interesseret i at bestride et professorat i mikrobiologi på Aarhus Universitet, var tilbudet uden tvivl tillokkende, selvom det indebar en flytning til Århus. Chansen for i den nærmeste tid at blive tilbudt et professorat i mikrobiologi ved Københavns Universitet var ikke overvældende stor. Beslutningen blev lettet noget, da Kjeldgaards gode ven Ove Frydenberg takkede ja til det ledige professorat i genetik på AU. Frydenberg havde fungeret som afdelingsleder ved Mogens Westergaards Genetiske Institut i BCI. Da Westergaard efter en blodprop i hjertet søgte sin afsked, overtog Dieter von Wettstein professoratet. Det så ikke ud til, at endnu et ledigt professorat i genetik ville blive slået op. Det var derfor en god mulighed for Frydenberg at bygge sit eget Institut for Genetik op på Aarhus Universitet. Det Mikrobiologiske og Genetiske Institut på BCI arbejdede som bekendt sammen på tværs af de disciplinære grænser. Udsigten til at komme til at fortsætte dette samarbejde med Frydenberg i de nye rammer på Aarhus Universitet havde stor, hvis ikke afgørende betydning for, at Niels Ole Kjeldgaard i sidste ende takkede ja til at søge professoratet i mikrobiologi i Århus²⁷⁰.

5.2: Oprettelsen af Institut for Molekylær Biologi

”Mikrobiologi” skulle dog ikke blive det endelige navn for Kjeldgaards professorat. Den 1. juli 1966 (kun fire dage efter skrivelsen af 27.06.1966) sendte NF’s dekan Svend Brodersen en

²⁶⁸ Fakultetsmødereferat fra møde i NF d.08.02.1966. (NF sekretariat, AU)

²⁶⁹ Skrivelse til NF, AU af 27.06.1966 (Det Naturvidenskabelige Fakultets Arkiv, Else Aunsholt, AU)

²⁷⁰ MLT interview med N.O. Kjeldgaard 23.04.2002.

skrivelse til AU om besættelsen af de fire bioprofessorater. Heri skriver han, at de på finanslovene for 1965/66 og 1966/67 bevilgede fire professorater var besat. Dyre- og plantefysiologi blev besat af hhv. Professor dr.phil. Einer Eliassen²⁷¹ og Professor dr.phil. Poul Larsen. Professoratet i genetik var blevet døbt ”populationsgenetik”, og Frydenberg havde accepteret at efterkomme en kaldelse fra og med sommeren 1967. Det fjerde og sidste professorat, der hidtil havde heddet ”mikrobiologi”, var i løbet af de foregående fire dage kommet til at hedde ”*molekylær biologi*”²⁷². Brodersen rapporterede videre, at Kjeldgaard havde accepteret at søge professoratet og forventedes at kunne tiltræde i slutningen af 1967²⁷³. Men hvorfor blev mikrobiologi pludselig forvandlet til molekylær biologi? Hvad var der sket i de fire dages forhandlinger, som ledte frem til Kjeldgaards ”accept” af professoratets karakter og dets navneskift?

Det er selvfølgelig nærliggende at tro, at der var tale om en banal skrivefejl. Det var dog ikke tilfældet. Der var nærmere tale om et forsøg på at efterkomme opfordringerne i bio-udvalgets rapport. Selvom Ole Maaløes Mikrobiologiske Institut i stigende grad havde beskæftiget sig med molekylærbiologisk forskning, var det dog stadig et institut for generel mikrobiologi og altså ikke et egentligt institut for molekylærbiologi. Man kunne med andre ord ikke udelukkende bedrive den nye, molekylærbiologiske forskning på dette sted. Der skulle også tages hensyn til mere traditionelle mikrobiologiske forskningsområder. Morten Lange forklarer derfor det århusianske professorats navneskifte på følgende måde:

”Under det naturvidenskabelige fakultet og tilsvarende læreanstalter var mikrobiologiske ideer baseret på ølbrygning, bagning og ost. Carlsberglaboratoriet var på toppen med gærforskning.

Det store nye forløb med DNA molekyle struktur fra 1953 gav helt nye forskningsperspektiver. I løbet af få år kom disse problemer i centrum og fortrængte de gamle ølbrygningsperspektiver. Molekylærbiologien blev klart i centrum i universitetsstrukturene. Det fremgik klart af stillingsbesættelser ved KU, DTU og Landbohøjskolen, hvor erfarne ølbryggere tabte til den nye generation af molekylærbiologer.

– Det var naturligt også at sikre i Århus ved at præcisere kompetenceområdet.”²⁷⁴

²⁷¹ Eliassen kom dog aldrig til Århus, af årsager jeg ikke har kunnet finde frem til.

²⁷² At ordet blev delt i to ”molekylær biologi” fremfor et ord ”molekylærbiologi” skyldtes ordets engelske oprindelse. Instituttets navn er siden blevet ændret til det i Danmark mere korrekte ”molekylærbiologi”. Jeg vil generelt bruge denne term, hvor den ikke refererer direkte til instituttets oprindelige, engelsk-prægede navn.

²⁷³ Skrivelse af 01.07.1966 til AU fra dekan Svend Brodersen. (Det Naturvidenskabelige Fakultets Arkiv, AU)

²⁷⁴ Brev af 03.06.2003 fra Morten Lange til Marie Louise Thomsen

”Molekylæriseringen”²⁷⁵ af biologien var med andre ord nået til Aarhus Universitet. Kjeldgaard nåede gennem samtale med Frydenberg, Lange og Larsen frem til konklusionen, at navnet ”mikrobiologi” nu ikke længere var en tilstrækkelig betegnelse for den forskning, han ønskede at bedrive på NF i Aarhus²⁷⁶. Professoratet måtte derfor blive i ”molekylær biologi”. Denne terminologiske demarkation i forhold til Maaløes Mikrobiologiske Institut i København var også i fin overensstemmelse med anbefalingerne fra bio-udvalgets rapport fra 1966. Aarhus Universitet fik nu som det første universitet i landet en lærestol i molekylærbiologi, og bidrog derved til en egentlig forskningsmæssig arbejdsdeling mellem de to universiteter. Molekylærbiologien var i allerhøjeste grad et eksperimentelt forskningsområde, der i kraft af sin internationale gennemslagskraft og prestige ville være med til at forme 2.delen og NF’s profil udadtil. Navnet signalerede, at biologistudiet på AU var et tidssvarende studie, der søgte at ruste de studerende til de nyeste udviklinger i den biologiske forskning. NF kunne dermed leve op til Bio-udvalgets anmodning om, at man netop i Aarhus skulle gøre den eksperimentelle biologiske forskning til sit kompetenceområde og indtil videre overlade de mere traditionelle fag til København.

Nogle vil måske indvende, at navnet ”molekylær biologi” blot var et smart modeord, og at det som alle andre ”modediller” blot var et forbipasserende fænomen. Under den optik kunne navneskiftet forklares som et uigennemtænkt modelune, der dækkede over gammel vin på nye flasker. Denne mulighed kan da heller ikke afvises. Som jeg har forsøgt at argumentere for, er der dog flere ting der indikerer, at navneskiftet var mere substantielt og velovervejet end som så. Modeord eller ej; molekylærbiologien skulle vise sig at være en hårdlivet forskningstradition, der modstod tidens tand og tilpassede sig dens skiftende tendenser. Derudover gav navneskiftet også anledning til en fagpolitisk appelsin i turbanen for Aarhus Universitet, der i nogen grad kunne bruge molekylærbiologien til at promovere og præcisere det stadigt spæde Naturvidenskabelige Fakultets biologiske kompetenceområde i forhold til Københavns Universitet. NF havde derfor ingen indvendinger imod, at Kjeldgaard omdøbte det professorat, han var blevet opfordret til at søge. På et fakultetsmøde d.13.09.1966 besluttede man derfor at formulere et opslag af et professorat i ”molekylær biologi”, under forudsætning af, at den nyudnævnte genetik-professor Frydenberg ikke havde noget imod det, hvilket han ikke havde²⁷⁷. At professoratet blev slået op var en ren formalitet, da Kjeldgaard allerede havde forhandlet bevillingsbehov med fakultetet to måneder forinden²⁷⁸. Han indsendte sin ansøgning til AU i oktober 1966, og fakultetet nedsatte i november et

²⁷⁵ Se kapitel 1.

²⁷⁶ MLT interview med N.O. Kjeldgaard d. 23.04.2003.

²⁷⁷ NF mødereferat 13.09.1966 (NF sekretariat, AU)

fagkyndigt udvalg bestående af Professor Kai Larsen, Professor Frydenberg og dr.phil. Agnete Munch-Petersen (Prof. i biokemi, KU) til at bedømme den²⁷⁹. Udvalget erklærede sig enstemmigt enig i at godtage Kjeldgaards ansøgning i februar 1967 med følgende begrundelse:

”Sammenfattende kan det siges, at alle Kjeldgaards publikationer, fra de tidligste konventionelt biokemiske til de senere molekylærbiologiske, vidner om en stor metodologisk dygtighed og en højtudviklet kritisk evne, som i forening er ansvarlige for de publicerede eksperimenters meget høje karat samt for disses altid relevante og koncise diskussion. Når hertil erindres Kjeldgaards sans for, som det bevidnes ikke mindst af hans senere arbejder, at beskæftige sig med centrale molekylærbiologiske emner, tager vi ikke betænkning i at udtale, at vi betragter ham som endog særdeles velkvalificeret til at beklæde et professorat i molekylær biologi.”²⁸⁰

Da Konsistorium støttede op om denne anbefaling, blev Kjeldgaard ansat pr. 1. juni 1967.²⁸¹ Kun to måneder efter foreslog Kjeldgaard, at man oprettede et særskilt institut for molekylær biologi²⁸². Frydenberg havde ellers tidligere leget med en ide om, at de biologiske fag skulle samles i tre store institutter: et for zoologiske fag, et for botaniske fag og et for alle de (eksperimentelle?) fag, som lå imellem - nemlig genetik, molekylær biologi, cytologi mm.²⁸³ Ideen om sådanne tværfaglige institutter blev dog ikke ført ud i livet, og man valgte fra fakultetets side at oprette særskilte institutter i stedet. Det var således i kølvandet på oprettelsen af det genetiske og plantefysiologiske institut, at Kjeldgaard fremførte sit forslag, der blev anbefalet af fakultetet. Dette betød ikke, at Kjeldgaard og Frydenberg havde opgivet deres planer om et samarbejde institutterne imellem. En enkelt barriere for denne tværfaglighed var dog, at det var svært at finde egnede lokaler til de nye biologiske institutter, indtil et egentligt biologisk bygningskompleks stod færdigt. Indtil da så man sig nødsaget til at finde mere eller mindre interimistiske løsninger. På et byggemøde i forbindelse med oprettelsen af fysikernes og matematikernes nybyggerier, vedtoges det, at tagetagen i H-bygningen (nu kendt som bygning 521) kunne indrettes til professor Kjeldgaards laboratorier.

²⁷⁸ Skrivelse af 01.07.1966 til AU fra Dekan Svend Brodersen. (Det Naturvidenskabelige Fakultets Arkiv, AU).

²⁷⁹ NF mødereferat 08.11.66 samt N.O. Kjeldgaards ansøgning af 27.10.1966 (lånt af Kjeldgaard). Kan også findes som bilag til fakultetsmødereferaterne som: Nr. NF 3-66/67-5.

²⁸⁰ Årsberetning for Aarhus Universitet 1966-67, p. 183.

²⁸¹ Konsistorium mødereferater af 12.04.1967 (Journalkontoret, AU) samt NF mødereferat af 06.06.67 (NF sekr., AU). I sidstnævnte referat byder dekanen godt nok N.O.K. velkomment til fakultetet og professoratet i ”mikrobiologi”, men da der i alle andre kilder står ”molekylær biologi”, antager jeg, at der er tale om en fejl.

²⁸² NF mødereferat af 05.09.67. (NF sekretariat, AU).

²⁸³ NF mødereferat af 09.05.67. (NF sekretariat, AU).

Det ville således have tilvejebragt de fysiske rammer for oprettelsen af Institut for Molekylærbiologi. Byggeudvalget forventede dog, at indretningen af de nye lokaler først ville kunne afsluttes efter et halvt år. Måske ville man på dette tidspunkt have fundet en bedre (og billigere) løsning på problemet. Man ønskede stadig, at de biologiske fag skulle være samlet, og det ville derfor være spild af penge at indrette midlertidige laboratorier i fysikernes H-bygning, hvis første etape af et biologisk byggeri ville stå klart inden alt for længe. Dette byggeri, ”biokæden”, skulle bestå af tre byggerier: Biologi I, II og III. Licitationen af Biologi I, fandt sted i december 1967. Det var planlagt, at denne bygning skulle rumme plantefysiologi, genetik og molekylærbiologi. Rektor besluttede derfor i forbindelse med licitationen, at spørgsmålet om oprettelsen af Institut for Molekylær biologi måtte genoptages, når man forhåbentligt havde fundet mere egnede lokaler²⁸⁴.

Da Biologi I imidlertid ikke stod færdigt i maj 1968, blev indretningen af tagetagen i H-fløjen alligevel sat i gang. Det samme blev behandlingen af Kjeldgaards anmodning om at få oprettet et Institut for Molekylær Biologi. Konsistorium godkendte d. 5. juni 1968, at instituttet oprettedes, og dermed blev molekylærbiologien institutionaliseret i Danmark²⁸⁵. Maaløe havde indtil da muliggjort, at Kjeldgaard kunne fortsætte sit arbejde på Mikrobiologisk Institut i København indtil acceptable forhold kunne opnås på Aarhus Universitet. Maaløes gestus betød i praksis, at det nye molekylærbiologiske institut fra starten havde et forskningsprogram: undersøgelser af mekanismer for regulering af ribonukleinsyresyntesen hos *E.coli* bakterien²⁸⁶. Arrangementet betød, at instituttet hurtigt formåede at leve op til bioudvalgets krav om, at de nye eksperimentelle biofag skulle prioritere forskningen højt i forbindelse med arbejdsdelingen mellem Aarhus og Københavns Universitet. Instituttet bestod i sit første leveår af bestyrer (og professor) Niels Ole Kjeldgaard, amanuenserne cand.scient. Elsebet Lund og Ph.D. Jeff E. Siegel, sekretær Bente Asbjørn Hansen samt en laboratorieassistent og -betjent. Meget af deres tid gik med laboratorieindretning, indkøb og afprøvning af videnskabelige instrumenter samt rent administrative anliggender, som oprettelsen af et nyt institut kræver²⁸⁷. Til trods for at den unge disciplin nu endelig var blevet ”stueren” og havde fået foden indenfor på universiteterne, medførte det dog ikke en endegyldig accept af molekylærbiologiens tværfaglige natur. Skønt molekylærbiologien nu var blevet institutionaliseret i lighed med de mere traditionelle biologiske fag, var spørgsmålet om den tværfaglige disciplins *placering* i forhold til disse fag stadig svært at svare på. Det nye institut skulle snart få dette at føle, da en sag om netop de

²⁸⁴ Journalsag: 1212/67 – NF 29 (Journalkontoret, AU)

²⁸⁵ Ibid. samt Konsistorium mødereferat af 05.06.68. (Journalkontoret, AU)

²⁸⁶ Aarsberetning for Aarhus Universitet 1968/69.

fysiske rammer for forskningen skulle illustrere de delte meninger om molekylærbiologiens placering i videnskabernes hierarki.

5.3: Forskningen

Det planlagte samarbejde mellem Frydenbergs Genetiske Institut og IMB led en grim skæbne, da Frydenberg i en skrivelse af d. 20. maj 1969 meddelte Konsistorium, at han ikke længere som planlagt ønskede at have til huse i biokædens Biologi I. Han påpegede, at der var opstået et nært samarbejde mellem matematik og genetik, og ønskede derfor at blive i de midlertidige lokaler, han var blevet tildelt fra starten. Han skønnede, at Genetisk Institut kunne forblive i forlængelse af Matematisk Institut, hvis man byggede endnu en fløj²⁸⁸. Frydenberg foretog med denne anmodning et forskningsmæssigt kursskifte, idet han bevægede sig væk fra Westergaards biokemiske genetik fra tiden på BCI. Han valgte nu at lade sin egen foretrukne form for genetik, den matematisk orienterede populationsgenetik, være den dominerende genetiske strømning på instituttet. Westergaards forskning havde søgt at forklare, hvordan gener forandres ved mutation, og hvilke konsekvenser mutationen vil få for en organisme. Frydenbergs interesse var nærmere spørgsmålet om, hvorvidt det muterede gen via reproduktion ville tiltage i hyppighed i en population på bekostning af det oprindelige gen eller ej²⁸⁹. Den slags forskning var en slags matematisering af biologien og krævede et godt kendskab til disciplinerne matematik og statistik, som Frydenberg mestrede til fulde²⁹⁰. Han var en af de første forskere, som søgte at føre statistikken ind i genetikken, hvilket ikke altid var nemt i en faggruppe, der i nogen grad forholdt sig skeptisk overfor foreningen af en biologisk og en eksakt videnskab. For at få mulighed for at gennemføre det forskningsmæssige kursskifte, han brændte så meget for, har Frydenberg nok været nødsaget til at slå til, da matematikerne gav ham buddet. Set med eftertidens øjne medførte Frydenbergs beslutning et forskningsmæssigt fremskridt for populationsgenetikken, og man kan under den optik ikke fortænke ham i at have foretaget skiftet. For Kjeldgaard, der til dels havde accepteret det århusianske professorat på grund af mulighederne for at fortsætte det tværfaglige samarbejde med sin ven Frydenberg, var dette kursskifte dog forståeligt nok noget af en overrumpning. Ikke alene styrede Frydenberg sit institut i retning af populationsgenetikken, som molekylærbiologien ikke havde oplagte samarbejdsmuligheder med, han flyttede sågar instituttet ud af den planlagte Biologi I bygning og efterlod dermed

²⁸⁷ Ibid.

²⁸⁸ Konsistoriums Forretningsudvalgs mødereferat af 21.05.1969 (Journalkontoret, AU)

²⁸⁹ Institutlederne (1959), p. 136.

²⁹⁰ Årsberetning for Aarhus Universitet 1974/1975.

Kjeldgaard i selskab med de mere traditionelle biofag. Frydenberg må have været klar over, hvor grim en overraskelse hans forskningsmæssige kursskifte måtte være for hans ven Kjeldgaard, der i vid udstrækning havde lagt sit instituts forskningsmæssige program an på et samarbejde med Frydenberg. Noget tyder i hvert fald på, at han har valgt at gå stille med dørene med hensyn til sin beslutning. Han valgte en noget utraditionel måde at fremføre forslaget om kursskiftet på, så han i første omgang undgik en direkte konfrontation med Kjeldgaard og resten af fakultetet. Han sendte sit forslag til Konsistoriums Forretnings Udvalg (KFU), uden at sagen havde været til behandling på fakultetsplan. Den havde dog været til behandling i Matematisk Instituts bestyrelse, som gik varmt ind for kursskiftet. Hverken Frydenberg, matematikprofessor Bundgaard eller nogen anden fra den matematiske bestyrelse fandt det nødvendigt at informere resten af fakultetet om sagen. KFU medlem professor Mogens Ingerslev udtrykte da også sin betænkelighed over denne procedure²⁹¹. Oprettelsen af en ny bygning til Genetisk Institut kunne ikke uden videre beslattes uden om fakultetet. Fakultetet blev først informeret om sagen på et møde d. 3. juni 1969, hvor Kjeldgaard i øvrigt var fraværende. Ifølge eget udsagn kom Frydenbergs planer fuldstændigt bag på ham²⁹². Planen kom også bag på det meste af fakultetet, der dog vedtog at søge det genetiske byggeri gennemført ”under forbehold af, at det ikke måtte influere på realiseringen af biofaggruppens øvrige byggeprogram²⁹³.” I mødereferatet er der dette til trods anført, at forbeholdet efter nogen forhandling frafaldt! Betød denne tilføjelse, at eet instituts ønsker alligevel fik lov til at blive gennemført, selvom det måtte vælte en hel faggruppes byggeplaner? I så fald var det udtryk for, at Svend Bundgaard og hans Matematisk Institut var en mægtig allieret. Det genetiske byggeri blev under alle omstændigheder opført for penge, der blandt andet kom fra en påbudt nedskæring af byggebudgettet for anden etape af det fysisk-matematiske byggeri²⁹⁴.

Sideløbende med Frydenbergs kursskifte, havde Kjeldgaard skabt kontakt til en mulig kandidat til det bevilgede professorat i biokemi. Bioudvalgets anbefaling af en trinvis udbygning af biofagene betød, at Kjeldgaards spæde molekylærbiologiske institut ikke blev oversvømmet med studenter og undervisningspligter. Instituttet kunne koncentrere sig om den rent faglige udvikling. Dette forhold afspejledes også i besættelsen af instituttets stillinger²⁹⁵. Dygtige forskere ville kunne hentes til instituttet, uden at de øjeblikkeligt ville blive belempret med tunge undervisningsbyrder. Der var plads til, at de kunne pleje deres forskningsprojekter,

²⁹¹ Ibid.

²⁹² MLT interview med N.O. Kjeldgaard d. 23.04.2003.

²⁹³ NF mødereferat af 01.07.69. (NF sekretariat, AU).

²⁹⁴ KFU mødereferat af 01.08.1969. (Journalkontoret, AU)

²⁹⁵ Kjeldgaard (1993), p. 8.

der i sidste ende ville være med til at forme instituttet og molekylærbiologien i Århus. Som før nævnt havde Kjeldgaard i det første år efter sin udnævnelse som professor arbejdet videre på Maaløes Mikrobiologiske Institut i BCI. Det faldt ham derfor naturligt at fortsætte dette arbejde på Aarhus Universitet i samarbejde med Frydenberg. Frydenbergs pludselige kursskifte betød derfor, at det molekylærbiologiske institut nu måtte foretage sit eget forskningsmæssige kursskifte, og besættelsen af professoratet i det beslægtede fag biokemi og af instituttets egne stillinger var således ikke uden betydning for dette anliggende. Kjeldgaard havde mulighed for at tilbyde potentielle kandidater til stillingerne attraktive kår på det nye institut, og han kunne derfor lokke store kapaciteter til stedet. Netop den faglige dygtighed var kendetegnende for Kjeldgaards kandidat til professoratet i biokemi – Kjeld Marcker. Kjeldgaard og Marcker var begge uddannede biokemikere. Ifølge Kjeldgaard var de i sin tid blevet præsenteret for hinanden i København gennem en fælles ven²⁹⁶. Da professoratet i biokemi atter kom på tale i fakultetet, tog Kjeldgaard derfor kontakt til Marcker, der havde profileret sig forskningsmæssigt flot i Cambridge. Det var således ikke en fuldstændig fremmed kandidat til professoratet i biokemi, Kjeldgaard foreslog for fakultetet²⁹⁷. Professoratet blev slået op, og ved ansøgningsfristen forelå fem ansøgninger. Den 27. august 1969 vedtog Konsistorium at ansætte Marcker som professor i biokemi pr. 1. januar 1970.

Da et eventuelt Biokemisk Institut ville blive placeret i Biologi I, blev Marcker og Kjeldgaard hurtigt enige om at slå deres institutter sammen. Dette ville betyde, at fagene fysisk blev placeret i forbindelse med hinanden til fordel for det daglige samarbejde. Den tungest vejende årsag til sammenlægningen af de to institutter, der fra indflytningen i Biologi I juni 1970 fungerede under navnet Institut for Molekylær Biologi, var dog ren og skær økonomi. Tilsammen ville fagene opnå flere midler ved at være fælles om stillingsbevillingerne og det dyre apparatur. Med Kjeld Marckers ankomst til instituttet, havde Kjeldgaard formået at importere den britiske molekylærbiologiske tradition til Århus. For nok var Marcker blevet professor i biokemi, men han havde de foregående år arbejdet i et af molekylærbiologiens absolutte knudepunkter - Cambridge.

Marcker blev i 1958 mag.scient. i biokemi ved Københavns Universitet. Fra 1958-1961 fungerede han som videnskabelig assistent ved Fysisk-Kemisk Institut på samme universitet og i årene 1961-1962 ved Biokemisk Afdeling på Københavns Tandlægehøjskole. Herefter modtog han et stipendium fra Carlsbergfondet. Dette stipendium satte ham i stand til

²⁹⁶ MLT interview med N.O. Kjeldgaard d. 12.11.2002.

²⁹⁷ NF mødereferat af 10.12.1968. (NF sekretariat, AU).

at rejse til England, hvor han arbejdede på Laboratory of Molecular Biology²⁹⁸ (LMB) i Cambridge. Den første tid arbejdede han som stipendiat og senere som fastansat under Frederick Sanger²⁹⁹. Som før nævnt var dette laboratorium op gennem 1960'erne meget aktivt i kapløbet om at afsløre, hvordan den genetiske information i form af DNA'ets baserækkefølge blev omsat til en bestemt rækkefølge af forbundne aminosyrer i et protein. Det var også i Cambridge, modelbyggerne Watson og Crick gav deres bud på DNA'ets struktur og mekanismerne bag dets replikation. Laboratoriet var derfor aktivt i den videre afdækning af det såkaldte centrale dogme for molekylærbiologien.

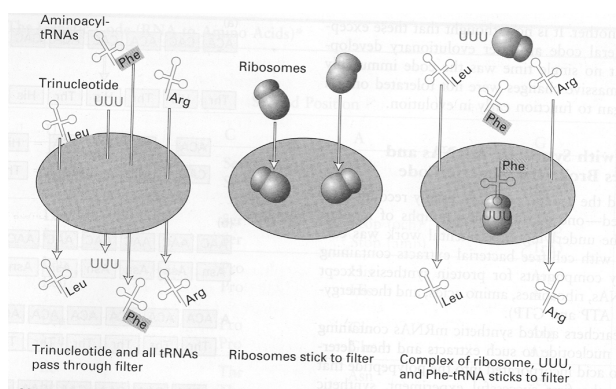
Man vidste, at DNA'et ikke direkte dikterede opbygningen af proteinerne. Informationen i DNA blev derimod transkriberet til en komplementær enkeltstrenget type nukleinsyre, mRNA, som efterfølgende bar denne information til en af cellernes ”proteinfabrikker” – ribosomerne. Et ribosom bestod af proteiner og nukleinsyren rRNA, og det var her mRNA'ets information blev omsat til proteiner, der under særdeles ordnede forhold stykkedes sammen af frie aminosyrer, der blev bragt til ribosomet ved hjælp af nukleinsyren tRNA (populært kaldt transport RNA). Denne omsættelse af mRNA'ets basesekvens til en bestemt aminosyrerækkefølge i et protein blev kaldt proteinsyntesen eller *translationen*. Man kaldte rækkefølgen af aminosyrerne i et protein for proteinets *sekvens* eller dets *primære struktur*. I 1950'erne og 1960'erne havde man dog problemer med at forstå den molekylære specificitet bag translationen. Hvordan blev mRNA'ets baserækkefølge oversat til en bestemt rækkefølge af aminosyrer i proteinet? Der måtte være en slags kode på spil!

Det var denne genetiske kode, som Marshall Nirenberg og hans kolleger fra hjerteafdelingen på det amerikanske National Health Institute i Bethesda formåede at bryde i årene 1961-1964. Da mRNA består af kun fire baser³⁰⁰, indså man, at koden for hver enkelt af de tyve kendte aminosyrer måtte bestå af en kombination af flere baser på én gang. Baserne i den genetiske kode skulle med andre ord kunne kombineres på mindst tyve forskellige måder. Man fandt derfor frem til, at koden måtte bestå af *tre* baser, en triplet, som man kaldte et kodon. Kombinationsmulighederne for tre baser i træk giver dog et antal langt over de tyve – nemlig 64. Nirenberg ønskede at finde ud af, hvilken aminosyre hvert enkelt kodon kodede for. Han gjorde dette gennem et simpelt eksperiment, hvor syntetisk mRNA sammensat af mange eksemplarer af den samme base blev tilsat et *E.coli*-ekstrakt, hvor alle de nødvendige komponenter af proteinsyntesen var til stede med undtagelse af naturligt mRNA. Nirenberg lagde derefter ud med at tilsætte poly U-mRNA, som udelukkende bestod af eksemplarer af

²⁹⁸ Som før nævnt var dette et nyt navn for Astburys og Kendrews ”Unit for the Study of Molecular Structure of Biological Systems” fra 1947 der udsprang af det molekylærbiologiske arbejde i Cavendish laboratoriet.

²⁹⁹ Årsberetning for Aarhus Universitet 1969/1970.

basen uracil. Resultatet blev et protein, der kun var sammensat af aminosyren phenylalanin. Koden for denne aminosyre måtte derfor være "UUU". Han gentog eksperimentet med poly C og poly A og fandt, at de kodede for henholdsvis aminosyren prolin og lysin. Forsøg med poly G virkede ikke godt i eksperimentet, da denne usædvanlige konstruktion syntes at hindre translationen rent sterisk³⁰¹. Hele den genetiske kode blev dog først brudt, da Nirenberg og kollegerne tog en anden type eksperiment i brug. Nirenberg vidste, at tRNA førte en aminosyre til ribosomet, når mRNA'ets kodon dikterede det. Han ønskede derfor at finde ud af, hvilke aminosyrer de enkelte kodons kodede for. Han tilberedte tyve bakterieekstrakter. Ekstrakterne indeholdt samtlige mulige aminoacyl-tRNA'er, som var navnet for komplekset af tRNA og aminosyren. I hvert af de tyve ekstrakter var én bestemt slags af de bundne aminosyrer mærket radioaktivt. Tyve radioaktivt mærkede aminosyretyper i hvert sit af de tyve ekstrakter. Der findes mange forskellige tRNA'er, der hver især kun kan bindes sammen med én ud af de tyve aminosyretyper. I tRNA'et findes der ydermere en basetriplet, som kan danne hydrogenbindinger med et komplementært kodon på mRNA'et, der også er "parkeret" i ribosomet. Denne bindingsspecificitet sikrer, at kun den rette aminosyre transporteres til ribosomet og indbygges i proteinet. Nirenberg udnyttede denne bindingsspecificitet i sit eksperiment. Hvis aminoacyl-tRNA bandt til både kodon og ribosom, ville dette relativt store kompleks blive holdt tilbage af et nitrocellulosefilter ved filtrering af ekstrakten. Nirenberg kunne så efterfølgende finde ud af, hvilken aminosyre kodonet kodede for ved at undersøge filtret for radioaktivitet. Da han vidste, hvilket af de tyve ekstrakter indeholdt den radioaktivt mærkede udgave af en bestemt aminosyretype, var identifikationen let³⁰².



Nirenberg løste den genetiske kode ved at gentage forsøget for alle 64 kodoner. Forsøget viste, at nogle aminosyrer er kodet af flere forskellige kodons, mens andre kun kodes af et

³⁰⁰ Adenin, cytidin, guanin og endelig *uracil* (i stedet for DNA basen thymin).

³⁰¹ Lodish et.al.: *"Molecular Cell Biology"*, Freeman, NY, USA (1999), p. 119.

enkelt. Det viste sig endvidere, at tre af de 64 kodons ikke kodede for aminosyrer. Der var derimod tale om en slags ”stop-signal”, der viste, at proteinkæden ikke skulle være længere. Forsøget indikerede desuagtet, at selve starten på et proteins syntese ikke krævede noget bestemt signal. Foruden de tre stop-kodons kodede de resterende 61 for aminosyrer. Proteinsyntesens start opfattedes derfor som en ligefrem proces, hvor første kodon i mRNA simpelthen bevirkede, at den rette aminosyre blev transporteret til sin plads i ribosomet i kompleks med et bestemt tRNA. Det var denne opfattelse, Kjeld Marckers forskning skulle gøre op med³⁰³.

I 1964 opdagede Frederick Sanger og Marcker en besynderlig aminoacyl-tRNA, der vendte op og ned på opfattelsen af, hvordan proteinsyntesen initieres³⁰⁴. De to forskere undersøgte kemisk, hvordan aminosyren methionin enzymatisk blev koblet sammen med dens specifikke tRNA til methioninacyl-tRNA. Undervejs besluttede de sig for ligeledes at undersøge, hvad der skete, når man nedbrød komplekset med et RNA-nedbrydende enzym – ribonuclease. For bedre at kunne skelne nedbrydningsprodukterne fra hinanden mærkede de methioninen med radioaktivt svovl. Produkterne blev yderligere adskilt ved hjælp af elektroforese, der udnytter, at molekyler har forskellig mobilitet i et elektrisk felt alt afhængig af deres størrelse, ladning og form. Sanger og Marcker forventede at finde en radioaktivt mærket methionyl-adenosylester, som et af nedbrydningsprodukterne fra den enzymatiske proces. I stedet fandt de to radioaktivt mærkede produkter, som ikke havde samme mobilitet. Produkterne var med andre ord ikke helt ens. Sanger og Marcker isolerede begge produkter og påviste dem som henholdsvis den forventede methionyl-adenosylester og en afart heraf, som var formyleret på methioninens aminogruppe (den var N-formyleret). Sanger og Marcker fandt også den formylerede forbindelse i voksende celler. De overvejede, om den formylerede udgave af methioninacyl-tRNA (f-met – tRNA) måske var involveret i selve initieringen af bakteriers proteinsyntese, da formyleringens placering på methioninens aminogruppe forhindrede, at denne gruppe kunne danne peptidbinding med en anden aminosyres carboxylgruppe. Den formylerede udgave kunne med andre ord ikke findes midt i et protein. Det kunne kun være den første aminosyre i proteinet. Der skulle dog ikke være noget til hinder for, at den *ufomylerede* udgave kunne indbygges midt i proteinet. Sanger og Marckers tese blev siden hen bekræftet af Jerry Adams og Mario Capecchi, der undersøgte naturligt F2 phag mRNA's oversættelse til protein i bakterier. De fandt, at bakteriers proteiner oftest

³⁰² Ibid., p. 120. Figur ligeledes fra Lodish, p. 120.

³⁰³ Clark og Marcker: ”How Proteins Start”, *Scientific American*, (1968), p. 36.

³⁰⁴ Marcker og Sanger: ”N-formyl-methionyl-s-RNA”, *Journal of Molecular Biology*, 8, (1964), pp. 835-840.

starter med formyleret methionin, der senere kappes af proteinerne enzymatisk³⁰⁵. F-met – tRNA måtte altså være en slags initieringssignal for proteinsyntesen i bakterier.

Det var imidlertid Marcker og Brian F.C. Clark, der fandt ud af, hvad forskellen på koden for indbygningen af henholdsvis formyleret og uformyleret methionin var. Clark havde i 1961 opnået en Ph.d. i organisk kemi på Cambridge. Han havde derefter arbejdet som postdoc hos Jack Buchanon på MIT's biokemiske afdeling i 1961-62 og hos Nirenberg på National Institute of Health i 1962-64. Her var han blevet sat ind i arbejdet med den genetiske kode. Den kendte molekylærbiolog Sydney Brenner var i denne periode på besøg i Nirenbergs laboratorium. Her mødte han den britiskfødte Clark, og tilbød ham arbejde i sit laboratorium³⁰⁶. Clark takkede ja og blev ansat hos LMB i afdelingen for molekylær genetik, som blev ledet af Brenner og Francis Crick³⁰⁷. Her fattede han hurtigt interesse for Sanger og Marckers opdagelse af f-met-tRNA'et og indledte efterfølgende et samarbejde med Marcker, der som før nævnt hørte til en anden afdeling af LMB, hvor man eksperimenterede meget med Sangers nye sekventeringsteknikker. De ønskede at undersøge de to typer tRNA nærmere. Ved hjælp af specielle oprensningsteknikker lykkedes det at få nok af begge typer til en egentlig bestemmelse. De erfarede, at den type methionin, der kan bruges til forlængelse af kæden og derfor ikke nødvendigvis skal sidde forrest, var kodet af kodonet AUG. Den formylerede udgave var derimod kodet af både AUG og GUG (og det sjældnere UUG)³⁰⁸. Men hvis begge typer kunne kodes af AUG, hvorfor kunne den uformylerede type så ikke initiere proteinsyntesen?

Marcker og Clark forskede videre i dette emne. Det lod til, at koden alene ikke var altafgørende. Også tRNA'ets tredimensionelle form var af betydning for, hvor godt molekylet passede ind i ribosomet. Dette var et meget typisk træk for den britiske strukturskole, der i vid udstrækning hvilede på tesen om, at et molekyles struktur siger noget om dets biologiske funktion. Mens Clark kastede sig ud i kapløbet om at afdække tRNA'ets 3D struktur ved hjælp af den svære røntgenkrystallografi³⁰⁹, valgte Marcker en mere biokemisk fremgangsmåde³¹⁰. Deres samarbejde resulterede i en dybere forståelse af, hvad der sker, når

³⁰⁵ Clark og Marcker (1968), p. 38.

³⁰⁶ Ingfei Chen: "The networker", *Sage*, (2003)

<http://sageke.sciencemag.org/cgi/content/full/sageke:2003/19/nf9>

³⁰⁷ Clark: "The crystallization and structural determination of tRNA", *TRENDS in Biochemical Sciences*, (2001), p. 511.

³⁰⁸ Clark og Marcker: "The role of N-formyl-methionyl-sRNA in protein biosynthesis", *Journal of Molecular Biology*, (1966), pp. 394-406.

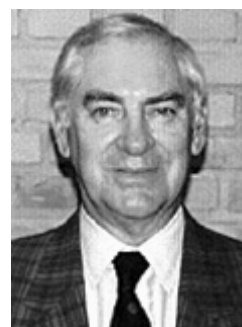
³⁰⁹ Han blev blandt andet den første som formåede at krystallisere tRNA. (1966).

³¹⁰ Blandt andet i Bretscher og Marcker: "Polypeptidyl-sRiboNucleic Acid and Amino-Acyl-sRiboNucleic Acid Binding Sites on Ribosomes", *Nature*, (1966), pp.380 – 384.

proteiner bliver syntetiseret. Arbejdet var banebrydende, men er desværre ikke blevet tildelt den fortjente opmærksomhed i den molekylærbiologihistoriske litteratur³¹¹. Grundet mit speciales begrænsede omfang kan det heller ikke blive tilfældet her. Jeg håber dog med denne kuperede gennemgang af deres forskning at have vist, at forskningen placerede sig fint indenfor den britiske molekylærbiologiske tradition. Pointen er vigtig, idet begge herrer med nogle års mellemrum kom til Århus. Trods ihærdige forsøg fra Marckers side, kom Clark dog ikke til arbejde på IMB, men derimod på Kemisk Institut. Begge forskere formåede alligevel at bruge deres britiske faglige træning til at profilere den århusianske molekylærbiologiske forskning.



Kjeld Marcker



Brian F. C. Clark

Marcker var dog ikke uden videre rejst fra det spændende og kapacitetsrige LMB til det unge NF i Århus. Han stillede visse krav. For nok var der et spændende videnskabeligt miljø i Cambridge, men konkurrencen var meget stor og pladsen begrænset. Selv nobelpristagere måtte nøjes med meget lidt plads i det molekylærbiologiske laboratorium. Havde man ambitioner om at oprette nye afdelinger, var det derfor en god ide at se sig om efter nye jagtmarker. I det lys har den unge århusianske biofaggruppe sikkert set mere attraktiv ud for Marcker og efterfølgende også for Brian Clark, der blev lovet sin egen afdeling på Kemisk Institut. Marcker forlangte dog, at hans kollega fra Sangers afdeling, proteinkemikeren Staffan Magnusson, ligeledes blev ansat ved IMB. Dette blev en realitet i juni 1970, hvor Magnusson blev ansat som afdelingsleder for instituttet. Det skulle vise sig at være et klogt valg, da Magnusson forskningsmæssigt langt fra var det tynde øl, der bare fulgte med.

Magnusson tog sin medicinske kandidateksamen ved det Karolinska Institutet i Stockholm i 1952 og medicinsk licentiat-eksamen i 1957. Sideløbende med de medicinske studier tog Magnusson kurser i uorganisk, organisk og fysisk kemi. I 1965 erhvervede han sig

³¹¹ MLT interview med N.O. Kjeldgaard d.12.11.2002. Derudover regnes Marckers oprindelige opdagelse af f-

den medicinske doktorgrad på disputatsen om koagulationsproteiner ”Studies on the Chemistry of Prothrombin and Thrombin”.³¹² Han havde arbejdet under professor Erik Jorpes, der arbejdede med produktion af insulin og som i 1930’erne havde isoleret det blodkoagulationshæmmende stof heparin. Magnusson havde derfor gennem mange år arbejdet i et miljø, der beskæftigede sig med emner som insulinproduktion og blodkoagulation. Magnusson påpegede år senere, at han var heldig med at få lov til at kombinere de to emner i sin egen forskning:

”Efter at være blevet helt fascineret af Fred Sangers første Nobel-forelæsning om bestemmelsen af insulinets aminosyresekvens var det ganske nærliggende at begynde med strukturbestemmelsen af thrombin. Den gang var kun strukturerne af Ca^{2+} -ioner og heparinets hovedtræk kendt indenfor koagulationsfeltet. Thrombinarbejdet tog stærkt fart da Sanger indbød mig til at arbejde med det i Brian Hartleys gruppe i Cambridge.”³¹³

I 1967 endte Magnusson derfor på LMB i Cambridge efter et studieophold i New Yorks State Department of Health i Albany (USA) i årene 1965-1966. Her arbejdede han videre med opklaringen af thrombin og prothrombins primærstruktur for nøjere at kunne forstå deres biologiske funktioner i koagulationsprocessen, og han kom gennem et større videnskabeligt forskningsprojekt og med anvendelse af de nye teknikker i Sangers afdeling frem til følgende vedrørende prothrombin.³¹⁴

Blodets koagulering er en indviklet proces, der i normale organismer sikrer, at mindre beskadigelser af blodkar ikke får fatale følger i form af et voldsomt blodtab. Blødningen standses ved dannelsen af en sårskorpe, som består af en blanding af blodplader og proteinet fibrin. Et trin i koagulationen involverer aktiveringen af proenzymet prothrombin til dets aktive enzymform thrombin. Prothrombin findes normalt i blodbanen. Ved sårning af organismen kommer blodet og dermed prothrombin uden for blodbanen. Her kommer proenzymet i kontakt med stoffer, der findes i det omgivende væv, og derfor først kan gøre deres virkning gældende i forbindelse med en sårning³¹⁵. Et sådant stof er enzymet faktor Xa, der aktiverer prothrombin ved at klippe dens første 274 aminosyrer af og yderligere klipper

met-tRNA med i molekylærbiologiens allervigtigste opdagelser af Jan Wittkowski. Wittkowski (1998).

³¹² H.H. Ussings tale ved overrækkelsen af Novo-prisen i 1984 til Staffan Magnusson (IMB’s gæstebog, IMB, AU).

³¹³ Staffan Magnussons svartale til H.H. Ussings tale ved overrækkelsen af NOVO prisen i 1984, (IMB gæstebog, IMB, AU.)

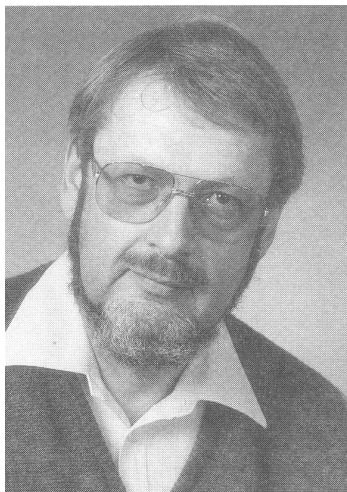
³¹⁴ Da dette arbejde består af 37 videnskabelige artikler fra årene 1960 – 74, har jeg valgt at give en overordnet gennemgang af centrale dele af arbejdet uden nedslag i de enkelte artikler, da det vil blive for omfattende et arbejde.

³¹⁵ Pressemeddelelse fra Novo’s pressetjeneste angående NOVO-prisen 1984. (IMB gæstebog).

det resterende protein over efter aminosyre 323, så det består af to kæder holdt sammen af en svovlbro. Det aktiverede prothrombin kaldes thrombin, som er i stand til at omdanne det opløselige blodplasma protein fibrinogen til det uopløselige fibrin, der filtrer sammen med blodplader og standser blødningen. Processen er meget kompliceret og involverer mange forskellige reguleringsmekanismer. Processen kaldes en enzymatisk kaskade, idet de første hændelser i processen aktiverer et enzym, som udløser nye hændelser, der efterfølgende hver især udløser endnu flere hændelser i en lavine-agtig acceleration af processen. En komponent i systemet udløser altså aktiveringen af den næste komponent. Organismen er derfor yderst såbar, hvis noget går galt i denne proces. Udebliver første enzymaktivering, vil heller ikke de efterfølgende trin i blodkoagulationen indtræde, og organismen kan i værste fald forbløde. Sker der derimod en for omfattende aktivering af prothrombin, mens det for eksempel stadig er i blodbanen, vil der derimod dannes farlige blodpropper. Koagulationsprocessen må derfor være underlagt en række reguleringsmekanismer eller kontrolpunkter, der skal forhindre sådanne fejl, inden aktiveringen af prothrombinet. Magnussons arbejde viste, at en kortlægning af prothrombin og thrombins aminosyrerækkefølge ville kunne lette forståelsen af koagulationsprocessen, da modifikationen af det enzymatisk set inaktive prothrombins konformation som før nævnt resulterer i en aktivering af thrombin. Modifikationen er derfor bestemmende for stoffets struktur og biologiske funktion. De strukturelle studier påviste, at evnen til at koagulere var afhængig af blandt andet en hidtil ukendt aminosyre og Ca^{2+} ioner. Den danske Nobelpristager Henrik Dam havde i 1935 vist, at biosyntesen af prothrombin i leveren krævede K-vitamin. I slutningen af 1960'erne viste det sig videre, at køer fodret med K-vitamin antagonist dicoumarol producerede unormalt prothrombin, som ikke bevirkede normal koagulation. Stoffet havde samme antal aminosyrer som normalt thrombin, og en sekvensanalyse viste, at også rækkefølgen var den samme³¹⁶. Dog havde de to stoffer forskellig elektroforetisk mobilitet, og den unormale form var i modsætning til normalt prothrombin ikke i stand til at binde Ca^{2+} . Man ville dog ikke kunne finde modifikationen ved hjælp af de teknikker, man normalt tog i brug i sådanne situationer. Magnusson og Johan Stenflo fra Malmö formåede nogenlunde samtidig at påvise eksistensen af den aminosyre, som angiveligt var ansvarlig for den manglende bindingsevne, ved hjælp af en avanceret teknik – massespektrografien³¹⁷. Den pågældende aminosyre var hidtil ukendt, men mindede meget om en allerede eksisterende. Den blev kaldt γ -carboxyglutaminsyre. Denne aminosyre blev i normalt prothrombin dannet via en K-vitamin afhængig enzymatisk carboxylering af aminosyren glutaminsyre. Carboxyleringen bevirkede, at prothrombinet kunne binde det

³¹⁶ Lubert Stryer (1999), p. 255.

vigtige Ca^{2+} . Magnussons strukturstudier demonstrerede derfor endnu engang den britiske strukturskoles motto, at strukturen afslører funktionen. I koagulationsprocessens tilfælde var Magnussons strukturarbejde bidragende til, at man kunne udarbejde medicinske strategier til behandling af unormal koagulation.



Staffan Magnusson

Magnusson indskrev sig således i den britiske strukturtradition og grundlagde den proteinkemiske forskning på IMB i Århus. Han var derfor i lighed med Marcker og Clark med til at bringe denne molekylærbiologiske tradition til Århus. Det kunne ikke alene ses i hans forskning; det var endda fysisk åbenlyst i selve konstruktionen af hans laboratorium. Han havde indrettet et tomoduls rum med plads til højvoltagelektroforese i Biologi I. Rummet var indrettet som en tro kopi af det tilsvarende rum i MRC's LMB i Cambridge³¹⁷. Hans arbejde var af international standard, og han var i allerhøjeste grad med til at sætte IMB på det videnskabelige landkort som et fagligt attraktivt sted. Han var ligesom Kjeldgaard, Marcker og Clark dygtig til at skabe videnskabelige netværk. Dette betød, at mange udenlandske forskere tog på ophold i Århus. Det hjalp selvfølgelig også, at forskere på stedet blev belønnet med en række videnskabelige priser. Således blev Marcker fx belønnet med Novo-prisen i 1973. Magnusson opnåede samme ære i 1984 og dertil kom en række amerikanske og engelske priser. Med Kjeldgaard, Marcker, Magnusson og senere Clark profileredes instituttet som et sted med markante repræsentanter fra de mest toneangivende molekylærbiologiske traditioner. Med så mange forskere fra LMB's strukturmolekylære skole, havde IMB for alvor specialiseret sig i forhold til Maaløes mere bakteriefysiologisk orienterede institut. At den

³¹⁷ Ussings tale (IMB gæstebog, IMB, AU)

³¹⁸ T.P. Ellebæk, "Proteinkemigruppen" i IMB's Jubilæumsskrift (1993), p. 28.

forskningsmæssige udbygning af molekylærbiologien i Århus skulle udvikle sig således var ifølge Kjeldgaard ikke planlagt på forhånd. Kjeldgaard havde udover planerne om samarbejdet med Frydenberg ikke gjort sig tanker om, hvordan forskningen skulle forme sig på instituttet. Han ønskede blot at hente så mange dygtige forskere til stedet som muligt. Hvad disse forskere så end ville beskæftige sig med rent forskningsmæssigt, måtte være deres egen sag. Instituttet ville så blive bygget op om små individuelle forskningsgrupper, der i teorien kunne beskæftige sig med vidt forskellige ting, der alle kunne samles under navnet molekylærbiologi³¹⁹. Ansættelsen af Marcker og Magnusson var med andre ord ikke et bevidst forsøg på at få netop den britiske strukturskole til Århus. Det var snarere et spørgsmål om disse forskeres gode forskningsmæssige renommé. Ifølge Kjeldgaard havde det aldrig været på tale at ansætte folk fra Pasteur Institutet, Caltech eller MI³²⁰. Det drejede sig ikke om, hvilken forskningsmæssige tradition forskerne bekendte sig til. Det drejede sig om, hvorvidt de var dygtige til at forske! Marcker var derfor simpelthen den bedste kandidat til professoratet, og med ham kom den tilsvarende dygtige Magnusson, der straks blev udnævnt som afdelingsleder.

Se appendiks model 2

Det var dog ikke kun netværksdannelsen, som de videnskabelige priser var med til at øge. De gjorde det også nemmere for forskerne at søge finansiering af deres forskning. I starten af 1970'erne var vækstoptimismen nemlig blevet bragt til standsning, og det samme gjorde sig gældende for driftsbevillingerne til de enkelte institutter og deres forskning. IMB's medarbejdere måtte derfor søge deres forskning delvist finansieret af udefrakommende midler. Pengene kom nu både fra universitet og Statens Naturvidenskabelige Forskningsråd. Bevillingssystemet blev et såkaldt "to-strengt" system. Forskningsrådets rolle var at vurdere hvilke projekter, der var tilstrækkeligt attraktive til at opnå økonomisk støtte fra eksterne kilder. Dette betød, at forskerne ikke længere havde helt frie hænder, men måtte tage hensyn til, hvilke forskningsemner, der var oppe i tiden³²¹. Da forskningen op gennem 1970'erne blev dyrere og dyrere, blev det to-strengede system endvidere afløst af et flerstrengt system, hvor også private fonde og industrien ydede støtte. Dette betød på længere sigt, at forskningen blev

³¹⁹ I Aarsberetningen for Aarhus Universitet i årene efter oprettelsen af IMB kan man således se de forskellige hovedområder af forskningen på instituttet: fx reguleringsmekanismer for RNA dannelsen i bakterier, kontrolmekanismer for proteinsyntesen i eukaryote celler og aminosyresekvensbestemmelsen af prothrombin osv.

³²⁰ Telefonsamtale med N.O. Kjeldgaard d. 22.8.2003.

³²¹ Kjeldgaard (1993), p. 13.

orienteret i forhold til industrielle ønsker. I årsberetningerne for Aarhus Universitet, kan man således år for år se listen over eksterne finansieringskilder vokse sig større. De forskellige forskningsprojekter på IMB blev i starten af 1970'erne finansieret af så forskellige kilder som: Aarhus Universitets Forskningsfond, Statens Naturvidenskabelige Forskningsråd, Rigsforeningen til gigtens bekæmpelse, Foreningen til kræftens bekæmpelse, Daell Fondet, P. Carl Petersen Fond, Novo's Fond, Kong Christian d. X's Fond, Svend C. Frederiksen og Hustrus Fond, Det amerikanske National Heart and Lung Institute på NIH, Carlsbergfondet og konsul J. Fogh-Nielsen og Hustru Fond.

Men det var ikke kun driftsmidlerne, det kneb med. Som det vil fremgå af næste afsnit stod det også skidt til med universitetets byggebevillinger.

5.4: Byggesagen

Den studiemæssige udbygning af biofagene i Aarhus forløb ikke så hurtigt som håbet. Det skyldtes i væsentlig grad mangel på egnede undervisningslokaler og andre fællesfaciliteter. Studentertilgangen øgedes imidlertid stadig, og den biologiske faggruppe i København måtte nødtvungent gå med til at varetage undervisningen efter forprøven helt indtil 1974. Der blev derfor lagt et stort pres på Aarhus Universitet for at tilvejebringe løsninger på biofagenes pladsproblemer. Situationen forværredes yderligere af, at universiteternes hidtidige endeløse vækstoptimisme stod for fald. I begyndelsen af 1970'erne ændrede den politiske og økonomiske situation sig til det værre, og regeringen ønskede så småt at lægge låg på 1960'ernes overophedede økonomi. Universiteternes bevillinger til stillinger og byggerier blev derfor også strammet³²². Efter oliekrisen i 1973 varslede man endvidere et byggestop, som betød, at ikke alle universitetets ønskede byggerier kunne gennemføres. Man måtte prioritere oprettelsen af undervisningslokaler højere end de enkelte institutters ønsker, da det stigende studentertal ellers ville byde på et "flaskehalsproblem". Blandt de byggerier, man fra fakultetets side havde prioriteret højest, var Geologi/geografi II, Biologi III og et kemisk byggeri – Kemi II³²³. Man håbede på at kunne gennemføre alle tre byggerier til planlagt tid, men yderligere nedskæringer på universitetets byggeramme betød, at omrokeringer af bevillingerne for de forskellige finansår i form af udskydelse af nogle byggerier til fordel for andre blev en nødvendighed. På denne måde kunne man fremskynde byggerier til løsning af de undervisningsmæssige "flaskehalsproblemer". Man prioriterede bygningsløsninger, der ville sætte den århusianske biofaggruppe i stand til at varetage undervisningen til alle dele af embedseksamen i biologi. Det var derfor vigtigt at finde nok lokaler til undervisningen af de

³²² Kjeldgaard (1993), p. 10.

biologistuderende samt til et kemisk professorat i biostrukturkemi, hvis besættelse (med Brian Clark) afhang af, hvorvidt man kunne skabe egnede rammer for det apparatmæssigt krævende fag. Første etape af biokæden stod allerede færdig i 1970, og anden etape var under projektering³²⁴. Men planlægningen af den tredje etape trak ud. Man håbede, at en forceret fremskyndelse af projektering og opførsel af denne etape inden 1974 ville løse biologiens plads- og undervisningsproblemer. Hvad angik biostrukturkemien, var fagets forskning af en sådan natur, at indretningen af dets laboratorier bød på visse udfordringer for arkitekter og ingeniører. Alene fagets meget dyre apparatur lagde op til, at man placerede faget i nærheden af beslægtede eksperimentelle fag, så flere fag kunne være fælles om de dyre instrumenter. Ifølge den oprindelige byggeplan skulle faget derfor placeres i Kemi II. I december 1968 var det blevet besluttet, at man på finansloven for 1969/70 bevilgede en million kroner til projekteringen og iværksættelsen af dette kemiske byggeri på en kolonihavegrund på den anden side af Langelandsgade i Aarhus. Efter møder med arkitekter om byggeriets projekteringsprocedure indsendte universitetet programprojektet til Byggeadministrationen den 14. april 1970. I januar 1971 godkendte Byggeadministrationen og Boligministeriet programprojektet og igangsatte en forprojektering af byggeriet³²⁵. Forprojekteringen var følgelig næsten færdig, da Konsistorium alligevel stoppede Kemi II byggeriet midlertidigt i oktober 1971³²⁶. I referaterne er der ikke angivet nogen grund til, at Konsistoriums Bygge- og Planlægningsudvalg (KBP) standsede projektet, men meget tyder på, at opførslen af Kemi II blev udskudt for at få midler til at fremme Biologi III.

Forhandlinger i KBP havde vist, at det forekom umuligt at opnå støtte til en samtidig opførsel af Biologi III og Kemi II. Standsningen af Kemi II må derfor være sket til fordel for opførslen af Biologi III for at løse biologiens akutte pladsproblemer. Kemikerne havde dog også gevaldige pladsproblemer. I en skrivelse af 2. november 1971 fra NF-dekanen Jens Tyge Møller til Kemisk Institut, luftedes der således tanker om at løse kemikernes pladsproblemer ved at låne dem 690 m² i den eksperimentelle N5 fløj i anden etape af det matematisk-fysiske byggeri³²⁷. Fløjen - der var under opførsel - skulle blandt andet skabe plads til det bevilgede professorat i biostrukturkemi og til igangsættelsen af biokemi-linjen i den biologiske undervisning. Biostrukturkemiens mulige samarbejdspartnere talte ikke kun de biologisk orienterede fag på Kemisk Institut. Et samarbejde med de mere kemisk orienterede biologiske fag var også oplagt. Måske af den grund øjnede kemikerne en chance for alligevel at få ført

³²³ Skrivelse omdelt på NF- møde d. 17.09.1973. Bilag nr. NFR- 2-73/74-9.2. (NF arkiv, AU.)

³²⁴ Licitationen af anden etape (28.03.1972).

³²⁵ Skrivelse af 17.08.1971 til Rektor fra Svend Brodersen, Kemisk Institut. (NF arkiv, AU).

³²⁶ Skrivelse omdelt på NF møde d. 26.10.1971. NFRM 3-1971/72 (NF arkiv, AU).

³²⁷ Skrivelse af 02.11.1971 til Kemisk Institut fra Jens Tyge Møller (NF arkiv, AU).

deres byggedrømme ud i livet. Midlertidige lokaler i den eksperimentelle N5 fløj var ikke et attraktivt alternativ for kemikerne, hvis Kemi II projekt var blevet udskudt på ubestemt tid, netop da det havde været klar til opførsel. Som før nævnt var oprettelsen og besættelsen af professoratet i biostrukturkemi afhængig af, om man fandt passende rammer for det apparatmæssigt krævende fag. N5-fløjen blev ikke betragtet som optimal i den henseende. Molekylærbiologerne var i allerhøjeste grad interesserede i at få oprettet professoratet, da den molekylære biologi i Århus efter Marcker og Magnusson nu forskningsmæssigt var knyttet til de kemiske retninger indenfor faget - den britiske strukturskole³²⁸. Et samarbejde mellem den biostrukturkemiske afdeling på Kemisk Institut og Institut for Molekylær Biologi (herunder fagene biokemi, molekylærbiologi samt cellebiologi) i det fælles bygningskompleks for eksperimentelle fag, Kemi II, ville af den grund være at foretrække for både kemikerne og molekylærbiologerne. Molekylærbiologerne ville flytte ud af biokæden og overlade pladsen til andre biofag i pladsnød. Kemi II var allerede forprojekteret³²⁹ og ville derfor kunne oprettes hurtigere end det endnu ikke forprojekterede Biologi III. Kemikerne tilbød derfor - med Kjeldgaards ord:

”...at der kunne stilles det nødvendige areal til rådighed for såvel undervisning som forskning for Institut for Molekylær Biologi. Vi så heri en mulighed for at få etableret et center for biologisk-kemisk forskning uden analogi her i landet, som ville være i stand til at give helt nye perspektiver i undervisningen af såvel biologer, biokemikere som kemikere.”³³⁰

Ikke alene ville en opførsel af Kemi II byde på en hurtig løsning på nogle af biologiens pladsproblemer, den ville også være i særdeles fin overensstemmelse med bioudvalgets ønske om, at biofaggruppen i Århus skulle specialisere sig forskningsmæssigt i forhold til faggruppen i København. Ved genoptagelsen af Kemi II projektet undgik man også den uheldige situation at spilde arkitekternes og ingeniørernes arbejde og de 1.1 million kroner, man havde skudt i projektet før dets berostilling³³¹. Ikke alle på fakultetet var dog enige i denne disposition. Flyttede molekylærbiologien ud af biokæden, ville den oprindelige plan om at samle de biologiske fag i en biokæde isoleret fra de eksakte videnskaber gå tabt. På et fakultetsmøde i januar 1972 blev der af den grund opstillet alternative løsninger på biologiens flaskehalsproblem.

³²⁸ NF mødereferat af d. 29.02.72. (NF sekretariat, AU)

³²⁹ Dimensioneringsanalysen var godkendt af Ministeriet i 1969.

³³⁰ Skrivelse af d. 23.02.1972 til NF fra N.O. Kjeldgaard, IMB. (NF arkiv, AU)

³³¹ Dekan Jens Tyge Møllers noter (oversigt over byggesagens forløb) af 06.09.1973. (NF arkiv, AU)

Kemikerne og molekylærbiologerne foreslog at bygge Kemi II plus undervisningsfløjen af Biologi III- projektet. Samlet kom denne løsning til at hedde ”Langelandsgade-projektet”. Da Kemi II allerede var projekteret, kunne dette byggeri opføres hurtigere end Biologi III og dermed tjene såvel kemien som biologien bedre og hurtigere. Forslaget ville ikke alene tilvejebringe en hurtigt løsning på kemiens og biologiens plads- og undervisningsproblemer; den ville også skabe unikke kår for de eksperimentelle biofag i Århus. Professorerne i de mere traditionelle biofag var dog ikke alle overbeviste om, at Langelandsgadeprojektet ville tjene biologien bedst. Kemi II var trods alt et kemisk byggeri. Fra denne side opstilledes der derfor et forslag om at få byggeriet af Biologi III påbegyndt allerede i 1972/73. Forcingen af det endnu ikke projekterede byggeri ville dog koste dyrt, og måtte beklageligvis ske på bekostning af ”Kemi II” projektet. Denne løsningsmodel ville således betyde, at Institut for Molekylær Biologi måtte blive i biokæden side om side med traditionelle biologiske fag som zoologi og botanik, som instituttet reelt ikke havde de store samarbejdsmuligheder med. De to forslag kom på mødet til en afstemning, som alligevel faldt ud til Langelandsgadeprojektets fordel³³².

Det skulle dog ikke blive den endegyldige beslutning i byggesagen. Allerede en måned efter kom forslagene atter til afstemning på et fakultetsmøde. I den foregående måned havde seks professorer indsendt en protest mod opførslen af Langelandsgadeprojektet og Institut for Molekylær Biologis beslutning om at flytte ud af biokæden³³³. Samme tone blev slået an på Biologisk Centralråds møde den 1. februar 1972³³⁴. Denne type indvending var i 1959 blevet gjort mod oprettelsen af LMB i Cambridge³³⁵. Det var med andre ord ikke kun den århusianske biofaggruppe, der havde svært ved at acceptere molekylærbiologiens tværfaglige natur. Også de traditionelle biologer fra Cambridge følte sig truet af molekylærbiologiens nære samarbejde med de eksakte videnskaber. De ønskede ikke at miste undervisningen i den succesfulde disciplin til en anden faggruppe og søgte derfor at inddæmme og isolere den blandt biologiske fag. Den århusianske biogrupper indvending kom derfor historisk set ikke ud af det blå. Det var blot overraskende, at en af de seks protesterende professorer var Ove Frydenberg. Opførslen af hans Genetiske Institut i tæt tilknytning til Matematisk Institut havde ellers skabt præcedens for etableringen af et basalt biologisk fag geografisk isoleret uden for den oprindeligt planlagte biokæde³³⁶. Kjeldgaard og Marcker forstod derfor ikke protesterne mod forslaget om, at også deres institut blev etableret med

³³² Fakultetsmødereferat af 25.01.1972. (NF sekretariat, AU)

³³³ Skrivelse af 08.02.1972 til NF fra seks professorer i biologiske fag.

³³⁴ Skrivelse af 23. 02.1972 til NF fra N.O. Kjeldgaard (NF arkiv, AU).

³³⁵ Soraya De Chadarevian: *”Designs for Life”*, Cambridge University Press, UK (2002), p. 228.

³³⁶ Ibid.

kontakt til en eksakt videnskab. Ideen om at bevare alle de biologiske fag i et enhedsbiologisk kompleks var allerede skudt i sænk med Frydenbergs kursskifte ind i populationsbiologien. I og med dette skifte i nogen grad bevirkede nye forskningsmæssige tiltag og kursskifter på IMB, var Frydenbergs protest mod Langelandsgadeprojektet desto mere besynderlig.

Frydenbergs position kan dog måske forstås ud fra hans forhold til matematikerne og i særdeleshed til Professor Svend Bundgaard. Bundgaard, der alt imedens var blevet rektor, var imod Langelandsgadeprojektet. Grunden til dette står ikke angivet i arkivalierne. Han erklærer sig flere steder enige i Biologi III tilhængernes argumenter, men som jeg skal vise i det følgende, holder disse argumenter ikke vand. Det virker derfor en anelse mærkeligt, at matematikeren Bundgaard skulle have nogen større interesse i kemiske og biologiske byggerier, der reelt ikke ville komme til at påvirke hans egen faggruppes udbygning. I interviews med nogle af de implicerede parter fra IMB og i en telefonsamtale med tidligere dekan Jens Tyge Møller er jeg blevet givet mulige bud på Bundgaards engagement i sagen. Jens Tyge Møller påpeger, at Bundgaards interesse i at få opført Biologi III fremfor Kemi II udsprang af uoverensstemmelser mellem Bundgaard og kemikerne, og at byggesagen derfor var en brik i et større fagpolitisk magtspil. Jeg har dog ikke været i stand til at finde arkivalier, der belyser arten af disse uoverensstemmelser, men det er der ikke noget mærkeligt i. Bagvedliggende motiver efterlader desværre sjældent et papirspor. Det er dog min overbevisning, at Bundgaards intense interesse i byggesagen ikke skyldes de argumenter, der blev ført til fordel for Biologi III. Jens Tyge Møllers forklaring ville derimod kunne forklare Frydenbergs noget besynderlige position i byggesagen. Da dennes institut som før nævnt lå i forlængelse af Matematisk Institut, var det velsagtens et fagpolitisk klogt træk at antage samme holdning som Rektor Bundgaard i byggesagen. Jeg vil i det følgende fremlægge argumenteringen for Biologi III og dens åbenlyse svagheder, og dermed lade en eventuel læser vurdere sagen selv.

At de to byggeforslag kom til endnu en afstemning på fakultetsmødet d. 29. februar 1972 skyldes, at man efter et nyt møde med arkitekten bag Biologi III pludselig havde fundet frem til, at tidsfristerne for opførslen af de to byggerier alligevel ikke var voldsomt forskellige. Hvis dette var tilfældet, bortfaldt et af de væsentligste argumenter for at opføre Kemi II fremfor Biologi III. Arkitekten bag universitetets bygninger i universitetsparken, C.F. Møller, fremkom således på dette tidspunkt med en yderst optimistisk tidsplan for Biologi III. På baggrund af en simpel arkitektskitse og en del forbehold om usædvanlig hurtig sagsbehandling mente C.F. Møller, at bygningens første del kunne stå færdig i september 1974. I praksis betød denne disposition, at forprojektet, godkendelsen, detailprojektet,

licitationen og byggearbejdet skulle kunne nås på kun to år!³³⁷ Biologerne ville på denne måde få deres undervisningslokaler i præcist samme måned, som den århusianske biofaggruppe skulle overtage undervisningsbyrden fra København. Denne nye tidsplan ændrede dog ikke ved beslutningen fra fakultetsmødet måneden forinden. Under henvisning til, at kun geologien havde dårligere kår end kemien rent pladsmæssigt (antal m² pr. medarbejder), besluttede man ved afstemning at fastholde opførslen af Langelandsgadeprojektet³³⁸.

Da det på denne måde endelig så ud til, at det var lykkedes at skabe egnede rammer for det bevilgede professorat i biostrukturmolekylær kemi, foreslog kemikerne et opslag af professoratet. Professoratet var oprindeligt forsøgt oprettet på IMB, men en generel utilfredshed med dette forslag blandt fakultetets biologer gjorde en ende på planerne. Mange af de traditionelle biologer var ingenlunde interesserede i, at molekylærbiologien skulle alliere sig yderligere med kemi. Molekylærbiologien blev fastholdt som et biologisk fag, og oprettelsen af et professorat i biostrukturmolekylær kemi ville ifølge biologerne yderligere sprede forvirring om molekylærbiologiens faglige tilhørsforhold. Kjeld Marcker overtalte derfor kemikerne til at oprette professoratet, som han anså for en forudsætning for molekylærbiologiens videre forskningsmæssige overlevelse og udvikling³³⁹. Dette ledte siden til en enstemmig indstilling af hans ven og kollega Brian F. C. Clark³⁴⁰, der skulle have til huse i det nye Kemi II. Planerne blev dog truet af uvante procedureveje, idet Bundgaard på et fakultetsmøde i september 1972 valgte at fremme Biologi III som *særsag* uden for bevillingsrammerne. Dette var en strategi, man grundet de mange nedskæringerne i byggerammerne havde måttet tage i brug på Humanistisk Fakultet. Bundgaard mente, at fremskaffelsen af flere lokaler til 2.dels undervisningen i biologi var af så bydende nødvendighed, at det samme kunne gøres på NF. På fakultetsmødet tilsluttede man sig for igangsættelsen af særsagen til 24.8 millioner kroner ved at flytte andre bevillinger frem i tidsplanen. Det var en reel udvidelse af byggerammen på 16 millioner kroner. Disse penge søgte man hos Undervisningsministeriet i en særlig ansøgning, idet man mente at 2.dels undervisningen ikke ville kunne foretages i Århus foruden byggeriet. Byggeadministrationschef Preben Larsen og afdelingschef Brynskov måtte dog afvise enhver udvidelse af universitetets byggeramme og driftsmidler. De mente, at opbygningen af de biologiske fag efterhånden var klar til at bære undervisningen³⁴¹.

³³⁷ Skrivelse af 24.01.1972 til AU fra C.F. Møllers Tegnestue, Arkitekter M.A.A. (NF arkiv, AU)

³³⁸ Fakultetsmødereferat af 29.02.1972. (NF arkiv, AU).

³³⁹ MLT interview med Brian F.C. Clark d.13.05.2003.

³⁴⁰ Fakultetsmødereferat af 14.05.1973. (NF arkiv, AU).

³⁴¹ Dekan Jens Tyge Møllers noter af d. 17.09.1973. (NF arkiv, AU). Samt skrivelse af 08.01.1973 til Rektor Svend Bundgaard fra Brynskov, Undervisningsministeriet. (NF arkiv, AU).

Bundgaard og NF måtte derfor finde pengene til byggeriet andet steds fra. Da ikke alle 24.8 millioner skulle fremskaffes for samme finansår, foreslog Bundgaard på konsistoriums niveau at finde midler ved at udskyde indkøbet af videnskabelige instrumenter på NF og LF fra finansåret 1974/75 til 1975/76 samt ved en fem procents besparelse på alle igangværende byggerier³⁴². Dette tiltag vakte imidlertid bekymring blandt professorerne på begge fakulteter, idet man her frygtede yderligere nedskæringer. Man ønskede derfor ikke, at besparelser til fordel for en sag, der oprindeligt var ført som særsag, kunne komme til at forsinke eller ske på bekostning af allerede planlagte byggerier. Ved afstemning fik Bundgaard dog flertal for sit forslag. Da licitationen af et byggeri for faget anatomi efterfølgende viste sig at være blevet to millioner kroner billigere end forventet, øjnede Bundgaard derfor chancen for at få muliggjort igangsættelsen af Biologi III projektet indenfor universitetets byggeramme³⁴³.

Biologi III kunne altså sættes i gang. Universitetet var imidlertid løbet ind i problemer, da man ikke havde planlagt nok parkeringspladser til parkens bygninger. Medmindre man hurtigt fandt en løsning på dette problem, ville universitetet få svært ved at opnå projekteringstilladelser på flere byggerier. KBP udmeldte i den forbindelse, at den eneste umiddelbart egnede grund var kolonihavegrunden på den anden side af Langelandsgade. Man foreslog derfor, at der for et begrænset åremål anlagdes parkeringspladser der³⁴⁴. Dette betød, at Langelandsgadekomplekset måtte udskydes! Da der imidlertid skete en yderligere forværring af den økonomiske situation, blev projektets udførsel yderligere truet. Som følge af oliekrisen, blev der varslet ansættelses- og byggestop. Dette resulterede i en alvorlig nedskæring i universitetets byggeramme for finansåret 1974/75. Byggeaktiviteten skulle begrænses til byggerier, der allerede var i gang. Det betød i praksis, at NF kun kunne gennemføre byggeriet af det matematisk- fysiske kompleks samt Biologi III. De to oprindeligt højest prioriterede byggerier, Langelandsgadekomplekset og det geologiske byggeri, måtte udskydes til 1976³⁴⁵. Langelandsgadekomplekset blev dog aldrig realiseret til stor forundring og vrede for såvel projektets fortalere som Byggeadministrationen, der undrede sig over, hvordan man havde formået at ”sylte” et projekt, der inden dets standsning havde kostet 1.1 million kroner i projektering.

³⁴² Konsistoriums mødereferater af 06.02.1973. (Journalkontoret, AU).

³⁴³ Konsistoriums mødereferater af 20.02.1973. (Journalkontoret, AU).

³⁴⁴ Dekanens noter af 10.09.1973. (NF arkiv, AU).

³⁴⁵ Fakultetsmødereferater af 13.08.1973. (NF sekretariat, AU).



Rejsegilde på Biologi II, 9. maj 1973.

Fra venstre professor Niels spjeldnæs, arkitekt C.F. Møller, rektor Bundgaard og dekan Jens Tyge Møller.³⁴⁶

Bundgaard førte Biologi III frem på en højst usædvanlig vis og på bekostning af allerede projekterede byggerier. Ud fra et rent økonomisk perspektiv var det næppe en klog disposition, da man mistede de penge, der var skudt i projekteringen af Kemi II. Opførslen af dette byggeri havde sikkert vist sig at være en billigere løsning i længden. Måske ville det også have tjent biologien bedre. Havde man startet byggeriet efter første beslutning om at opføre Langelandsgadeprojektet fremfor Biologi III, ville man højst sandsynligt have haft en bygning klar til biologerne til planlagt tid. Dette er dog ren spekulation. Eet er dog sikkert. Biologi III stod ikke som lovet klar i september 1974. Bygningen blev først taget i brug i 1979. Dermed holdt C.F. Møllers tidsplan ikke. Det gjorde de to argumenter for i det hele taget at opføre Biologi III dermed heller ikke. Som før nævnt havde Frydenberg allerede skabt præcedens for at flytte ud af biokæden. Kravet om en helhedsbiologi må derfor have haft en hul klang. Hvad angår argumentet om, at Biologi III ville kunne oprettes hurtigere end Kemi II, må man også dengang have haft mistanke om, at byggerier sjældent opføres hurtigere end først planlagt. C.F. Møllers hastige og belejlige udmelding om at kunne færdiggøre byggeriet på blot to år skal nok ses i lyset af, at han kun var arkitekt for bygningerne inden for universitetsparken. Kemi II lå med andre ord uden for hans domæne, og projekteringen af dette byggeri blev da også udført af arkitekterne Richter og Kjær. Det forekommer mig usandsynligt, at Bundgaard og de seks bioprofessorer helhjertet har troet på Møllers tidsplan. Bundgaards handling fremstår derfor uforståelig på baggrund af det foreliggende skriftlige kildemateriale. Der må simpelthen have været noget andet på spil bag ved selve byggesagen. Det har dog været umuligt at finde en ren objektiv dokumentation af dette ”noget”. Da Bundgaard ikke længere er i live, har jeg af gode grunde ikke kunne få begge sider af sagen.

³⁴⁶ Billede lånt fra jubilæumsskriftet ”25 år- Institut for Molekylær Biologi”, AU, (1993).

Tilbage står jeg med Jens Tyge Møllers forklaring, som absolut er en mulig fremstilling af sagen, men som før nævnt kan jeg ikke dokumentere den på baggrund af mine skriftlige kilder. Tesen om, at byggesagen blev en brik i et større fagpolitisk magtspil, ville dog kunne forklare de mere eller mindre uforståelige aspekter af sagen, som den fremstilles i de skriftlige kilder. Hvis Bundgaard havde et horn i siden på Kemisk Institut som følge af en fagpolitisk magtkamp, ville byggesagen være en oplagt mulighed for at genere kemikerne og samtidig vinde biologerne som nye allierede i denne kamp. Under denne optik havnede Institut for Molekylær Biologi midt i magtkampen ved at søge samarbejde med kemikerne. Kjeldgaard påpeger i instituttets jubilæumsskrift fra 1993, at molekylærbiologerne blev ”straffet” for deres deltagelse i sagen. Således blev de tildelt mindre lokaleareal end først planlagt, da instituttet i april 1974 flyttede ind på tredje og fjerde etage af Biologi II.

5.5: Delkonklusion

Institutionaliseringen af molekylærbiologien i Danmark skete på Århus Universitet i en tid, hvor økonomisk medvind gjorde det muligt at oprette lærestole i utraditionelle, tværfaglige forskningsområder. For det unge Naturvidenskabelige Fakultet i Århus blev det nyoprettede professorat i Molekylær Biologi ligefrem brugt til at skærpe fakultetets faglige profil i forhold til det Matematisk-naturvidenskabelige Fakultet på Københavns Universitet. Niels Ole Kjeldgaard formåede at differentiere sit institut forskning i forhold til Ole Maaløes Mikrobiologiske Institut ved at ansætte repræsentanter fra den britiske molekylærbiologiske tradition – strukturskolen. På IMB samlede man de førende molekylærbiologiske traditioner på samme sted under navnet ”Molekylær Biologi”. Af den grund mener jeg, at molekylærbiologien først blev endeligt institutionaliseret i Århus, selvom man i nogen tid havde bedrevet molekylærbiologisk forskning på Maaløes Mikrobiologiske Institut. Som Morten Lange pointerede, var dette mere fysiologisk orienterede institut dog stadig et institut for generel mikrobiologi og ikke for rendyrket molekylærbiologi. Kjeld Marcker tilslutter sig denne skelnen, idet han som repræsentant for den britiske molekylærbiologiske tradition er af den opfattelse, at den fysiologiske bakteriologi kun er et enkelt aspekt af molekylærbiologien³⁴⁷. IMB var således det første institut, der husede de molekylærbiologiske forskningstraditioner, der stammede fra både Caltech, Pasteur og især det britiske LMB. Det var heri IMB adskilte sig fra MI. Dette til trods for at Maaløe fortsat underskrev sig som ”Ole M. fra Kbh.– afdelingen” i IMB’s gæstebog. Men skinner dette forhold igennem, når man analyserer udviklingen via den generelle model, jeg opstillede i

³⁴⁷ MLT interview med Kjeld Marcker d. 13.05.2003.

kapitel tre og anvendte i kapitel fire? Siger den noget andet om de århusianske forhold, end den gjorde om de københavnske? Kan modellen med andre ord også bruges til at belyse den institutionaliserede molekylærbiologi og dermed ikke kun udviklingen, der ledte frem til institutionaliseringen?

Hvad angik den forskningsmæssige netværksdannelse, var rekrutteringen af så prominente forskere som Kjeld Marcker og Staffan Magnusson og den senere tilknytning af Brian Clark med til at sætte IMB på det videnskabelige landkort. Den internalistiske gennemgang af Marcker, Magnusson og Clarks forskning viste, at de klart tilhørte den britiske strukturskoles forskningstradition. Deres forskning befandt sig i brydningsfeltet mellem biokemi og fysik, og var dikteret af strukturskolens motto om, at molekylets struktur siger noget om dets funktion. Det var derfor ikke kun en formalitet, at de arbejdede på det molekylærbiologiske laboratorium i Cambridge. Trods deres forskellige faglige baggrund, arbejdede Marcker, Magnusson og Clark med emner, der faldt indenfor molekylærbiologiens rammer og kan af den grund kaldes ”molekylærbiologer”. De er derfor fuldbyrdede medlemmer af det molekylærbiologiske netværk i Danmark.

De to tidligere opgaver om den danske molekylærbiologi (Chamberlain, Nielsen og Hansen 1993 og 1994) koncentrerer sig udelukkende om molekylærbiologien, som den så ud i København. I denne opgave har jeg dog påpeget, at rekrutteringen af de tre strukturskole forskere Marcker, Magnusson og Clark var med til at gøre *Århus* til det molekylærbiologiske centrum i Danmark. De var dygtige forskere, som medbragte den britiske molekylærbiologiske forskningstradition og dermed gjorde den danske molekylærbiologi mere nuanceret og helstøbt. Marcker og Magnusson blev dog ikke ansat på grund af deres tilknytning til den britiske skole, men derimod på grund af deres faglige dygtighed. Kjeldgaard havde ikke planer om at bygge et institut med repræsentanter fra alle molekylærbiologiske forskningstraditioner. Han ønskede blot at få dygtige forskere til instituttet. Hvad de forskede i var mere eller mindre deres egen sag, da der ikke på forhånd var diskuteret planer for den forskningsmæssige udbygning af faget³⁴⁸. Ansættelsen af Marcker og Magnusson bevirkede dog, at forskningen på instituttet nu i høj grad var af den strukturelle skole. Beslutningen om at oprette et professorat i biostrukturkemi skyldtes derfor, at man mente at netop dette professorat ville passe godt til forskningen på instituttet. Hvorvidt dette ville have været tilfældet, hvis Frydenberg ikke havde foretaget sit forskningsmæssige kursskifte, kan jeg kun gisne om. Tilfældet ville dog, at den britiske strukturskole blev stærkt repræsenteret på IMB, selvom det ikke var en del af en større udbygningsplan. Som den

³⁴⁸ Telefonsamtale med N.O.K. d. 22.08.2003.

prosopografiske fremstilling anskueliggør, udvidede Marcker, Magnusson og Clark også det danske molekylærbiologiske netværk betydeligt. Deres kontakter med det berømte Cambridge laboratorium og andre kendte molekylærbiologer kom til at tjene IMB's interesser. Som nævnt i kapitel tre er en af den generelle models teser, at molekylærbiologiens styrke blandt andet ligger i dens sociale infrastruktur. I sidste kapitel viste jeg, hvordan denne tese passede på selve *fremkomsten* af molekylærbiologien i Danmark. Jeg vil nu udvide denne tese til også at passe på den *institutionaliserede* molekylærbiologi. I og med at disciplinen var så forskelligartet af natur og i konstant udvikling, var informationsudvekslingen mellem de forskellige forskere også vigtig efter molekylærbiologiens institutionalisering. Udviklingen stagnerede jo ikke, blot fordi disciplinen nu havde fået til hjemme på universitetet – tværtimod! For mig at se kan det derfor kun have været en fordel for et molekylærbiologisk institut at have kontakt til så mange forskellige grene af molekylærbiologien som muligt for at være på fode med de nyeste interessante udviklinger indenfor faget. Det århusianske Institut for Molekylær Biologi blev i kraft af sit netværk en stærkere molekylærbiologisk central end Maaløes Mikrobiologiske Institut, der primært fokuserede på en enkelt af de molekylærbiologiske forskningstraditioner - bakteriefysiologien. IMB havde derimod kontakter til hele tre af dem, idet Kjeldgaard jo både havde arbejdet på Pasteur Institutet og det Caltech inspirerede Mikrobiologiske Institut, mens Marcker, Magnusson og Clark repræsenterede og havde kontakt til den britiske strukturskole. Dette netværk betød i sidste ende, at instituttet har været et forskningsmæssigt mangefacetteret molekylærbiologisk centrum, som var værd at besøge for udenlandske forskere. Institutet plejede da også sine internationale kontakter ved at invitere gæsteforskere fra andre lande til Århus. Man arrangerede derudover EMBO – kurser i juni 1972 og 1973 samt den første Linderstrøm-Lang konference om ”Informational Structures” i august 1971³⁴⁹. Denne seks dage lange konference i Århus tiltrak i alt 150 internationale forskere, deriblandt nobelpristageren H. Ghobind Khorana. I Instituttets jubilæumsskrift fra 1993 gør Just Justesen og Finn Skou Pedersen desuden opmærksom på Kjeldgaards evner som eksperimentator indenfor bakteriefysiologien. Justesen og Skou Pedersen mener, at netop Kjeldgaards evner gjorde instituttet til et attraktivt besøgsmaal for især amerikanske post-docs, som ønskede at lære bakteriefysiologi. Han formåede med andre ord at videreføre netværkstraditionen fra SSI og MI.

³⁴⁹ Kjeldgaard (1993), p. 10.

Hvad angik finansieringen af den molekylærbiologiske forskning i Århus, blev instituttet på grund af 1970'ernes dårlige økonomiske situation nødt til at søge sin forskning finansieret af andre end universitetet alene. Forskningen blev således finansieret af en lang række såvel danske som internationale private fonde og forskningsråd, der så muligheder i den nye tværfaglige disciplin på universitet. Senere blev denne finansieringsmodel udvidet til også at inkludere industrien som sponsor af forskningen. Dette betød, at den molekylærbiologiske forskning i stadigt stigende grad blev formet af industriens og fondenes ønsker. Man bevægede sig med andre ord væk fra den rene grundforskning, da der nu blev stillet krav til molekylærbiologiens anvendelighed i samfundet, ligesom Rockefeller Foundation i sin tid havde håbet på at bruge den nye eksperimentelle biologi til social kontrol. Også på dette punkt kan man altså bruge den generelle model. Selv efter dens institutionalisering, blev den molekylærbiologiske forskning i nogen grad formet af de finansierende organers ønske, hvad enten det drejede sig om forskningsråd eller industri. Institutionaliseringsbetød derfor ikke, at molekylærbiologien disciplinært set opnåede mere stabilitet. Den skulle derimod kunne leve op til tidens forskningsdebat og krav. Netop denne evne til for bestandigt at forandre sig og søge alliancer med nye forskningsmæssige felter som fx medicinen og bioteknologien har sikret disciplinen dens overlevelse.

Det sidste element af min generelle institutionaliseringsmodel omhandler de lokale magtforhold på institutionen som rummede molekylærbiologien. Dette punkt illustreres særdeles godt gennem historien om institutionaliseringen af molekylærbiologien i Århus. Institutionalisering betød nemlig ikke, at molekylærbiologiens tværfaglige og foranderlige natur dermed var fuldt ud accepteret af alle. Byggesagen om Kemi II og Biologi III afslørede, at ikke alle var glade for "molekylæriseringen" af biologien. Ugunstige lokale magtforhold og en række traditionelle biologers ønske om at bevare biologien adskilt fra de eksakte videnskaber punkterede IMB's drømme om et nært og enestående samarbejde med biostrukturkemien. Dörries forslag om, at en disciplins fysiske rammer afslører dens position i det lokale videnskabelige hierarki på institutionen, holdt stik i sagen om det kemiske og biologiske byggeri i starten af 1970'erne. De lokale magtforhold viste sig at have enorm indflydelse på molekylærbiologiens videre udviklingsmuligheder. Bundgaards kamp for at få gennemført Biologi III på bekostning af Kemi II afskar geografisk molekylærbiologien i Århus fra dens oplagte samarbejdspartner - biostrukturkemien. I stedet måtte instituttet se sig fastlåst i biokæden side om side med mere traditionelle biologiske fag, med hvilke samarbejde og dermed nytænkning ikke var nær så oplagt. Sagen viste, at generelle disciplindefinitioner kan være meningsløse, da en disciplins grænser og tilhørsforhold ofte defineres af de lokale

magthavere på en institution. Til trods for at molekylærbiologien havde formået at løse centrale biologiske problemstillinger, var dens tværfaglige natur altså stadig et ømfindeligt emne for mange mere traditionelle biologer. Selv i 1970'erne skulle den tværfaglige og foranderlige natur, der siden 1930'erne havde været molekylærbiologiens force, altså også være det, folk havde sværest ved at acceptere ved den.

Kapitel 6: Konklusion

6.1: Kort opsummering af delkonklusionerne

Gennem den internationale oversigtslitteratur om molekylærbiologiens udvikling har jeg kunnet konstatere, at det unge forskningsområde i udlandet opstod på uafhængige forskningsinstitutioner, da dets tværfaglige og lettere diffuse natur ikke passede ind i universiteternes disciplinære strukturer. Forskningsområdet blev endvidere bedrevet af mindre gruppe af forskere med forskellige faglig baggrund, hvis indbyrdes netværk og resultatudveksling udgjorde en slags social infrastruktur for området. Forskningen var tværfaglig og blev i høj grad finansieret af fonde som Rockefeller Foundation og Medical Research Council. Den tværfaglighed, som hindrede den spæde molekylærbiologi i at komme ind på universiteterne i 1940'erne, gav dog forskningsområdet et forspring foran de mere traditionelle biologiske discipliner i 1950'ernes kappestrid om at løse tidens centrale biologiske problemer. Det gav molekylærbiologien den fornødne succes og berettigelse til at blive institutionaliseret på alverdens universiteter op gennem 1960'erne. Ved at tage en ny institutionaliseringsmodel i brug, har jeg i arbejdet med dette speciale erfaret, at den danske molekylærbiologi har udviklet sig efter nogenlunde samme mønster som i udlandet. Danmark var dog i modsætning til lande som USA og England et særegent tværfagligt orienteret forskningsmiljø, der i forening med den danske regerings initiativ om at støtte den naturvidenskabelige forskning i midten af 1950'erne skabte særdeles gunstige rammer for udviklingen af et nyt forskningsområde som molekylærbiologien. Ved at undersøge omstændighederne for den første egentlige institutionalisering af molekylærbiologien på Aarhus Universitet ved hjælp af min nye institutionaliseringsmodel fandt jeg ud af, at den succesrige molekylærbiologis tværfaglige natur alligevel ikke var accepteret af alle.

6.2: Den nye models anvendelighed

Som det gerne skulle fremgå af ovenstående, mener jeg ikke, at den danske molekylærbiologis udviklingsforløb kan forklares ved hjælp af de klassiske disciplinhistoriske modeller. Hvis jeg alligevel havde forsøgt at bruge disse modeller i mit speciale, ville jeg i bedste fald have opnået en unuanceret og ahistorisk fremstilling af molekylærbiologiens udvikling og institutionalisering. Jeg har derfor valgt at opstille min egen model som alternativ til disse modeller, da det er min overbevisning, at den giver et mere nuanceret billede af udviklings- og institutionaliseringsforløbet. Modellen kan naturligvis forfines yderligere, men det ligger ikke inden for dette speciales rammer at gøre. Selv i dens nuværende simple udgave, har modellen vist sig anvendelig i belysningen af det samspil af

eksterne og interne faktorer, der muliggjorde den danske molekylærbiologis udvikling fra diffust interessefelt til selvstændig disciplin. Ved at tage modellen i brug i arbejdet med dette speciales emne har jeg fundet ud af, at den danske molekylærbiologis udvikling har fulgt nogenlunde det samme mønster, som molekylærbiologien har udviklet sig efter i lande som England og USA. Med undtagelse af at den i Danmark (i modsætning til disse lande) skulle importeres udefra, har udviklingsforløbet været parallelt. Den danske molekylærbiologi opstod ikke på universitetet, men blev indledningsvist huset af Statens Seruminstitut. Den blev bragt til landet fra den amerikanske forskningsinstitution Caltech via et internationalt molekylærbiologisk netværk, der også rekrutterede medlemmer blandt danske forskere. Det resulterede i dannelsen af et egentligt dansk molekylærbiologisk netværk, der sikrede forskningsområdets videre udvikling i et efter tidens standard meget tværfagligt orienteret forskningsmiljø i København. Den tidlige danske molekylærbiologis udvikling blev ligesom i udlandet finansieret af private fonde som Rockefeller Foundation og Carlsbergfondet – og tilmed af den danske stat. I midten af 1950'erne gav den nye socialdemokratiske regering økonomisk medvind til den danske naturvidenskab med et initiativ, der resulterede i en statsstøttet udvikling af den danske forskning. Alt dette var med til at sikre gode kår for den spæde molekylærbiologi, der i slutningen af 1950'erne endda formåede at få foden indenfor på Københavns Universitet, der havde oprettet et særegent bygningskompleks for de eksperimentelle biologiske fag. Københavns Universitet oprettede dog ikke et selvstændigt institut for molekylærbiologien, der derimod blev bedrevet på Ole Maaløes Mikrobiologiske Institut.

Ved at se på molekylærbiologiens endelige institutionalisering på Aarhus Universitet har jeg opnået et indblik i, hvordan det unge og succesrige forskningsområde blev modtaget og opfattet på universitetet. I 1968 oprettedes Danmarks første institut for molekylærbiologi på det Naturvidenskabelige Fakultet ved Aarhus Universitet. Oprettelsen skete som del af det meget unge fakultets bestræbelser på at differentiere sig forskningsmæssigt fra dets københavnske søsterfakultet. Denne arbejdsdeling betød, at det århusianske fakultet i højere grad satsede på eksperimentelle biologiske fag end på de traditionelle taksonomiske. Molekylærbiologien havde op gennem 1950'erne og 1960'erne vist sin revolutionerende gennemslagskraft, og var derfor en oplagt kandidat til den nye biologiske faggruppe, selvom skeptikere mente, at faget blot var et modefænomen. Til trods for at molekylærbiologien havde bevist sin anvendelighed, kunne den således ikke hvile på sine laurbær.

6.3: Molekylærbiologiens tværfaglige natur – styrke eller svaghed?

Molekylærbiologiens styrke var fra starten dens tværfaglighed og evne til at løse et videnskabeligt problem med de redskaber, opgaven krævede. Den tværfaglige tilgang gav molekylærbiologien evnen til at tilpasse og tilegne sig nye udfordringer i biologien, hvilket sikrede den sit forspring foran de traditionelle biologiske discipliner i 1950'ernes kapløb om at løse tidens centrale biologiske problemer. Tværfagligheden var dog samtidig det, molekylærbiologiens modstandere ikke kunne acceptere ved det nye forskningsområde, og som i begyndelsen forhindrede det i at få foden indenfor på de konservative universiteter i 1940'erne og 1950'erne. Selv efter institutionaliseringen på Aarhus Universitet blev der set skævt til den unge disciplins tværfaglige natur og alliancer, hvilket i denne opgave bedst er illustreret gennem byggesagen om Kemi II / Biologi III. Alligevel ser det ud til, at den danske molekylærbiologi har overlevet disse institutionelle forhindringer ved at tilpasse sig de kår, den gennem tiden er blevet tildelt. Denne tilpasningsevne er kommet på hård prøve i de seneste år, hvor forskningen i tiltagende grad er blevet dyrere og må finansieres gennem et flerstrengt bevillingssystem, hvor industrien er kommet til at spille en stor rolle og i nogen grad dikterer, hvad der skal forskes i. Institutionaliseringen har derfor ikke medført, at molekylærbiologien disciplinært set har opnået mere stabilitet. Den har derimod skulle leve op til tidens forskningsdebat og krav.

Niels Ole Kjeldgaard er dog bekymret over den voksende alliance mellem molekylærbiologerne og industrien.³⁵⁰ Han frygter, at molekylærbiologien vil stagnere, hvis den industrielt dikterede forskning får lov til at fortrænge den frie molekylærbiologiske grundforskning. Faget vil med andre ord miste sin vigtige tværfaglige foranderlighed, hvis den fuldstændigt mister de frie forskningskår, der var karakteristiske for faget i dets formative fase. Det bør måske derfor være et statsligt anliggende at støtte grundforskningen i en sådan grad, at man opnår en hensigtsmæssig balance i finansieringen af den molekylærbiologiske forskning. Disciplinen kan ikke være foruden industriens støtte, men vil måske heller ikke overleve som innovativt forskningsområde, hvis industrien kommer til at diktere hovedparten af dens forskning. Molekylærbiologiens udvikling er nok afhængig af, at den hele tiden bevarer sin evne til at forandre sig og føje nye områder til sit ”repertoire”. Min indledende frustration over ikke at kunne definere faget præcist er derfor meningsløs set i lyset af, at faget muligvis vil stagnere den dag, en sådan præcis definition er mulig. Måske er det ud fra dette historiske perspektiv, Brian Clark reagerer, når han diskuterer det århusianske instituts nylige

³⁵⁰ MLT interview med Niels Ole Kjeldgaard af 22.11.2002.

navneskifte. Instituttet har siden 1968 skiftet navn flere gange som følge af sammenlægninger med et andet institut³⁵¹ og enkelte laboratoriegrupper. For eksempel skiftede instituttet i 1995 navn til Institut for Molekylær og Strukturel Biologi, da Brian Clarks strukturkemiske gruppe langt om længe blev placeret under det molekylærbiologiske institut. Sidste år skiftede instituttet igen navn - denne gang til ”Molekylærbiologisk Institut”. Clark forklarede mig for nyligt, at han mente, instituttet burde hedde noget helt andet i betragtning af, at også Maaløes gamle Mikrobiologiske Institut havde skiftet navn til ”molekylærbiologi” efter Maaløes afgang³⁵². Det var jo netop den forskningsmæssige differentiering de to institutter imellem, der i sin tid banede vejen for den frie molekylærbiologiske forskning i Århus. Clark ønskede i stedet, at det århusianske institut kom til at hedde ”Molecular Life Sciences” for at vise, at den århusianske molekylærbiologi ikke alene er mere på forkant med udviklingen af faget end det københavnske molekylærbiologiske institut men endda også med de nye udviklinger indenfor den seneste tværfaglige forskning, herunder nano- og bioteknologien. Jeg er tilbøjelig til at give Clark ret, da dette speciale har vist, at molekylærbiologien har overlevet gennem sin tværfaglige foranderlighed. Molekylærbiologien må blive ved med at udnytte den tværfaglige tilpasningsevne – også udadtil gennem sit navn. For som vist i dette speciale er et navn ikke blot et navn. Det er også et politisk redskab, der kan bruges til at forme og sikre et instituts fremtid.

Set i det lys ville det have været interessant at belyse, hvordan molekylærbiologien nu er begyndt at danne basis for nye tværfaglige forskningsområder indenfor de sidste tyve til tredive år. Brydningsfeltet mellem medicin og molekylærbiologi har for eksempel givet ophav til den molekylære medicin, som i flere afskygninger og under forskellige navne er kommet ind på såvel de sundhedsvidenskabelige som de naturvidenskabelige fakulteter landet over. Det kunne være interessant at undersøge, hvordan foreningen af to så forskellige kognitive tilgange til studiet af organismen er blevet forenet og er kommet ind på universiteterne i form af uddannelser som ”Humanbiologi” og ”Medicinal Kemi”. Er der udelukkende tale om et pragmatisk samarbejde mellem to faggrupper, eller er det en egentlig fusion af to forskningsområder? Og hvordan ser de to faggrupper selv på de nye hybriduddannelser, der hverken er fugl eller fisk? Det ligger desværre ikke indenfor dette speciales rammer at svare på disse spørgsmål, men jeg håber, at sagen vil blive undersøgt, da emnet om molekylærbiologiens natur og videre institutionshistorie langt fra er udtømt.

³⁵¹ I 1976 blev instituttet lagt sammen med Institut for plantefysiologi.

³⁵² MLT interview med Brian F.C. Clark d.13.05.2003.

Litteraturliste:

- Bohr, Niels** (1933): "Light and Life", *Nature*, 131: 421-423 & 457- 459, (1933).
- Bohr, Niels** (1987): "Physical Science and the Problem of Life", i "*Essays 1933 – 1957 on Atomic Physics and Human Knowledge, The Philosophical Writings of Niels Bohr, Vol II.*" Ox Bow Press Woodbridge, Connecticut (1987).
- Bretscher og Marcker:** "Polypeptidyl-sRiboNucleic Acid and Amino-Acyl-sRiboNucleic Acid Binding Sites on Ribosomes", *Nature*, pp.380 – 384, (1966).
- Chadarevian, Soraya de:** "*Designs for Life- Molecular Biology after World War II*", Cambridge University Press, UK (2002).
- Chamberlain, Hansen og Nielsen :** "*Ole Maaløe og Københavnerskolen: et biografisk studie af Ole Maaløe og hans betydning for bakteriefysiologien*", upubliceret eksamensarbejde ved Den Naturvidenskabelige Basisuddannelse på RUC opgave, 1994.
- Chen, Ingfei:** "The networker", *Sage*, (2003)
<http://sageke.sciencemag.org/cgi/content/full/sageke;2003/19/nf9>
- Clark, Brian F. C:** "The crystallization and structural determination of tRNA", *TRENDS in Biochemical Sciences*, (2001).
- Clark og Marcker** (1966): "The role of N-formyl-methionyl-sRNA in protein biosynthesis", *Journal of Molecular Biology*, pp. 394-406, (1966).
- Clark og Marcker** (1968): "How Proteins Start", *Scientific American*, pp. 36-42 (1968).
- Cooper, Stephen:** "The origins and meaning of the Schaechter-Maaløe-Kjeldgaard experiments", *Journal of General Microbiology*, pp. 1117 –1124, (1993).
- Dörries, Matthias:** "Easy Transit: Crossing Boundaries Between Physics and Chemistry", i ed. agar & Smith: "Making Space for Science", Macmillan Press Ltd, London, UK, (1998).
- Ellebæk, T.P.:** "Proteinkemigruppen" i jubilæumsskriftet "25 år – Institut for Molekylær Biologi", AU, (1993).
- Favrholdt, David** ed.: "*Niels Bohr Collected Works vol. 10*", Elsevier Science, Holland (1999).
- Fischer, E.P. og Lipson, C.:** "*Thinking About Science: Max Delbrück and the Origins of Molecular Biology*", New York: Norton (1988).

- Fleming, D.:** "Emigre physicists and the biological revolution" i *"The intellectual Migration: Europe and America (1930-1960)"*, Harvard University Press, USA, (1969)
- Friesen, James D.:** "The Balanced Growth of Bacteria", i Schaechter, Neidhardt & Kjeldgaard: *"The Molecular Biology of Bacterial Growth – A Symposium held in honor of Ole Maaløe"*, Jones and Bartlett Publishers, USA, (1985).
- Helvoort, Ton van:** *"A Scientific Ecology of Molecular Biology Research in the Netherlands (1945-1990)"*, Department of History, University of Maastricht. (upubliceret arbejde).
- Holter, Heinz:** *"The Carlsberg Laboratory 1876 – 1976"*, RHODOS, København (1976).
- Instituttlederne:** "De nye Institutter i Botanisk Have", *Naturens Verden*, p.129-148, (1959).
- Jensen, Klaus:** "Bekæmpelse af infektionssygdomme – Statens Seruminstitut 1902 – 2002", Nyt Nordisk Forlag, Kbh., (2002).
- Jordanova:** "Gender and the historiography of science", *British Journal for the History of Science*, 26: 469-83, (1993).
- Justesen, Just:** "Niels Ole Kjeldgaard", Biozoom, 2, (2002).
- Kalckar, Herman M.** (1992): "High Energy Phosphate Bonds: Optional or Obligatory?", i Cairns, Stent, Watson, eds. *"Phage and the Origins of Molecular Biology"*, Cold Spring Harbor, N.Y. 1966,(1992).
- Kay, Lily E.:** *"The Molecular Vision of Life"*, Oxford University Press, Oxford (1993).
- Keller, Evelyn Fox:** "Physics and the Emergence of Molecular Biology", *Journ. His. Biol.*, 23: 389-410, (1990).
- Kendrew, John C. :** "How Molecular Biology started", *Scient. Am.*, 216: 141-143, (1967).
- Kjeldgaard, Niels Ole** (1989): "Ole Maaløe", *"Det Kongelige Danske Videnskabernes Selskab – Oversigt over Selskabets Virksomhed 1988-1989."*, Munksgaard, København, (1989).
- Kjeldgaard, Niels Ole** (1993): "Molekylær Biologi i 25 år" i "25 år – Institut for Molekylær Biologi", AU, (1993).
- Kjeldgaard, Maaløe og Schaechter** (1958 b): "The Transition Between Different Physiological States During Balanced Growth of *Salmonella typhimurium*.", *Journal of General Microbiology*, p.607-616, (1958).
- Kjeldgaard, Maaløe og Schaechter** (1958 a): "Dependency on Medium and Temperature of Cell Size and Chemical Composition during Balanced Growth of *Salmonella typhimurium*.", *Journal of General Microbiology*, pp. 592-606, (1958).

Kohler, Robert (1976): „The Management of Science – The experience of Warren Weaver and the Rockefeller Foundation Programme in Molecular Biology”, *Minerva*, 14: 249-293, (1976).

Kohler, Robert (1982): *“From medical chemistry to biochemistry”*, Cambridge University Press, Cambridge (1982).

Lenoir, Timothy: *“Instituting Science”*, Stanford University Press, Stanford, USA (1997).

Lodish et.al.: *“Molecular Cell Biology”*, Freeman, NY, USA (1999).

Lundgren, Anders: ”Naturvetenskaplig institutionalisering”, i ed. Sven Widmalm: *“Vetenskapsbärarna: naturvetenskapen i det svenska samhället, 1880-1950”*, Gidlunds Forlag, Hedemora, (1999).

Luria, Salvatore & Latarjet, R.: ”Ultraviolet Irradiation of Bacteriophage during Intracellular Growth”, *Journal of Bacteriology*, pp. 149-163, (1947).

Lwoff, André: *“The Profage and P”*, i Cairns, Stent, Watson, eds. *“Phage and the Origins of Molecular Biology”*, Cold Spring Harbor, N.Y. 1966,(1992).

Marcker og Sanger: ”N-formyl-methionyl-s-RNA”, *Journal of Molecular Biology*, 8: 835-840, (1964).

Meyerheim, Michael: ”Det hele er i virkeligheden fysik og kemi”, *Politikken*, fredag d. 11.maj 1979.

Morange, Michel: *“A History of Molecular Biology”*, Harvard University Press, Massachusetts (1998).

Mullins, N.C.: ”The Development of a Scientific Speciality – The Phage group and the Origins of Molecular Biology”, *Minerva*, pp. 51-82, (1972).

Maaløe, Ole: ”Some Effects of Changes of Temperature on Intracellular Growth of the Bacterial Virus T4”, *Acta Pathologica et Microbiologica Scandinavica*, pp. 507-513, (1950).

Maaløe, Ole (1981): ”How It All Began”, i Steinberg & Lefkovits ed. *“The Immune System – Festschrift in Honor of Niels Kaj Jerne on the Occasion of his 70th Birthday”*, KARGER, Basel, (1981).

Maaløe, Ole (1985): ”Om Niels Bohr og biologien”, *Naturens Verden*, pp. 344-345, (1985) .

Maaløes afskedstale i Botanisk Auditorium 30.08.1984. (udlånt af Aase Maaløe).

Maaløe og Stent: ”Radioactive Phosphorous Tracer Studies on the Reproduction of T4 Bacteriophage”, *Acta Pathologica et Microbiologica Scandinavica*, pp. 149-157, (1952).

- Maaløe og Watson:** "The Transfer of Radioactive Phosphorous from Parental to Progeny Phage", *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 507-513, (1951).
- Nielsen et al.:** "Til samfundets tarv – Forskningscenter Risø's historie", Forskningscenter Risø, (1998).
- Olby, Robert** (1974): "The Path To The Double Helix", Macmillan, UK (1974)
- Olby, Robert** (1990): "The Molecular Revolution in Biology", i ed. Olby: "Companion To The History of Modern Science", Routledge, London, (1990).
- Perutz, Max:** "Is Science Necessary?", E.Dutton, NY (1989).
- Perutz, Max:** "Is Science Necessary?", Oxford University press, Oxford (1991).
- Quirke, Viviane:** "A Big Happy Family", p. 256, i Frank A.J.L. James ed. : "The Common Purposes of Life", Ashgate, UK (2002).
- Schaechter, Moselio:** "Going after the Growth Curve", i Schaechter, Neidhardt & Kjeldgaard: "The Molecular Biology of Bacterial Growth – A Symposium held in honor of Ole Maaløe", Jones and Bartlett Publishers, USA, (1985).
- Schrödinger, Erwin:** "What is Life? - The physical aspect of the living cell", The University Press, Cambridge, 1944, (1951).
- Stent, Gunther :** "That Was the Molecular Biology That Was", *Science*, 160: 390-395, (1968).
- Stent, Gunther** (1985): "The Copenhagen Spirit" i Schaechter, Neidhardt & Kjeldgaard: "The Molecular Biology of Bacterial Growth – A Symposium held in honor of Ole Maaløe", Jones and Bartlett Publishers, USA, (1985).
- Stent, Gunther** (1992a): "Introduction: Waiting for the Paradox", i Cairns, Stent, Watson, eds. "Phage and the Origins of Molecular Biology", Cold Spring Harbor, N.Y. 1966,(1992)
- Stent, Gunther** (1992 b): Nekrolog over Max Delbrück, i Cairns, Stent, Watson, eds. "Phage and the Origins of Molecular Biology", Cold Spring Harbor, N.Y. 1966,(1992).
- Stryer, Lubert:** "Biochemistry", Freeman, USA, (1995).
- Söderqvist, Thomas** (1998): "Hvilken kamp for at undslippe – En biografi om immunologen og nobelpristageren Niels Kaj Jerne", Borgen, Kbh. (1998).
- Söderqvist, Thomas** (2000): "Niels K. Jerne – en intuitiv forsker", Biozoom, 3, (2000).
- Waddington, C.H.:** "Some European Contributions to the Prehistory of Molecular Biology", *Nature*, 221: 318-321, (1969).

Watson, James D. (1968): *"The Double Helix"*, Atheneum, N.Y., (1968).

Watson, James D. (1992): "Growing up in the Phage School", i Cairns, Stent, Watson, eds. *"Phage and the Origins of Molecular Biology"*, Cold Spring Harbor, N.Y. 1966,(1992).

Weaver, Warren: *"Annual Report of the Rockefeller Foundation"* (1938).

Weaver, Warren: "Molecular Biology: Origins of the term", *American Association for the Advancement of Science*, p. 582, (1970).

Westergaard, Mogens: "Et nyt Arbejdsområde for Arvelighedsforskningen: Den biokemiske Genetik", *Naturens Verden*, pp. 253-60, (1946).

Wettstein, Dieter von: "Nekrolog over Mogens Westergaard", *Det Kongelige Danske Videnskabernes Selskab – Oversigt over Selskabets Virksomhed 1975-1976*, (1976).

Witkowski, Jan: "Fifty years on: molecular biology's hall of fame.", *Trends in Biotechnology*, p. 234-243, (1988).

Yoxen, Edward: "Where Does Schrödingers "What is Life" Belong in the History of Molecular Biology", *History of Science*, 17: 17-52, (1979).

Zallen, Doris T.: "Redrawing the Boundaries of Molecular Biology", *Journal of the History of Biology*, pp. 65-87, (1993).

Aaserud, Finn : *"Redirecting science"*, Cambridge University Press (1990).

Årsberetning for Aarhus Universitet 1966-67

Årsberetning for Aarhus Universitet 1968/69.

Årsberetning for Aarhus Universitet 1969/1970.

Årsberetning for Aarhus Universitet 1974/1975.

Særnummeret af: *"Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences"* (september 2002), med titlen "Molecular Biology in Postwar Europe".

Udover ovenstående litteratur er der i dette speciale blevet anvendt diverse arkivalier fra følgende arkiver og afdelinger:

Arkivet for Institut for Videnskabshistorie, AU:

Brev af 28.02.1989 fra Jerne til Niels Ole Kjeldgaard.

Arkivet for Molekylærbiologisk Institut, AU:

Instituttets gæstebog, der blandt andet rummer H.H. Ussings tale ved overrækkelsen af Novo-prisen i 1984 til Staffan Magnusson, Staffan Magnussons svartale til H.H. Ussings tale ved overrækkelsen af NOVO prisen i 1984 samt en pressemeddelelse fra Novo's pressetjeneste angående NOVO-prisen 1984.

Det Naturvidenskabelige Fakultets arkiv, AU:

Fakultetsmødereferater samt skrivelser angående Aarhus Universitets udbygning af biofaggruppen, skrivelser om byggesager mm.

Håndskriftsafdelingen på Det Kongelige Bibliotek:

Kapsel x00100078x - diverse breve til Herman Kalckar.

Journalkontoret, AU:

Konsistouriumsmødereferater og enkelte journalsager. Universitetets hovedarkiv figurerer under Journalkontoret. Her fandt jeg flere skrivelser om udbygningen af den biologiske faggruppe på Aarhus Universitet.

Niels Bohr Arkivet:

Brevekslinger, manuskripter og konferencedeltagerlister fra de to samlinger "*Niels Bohr General Correspondance*" og "*Manuscripts of a Scientist*". Dertil kommer jubilæumsskriftet "*Commemoration of the Fiftieth Anniversary of Niels Bohrs First Papers on Atomic Constitution held in Copenhagen on 8-15 July 1963, Sessions on Cosmos and Life*". *Institute for Theoretical Physics*".

Udover de skriftlige arkivalier har jeg i dette speciale støttet mig til en række interviews og telefonsamtaler med følgende:

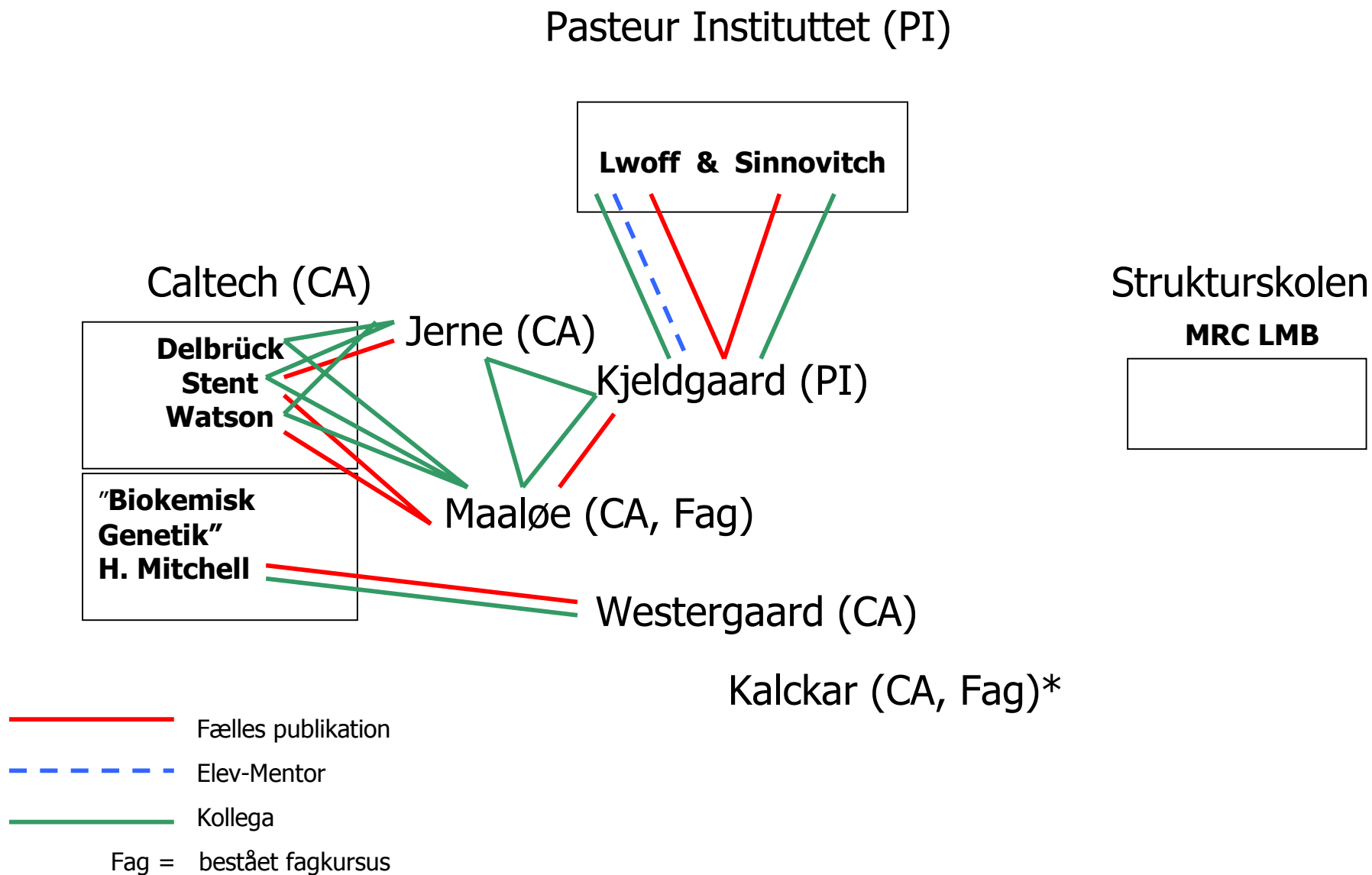
Brian F.C. Clark

Kjeld A. Marcker

Niels Ole Kjeldgaard

Jens Tyge Møller

Appendiks figur 1:



Appendiks figur 2: Århusgruppen

