

TEKST NR 112

1985

VIDENSKABELIGGØRELSE AF DANSK TEKNOLOGISK INNOVATION
FREM TIL 1950 - BELYST VED EKSEMPLER.

PROJEKTRAPPORT:

ERIK ODGAARD GADE,

HANS HEDAL,

FRANK C. LUDVIGSEN,

ANNETTE POST NIELSEN,

FINN C. PHYSANT.

VEJLEDERE:

CLAUS BRYLD,

BENT C. JØRGENSEN.

TEKSTER fra

IMFUFA

ROSKILDE UNIVERSITETSCENTER

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

IMFUFA, Roskilde Universitetscenter, Postbox 260, 4000 Roskilde

VIDENSKABELIGGØRELSE AF DANSK TEKNOLOGISK INNOVATION FREM TIL
1950 - BELYST VED EKSEMPLER

af Erik Odgaard Gade, Hans Hedal, Frank C. Ludvigsen, Annette
Post Nielsen og Finn C. Physant.

Vejledere: Claus Bryld og Bent C. Jørgensen.

IMFUFA tekst nr. 112/85, RUC.

317 sider.

ISSN 0106-6242

ABSTRACT:

Projektet er udført som et kombineret fysik-og historieprojekt ved RUC's gymnasielæreruddannelser. Dets forskningsfelt er forskning i videnskabeliggørelse af produktionen som historisk proces. Indledningsvist argumenteres der for feltets relevans, problemstillingen præciseres og begrebsapparatet præsenteres. Som problemafgrænsning har vi indskrænket os til dels at betragte videnskabeliggørelse af teknologisk innovation i Danmark op til ca. 1950, dels at belyse begrebet videnskabeliggørelse af teknologisk innovation. I relation hertil gives en overordnet beskrivelse af opkomsten og udviklingen af de institutionelle rammer for videnskabeliggørelsen af dansk teknologisk innovation - forsknings-og udviklingssystemet (FoU-systemet). I fem danske eksempler på teknologiske innovationsprocesser forløbende fra 1800-tallet til ca. 1950 (kajdimensionering hos Christiani & Nielsen, lægemiddelfremstilling hos Nordisk Insulinlaboratorium, dansk telekommunikation repræsenteret ved Poulsenbuen, ølbrygning hos Carlsberg og syrnet smør i dansk mejeribrug) undersøges det, hvorledes videnskabeliggørelsen foregår. - Konkluderende fastslår vi vedrørende belysningen af begrebet om videnskabeliggørelse, at der på en række tekniske områder er sket et skift fra en erfaringsbaseret innovationsfase til en fase involverende naturvidenskabelige teorier, begreber og metoder. En fase som også socialt-organisatorisk ligner den naturvidenskabelige forskning. De historiske eksempler belyser dog, at denne videnskabeliggørelse forløber meget forskelligt fra område til område. Vedrørende det brede billede af dansk teknologisk innovations videnskabeliggørelsesproces fremhæves betydningen af den betydelige vækst i antallet af færdiguddannede polytekniske kandidater omkr. århundredeskiftet, det relativt tidligt udviklede landbrugs-FoU-system og det relativt sent udviklede industri-FoU-system.

FORORD

Denne projektrapport er udarbejdet på Roskilde Universitets Center og dækker eksamenskravene til historieuddannelsens Danmarkshistoriemodul (modul 1) og fysikuddannelsens dybdemodul (modul 2) for Hans Hedal, Frank C. Ludvigsen, Annette P. Nielsen og Finn C. Physant. Endvidere dækker rapporten kravene til Danmarkshistoriemodulet for Erik O. Gade, der allerede har afsluttet sit andet fag, matematik.

Forord.....	1
Indhold.....	2
1 Indledning.....	5
2 Præsentation af begreber.....	13
3 Overvejelser over kildematerialet.....	19
4 Opkomsten af forsknings- og udviklingssystemer i Danmark.....	28
4.1 Indledning.....	29
4.2 Landbrugs-FoU-systemet.....	33
4.3 Industri-FoU-systemet.....	56
5 Eksempler på videnskabeliggørelse af dansk teknolo- gisk innovation.....	87
5.1 Bryggeriet Carlsberg med særlig vægt på Carls- berg Laboratoriets betydning.....	90
5.2 Syrnet smør.....	131
5.3 Kajmursdimensionering hos firmaet Christiani & Nielsen.....	157
5.4 Nordisk Insulinlaboratorium.....	202
5.5 Telekommunikationsområdet, radiotelegrafi.....	228
6 Diskussion.....	268
Litteraturliste.....	275
Appendix 1.....	287
Appendix 2. Manuskripter til de mundtlige eksamens- oplæg.....	290

KAPITEL 1:
INDLEDNING.

IMFUFA-diskussionens betydning for dette projekt.

Dette projekt er i høj grad inspireret af diskussioner ført i det faglige miljø på IMFUFA (Institut for studiet af matematik og fysik samt deres funktioner i undervisning, forskning og anvendelser) omkring emnet videnskabeliggørelse af den teknologiske udvikling og omkring det beslægtede emne: det videnskabeliggjorte samfunds almene uddannelsesbehov. Dette vil vi komme tilbage til længere fremme i teksten, men inden da vil vi prøve at komme nærmere ind på, hvad der menes med videnskabeliggørelse af den teknologiske udvikling.

Indledningsvis må det understreges, at det i den i dette projekt betragtede periode op til lige efter 2. Verdenskrig, i alt væsentlighed er naturvidenskaben, der har spillet en rolle i videnskabeliggørelsen af den teknologiske udvikling. For at få et håndterligt begreb foretager vi derfor den meget lidt restriktive afgrænsning at betragte naturvidenskabeliggørelsen. Denne betegnes fremover som videnskabeliggørelsen. Videnskabeliggørelsen af den teknologiske udvikling er en historisk proces, som bedst kan illustreres, hvis vi tager udgangspunkt i den tidlige kapitalisme. Her er produktion og naturvidenskab i det store hele adskilte områder for menneskelig aktivitet, tilhørende hver sin faglige tradition. I den tidlige kapitalisme byggede den produktions-teknologiske udvikling på den erfaringsbaserede, håndværksmæssige tradition, som herskede i det førindustrielle landbrug og håndværk. Med tidligkapitalismen tænkes der her først og fremmest på 1600- og det begyndende 1700-tals England. De naturvidenskabelige discipliner som f.eks. den klassiske mekanik var fortrinsvis rettet mod grundlæggende erkendelsesmæssige problemer, og ikke mod det praktiske livs behov. Senere i kapitalismens udvikling (i resten af 1700- og i 1800-tallet) skete der en begyndende veksels-

virkning mellem naturvidenskaben og den produktionsteknologiske udvikling - et eksempel på en sådan er den tidlige dampmaskinteknologi til og med Watt's maskine. Sidenhen intensiveredes forbindelsen mellem naturvidenskaben og den teknologiske udvikling, idet den blev mere systematisk og målrettet, hvilket specielt kendetegner tiden efter 2. Verdenskrig. Et eksempel på dette er halvleder teknologien. Den beskrevne videnskabeliggørelsesproces har først og fremmest fundet sted i de førende industrialiserede lande.

Videnskabeliggørelsen af den teknologiske udvikling finder sted, dels ved at teknologiske innovationsprocesser ændrer karakter fra oprindeligt at have været erfaringsbaserede, dels ved at der sker en forandring i den viden, som er materialiseret i produktionen. Kort sagt bliver innovationsprocesserne på flere og flere måder præget af naturvidenskaberne, og naturvidenskabelig og teknisk-videnskabelig viden materialiseres i arbejdskraft og teknologi.

Denne videnskabeliggørelse har både gode og dårlige sider: Positivt er det, at den naturvidenskabelige prægning af de teknologiske innovationsprocesser, dels har betydet, at innovation er blevet en mere hurtig og systematisk proces end den var i den førindustrielle innovationsform, som i vid udstrækning var baseret på mere eller mindre tilfældige eraringer i den materielle produktion. Dels har den også betydet realiseringen af en lang række teknologiske potentialer, som ikke lå i den erfaringsbaserede metode. Her kan man igen nævne halvlederteknologien som eksempel. Imidlertid har videnskabeliggørelsen af den teknologiske udvikling også negative sider. Det er blevet stadigt sværere at overskue produktionslivet. Ikke bare produktionsprocesserne og de teknologiske innovationsprocesser på samfundsmæssigt plan, men også den enkelte

arbejdsproces og dens bestanddele og deres indbyrdes samvirken.

Videnskabeliggørelsen af den teknologiske udvikling får derved som en konsekvens, at lægmand får stadigt aftagende mulighed for at få indsigt i ekspertarbejde med teknologisk indhold og for at overskue de samfundsmæssige strukturer, dette arbejde indgår i. Dette sker samtidigt med at lægmand i det daglige bliver mere og mere afhængig af eksperternes virke og det goder, det jo rent faktisk fører med sig.

Denne udvikling er problematisk og peger på en mulig af-demokratiserende indvirkning på samfundet. På IMFUFA har man i det faglige miljø diskuteret denne problematik i forbindelse med diskussionen om, hvilken almenviden det er nødvendigt, at uddannelsessystemet videregiver, for at man kan klare sig i det videnskabeliggjorte samfund (IMFUFA-tekst nr. 82, 1984, s. 3-53). I denne diskussion er der fremført argumenter om, at indsigt i karakteren af videnskabeliggørelsen af teknologien og den teknologiske udvikling, er et centralt element i en sådan almenviden. Her spiller både naturvidenskabelig-teknisk og samfundsfaglig-historisk indsigt en væsentlig rolle.

Det er den skitserede diskussion, som har inspireret os til at iværksætte dette projekt med henblik på at få en dybere forståelse af, hvad videnskabeliggørelse af den teknologiske udvikling er, og hvilken rolle teknisk ekspertise spiller i denne historiske proces. Som en afgrænsning har vi indskrænket os til, dels at betragte videnskabeliggørelse af teknologisk innovation i Danmark op til ca. 1950, dels at belyse begrebet videnskabeliggørelse af teknologisk innovation. Samtidigt har det også været naturligt at følge forløbet af denne historiske proces i Danmark, som jo trods alt er vore nærmeste omgivelser. Endelig har vi valgt at beskrive den omtalte periode af flere

grunde: 1) Fordi beskrivelser af forholdsvis mange teknologiske innovationsprocesser allerede foreligger som umiddelbart tilgængeligt kildemateriale. Nyere materiale omkring teknologisk innovation har vis sig sværere at fremskaffe. Dette beror formentlig bl.a. på, at disse oplysninger ofte hemmeligholdes af konkurrencemæssige hensyn, og at der derfor forløber en vis tid før de kommer til at figurere i jubilæumsskrifter etc. 2) Fordi vi antog, at de teknologiske innovationsprocesser, som forløb indenfor den nævte periode, var nemmere at overskue pga. en relativt mindre kompleksitet end de senere, og fordi de teknologisk avancerede dele af dansk erhvervsliv rent talmæssigt var til at overskue.

Problemformuleringen endte da med at blive de to nedenstående spørgsmål. Målgruppen er IMFUFA og personer som interesserer sig for problematikken.

Problemformulering:

Hvad skal man forstå ved videnskabeliggørelse af teknologisk innovation?

Hvilket billede tegner der sig af videnskabeliggørelsen af dansk teknologisk innovation frem til ca. 1950?

Videnskabeliggørelse af teknologisk innovation - et uopdyrket historisk felt.

Indledningsvis skal det også fortælles, at karakteren af det genstandsområde, vi har taget op, bevirker nogle forholdsvis specielle metodemæssige problemer, hvad angår kildematerialets tilgængelighed for forståelse. Genstandsområdet "videnskabeliggørelse af teknologisk innovation i historisk perspektiv" kendetegnes ved, at meget af den histo-

riske empiri er faglige skrifter og afhandlinger med et stort indhold af teknisk-naturvidenskabelig specialistviden af mangeartet karakter. Herved adskiller det sig fra megen anden historie. Dette er et mere generelt problem for historieforskningen, i og med almindelige historikere ikke har den fornødne teknisk-naturvidenskabelige baggrund, hvorfor man fra denne side i høj grad har ladet emnet være uopdyrket. Når man fra historiker-side har taget emnet op har det sædvanligvis været uundgåeligt behandlet, idet man ikke har gået detaljeret ind på den indholdsmæssige side af videnskabeliggørelsen af teknologisk innovation som historisk proces. Teknologihistorikere har kun sjældent behandlet videnskabeliggørelsen explicit. Det samme gælder naturvidenskabshistorikere. Dette har forskellige årsager. Teknologihistorikere har mere har mere interesseret sig for, at kortlægge teknologiske innovationer som materielle frembringelser, end at bevæge sig mere indgående ind på at beskæftige sig med de fremgangsmåder, der ligger til grund for skabelsen af disse. Naturvidenskabshistorikerne har mere interesseret sig for de "rene" naturvidenskabers historie. Samtidigt er teknologi- og naturvidenskabshistorikere ofte faglige specialister, som skriver om deres egen og beslægtede fagområders historie, men mangler en egentlig samfunds- og historieteoretisk skoling.

Resultatet er i følge vores kendskab til området, derfor at næsten ingen fra de ovennævnte kategorier har beskrevet videnskabeliggørelsen af teknologisk innovation som historisk proces, og slet ingen har forsøgt at forbinde konkrete historiske videnskabeliggørelsesprocesser af den nævnte type med samfundsmæssige udviklinger og sammenhænge, som f.eks. økonomi og marked.

En dækkende beskrivelse af den fremadskridende videnskabeliggørelse af teknologisk innovation ind i det 20.

århundrede og frem til i dag kræver, ud over en indsigt i videnskabsteori og faget historie, specialistindsigter i et bredt spektrum af naturvidenskabelige og teknologiske fag. Et spektrum af specialistindsigter, som er uhyre omfattende og komplekst, og derfor for omfattende og overskueligt til at kunne besiddes af enkeltpersoner alene. Historieskrivning om videnskabeliggørelsen af teknologisk innovation kræver derfor tværfaglighed.

En væsentlig bevæggrund for at vi har udført dette projektarbejde har da også været, at vi opfattede det som en udfordring at arbejde på et uopdyrket område. Samtidigt mente vi også at kunne yde en indsats netop på baggrund af vores specielle tværfaglige forudsætninger som hhv. fire fysik/historie- og en matematik/historie-studerende. (For en yderligere introduktion se appendix 2: Manuskripter til de mundtlige eksamensoplæg).

Indeholdet i de følgende kapitler.

Kapitel 2 er en præsentation af de centrale begreber, som benyttes i projektet.

Kapitel 3 indeholder betragtninger over det anvendte kildematerialers kvalitet.

Kapitel 4 indeholder en beskrivelse af opkomsten og udviklingen af de institutionelle rammer for videnskabeliggørelsen af dansk teknologisk innovation. Det drejer sig om opkomsten og etableringen af det såkaldte nationale F&U-system.

Kapitel 5 indeholder konkrete historiske eksempler på videnskabeliggørelse af dansk teknologisk innovation. I de fem historiske cases, som alle beskriver udviklinger, der begynder i 1800-tallet eller før og forløber op til ca. 1950, undersøges det hvorledes videnskabeliggørelsen foregår. Disse få, men centrale eksempler, viser nogle klare forskelle i den måde videnskabeliggørelsen fremtræder in-

den for forskellige tekniske områder, ligesom hvert enkelt eksempel i forskellig grad belyser overordnede institutionelle forhold og internationale forhold.

Kapitel 6 er en samlet diskussion og konklusion i relation til den opstillede problemformulering.

KAPITEL 2:
PRÆSENTATION AF BEGREBER.

Den teknologiske innovationsproces.

Ved den teknologiske innovationsproces forstår vi den proces, hvorved ny teknologi skabes. Processen starter med de aktiviteter, som fører til nye ideer, opdagelser eller opfindelser. Endepunktet for processen er den succesfulde anvendelse af en opfindelse evt. i forædlet version. Innovationsprocessen efterfølges oftest af en difusionsproces, hvor opfindelsen finder bredere anvendelse.

Med overgangen fra feudalisme til kapitalisme sker der en stærk målretning og intensivning af teknologisk innovation. Den feudale innovationsform er traditionsbundet i dobbelt forstand. Teknologiske nyskabelser kontrolleres i høj grad af laugene, hvis interesse i teknologisk forandring er begrænset. Envidere foregår teknologisk innovation i stor udstrækning indenfor en håndværksmæssig tradition, hvor hver eneste lærling gennem egne fejl erfarer, at mesters måde at gøre tingene på er den bedste. Det er den dyd at være traditionen tro, og incitamentet til at søge nye veje er svagt. Teknologisk innovation er her kendetegnet ved, at tilfældige erfaringer langsomt og usystematisk optages i traditionens vidensforråd. Omvendt er den kapitalistiske innovationsform kendetegnet ved at være målrettet. Under kapitalistiske produktionsforhold er der en indbygget tvang til teknologisk innovation, fordi teknologiske nyskabelse indgår som et middel i konkurrencen mellem enkelt-kapitaler og i kampen mellem kapitalistklassen og arbejderklassen. Denne målretning indebærer, at teknologisk innovation får karakter af bevidst og systematisk vidensudvikling.

Under den teknologiske innovationsproces kan der enten gøres brug af eksisterende teknisk viden, eller ny viden kan skabes. Målrettet og bevidst kombineret af eksisterende viden kaldes teknisk udvikling, og målrettet bevidst skabelse af ny teknisk viden kaldes teknisk forskning.

Distinktionen mellem teknisk forskning og naturvidenskabelig forskning.

Som nævnt i indledningskapitlet var naturvidenskab og produktion to i det store hele adskilte områder for menneskelig aktivitet under den tidlige kapitalisme. Den teknologiske innovation som var målrettet byggede på den erfaringsbaserede tradition, som karakteriserede det førindustrielle landbrug og håndværk. Den tekniske forskning var således rent empirisk. Omvendt var naturvidenskaberne rettet mod grundlæggende erkendelsesmæssige problemer og interesserede sig ikke for det praktiske livs behov. Det er denne oprindelige opdeling man skal tage udgangspunkt i, hvis man skal bestemme udgangspunktet for videnskabeliggørelsen, som er en naturvidenskab, der er fuldstændig adskilt fra produktionsteknisk vidensfrembringelse.

Teknisk forskning har til formål at løse praktiske tekniske problemer, mens formålet med naturvidenskabelig forskning er at erkende basale bagvedliggende strukturer i naturen. "Genstanden" for teknisk forskning er tekniske systemer, mens genstanden for naturvidenskabelig forskning er de ontologiske basale strukturer i naturen.

Det, at vi ser naturvidenskabelig forskning som en erkendelsesrettet sandhedssøgende aktivitet betyder ikke, at den er upåvirket af samfundet, men snarere, at den er påvirket af samfundet på en langt mere indirekte og formidlet måde end teknisk forskning. Teknisk forskning er jo direkte begrundet i sin praktiske nytte, mens naturvidenskabelig forskning historisk i højere grad ^{bl.a.} har spillet en rolle på et ideologisk plan i opgøret mellem den religiøse tro og den rationelle fornuft.

Videnskabeliggørelse af teknologisk innovation.

Videnskabeliggørelse af teknisk forskning er, at flere og flere træk, der er særegne for den naturvidenskabelige forskning viderformidles fra denne og optages i den tekniske forskningspråces. Denævnte træk er både af metodemæssig, videnskabelig og socialt-organisatorisk karakter.

Videnskabeliggørelse at teknisk udvikling sker dels direkte ved udnyttelse af resultater fra den naturvidenskabelige forskning. Dels indirekte ved udnyttelse af teknisk viden, hvis frembringelse involverede træk, der som ovenfor beskrevet, er særegne for den naturvidenskabelige forskning.

Med videnskabeliggørelse menes altså strengt taget naturvidenskabeliggørelse. Der eksisterer selvfølgelig også andre videnskaber end naturvidenskaberne, nem naturvidenskab er det område, der har størst betydning for teknologien, og et bredere videnskabeliggørelsesbegreb ville blot være endnu mere u håndterligt.

Kvantitative mål for videnskabeliggørelse af teknologisk innovation.

Udover de nævnte rent kvalitative træk ved videnskabeliggørelsen at teknologisk innovation har videnskabeliggørelsen også en kvantitativ side. Kvantitative mål for videnskabeliggørelse af teknologisk innovation er for eksempel antallet af naturvidenskabeligt uddannede forskere, tekniske forskningslaboratorier, ingeniørere og tekniske højskoler.

Træk der er særegne for naturvidenskabelig forskning.

Metodemæssige:

Vekselvirkning mellem videnskabelig teori/model og eksperiment.

Forsøg på at beskrive naturfænomener ved hjælp af matematik.

⋮

Vidensmæssige:

Gør brug af og frembringer naturvidenskabelige teorier/modeller, begreber og hypoteser.

⋮

Socialt-organisatoriske:

Forholden sig til problemstillinger der videregives af den videnskabelige tradition.

Publikation af artikler og afhandlinger til en videnskabelig offentlighed.

Eksistens af videnskabelige institutioner/miljøer.

⋮

Dette er selvfølgelig kun en meget grov skitse af kendetegnene ved naturvidenskabelig forskning, men vi vil afstå fra at uddybe og begrunde. Kun skal det lige nævnes, at i de tilfælde hvor der skelnes mellem teori og model, menes der med teori grundliggende naturvidenskabelig teori i modsætning til modeller, som er anvendelser af grundliggende teori på mere specifikke problemstillinger. Spørgsmålet om forskellen på teori og model kræver en længere diskussion, som dog ikke vil blive ført i dette projekt. Til vores brug er det for det meste tilstrækkeligt blot at tale om "teori" i den brede betydning "teori og model".

Afslutningsvist en sammenligning af det skitserede begrebssæt med en anden og nok meget udbredt definition på forskning og udvikling. I nedenstående uddrag fra "The Measurement of Scientific and Technical Activities: Proposed Standard Practice for Surveys and Experimental Development ("Franscati Manual"), 1980, OECD Paris, Chapter II, pp. 25", er forskning og udvikling, i lighed med vores opfattelse, blandt andet defineret ved, at der arbejdes på systematisk grundlag:

Research and experimental development (R & D) comprise creative work undertaken on a systematic basis in order to increase the stock of knowledge, including knowledge of man, culture and society and the use of this stock of knowledge to devise new applications.

R & D is a term covering three activities: basic research, applied research and experimental development.¹ *Basic research* is experimental or theoretical work undertaken primarily to acquire new knowledge of the underlying foundation of phenomena and observable facts, without any particular application or use in view. *Applied research* is also original investigation undertaken in order to acquire new knowledge. It is, however, directed primarily towards a specific practical aim or objective. *Experimental development* is systematic work, drawing on existing knowledge gained from research and/or practical experience that is directed to producing new materials, products or devices, to installing new processes, systems and services, or to improving substantially those already produced or installed.

(Her citeret efter C. Freeman 1982, p. 225).

Sådan som vi forstår definitionen, svarer "basic research" til det vi kalder naturvidenskabelig forskning. "Applied research" og "experimental development" er begge rettet mod bestemte praktiske mål, og derved ligner de vores kategorier: teknisk forskning og teknisk udvikling.

Med denne oversættelse skulle videnskabeliggørelse af teknologisk innovation betyde, at træk der er særegne for "basic research" viderformidles og inkorporeres i "applied research" og "experimental development".

Vi har imidlertid valgt at bruge vores egne termer, fordi vi ikke er helt klar over, hvad OECD-terminerne faktisk dækker. Og sådan som det hele rodes rundt i almindelig dansk sprogbrug, er betegnelserne: grundforskning, anvendt forskning og eksperimentel udvikling i hvert fald et dårligt valg for de tilsvarende kategorier. Eksempelvis forveksles grundliggende anvendt forskning (=grundliggende teknisk forskning) i vid udstrækning med grundforskning (=naturvidenskabelig forskning).

KAPITEL 3:
OVERVEJELSER OVER DET I PROJEKTET ANVENDTE KILDEMA-
TERIALE.

I det følgende gøres nogle overvejelser over de væsentligste/mest anvendte kilder i rapporten. Kapitlet har bl.a. til formål, at vise hvor relativt tæt kildemæssigt vi er kommet på de teknologiske innovationsprocesser, vi i kap. 5 har analyseret nærmere.

I kap. 4, der behandler opkomsten og etableringen af et dansk FoU-system, drejer det sig først og fremmest om E.S. Andersens "Eksport, teknologi og forskning" (Andersen, 1976) og Produktions-og Raastofkommissionens "Betænkning angaaende Teknisk-Videnskabelig Forskning" (Produktions-og Raastofkommissionen, 1942)

Andersens rapport er en samfundsspecialerapport fra Københavns Universitet, hvilket i sig selv sætter visse høje faglige krav til fremstillingen. Eksempelvis er det let for læseren at kontrollere oplysningerne fra Andersen, da der findes et gennemført kildehenvisningssystem i rapporten. Vi har i projektsammenhængen benyttet denne som et oversigtsværk (en historisk beretning) m.h.p. klarlægning af opkomsten af danske FoU-systemer; ligesom det bl.a. er herfra, at vi har begrebet om disse FoU-systemer. Det er især kap. 3 og 5 i denne rapport, vi anvender. Andersens overordnede formål med sin rapport er, at belyse relationen mellem eksportudvikling og teknologiudvikling i et lille kapitalistisk land som Danmark op til idag (ca. udgivelsesåret 1976), hvilket i sig selv er et formål med overbliksskabende motiver. Dette har en tydelig indflydelse på det hos Andersen anvendte kildemateriale, der i sagens natur er meget forskelligartet. Lad os nævne nogle yderpunkter: Andersen betjener sig af S.A. Hansens "Økonomisk vækst i Danmark", en politisk og økonomisk orienteret Danmarks-historie spændende over perioden 1720 til idag (udg.-tidspkt.) (Hansen, 1972), og Dahls "Danmarks Kultur ved Aar 1940", en kulturelt orienteret Danmarks-historie dækkende en periode på 50-100 år op til 1940 (Dahl, 1942), hvilket er to meget formidlede oversigtsværker spændende over relativt lange tidsmæssige forløb. Af disse har Hansen i det mindste et udbygget kildehenvisningssystem, mens dette er

helt fraværende i det af Dahl redigerede værk. Af kilder nære i tid og rum ved de historiske begivenheder i forhold til Andersens problemstilling, kan nævnes: Et flertal af artikler fra tidsskriftet "Ingeniøren" og officielle betænkninger, redegørelser og statistikker. På trods af at Andersen ikke altid i sit værk er lige tæt på den historiske virkelighed, han beskriver, så rummer Andersens rapport dels de allerede nævnte kvaliteter dels en helt enestående og kvalitativt ny form for behandling af et dansk FoU-system, og netop p.g.a. disse kvaliteter anvender vi den.

"Produktions-og Raastofkommissionens Betænkning angaaende Teknisk-Videnskabelig Forskning" fra 1942 er en betænkning afgivet af den af statsministeriet nedsatte Produktions-og Raastofkommission om betydningen af udvidelsen af teknisk-videnskabeligt FoU-arbejde for den videre industrielle udvikling. Da rapporten er udarbejdet af folk fra bl.a. Akademiet for de Teknisk Videnskaber (ATV) (repræsenterende den private danske industri) og ingeniørskolen DtH, kan man mistænke rapporten for at være tendentiøs i retning af at overdrive/favorisere teknisk videnskabs særlige betydning for den private industri. Dette kunne tænkes at ske på baggrund af industri-og ingeniørinteresser. Kilden har imidlertid en klar kognitiv (informations-)funktion for os. Denne består i betænkningens opstilling af institutioner (både private og offentlige), hvor der udføres FoU-arbejder. Kilden har som historisk beretning således kunnet fungere som en slags katalog for os over danske FoU-aktiviteter før 1942.

Herefter vender vi os mod de væsentligste kilder fra kap. 5 (afsnittene 5.1-5.5). De kilder, som vi herefter giver en kort kildekritisk behandling^{af} i dette kap., kan alle betragtes som havende en relativt tæt forbindelse med den historiske virkelighed. Således er de fleste af skrifterne forfattet af folk, som selv er en del af den historiske virkelighed, de beskriver, og som selv har en betydelig faglig indsigt i de beskrevne innovationsprocesser. Det gør sig ligeledes gældende, at de fleste af disse kilder kun er for-

skudt kortvarigt i tid fra den beskrevne virkelighed. I projektsammenhængen kan disse kilder altså i flere tilfælde være førstehåndskilder. De er så at sige eneste mulighed for at opdrive de af os ønskede oplysninger om de forsk. institutioner, der behandles i kap. 5. Et særligt kildemæssigt problem i forhold til nærværende projektarbejde er, at kilder fra især private virksomheder er svære at få adgang til, hvilket også har haft en vis indflydelse på vort valg af innovations-eksempler i kap. 5.

I afsn. 5.1 om teknologiske innovationer hos Carlsberg har vi af mere oversigtsprægede værker benyttet jubilæumsskrifterne Holters "Carlsberg Laboratory 1876-1976" fra 1976 og Fraenkels "Gamle Carlsberg 1847-1897" fra 1897. (Holter, 1976 og Fraenkel, 1897)

Holter, der er videnskabelig medarbejder ved Carlsberg Laboratoriet (CL), har i sin bog redigeret en samling af artikler forfattet af dels sig selv dels andre videnskabelige medarbejdere ved CL. Artiklerne giver en bred beskrivelse af CL's aktiviteter, og er forfattede af personer, der selv har arbejdet i den virkelighed, som vi gennem artiklerne beskriver dele af. Et jubilæumsskrift af en noget anden type er dr.phil. Fraenkels bog fra 1897, der øjensynligt er lavet på bestilling hos Carlsberg. Denne giver en meget detaljeret beskrivelse af bryggeriets/Gamle Carlsbergs og CL's udvikling i virksomhedens første 50 år. En styrke ved Fraenkels bog er forfatterens grundighed. Om det så gælder bryggerijournaler fra den daglige brygning på virksomheden, så har sådanne også dannet grundlag for fremstillingen. Ifølge Fraenkel (Fraenkel, 1897, Forordet) er værket delvist blevet til ved indsamling af oplysninger blandt de relevante ansatte hos Carlsberg.

Vedrørende vores behandling af Carlsberg skal endvidere nævnes, at en del videnskabelige artikler har dannet grundlag for vores fremstilling. Det drejer sig om artikler fra det videnskabelige tidsskrift "Meddelelser fra Carlsberg Laboratoriet" (at dette er videnskabeligt godtgøres i afsn.5.1),

som vi har benyttet som grundlag for at skildre forsk. innovative arbejder, der beskrives af innovatorerne selv i disse artikler. Et eks. er Schjernings arbejde om proteiners kemi, der fik stor betydning for kemisk kontrol af ølkvalitet. (Carlsberg 4, ,s.211-85; Carlsberg 8, ,s.154-372; Carlsberg 9,1913,s.212-360; Carlsberg 11, ,s.45-104) Et andet eks. er S.P.L.Sørensens arbejder, der førte til en redegørelse for brintionkoncentrationens (pH-værdiens) betydning for enzymprocesser, hvilket videre fik betydning for dele af øl-fremstillingen. (Carlsberg 8, ,s.1-153 og 373-7) Et tredje eks. er E.C.Hansens forskning, der førte til fremstilling af ren gær i 1883. Et arbejde der fik stor produktionsmæssig betydning. (Se f.eks. Carlsberg 2,1888,s.257-322) Om kildehenvisningerne i afsn. 5.1 skal lige bemærkes, at hvis der efter Carlsberg x, hvor x angiver bindnr. af "Meddelelser fra Carlsberg Laboratoriet", forekommer sidetalsangivelse som < > eller et romertal, da er der tale om en henvisning til en nekrolog eller lignende. Mens der ved den ellers benyttede sidetalsangivelse er tale om en henvisning til en videnskabelig artikel i tidsskriftet fra Carlsberg Laboratoriet.

I afsn. 5.2 om teknologisk innovation indenfor mejeri-bruget er de væsentligste kilder tre teknisk-videnskabelige skrifter i form af tre beretninger fra Landøkonomisk Forsøgslaboratorium. I disse tre artikler er det igen innovatorerne selv, der beretter. Innovationsprocessen er her udviklingen indenfor flødens syrning. Storch beretter i 18. Beretning fra den Kgl. Veterinær-og Landbohøjskoles (KVL's) Laboratorium for landøkonomiske Forsøg i 1890 om sine undersøgelser over flødens syrning. Lunde beretter i 32. Beretning fra KVL's Laboratorium for landøkonomiske Forsøg i 1895 om sine syrningsforsøg og Storch beretter igen i 1919 i den 102. Beretning fra KVL's Forsøgslaboratorie om sine "Fortsatte undersøgelser over Fremstillingen af Syrevækkere". (Storch,1890; Lunde,1895; Storch,1919) Noget særligt for disse tre beretninger fra KVL er den grundighed, hvormed undersøgelses-og

forskningsprocesserne beskrives. Dette gælder såvel vellykkede som mislykkede arbejder. Samtidig beskrives eksperimentelle forarbejder hos andre forskere med grundighed. Netop disse kvaliteter er særligt heldige m.h.p. anvendelsen af kilderne hos os til vurdering af flødesyrningsinnovationsprocessen.

Af de væsentligste kilder i afsn. 5.3 om entreprenørfirmaet Christiani & Nielsen's kajdimensioneringsinnovationer skal først og fremmest nævnes J.Brinch Hansens (professor i geoteknik og i en årrække ledende medarbejder i C & N) essay, "Development of the C & N Wharf" i C & N's egen skriftserie, C & N-bulletin, nr.56, 1946. Essay'et behandler udviklingen af en særlig kajtype udviklet hos C & N. Både teoretiske og praktiske aspekter af denne innovationsproces behandles. - I dette firmaskrift, der som alle firmaskrifter kan mistænkes for at være tendentiøst, da et sådant skrift kan ses som en del af et firmas P.R.-virksomhed, er det fortrinsvis de konkrete oplysninger om den nævnte innovationsproces, vi har inddraget i projektarbejdet fra denne kilde. Det er dermed kildens kognitive funktion, vi udnytter, og denne funktion må antages at være i orden (d.v.s. anvendelig i projektsammenhængen)p.g.a. forfatterens faglige indsigt.

En anden væsentlig kilde vedr. C & N-innovationerne er C.Ostenfelds "Jernbetonens danske pionerer" fra 1976, der beskriver firmaet C & N's udvikling op til omkr. 1950. Denne bog er redigeret af en faglig indsigtsfuld og uafhængig iagttagere, dr.techn. Chr.Ostenfeld. Bogen er en samling af kilde-tekster i form af faglige beskrivelser, jubilæumsudtalelser, nekrologer, brevveksling m.m. Denne kilde, der ikke ligesom J.Brinch Hansens essay er et firmaskrift, kan godt beskyldes for at give en noget forherligende behandling af dansk ingeniørindsats. Men også i dette tilfælde har kilden en for os altoverskyggende kognitiv funktion i forhold til C & N's innovationer, og derfor er den anvendelig.

Yderligere en benyttet kilde i afsn. 5.1 er C.Nøkkentveds tekniske doktordisputats "Beregning af Pæleværker" fra 1924, hvori forfatteren, der på daværende tidspunkt havde

haft en årrækkes ansættelse hos C & N, opstiller en samlet teori for "det helt generelle rumlige pæleværk". Denne kilde er foruden at være en primær også en førstehåndskilde her, idet det netop er den i disputatsen fremstillede beregningsmetode, vi har anvendt kilden til at beskrive.

I afsn. 5.4 vedr. Nordisk Insulinlaboratorium (NI) har vi fortrinsvis betjent os af A.Kroghs "Insulin. En opdagelse og dens betydning" fra 1924. Den bog er udgivet som et festskrift fra Københavns Universitet og er en beskrivelse af insulinets opdagelse og den derefter følgende tekniske udvikling involverende sukkersygebehandling med insulin. Herunder er der givet en beskrivelse af de innovative arbejder, hvori Krogh selv spillede en fremtrædende rolle, og som var forarbejdet til opkomsten og etableringen af NI. Vi anvender denne bog til vurderingen af karakteren af det innovative arbejde, der førte til den tidligste produktion af terapeutisk virkende insulin hos NI. - Igen er vi med denne kilde af Krogh tæt på den hos os beskrevne historiske virkelighed, eftersom Krogh selv er en faglig indsigtfuld innovator og iagttagere (Krogh var professor i dyrefysiologi ved Københavns Universitet) i den beskrevne innovationsproces. En særlig bemærkning må knyttes til Kroghs fremstillingsform, da han ifølge "Insulin"s forord har bestræbt sig på at levere en så vidt muligt almenforståelig fremstilling. Der er altså tale om en til en vis grad populær fremstilling, hvilket har lettet adgangen til insulinsagen, men samtidig kan have bevirket udeladelsen af forskellige fagligt vanskeligt tilgængelige detaljer ved innovationsprocessen i fremstillingen.

Foruden Kroghs bog skal her fremhæves vores anvendelse af et par artikler med videnskabelige træk: H.C.Hagedorns "Protamine Insulate" trykt i "Proceedings of the Royal Medical Society" i 1937 og Kroghs og Henningsens "The Assay of Insulin on Rabbits and Mice" trykt i "Biologiske Meddelelser" fra Det Kgl. Danske Videnskabernes Selskab i 1928. I begge artiklerne beskrives dele af arbejder fra den teknologiske innovationsproces på NI, og også disse artikler er blevet

benyttet i projektsammenhængen, fordi det er innovatorerne selv, der fortæller om dele af den betragtede innovationsproces.

Blandt kilderne til afsn. 5.5 om videnskabeliggørelse af dansk teknologisk innovation på telekommunikationsområdet vil vi særligt fremhæve P.O.Pedersens teknisk-videnskabelige artikel "Om Poulsen-buen og dens teori" i "Det Kgl. Danske Videnskabernes Selskabs Skrifter" i 1917 og den naturvidenskabelige artikel "Om Townsends Teori for Stødionisation" i "Det Kgl. Danske Videnskabernes Selskabs Skrifter" i 1918. Disse to artikler har vi benyttet til at eksemplificere den forskning P.O.Pedersen udførte. Artiklen om Poulsen-buen, en radiosender, benyttes til at vurdere Pedersens innovative arbejde på denne radiosender, medens artiklen om stødionisation skal belyse Pedersens forskningsarbejde med forbindelse til innovationsarbejdet på radiosenderen. Også for disse to artikler gør der sig gældende om anvendelsen af disse i projektet, at vi vurderer en innovationsproces v.h.a. kildemateriale udført af en aktiv fagligt indsigtfuld deltager i innovationsprocessen. Kildematerialet er endvidere blevet til kort tid efter at den beskrevne forskning blev udført.

Det er vores opfattelse, at den eneste mulighed, der eksisterer, for at komme nærmere den historiske virkelighed i form af de teknologiske innovationsprocesser, der beskrives og vurderes i kap. 5, er at gå på jagt i forskellige arkiver efter innovatorernes laboratorie-journaler og lignende efterladte papirer, der nærmere kunne belyse innovationsprocesserne. Vi mener imidlertid, at en sådan fuldkommen fremgangsmåde hører et speciale-eller licentiat-studie til. Om dette skridt kunne have bragt os videre i forhold til vores problemstilling er endvidere meget uvist, og vi anser det foreliggende kildemateriale for projektarbejdet for fuldt tilfredsstillende til behandling af vores problem om videnskabeliggørelse af dansk teknologisk innovation.

Et ganske specielt problem rejser sig, når man som os betjener sig af (natur-)videnskabelige eller teknisk-videnskabelige artikler, disputatser o.l. publikationer. Disse er vanskelige overhovedet at læse og forstå indholdet af p.g.a.

det faglige, tekniske og videnskabelige sprog. Dette kildeproblem er dog ikke specielt vores problem, men et generelt metodisk problem i forbindelse med behandlingen af konkret-historiske videnskabeliggørelsesprocesser sådan som den nærværende behandling af videnskabeliggørelse af innovationsprocesser og dermed mere fundamentalt arbejdsprocesser. - Historisk indsigt er utilstrækkelig i sig selv. Andre indsigter, specialistindsigter, er nødvendige indenfor en stor forskellighed af videnskabelige og teknologiske fag - i særdeleshed fag med et naturvidenskabeligt indhold. Skal man eksempelvis skrive arbejdsprocessens udviklingshistorie op til idag, så er det nødvendigt at benytte et tværfagligt samarbejde mellem historie på den ene side og (natur-)videnskabelige og teknologiske fag på den anden side.

LITTERATUR:

Bernt Schiller: Kildekritik. RUC, 221.

KAPITEL 4:
OPKOMSTEN AF FORSKNINGS- OG UDVIKLINGSSYSTEMER I
DANMARK.

4.1. Indledning.

Dette kapitel (kap. 4) skal ses som et oplæg til næste kapitel (kap. 5), hvor vi ser på fem udvalgte eksempler på videnskabeliggørelse af teknologisk innovation i Danmark frem til 1950. Her i kap. 4 vil vi bredt redegøre for hvilken ramme som videnskabeliggørelse af dansk teknologisk innovation frem til 1950 skal ses i. Sagt eller skrevet mere præcist, så vil vi her vise, at der i Danmark i løbet af de sidste sådan ca. hundrede år er blevet opbygget et forsknings- og udviklingssystem (forkortes FoU-system) både i tilknytning til landbruget og i tilknytning til industrien. Samtidig vil vi forklare eller rettere forsøge at sandsynliggøre hvilke årsager, der har været til udviklingen heraf, dvs. på hvilken baggrund FoU-systemets fremkomst og konkrete udformning skal forstås.

I dette kapitel vil vi altså ikke komme nærmere ind på konkrete teknologiske innovationer, men derimod for det første give en historisk redegørelse for og oversigt over hvor (i hvilke institutioner, i hvilke statslige eller private laboratorier, i hvilke virksomheder, på hvilke læreanstalter osv.) teknisk forskning og teknisk udvikling foregår/er foregået - med andre ord hvor man skal søge efter videnskabeliggørelse af teknologisk innovation. For det andet vil vi v.h.a. citater eller referering fra den litteratur, vi har til rådighed gi' nogle antydninger af, hvor der er foregået en videnskabeliggørelse af den teknologiske innovation. Dvs. dette sidste skal være med til at forklare og begrunde, hvorfor vi har udvalgt netop de eksempler, jvf. kap. 5. (En yderligere uddybning af eksemplernes relevans eller status følger dog i kap. 5).

Ved et lands forsknings- og udviklingssystem forstås de dele af erhvervslivet, samt de dertil knyttede institutioner (evt. i statsligt regi), hvor der drives teknisk forskning og udvikling, eller sagt på en anden måde:

"Efforts to generate discoveries and inventions have been increasingly centered in specialized institutions in both 'planned' and 'market' economies - the 'Research and Experimental Development' network. This professionalized system is generally known by the abbreviated initials 'R&D' (FoU, vores bemærkning) in western countries and as 'NIOKR' in the USSR. Its growth is perhaps the most important social and economic change in twentieth-century."
(Freeman, 1982, s. 7)

Første del af citatet kan opfattes som Freemans måde at definere hvilke institutioner m.v., der udgør FoU-systemet. Anden del af citatet er også værd at lægge mærke til, idet han her påpeger, at fremvæksten af et FoU-system muligvis er den allervigtigste økonomisk-samfundsmæssige forandring, der er forløbet for erhvervene ("industry") i det tyvende århundrede !!!!

Vi taler sltså om et FoU-system eller netværk, dvs. der har udviklet sig et arbejdsdelingsmønster, således at en del af forsknings- og udviklingsarbejdet foregår i den enkelte virksomhed, hvorimod andre dele af FoU-arbejdet er blevet placeret i brancheinterne, halv- eller heloffentlige institutioner. Sidstnævnte drejer sig især om de dele af FoU-arbejdet, som det ikke kan betale sig for den enkelte virksomhed at opbygge, men som alligevel er nødvendig (for den enkelte virksomhed i branchen) (E.S.Andersen, 1976, s. 133).

(De nationale FoU-systemer har , udover at have til formål at drive teknisk forskning og udvikling, tillige til formål at opfange udenlandsk viden m.h.p. de teknologiske felter, der nationalt satses på, eller som der i fremtiden vil kunne blive brug for.) (E.S.Andersen, 1976, s. 134).

Iøvrigt er det vigtigt at bemærke, at selvom der synes at være en række fællestræk mellem de højtudviklede kapitalistiske landes FoU-systemer, så afhænger den konkrete udformning af FoU-systemerne af det enkelte lands særlige historiske udvikling, dvs. specielt de særlige erhvervsfor-

hold, der er i det enkelte land (E.S.Andersen, 1976, s. 134)
- hvor erhvervsforholdene så også er historisk betingede.

FoU-systemets udformning i det enkelte land er det rum eller den ramme som en eventuel videnskabeliggørelse af den teknologiske innovation foregår indenfor, hvilket også kan siges som følger;

"Marx spoke of the machine as the 'point of entry' of science into the industrial system, but this expression might be used with far more justification about the R&D department."
(Freeman, 1982, s. 16)

(Sammenstilningen med Marx, skal nok ikke ses som en kritik af denne, men blot som en måde at understrege på, at FoU-systemet er noget nyt). Forklaringer på hvilke naturvidenskaber, der dominerer videnskabeliggørelsen af den teknologiske innovation i et givet land er altså i høj grad bestemt af erhvervsstrukturen og FoU-systemets nærmere udformning.

For Danmarks vedkommende er det rimeligt at tale om to relativt adskilte FoU-systemer, et for landbruget og et for industrien. Landbrugs-FoU-systemet omfatter forskning og udvikling indenfor landbrug, mejerier og slagterier. Industri-FoU-systemet omfatter det øvrige erhvervsforsknings- og udviklingsarbejde. Opdelingen er historisk, organisatorisk begrundet, hvor skillelinien trækkes mellem på den ene side FoU indenfor landbruget og den andelsorganiserede forædling af landbrugsprodukter, samt dertil knyttede statslige institutioner og organer og på den anden side privatkapitalistiske og halvoffentlige virksomheder samt dertil knyttede statslige institutioner og organer. Opdelingen placerer altså forskning og udvikling vedrørende f.eks. sukker og øl i industri-FoU-systemet, til trods for at råstofferne hertil er landbrugsprodukter, men dette skyldes de helt klare forskelle (hvilket vil fremgå af de følgende afsnit) der er mellem de andelsorganiserede dele af danske erhvervsliv og "resten".

Opdelingen skal blot betragtes som en praktisk grovopde-

ling for (naturligvis) foregår der en vekselvirkning mellem de to relativt adskilte FoU-systemer og de har ofte haft fælles problemer. Der findes en del eksempler på, at der er foregået landbrugsforskning indenfor industri-FoU-systemet. F.eks. er der på Carlsberg Laboratoriet, der falder ind under industri-FoU-systemet, foregået en del forskning i mælk. (Se evt. Produktions- og Raastofkommissionen, 1942, s. 16 og E.S.Andersen, 1976, s. 62.)

Efter disse indledende bemærkninger følger et afsnit om landbrugs-FoU-systemet og et afsnit om industri-FoU-systemet, hvor der tillige vil blive lagt op til kapitel 5.

Argumentet for at sætte landbrugsafsnittet først er, at det af nedenstående tabel fremgår at landbruget økonomisk

Bruttofaktorindkomst, 1929-priser, mill. kr.

år	landbrug	industri	bygge og anlæg
1860	401	22	49
1870	483	35	55
1880	495	59	61
1890	555	97	71
1900	609	192	158
1910	797	281	166
1920	664	496	110
1930	1315	695	310
1939	1449	944	374
1950	1569	1432	552
1960	1817	2180	784

(Sv. A. Hansen, II, s. 250-256)

set har været den dominerende sektor i dansk produktion. Først i løbet af 1950'erne overstiger industriens bruttofaktorindkomst landbrugets. Tallene i søjlen for industrien er excl. bygge- og anlægssektoren, men vors industri-FoU-begreb er incl. bygge og anlæg, derfor den ekstra søjle.

4.2. Landbrugs-FoU-systemet.

4.2.1. Dansk landbrugsudvikling fra 1784 til ind i 1800-tallet.

Det er karakteristisk, at der på de danske landbrugsbedrifter og de hertil knyttede mejerier og slagterier ikke udføres forsknings- og udviklingsarbejde. En af forklaringerne på dette er at disse virksomheder er for små til en sådan indsats (E.S.Andersen, 1976, s. 134). Det danske landbrugs struktur med små enheder (før 1950) opstod med afviklingen af den feudale produktionsmåde. Denne afvikling skal derfor kort gennemgås nedenfor.

For 200 år siden i 1784 skiftedes der regering i Danmark. Baggrunden herfor var gnidninger mellem forskellige grupper i samfundet. Det bestod af en forældet feudal produktionsmåde på landet og en utilstrækkeligt udviklet kapitalisme.

Regeringsskiftet betød, at landbopolitikken blev om- lagt, Der blev sat skub i udskiftningen og udflytningen af gårdene fra landsbyerne, tilligemed at stavnsbåndet kom til at omfatte færre mennesker. Det blev helt ophævet med virkning fra 1800. Derimod er hoveriet (fæstearbejdet) faktisk aldrig blevet forbudt ved lov. Afviklingen heraf skete ved, at bønderne blev givet mulighed for at købe deres fæstejord af herremændene. De lånte pengene - i visse tilfælde af staten - i andre tilfælde af herremændene. De sidstnævnte så øjensynlig en fordel i at få et fast beløb i stedet for at skulle presse arbejde ud af bønderne eller at få de usikre indtægter fra landgilden, der i Danmark som oftest blev betalt i naturalier. I 1807 var ca. 60% af samtlige gårde i Danmark i bøndernes eje. (T.P.Andersen, 1978, s. 102).

Der blev altså sat skub i affeudaliseringen af det danske landbrug fra 1784. Bøndernes selveje betød, at de blev integreret i vareøkonomien (markedsøkonomien), ved det at de skulle skaffe penge til at betale ovennævnte lån med.

Derved blev afsætningsmulighederne afgørende for deres produktion, og de fik en tilskyndelse til at rationalisere. Desuden muliggjorde udskiftningen dyrkningsformer med en anden rotation af afgrøderne og en mere intensiv drift. Udviklingen betød, at bønderne efterhånden kom til at bruge al deres tid på produktion med henblik på salg. Fremstillingen af de dagligdags fornødenheder, som traditionelt var foregået på hver enkelt gård, blev indskrænket og i stedet overladt til fagfolk - håndværkere.

M.H.T. kvaliteten af mejeriprodukterne var udskiftningen ingen fordel. Produktionen af smør og ost foregik på dette tidspunkt stadig på den enkelte gård. De større forhold på herregårdene, hvor der var mælkestuer til produktfremstilling og kældre til produktopbevaring, og hvor den større mælkeproduktion gav anledning til, at der oftere end på bøndergårdene blev kørt smør, bevirkede at kvaliteten af herregårdssmør var bedre end kvaliteten af bøndersmør. Sidstnævnte blev fremstillet som husflidsproduktion - ofte i rum hvor der foregik mange andre aktiviteter samtidig. (H.M.Jensen, 1962, s. 22)

Midt i 1800-tallet var 2/3 af gårdene og 1/2 af husmandsbrugene i privateje (i modsætning til fæste). Kun 1/10 af landbrugsjorden var forpagtet/fæstet. (Senghaas, 1982, s. 150).

4.2.2. Dansk landbrug før, under og efter kornsalgskrisen.

Landbrugets forsknings- og udviklingssystem er opstået i tilknytning til de produkter som landbruget siden landbrugskrisen i forrige århundrede har satset på. Det drejer sig først og fremmest om nogle få mejeriprodukter, først og fremmest smør, men også ost, samt som vigtigste tilordnede sideprodukt bacon. Før landbrugskrisen var det vigtigste produkt korn.

Nedenfor vil vi give en redegørelse for landbrugets omlægning fra kornproduktion til produktion af forædlede

landbrugsvarer.

Perioden fra 1830 og frem er karakteriseret ved, at landbruget begyndte at blive moderniseret m.h.p. at få så stor en del af specielt det engelske, men også det tyske marked som muligt. Den vigtigste eksportvare var korn, men derudover blev der f.eks. også eksporteret levende kvæg og herregårdssmør. England, der, som det land hvor industrialiseringen startede, nu var blevet den altdominerende importør af levnedsmidler, blev det vigtigste mål for dansk landbrugseksport (E.S.Andersen, 1976, s. 65). Overfor andre eksportører af levnedsmidler havde dansk landbrug fordel af at ligge tæt på England, således at varer kunne komme hurtigt og billigt frem (E.S.Andersen, 1976, s. 67).

At produktionen blev rettet mod det engelske marked, betød et større krav om kvalitet, da levevilkårene i England var bedre end i Danmark. Der blev introduceret nye sædsorter og rensemaskiner. Der blev oprettet kornmagasiner og anvendt tørringsovne, da kornet ofte var fugtigt. De drivende i denne udvikling var angiveligt de danske købmænd (kornforhandlere) (E.S.Andersen, 1976, s. 65).

Her følger nogle procenter, der viser udviklingen i eksporten: I 1820-24 eksporteredes gns. 12% af landbrugsproduktionen. I 1870-74 var denne eksport steget til at udgøre 36%. Nøjes man med at se på eksporten af korn blev der i 1820-24 gns. eksporteret 33% af alt produceret korn. I 1870-76 eksporteredes gns. 54% (op til 60%) af kornproduktionen (Senghaas, 1982, s. 150).

Danmark kan fra midten af 1800-tallet og frem til den store europæiske landbrugskrise i 1870'erne og 80'erne karakteriseres som en landbrugseksportøkonomi eller snarere en korneksportøkonomi (Senghaas, 1982, s. 150). Danmark var ved at udvikle sig til en kornmonokultur (Senghaas, 1982, s. 151) (Sådan skulle det dog ikke gå).

Det var altså gode tider for dansk landbrug frem til midten af 1870'erne. Kornpriserne, der var steget i perioden 1830-50 og holdt niveauet frem til 1876, faldt derefter.

Fra midten af 1870'erne var der landbrugskrise i Europa - også i Danmark. I Danmark varede den næsten resten af århundredet. Den var en del af den såkaldte "store depression" internationalt. (Sv.A.Hansen 1, 1972, s. 212 og Senghaas, 1982, s. 151).

Kriseårsagerne var mange. I det følgende skal opridses nogle af dem.

- Prærien i den vestlige del af USA var efterhånden blevet opdyrket (K.Hansen, V, 1934-45, s. 377) med korn, hvis pris blev ret lav p.g.a., at det på de store arealer kunne betale sig at anvende store arbejdskraftbesparende maskiner. (Dahl IV, 1942, s. 272).

- Billig hvede fra ovennævnte område samt fra Rusland og Indien kunne som følge af de stærkt forbedrede transportmidler indføres på de europæiske markeder, hvilket skete, og de europæiske kornproducenter blev hårdt trængt under disse forhold. Det gjorde også dansk landbrug, Det var ikke længere nogen god forretning at eksportere korn. Det danske korn var for dyrt (Senghaas, 1982, s. 151).

- Der var tegn "i sol og måne" allerede i 1860'erne på, at dansk landbrug kunne blive nødt til at omlægge produktionen. I 1860'erne blev Vesteuropa nemlig afhængig af kornimport fra Østeuropa (dette begreb dækkede dengang også Rusland) og de oversøiske lande. Allerede i begyndelsen af 1860'erne begyndte visse fremsynede landbrugskyndige at agitere for en omlægning til husdyrbrug m.h.p. en eksport til England. Der kom en produktionsomlægning i gang, som dog på ingen måde kunne forhindre kornsalgskrisens indtræden i 1876 (K.Hansen, V, 1934-45, s. 377-378).

- Den danske eksport af levende kreaturer fik også "lagt hindringer i vejen". Der blev angiveligt for at forhindre spredning af husdyrssygdomme, men nok lige så meget af protektionistiske årsager lukket for indførelsen af levende kvæg og får til både England og Tyskland (Sv.A.Hansen 1, 1972, s. 212).

Kornsalgskrisen bevirkede en omstruktureringsproces i de eksportorienterede dele af det danske landbrug. Man gik fra en eksportorienteret produktion af korn til en ligeledes

eksportorienteret produktion af forædlede landbrugsvarer smør, bacon, ost, æg og fersk kød. Danmark havde i en periode fordel af sin nære beliggenhed til England. da konserveringsteknik ikke var særlig udviklet (E.S.Andersen, 1976, s. 67).

Det korn, man nu ikke længere kunne få solgt, blev i stedet brugt til foder. Dog skete der efterhånden en om-lægning således, at landbruget importerede det billige korn til foder (og menneskeføde) (Senghaas, 1982, s. 151), og den danske kornproduktion faldt. Fra 1882 var Danmark et netto-kornimporterende land (E.S.Andersen, 1976, s. 67).

På arealer hvor der tidligere var blevet dyrket korn, blev der nu dyrket andre former for foder. Dansk landbrug øgede produktionen af foder. Fra 1875 til 1927 tredobledes produktionen (Senghaas, 1982, s. 152). Desuden udnyttedes de stærkt faldende verdensmarkeds-priser på produkter, der kunne bruges til foder. Ved hjælp heraf blev der opbygget et relativt billigt kvæghold, der var større end det, som det hjemlige foderdyrkningsareal gav mulighed for. Dette gav de danske bønder en frihandelsinteresse (Senghaas, 1982, s. 152). Dette står i modsætning til, hvordan andre lande reagerede på det billige oversøiske korn. Bl.a. Tyskland og Sverige opstillede toldmure, Herved kunne de holde en hjemmemarkedspris betydeligt over verdensmarkedsprisen, og derved hjælpe det hjemlige landbrug gennem krisen. Denne vej ville ikke have været særlig effektiv i Danmark, hvor hjemmeforbruget af korn før krisen kun udgjorde en mindre del af den samlede produktion (Dahl IV ,1942, s. 272).

Samtidig kunne mange europæiske landbrug kun vanskeligt omlægges, p.g.a. institutionelle forhindringer, dvs, p.g.a. en forældet landbrugsstruktur. (Dansk landbrug derimod var som nævnt, i forvejen affeudaliseret, udstykket og eksportorienteret. Tilsyneladende var der dengang også visse smådrifts-fordele i husdyrproduktion - bl.a. som følge af sygdomsrisiko i større besætninger) (E.S.Andersen, 1976, s. 67).

Ovennævnte gevaldige fodermængde som landbruget skaffe-

de, sig, blev spist af dyr, der endte som animalske produkter. Det sidste led i fødekæden var ofte folk i England eller Tyskland. I disse to store industrilande var der nemlig sket en betydelig forbedring af befolkningens levevilkår hen igennem 1800-tallet, og dermed blev der øget efterspørgsel efter animalske levnedsmidler. Det var denne efterspørgsel, som det danske landbrug nu lagdes om til at producere m.h.p. (Dahl IV , 1942, s. 210 og s. 273).

Landbrugsomlægningen fra salg af korn til salg af forædlede varer, var også en overgang fra ekstensivt landbrug til intensivt landbrug. Dette skyldes, at der skal nedlægges forskellig mængde arbejde i korndyrkning henholdsvis i mælkeprodukter. Dette, tilligemed bl.a. de kvalitetskrav der blev stillet til varerne, bevirkede en øget tilskyndelse til modernisering, som udmøntedes i intensivering og øget mekanisering. (Landbrugssektoren blev kapitaliseret). Herved kom landbrugsomlægningen til at hænge snævert sammen med en industrialisering af levedsmiddelsektoren (mejerier, slagterier). Dette betød, at der opstod behov for en maskinindustri. (Hyldtoft, 1981, s. 34 og Senghaas, 1982, s. 152-154).

Omlægningen af det danske landbrug var ingenlunde problemfri. Først med det konjunkturelle opsving i 1890'erne for Danmarks to vigtigste handelspartnere, England og Tyskland, viste omstruktureringen sig at blive en succes. (Senghaas, 1982, s. 152). Den danske eksport gik til et meget begrænset antal lande, hvilket gjorde produktionen meget sårbar, men i 1890'erne drog landbruget fordel af de jævnt stigende priser, der fulgte med opgangstiderne i de nævnte lande. Der var gode afsætningsmuligheder for forædlede landbrugsvarer.

Efter landbrugskrisen var Danmark blevet et nettokorn-improterende land. Nu var det andre varer (smør, ost, bacon, æg) der eksporteredes; men stadig var det karakteristisk, at eksporten kun bestod af få produkttyper.

Landbrugseksportens procentmæssige andel af landbrugets

samlede produktion var i 1890 på ca. 40%. I 1914 var pro-
centsatsen steget til ca. 67% - samtidig med at den samlede
produktion var steget (hyldtoft, 1981, s. 34).

Af internt danske forhold, der har haft betydning for,
at landbrugsomlægningen har kunnet foregå skal for det før-
ste nævnes den danske befolknings, i forhold til tidspunk-
tet, relativt høje uddannelsesniveaue. Den almindelige under-
visningspligt blev indført i 1814, og midt i 1800-tallet var
analfabetismen i den danske befolkning kun på mellem 10 og
15%. Dette var nogenlunde samme situation som i Sverige,
Norge, Schweiz og Tyskland, hvorimod analfabetismen i Eng-
land og Frankrig vedrørte mellem 40 og 45% af befolkningen.
Ved århundredeskiftet var analfabetismen næsten udryddet i
Danmark. (Senghaas, 1982, s. 154-155). At folk kunne læse
betød naturligvis, at oplysning om nye produktionsmetoder
m.v. kunne spredes hurtigere. Dernæst må nævnes at folke-
højskolerne og landbrugsskolerne også har været af betydning
for landbrugsomlægningen. (Lidt længere fremme i teksten vil
vi desuden komme ind på andelsbevægelsen.)

4.2.3. Om vekselspillet mellem det højere uddannelsessystem og landbruget.

Vi bevæger os nu et lille stykke tilbage i tiden. Den
højere landøkonomiske uddannelse i Danmark grundlagdes al-
lerede i 1849 - og det på Polyteknisk Lærestalt. Der nå-
de dog kun at blive uddannet fem landbrugskandidater herfra,
inden den kgl. Veterinær- og Landbohøjskole (KVL) blev op-
rettet i 1858. Dens oprettelse var et udtryk for en fremvok-
sende forståelse af, at teoretisk viden kan have en praktisk
nytteværdi i produktionen. KVL kom i første omgang til at
stå for formidling af allerede indhøstede resultater. Land-
brugsundervisningen på Polyteknisk Lærestalt og siden på
KVL var planlagt af en kandidat udgået fra Polyteknisk Læ-
restalt. Dette vidner om, at landbruget på et meget tid-
ligt tidspunkt set i forhold til andre lande fik en tæt for-

bindelse til teknologi og videnskab. Et andet udtryk herfor er, at N.J.Fjord, Th.R.Segelcke og Vilh. Storch er uddannet på Polyteknisk Lærestalt. De tre nævnte var drivende i udviklingen af landbruget i sidste halvdel af 1800-tallet.

(Lichtenberg, 1942, s. 18-19) (Mere herom i senere afsnit).

Den nævnte forbindelse mellem landbruget og teknologien fik betydning for slagkraften af den senere landbrugsomlægning (I 1874 blev mejerilære udskilt som et selvstændigt fag på KVL. Dette skyldtes mejeridriftens stigende betydning.)

4.2.4. Andelsbevægelsen.

Et vigtigt karakteristika for dansk landbrug har været andelsorganiseringen af forarbejdningen af landbrugets vigtigste produkter. Da vi tillige trækker en skillelinie mellem landbrugs-FoU-systemet og industri-FoU-systemet efter tilknytning til andelsorganiseret produktion eller ej, redegøres nedenfor kort for visse årsager til og træk ved andelsbevægelsen.

Det første bondeejede andelsmejeri blev oprettet i 1882. Baggrunden herfor må ses i det kvalitetsskel, der endnu i 1870'erne bestod mellem herregårdssmørret, der længe var blevet eksporteret til England, og bønder-smørret, som var af ringere og mere uensartet kvalitet (se iøvrigt afsnit 5.2.2). I 1882 var årets gns. pris for herregårdssmør 116,50 kr. pr. 100 pund. og for bønder-smør var gns. prisen kun på 88,20 kr. pr. 100 pund. Den eksisterende prisforskel betød, at bønderne i en tid forsøgte at sælge deres mælk enten til et herregårdsmejeri eller et mejeri drevet af en mejerist eller en forretningsmand - de såkaldte fællesmejerier. (Det første blev oprettet i 1863). Disse fik dog ingen større betydning (Friis, V, 1942, s. 523-4 og H.M.Jensen, 1962, s. 34), p.g.a. bøndernes ringe lyst til at handle med den tidligere herremand eller med en forretningsmand. De var ikke interesseret i, at andre skulle løbe med fortjenesten.

Andelstanken byggede på, at man stemte efter antallet

af hoveder (dvs. hver landmand en stemme) og ikke efter hoveder. At dette kunne slå igennem må øjensynlig bero på, at der ingen interesse modsætninger var mellem de store og de mindre producenter (Sv.A.Hansen 1, 1972, s. 217-8).

Andelsmejerioprettelsen var ikke videre kapitalkrævende, og den foregik især i fem-året 1886-1890, hvor ca. 600 af de godt 1100 andelsmejerier, der fandtes i 1914 blev grundlagt. (E.S.Andersen, 1976, s. 70).

Andelsbevægelsen bredte sig til andre områder. Det første andelsslagteri blev oprettet i 1887 (Friis, V, 1942, s. 529). Hørudover blev også oprettet andelseksportforeninger.

Andelsorganiseringen - en slags centralisering - betød kostprissænkninger, produktstandardisering og kvalitetsforbedringer. I det hele taget højnedes effektiviteten af jordbrugene. Andelsbevægelsen var en innovativ faktor, jvf.:

"Man sollte dieses institutionelle Arrangement, also die Kombination von Familienwirtschaften und einer Fülle von Genossenschaften, als eine autonome innovative Errungenschaft im ländlichen Sektor Dänemarks begreifen - als ein Instrument erfolgreicher Anpassung an aussenwirtschaftliche Veränderung."
(senghaas, 1982, s. 156)

4.2.5. Om forsøgsaktiviteter der førte til oprettelsen af landøkonomisk forsøgslaboratorium.

En person, hvis forsøgsarbejde har haft stor betydning for dansk mejeri- og landbrug, skal fremhæves her, nemlig Niels Johannes Fjord (1825-1891). Han tog i 1858 første del af polyteknisk eksamen i fagene matematik, fysik, kemi og tegning (Ærsøe, 1943, s. 18). Herefter blev han ansat som docent i fysik og kemi ved KVL. Her fik han god tid til ved siden af undervisningen at foretage eksperimenter og forsøg. Forsøgsarbejdet var karakteriseret ved en ustruktureret start, da han var blevet ansat ved KVL, og en udvikling, der gjorde resultaterne af forsøgene anvendelige for mange.

Et af resultaterne af Fjords forsøgsarbejde var, at han konstruerede en ny kedeltype til dampopvarmning af mejeriprodukter. (Ærsøe, 1943, s. 20-21). Som et andet eksempel på Fjords forsøgsarbejde skal nævnes en række sammenlignende forsøg over smørudbyttet ved forskellige mejerisystemer (offentliggjort fra 1877) af mælk fra køer af forskellig race (offentliggjort 1881). (Ærsøe, 1943, s. 309)

Forsøgene fik økonomisk og praktisk betydning, både fordi Fjord lagde vægt på at undersøge problemer, som landmænd formulerede, og fordi han var i stand til at foretage systematiske undersøgelser, der var baseret på kendskab til grene af naturvidenskaben f.eks. varmelæren. Desuden er det kendetegnende, at der blev udviklet et system med "bevægelige forsøgsstationer", dvs. der blev udført forsøg på forskellige private mejeri- og/eller landbrug ude i landet. Det enkelte landbrug/mejeribrug var værter for et forsøg i en kortere eller længere periode, og forsøgene udførtes flere steder på en gang m.h.p. at opnå resultater af almen gyl-dighed. (Ærsøe, 1943, s. 22-24 og Fjord, 1888, s. 5-6). Fjord stod altså ikke udenfor landbruget og kiggede på det. Derimod indgik han i et samarbejde med landbrugets egne folk.

Antallet af forsøg voksede, og i 1878-1879 fik Fjord sine to første assistenter. De havde begge læst ved KVL. (Ærsøe, 1943, s. 25).

Den største andel af Fjords forsøgsudgifter blev afholdt over finansloven, men der udover blev der ydet tilskud fra det kgl. danske Landhusholdningsselskab m.fl.. (Ærsøe, 1943, s. 22).

Resultaterne af forsøgene blev offentliggjort. Fra 1867 til 1883 udsendte Fjord 17 forsøgsberetninger i "Tidsskrift for Landøkonomi".

De omtalte forsøg ved Fjord var forløbere for oprettelsen af den kgl. Veterinær- og Landbohøjskoles Laboratorium for landøkonomiske Forsøg i 1883.

4.2.6. Den kgl. Veterinær- og Landbohøjskoles Laboratorium for landøkonomiske Forsøg.

Den kgl. Veterinær- og Landbohøjskoles Laboratorium for landøkonomiske Forsøg (herefter forkortet til landøkonomisk forsøgslaboratorium eller blot forsøgslaboratoriet) blev oprettet (startede) i 1883 (Ærsøe, 1943, s. 15 og s. 31).

Nedenfor vil vi redegøre for de tiltag, der førte til oprettelsen. Vi har valgt at gøre mere ud af forsøgslaboratoriet end af de andre organiseringer af landbrugs FoU-arbejdet, fordi dette laboratorium lige siden starten har været en meget væsentlig del af landbrugs-FoU-systemet bl.a. p.g.a., at dets arbejde vedrørte forskning og udvikling af de vigtigste produkter.

Forud for oprettelsen af forsøgslaboratoriet havde der været mange tiltag fra forskellig side i retning af oprettelse af en forsøgsanstalt af en slags ved KVL. F.eks. fremgår det af de forhandlinger, der førte til oprettelsen af KVL i 1858, at man allerede på det tidspunkt havde tanker om foranstaltning af fodringsforsøg med husdyr i tilknytning til KVL. Planerne blev skrinlagt, angiveligt fordi KVL skulle have lov at udvikle sin hovedfunktion - undervisningen - først. (Ærsøe. 1943, s.11).

Siden kom der andre forslag (i 1858, 1868, 1869-71 og 1876-78) om forsøgsarbejde ved KVL, som ej heller blev til noget. Forslagene skyldtes både interne drøftelser på KVL og pres fra landmænd. (Forslaget i 1868 var en følge af en henvendelse fra en forening af landmænd på Falster.) De første forslag vedrørte fodringsforsøg. Det sidste (1876-78) var mere vidtgående. Det foreslog oprettelsen af en forsøgsanstalt med tre afdelinger, en kemisk, en dyrefysiologisk samt en plantefysiologisk (Ærsøe. 1943, s. 11-14). Baggrunden for at ingen af de ovennævnte forsøgsplaner blev realiseret må søges i, at de "alle bød på noget nyt og uprovet" (Ærsøe. 1943, s. 15), og at de samtidig var for dyre.

Det forholdt sig anderledes med de planer om oprettelse af et landøkonomisk forsøgslaboratorium, der fremkom i 1881. Et sådant laboratorium skulle være rammen om Fjords forsøgsarbejde (som er omtalt i et tidligere afsnit). Det endte med, at forslaget enstemmigt blev vedtaget af rigsdagen (Ærsøe, 1943, s. 29).

Prisen på byggeriet var betydelig lavere i det vedtagne forslag end i det seneste af de tidligere fremsatte forslag, men samtidig skulle laboratoriet ikke indeholde tre, men kun én afdeling, nemlig en kemisk (Ærsøe, 1943, s. 14, 26 og 29)

Hvorfor blev landøkonomisk forsøgslaboratorium netop oprettet som en institutionalisering af Fjords forsøgsarbejde og på dette tidspunkt ?

Der var et behov for at få udvidet de forsøgsrækker, der allerede var i gang, samt for at få igangsat nogle nye forsøgsrækker, som ikke nødvendigvis skulle bygge på Fjords faglige viden. I en skrivelse fra direktøren og tilsynsmændene for KVL den 18. juli 1881 argumenteres bl.a. med, at de af Fjord foreslåede ostmingsforsøg "vil være af stor vigtighed for landts agerbrug i det hele". Man forventede, at forsøgene ville kunne hæve standarden af dansk ost. Endnu et argument var, at det blev mere og mere almindeligt at skille fløden fra mælken ved centrifugering, og man var interesseret i at finde ud af, om den centrifugerede mælk skulle behandles anderledes end den mælk, der var adskilt v.h.a. andre metoder. (Ost blev lavet af skummetmælk.) (Ærsøe, 1943, s. 26-27).

I den nævnte skrivelse blev også fremhævet, at det vil være af "stor økonomisk Vigtighed for Landet" om der blev foretaget undersøgelser over opbevaring af smør i kolde rum (Ærsøe, 1943, s. 27). Det var en hentydning til smør-eksporten, hvor der nødvendigvis skulle ske en kvalitetsforringelse under transporten.

Hidtil var alle kemiske analyser vedrørende mejeriforsøgene blevet foretaget på Steins kemiske laboratorium. Det-

te voldte nogen problemer, da der var behov for at få foretaget analyser, udover de almindelige, som der fandtes en fastlagt pris for. Ifølge (Ærsøe , 1943, s. 28) er det sandsynligt, at dette forhold har haft stor betydning for oprettelsen af forsøgslaboratoriet.

Forsøgslaboratoriets oprettelse i 1883 skal altså ses som en følge af, at de af Fjord igangsatte forsøg simpelthen havde vist sig at dække et behov, der eksisterede i mejeri- og landbrugserhvervet. Ydermere var det tydeligt, at der var behov for en udvidelse og fortsættelse af de allerede igangsatte forsøg, samt at der var behov for nye (dvs. andre typer) forsøg. En sådan udvidelse krævede, at forsøgene ikke længere skulle være en bibeskæftigelse for Fjord, at flere mennesker knyttedes til forsøgsarbejdet, samt at dette fik en centralstation med et kemisk laboratorium. I-øvrigt fremgår det af den førnævnte skrivelse fra bl.a. KVL's direktør til indenrigsministeriet, at "man har saa megen Grund til at have fuld Tillid til ... Hr. Fjord ...". (Ærsøe , 1943, s. 27) Kort og godt forsøgslaboratoriet blev oprettet med Fjord som forsøgsleder og Mathias Vilhelm Samuel Storch som forstander. (Sidstnævnte kom fra Steins kemiske Laboratorium.) (Ærsøe , 1943, s. 28 og s. 31)

I begyndelsen arbejdedes der ved forsøgslaboratoriet kun med mejeriforsøg. Med oprettelsen (af fællesmejerier fra 1863 og) af de mange andelsmejerier (fra 1882) blev afregning af mælkeleverancerne fra landbrugsbedrifterne til mejerierne et vigtigt problem, som forsøgslaboratoriet tog op. I begyndelsen blev mælken betalt efter den leverede vægt, men efterhånden indførtes tillige betaling i forhold til mælkens fløde eller fedtindhold. Fra forsøgslaboratoriet udkom 6 beretninger herom i perioden 1885-1907 (Se projektets litteraturliste). Udover at beskæftige sig med råmælkens fedtindhold foretoges også undersøgelser af skummetmælkens. Der startedes desuden forsøg med fodring af svin med affaldsprodukter - først og fremmest skummetmælk. En sådan udnyttelse af hidtidige affaldsprodukter viste sig

at blive en afgørende forudsætning for rentabiliteten af mejeribruget. De nævnte forsøg førte til, at man kom ind på andre fodringsforsøg, udvikling af svineracer og kvægavlsarbejde. Formålet for kvægfodrings- og avlsforsøgene var at opnå en stabil produktion af mere og bedre mælk. M.h.t. svine-avls-forsøgene var formålet at udvikle et godt "eksportsvin".

Forsøgslaboratoriet fungerede som en centralstation. Ude i landet fandtes de "bevægelige forsøgsstationer" - et net af forsøgskontakter, der omfattede både godser, mejerier og slagterier m.v.. Dvs. en lang række af de undersøgelser, som forsøgslaboratoriet udførte, foregik ihøjgrad ude i det praktiske land- og mejeribrug m.v..

De forsøg, der blev udført af forsøgslaboratoriet, fik afgørende betydning for det danske smørs internationale konkurrenceevne. Af størst betydning var forsøgene omkring centrifugering, pasteurisering, køling samt flødens syring (Om flødens syrning se endvidere afsnit 5.2.) I forbindelse med forsøgene blev der udviklet en del mejerimaskiner og kontrolmåleudstyr, der fik anvendelse i den laboratoriemæssige driftskontrol på mejerierne. De store resultater, som her blev nået af forsøgslaboratoriet, blev udviklet i et samspil med den stadig mere avancerede smørproduktion i de danske mejerier. Den var i stigende grad blevet industrialiseret, bl.a. som følge af udviklingen af en kontinuerlig centrifuge (1878) (E.S.Andersen, 1976, s. 70-71).

4.2.7. Landbrugskonsulenterne.

Dansk mejeri- og landbrugs første konsulent T.R.Segelcke blev ansat i 1861 (Segelcke og hans arbejde er nærmere omtalt i afsnit 5.2.3.). Derefter kom der flere konsulenter til. Deres opgave bestod både i teknologiudvikling og teknologispredning. Konsulenterne blev delvis finansieret af staten (E.S.Andersen, 1976, s. 69, 74-75 og 138).

4.2.8. Landbruget - mange små virksomheder eller en stor.

Som tidligere nævnt, er det karakteristisk, at der ikke på landbrugsbedrifterne, mejerierne og slagterierne blev udført selvstændigt forsknings og udviklingsarbejde. En del af forklaringen herpå er at disse virksomheder simpelthen var for små. En anden vigtig del af forklaringen hænger sammen med, at den enkelte bedrift eller virksomhed ikke kunne betragtes som en selvstændig enhed med hensyn til valg af produkt og teknologiudvikling. Den blev gennem et omfattende organisatorisk net, der bl.a. bestod af andels- og landboorganisationer, i virkeligheden bundet til at producere bestemte produkter. Med landbrugets orientering mod eksportmarkedet fulgte en tilstræben efter ensartethed i produkterne. Hermed blev den enkelte enheds muligheder og motivation for selvstændig teknologiudvikling afgørende begrænset.

Set på landsplan er det altså muligt at betragte landbruget som en stor virksomhed, hvor en del beslutninger m. v. dog blev taget decentralt. Dette gjaldt faktisk allerede fra slutningen af 1800-tallet, men her følger et citat fra 1921. hvori daværende landbrugsminister Th.Madsen-Mygdal ridsede op på den samme betragtning:

"I dansk Landbrug har Andelsforeningerne gjort det muligt at udstykke Landet og Produktionen - og dog holde det samlet ved at forene det i een stor Produktion, og denne landsomfattende, paa Andelsprincippet hvilende Storproduktion er vort Lands Hovedindtægtskilde."

(Her citeret efter Dahl, IV, 1942, s. 227)

Sammenligningen med forholdene i en stor virksomhed viser sig tydeligst på forsknings- og udviklingsområdet. Arbejdet med, udviklingen af og beslutningerne om de vigtigste produkter smør, ost og bacon er blevet centraliseret tillige med hovedparten af salgsarbejdet. Dette adskilte sig ikke nævneværdigt fra forholdene i store virksomheder. Derimod bestod det særlige for dansk landbrug i at skulle formidle viden om produkter og produktionsmetoder til et meget

stort antal forskellige enheder - forskellige i størrelse, jordbundsforhold m.v. (E.S.Andersen, 1976, s. 134-5). Det er her konsulenterne har haft deres funktion.

4.2.9. Patentediskussion og lovgivning.

Under den danske landbrugsomlægning (fra produktion og eksport af korn m.v. til produktion og eksport af smør m.v.) i sidste fjerdedel af 1800-tallet foregik der samtidig en diskussion vedrørende teknologispredning. Da landbrugsbedrifter, mejerier m.v. var juridisk selvstændige enheder kunne de evt. fristes til at forsøge at monopolisere nyudviklet teknologi. Diskussionen var også forårsaget af, at det moderne patentvæsen udvikledes hastigt i andre lande - bl.a. som følge af begyndende monopodannelse i lande som Tyskland og USA, og der kom ekstra gang i diskussionerne vedrørende en formalisering af de danske patentordninger, da den tyske patentlov blev udstedt i 1877. Patent blev opfattet som en trussel mod teknologispredningen indenfor den kun svagt koncentrerede danske produktion af levnedsmidler. Man frygtede, at en virksomhed, der kom først med en ny teknologi ved at udtage patent kunne udkonkurrere andre. Samtidig frygtede man også for, at udenlandske firmaer ved at udtage patenter i Danmark skulle kunne udelukke det danske landbrug for nye produktionsmetoder og produkter.

Denne modvilje overfor patenter betød, at det moderne patentvæsen, forholdsvis sent blev indført i Danmark. Der blev fremsat patentlovforslag både i 1874 og 1890. Patentloven blev dog først vedtaget i 1894 (Med revisioner vedblev den at gælde til 1968).

Patentloven gjaldt kun opfindelser, der kunne udnyttes industrielt, hvilket blev tolket meget snævert. Der kunne ikke tages patent på plantesorter, dyreracer og fremstillingsmåder for planter og dyr. Anvendelse af kemiske stoffer og mikrobiologiske fremgangsmåder i jordbruget kunne ej heller

patenteres. Dog kunne gødning og fodermidler patenteres. Desuden kunne der ikke udtages patent på nærings- og nydelsesmidler, samt på fremgangsmåder for fremstilling af næringsmidler. Landbruget havde altså opnået at blive undtaget fra patentloven.

Fremstillingen af produktionsmidler til landbrug og levnedsmiddelindustri var ikke andelsorganiseret, og undtagelsesreglerne i patentloven kom derfor ikke til at vedrøre denne produktion. Det, at patentvæsenet kom til at omfatte produktionsmiddelfremstillingen, kan altså begrundes i at andelsinteresserne i mindre grad gjorde sig gældende på dette område. På den anden side kan en del af årsagen, til at andelsorganiseringen ikke slog igennem på dette område, findes i det faktum, at patentvæsenet her udelukkede en kollektiv teknologiudvikling og -spredning.

Fraværet af patentmuligheder på landbrugsområdet har betydet, at det har været muligt at udvikle en betydelig kontakt eller sammenhæng mellem forsknings- og udviklingsarbejdet og formidlingen af de indvundne resultater. Integratio- nen heraf omfatter bl.a. forskningen, konsulenttjenesten, specialuddannelser og produktionskontrol. Hele dette system ville være blevet forholdsvis umuligt ifald patentvæsenet var blevet indført (E.S.Andersen, 1976, s. 135-137).

4.2.10. Om staten i forhold til landbruget.

Landbrugets store fælles eksportinteresser og landbrugets stærke organisering har bevirket at staten har kunnet presses til bl.a. at finansiere og oprette institutioner til forskningen, men iøvrigt også til at yde anden form for landbrugsstøtte.

Et vigtigt skridt i forhold til udviklingen af den statslige støtte var, at landbruget gennemtvang oprettelsen af et landbrugsministerium fra 1896. Dette ministeriums konkrete arbejde blev helt domineret af landbrugets organisa-

tioner. I forhold til FoU-systemet, hvor staten finansierede og stod for de største dele af forsøgsarbejdet, så var det f.eks. først og fremmest organisationerne, der udpegede folk til de styrendeorganer. (E.S.Andersen, 1976, s. 138).

4.2.11. AFSLUTTENDE OM LANDBRUGS-FOU-SYSTEMET

Landbrugs-FoU-systemet voksede frem fra slutningen af forrige århundrede. Tidligere i teksten er gjort forholdsvis detaljeret rede for oprettelsen af den kongelige Veterinær- og Landbohøjskoles Laboratorium for landøkonomiske Forsøg, da dette laboratorium fra sin opstart har været et vigtigt element i FoU-systemet. Forsøgslaboratoriet varetog både mejeribrugs- og husdyrbrugsforsknings- og udviklingsopgaver.

Nedenfor vil vi starte med at give en redegørelse for den videre udvikling af de institutionelle forhold omkring dette forsøgsarbejde. Dernæst følger en omtale af de øvrige dele af landbrugs-FoU-arbejdet.

Med oprettelsen af Landøkonomisk Forsøgslaboratorium kom arbejdet med at understøtte den teknologiske udvikling af mejeribruget, som tidligere omtalt, til at bestå i, at der udførtes praktiske forsøg lokalt på landets enkelte mejerier understøttet af laboratorieforsøg udført centralt på forsøgslaboratoriet. Denne nye teknologiudviklingsmodel var succesfuld i en årrække, men undervejs viste der sig utilstrækkeligheder, idet man ved de lokale forsøg ikke altid var i stand til at isolere den enkelte faktor, som ønskedes belyst, og resultaterne var derfor undertiden i for høj grad påvirket af forsøgsstedet.

Med det stigende kendskab til produktionernes sammensatte karakter blev det derfor klart, at ambulante forsøg ikke vedblivende kunne tilfredsstille kravene til teknologisk fornyelse, og allerede i begyndelsen af 1900-tallet opstod ønsket om, at få udskilt mejeriforsøgene fra forsøgslaboratoriet, og i stedet få dem henlagt til en permanent institution, hvor der under videnskabelig kontrol kunne udføres mejeritekniske forsøg såvel i laboratorieskala som i en rimelig teknisk skala. Tanken vandt tilslutning hos de forskellige mejerierorganisationer, og disse førte i de følgende år gennem et nedsat udvalg mange forhandlinger med

regeringen herom. (H.M. Jensen, 1962, s. 365-366)

Der skete i 1919 en organisatorisk deling af forsøgs-laboratoriets mejeribrugs- og husdyrbrugsopgaver. Samtidig blev Statens Husdyrbrugsudvalg og Statens Mejeriudvalg oprettet (bl.a. bestående af folk fra landbrugets organisationer). De to udvalg skulle lede forskningen på de respektive områder, samt rådgive landbrugsministeriet.

Efter anmodning fra De danske mejeriers Fællesorganisation blev der i 1921 oprettet en selvstændig mejeriingeniør-uddannelse på KVL. (Dette muliggjordes af, at der på dette tidspunkt var indvundet forholdsvis megen viden om mejeriprocesserne.) I 1922 knyttedes der et mælkerilaboratorium til KVL.

Til intensivering af mejeriforskningen oprettedes i 1923 Statens Forsøgsmejeri ved Hillerød under Mejeriudvalget. (E.S. Andersen, 1976, s. 71) Det var ikke bare initiativet til oprettelsen af et fast institut for mejeriforsøg, der kom fra mejeribrugets egne folk. Mejeribrugbet betalte tillige ca. halvdelen af, hvad mejeriet kostede at opføre. (Dahl IV, 1942, s. 431)

Den forøgede uddannelses- og forskningsmæssige indsats syntes nødvendig, hvis de internationale teknologiske førerpositioner skulle opretholdes, efter at dansk mejeribrugs oprindelige forspring var ved at blive indhentet af andre lande. (E.S. Andersen, 1976, s. 71)

M.h.t. udvikling af svineproduktionen, så var udviklingen af nye svineracer og fodringsforsøg en væsentlig forudsætning for salgssuccessen for dansk bacon i England. Dette arbejde tog især fart fra 1890/1900, hvor der blev oprettet en lang række bedømmelsesudvalg og svineavlsforeninger, og efterhånden oprettedes der svinekontrolstationer og en stram veterinær kødkontrol. Omkring disse organer og omkring andelsslagterierne udvikledes behovet for forskning. (E.S. Andersen, 1976, s. 139)

Forskning vedrørende husdyrenes fodring udførtes næsten udelukkende af Landøkonomisk Forsøgslaboratorium, der,

som tidligere nævnt, 1919 blev lagt ind under Statens Husdyrbrugsudvalg. Om forsøgslaboratoriet skriver (Produktions- og Raastofkommissionen, 1942, s. 17): "Laboratoriet udfører dels dyrefysiologiske og kemiske Undersøgelser paa Virksomhedens Laboratorier, dels Fodringsforsøg paa større Gaarde rundt i Landet, ..." Citatet antyder, at der på dette område er sket en videnskabeliggørelse af den teknologiske innovationsproces.

Forskningen vedrørende husdyrsygdomme udførtes (1942) af landbohøjskolen, Statens veterinære Serumlaboratorium og Veterinærdirektoratet.

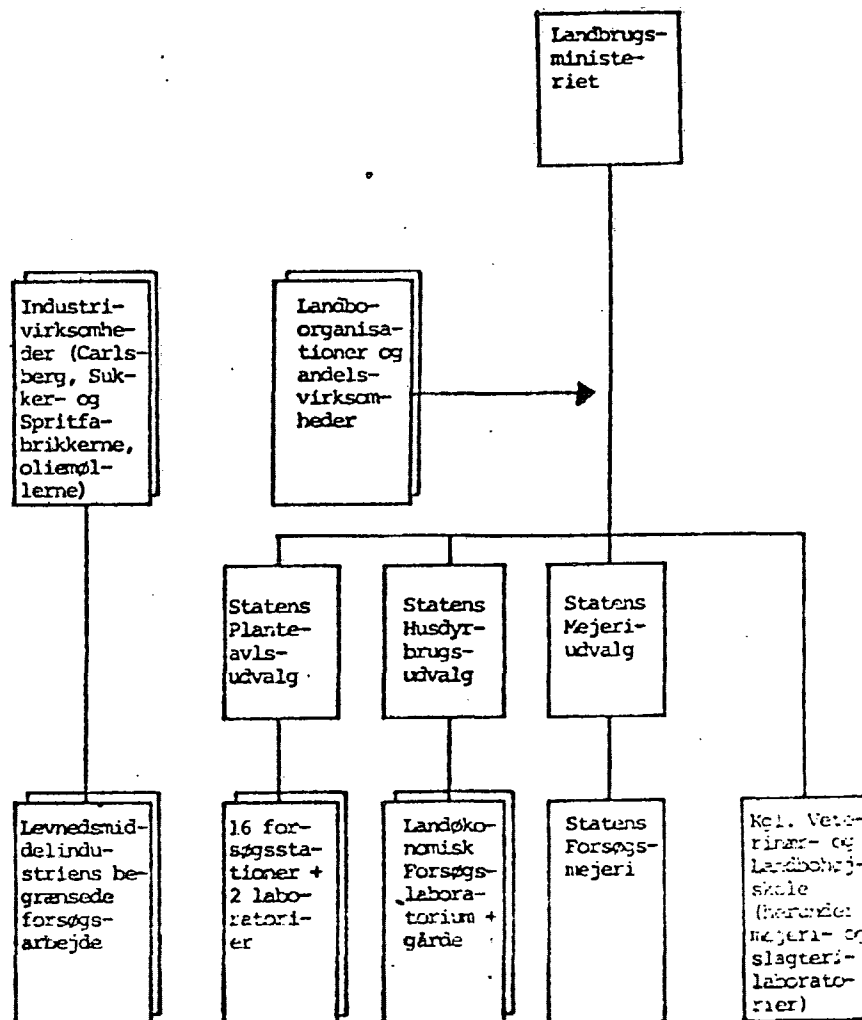
Forskningen vedrørende husdyravlen gennemførtes (1942) dels af de landøkonomiske foreninger, dels af Statens Forsøgslaboratorium for Svin, Heste og Fjerkræ i form af afkomsbedømmelser og afkomsundersøgelser.

På KVL's Slagterilaboratorium udførtes forsøg og undersøgelser m.h.p. slagterierne. (Produktions- og Raastofkommissionen, 1942, s.17)

Fodringsforsøgsaktiviteterne trak en kraftig udbygning af jorddyrknings-og plantekulturforsøg med sig. En række forsøg, der tidligt var kommet i gang bl.a. på foranledning af Landhusholdningsselskabet blev fra 1894 ført videre på statens regning. I 1897 blev denne forsøgsvirksomhed (Statens Forsøgsvirksomhed i plantekultur) (med fire forsøgsstationer rundt om i landet) lagt ind under Statens Planteavlsudvalg. Efterhånden oprettedes flere forsøgsstationer. (Dahl IV, 1942, s. 364-365) Om dette forsøgsarbejde skriver (Produktions- og Raastofkommissionen, 1942, s. 16) følgende: "Forsøgsarbejder,, omfatter saavel videnskabelig Forskning som praktisk Forsøgsarbejde," Citatet antyder at der på dette område er sket en videnskabeliggørelse af den teknologiske innovationsproces. Udover den forsøgsvirksomhed, der foregik i statsligt regi, fandtes også forskning under en række landøkonomiske foreninger, også kaldet den lokale forsøgsvirksomhed. Disse foreningers arbejde var i høj grad analogt til det ved Statens For-

søgsstationer udførte arbejde - på hvilket det også i høj grad støttede sig. (Det egentlige planteforædlingsarbejde udføres derimod i overvejende grad på privat initiativ og finansiering.) (Produktions- og Raastofkommissionen, 1942, s. 16-17)

Det ovenfor beskrevne landbrugs-FoU-system, der var udviklet o. 1940, er skitseret i følgende figur.



Forsk. private industrivirksomheder er medtaget her, da disse faktisk udførte landbrugsforskning omkr. særlige råvarer. Spritfabrikkerne: kartofler. Sukkerfabrikkerne: sukkerroer. Carlsberg: malt og humle. (Produktions- og Raastofkommissionen, 1942, s. 16-17)

Det andelsdominerede landbrugsforsknings-og udviklings-system var det helt dominerende erhvervsrettede FoU-system i Danmark frem til anden verdenskrig. (E.S. Andersen, 1976, s. 138-139) På det tidspunkt fik landbrugsforskningen følgende karakteristik:

"... vor Landbrugsforskning maa karakteriseres som værende forholdsvis veludviklet, byggede paa et intimt Samarbejde mellem Statens mange landbrugsmæssige Forsøgsinstitutioner og den private Forsøgsvirksomhed, væsentligst omfattende de landøkonomiske Foreningers Forsøgsarbejder.

For Landbrugets Vedkommende har Staten iværksat og bekostet et meget betydeligt Forsøgsarbejde, Hertil findes der inden for Industrien ikke noget virkeligt Modstykke."

(Produktions- og Raastofkommissionen, 1942, s. 2)

Industri-FoU-systemet er behandlet i næste afsnit. Her er det blot værd at lægge mærke til, at landbrugs-FoU-systemet bliver karakteriseret som "forholdsvis veludviklet".

4.3 INDUSTRI- FoU-SYSTEMET FREM TIL 1950.

Industrien adskiller sig fra landbruget ved at være væsentligt mere sammensat og heterogen. Det samme gælder industriens FoU-system. Inden en beskrivelse af industriens FoU-system gives først en kort oversigt over industriens udvikling.

4.3.1 RIDS AF DEN DANSKE INDUSTRI UDVIKLING FREM TIL 1950.

Perioden indtil 1876: I modsætning til industrien i England, som havde oplevet sin industrielle revolution i 1. del af 1800-tallet, befandt dansk produktionsvirksomhed sig da på et før-industrielt stade. De få store bedrifter, der eksisterede, var oftest organiseret som manufakturer og var naturbundne m.h.t. drivkraft. Dampkraft var endnu ikke introduceret. Dansk fremstillingsvirksomhed var derfor stadig domineret af håndværksmæssig smådrift i midten af 1800-tallet. Det, som endnu hindrede produktion under industrielle former, var foruden mangelen på fagkyndig arbejderstab knapheden på kapital. De industrigrene, som under denne initialfase havde mulighed for at udvikle sig, var hjemmemarkedsindustrier. Det var dels landbrugsproduktionsmiddelbrancherne, dels forbrugsmiddelbrancherne, som satsede på at dække det brede forbrug af nærings- og nydelsesmidler, som datidens velstandsstigning havde givet plads for. (Hansen, 1972, bd. I, s. 150-1)

På forskellige måder af afgørende karakter ændredes vilkårene for industriproduktionen i årene 1857-76. Man kan pege på næringsfrihedens indførelse i 1857, toldloven af 1863, hertugdømmernes afståelse i 1864 samt jernbanernes og kapitalmarkedets udbygning i 60-erne og 70-erne. (Hansen, 1972, bd. I, s. 192)

I perioden 1857-76 lader det til, at industriudviklingen lokaliseredes til begyndelsen af 70-erne, hvor den preussiske boom udøvede en stærkt stimulerende påvirkning. Denne opgangsbevægelse var i sig selv kraftig, men kan næppe beteg-

nes som et egentligt industrigennembrud. Industrisektorens betydning var stadig ganske beskeden. Industrialiseringen i 70-erne var af en pletvis karakter. Den var meget ujævnt fordelt mellem brancherne og foregik både inden for produktionsmiddelsektoren og forbrugsmiddelsektoren. Som iværksætter var handelskapitalen ganske betydelig. En tidlig ibrugtagen af tekniske fremskridt gav anledning til en livlig udvikling inden for nogle vigtige næringsmiddelbrancher. Dette gælder f.eks. sukkerfremstillingen, ølbryggeriet og sprittraffineringen. For udviklingen af industrien var det dog ikke i samme grad som i landbruget nødvendigt med selvstændig dansk teknologisk innovation. Her kunne man i langt højere grad tage udenlandsk gennemprøvede fremgangsmåder i brug, hvilket blot forudsatte en vis basal viden af teknisk karakter. Tilgangen af arbejdskraft med de nødvendige tekniske kundskaber klarede i begyndelsen ved ansættelse af sagkyndige udlændinge som arbejdsledere og instruktører, og industrien oplærte i høj grad sine egne folk, da håndværkere ikke var tilbøjelige til at gå ind. (Hansen, 1972, bd. I, s. 196-200)

Perioden 1876-94.

Fra omkr. 1875 ramte det økonomiske tilbage slag den fremspirende danske industri og lagde en midlertidig dæmper på industrialiseringsprocessen. Det var først fra slutningen af 80-erne, at der lod til at ske en bedring, som øjensynlig kan føres tilbage til tidens faldende næringsmiddelpriser. Depressionen fastholdt industrien som hovedsageligt hjemmemarkedsorienteret, og samtidig var industrien stadigvæk lille og bestod af overordentligt mange små og spredte enheder, hvilket betød et ringe teknologisk stade. Depressionen resulterede i et behov for effektivisering, hvilket førte til et par større konkurrencebegrænsende kapitalcentraliseringer (monopoliseringer) inden for industrien - nemlig dannelsen af De danske Spritfabrikker og De forenede Papirfabrikker.

Endelig skal det nævnes, at protektionismen voksede frem stimuleret af depressionen. (Hansen, 1972, bd. I, s. 229)

Perioden 1895-1914.

Fra midten af 1890-erne kommer industrierhvervet ud af sin relative stagnation. Den forudgående periodes prisfald virkede gunstigt ind på den hjemmemarkedsorienterede industris produkter. Hertil kom nu også efterspørgselen fra de stigende pengelønninger fremkaldt af landbrugets ekspansion. (Hansen, 1972, bd. I, s. 286 og 303) Derudover var der gennem en stadigt tættere udbygning af jernbanenettet tilvejebragt det enhedsmarked, der var den første forudsætning for en hjemmemarkedsorienteret industri. (Hansen, 1970, s. 69)

Disse faktorer var medvirkende til at føre dansk industri ind i den generelle opgangsfasen 1895-1914, hvorved den industrielle vækst, der var igang i begyndelsen af 90-erne, yderligere blev forstærket. (Hansen, 1972, bd. I, s. 286) Der er meget, der peger på, at 1890-erne dermed er den periode, hvor den tidlige danske industrialisering fandt sted. (Hansen, 1970, s. 68) Handelskapitalen spillede på dette tidspunkt stadig en ganske stor rolle som igangsætter af industriproduktion. Betydende for den industrielle opgang var også, at der i 90-erne skete en lang række industrielle sammenslutninger, der kun kunne have en gunstig indflydelse på effektiviteten af den tidlige spredte danske småindustri (dannelse af karteller, monopoler og industrielle aktieselskaber). Det lader endvidere til, at have spillet en væsentlig rolle, at tidens tekniske undervisning havde nået et sådant stade, at den bragte det økonomiske system en betydelig evne til at absorbere innovationer i produktionsprocessen. (Hansen, 1970, s. 69) Af sådan teknisk undervisning var udviklingen af en mere praktisk orienteret ingeniøruddannelse (end civilingeniøruddannelsen), der bedre svarede til datidens industris teknologiske niveau og behov nok så væsentligt element. (Andersen, 1976, s. 150-1)

Det er også karakteristisk, at en væsentlig del af 90-ernes industrielle vækst netop på helt nye produktionsområder, hvis udvikling forudsatte en viden om, hvorledes man absorberer innovationer. Dette gjaldt f.eks. elektricitetsindustrien, cementindustrien, margarineindustrien, kabel-og trådfabrikationen, telefonindustrien og svovlsyrefremstillingen. (Hansen, 1970, s.69 og 1972, bd.I, s.289) Alt i alt ændrede udviklingen i perioden 1896-1914 dog intet på, at den danske industri var en typisk hjemmemarkedsindustri, hvor ingen speciel branche var dominerende, og at den i overvejende grad var en konsumvareindustri. Den omstændighed, at den danske industri i dén grad var orienteret mod forsyningen af et lille hjemmemarked, har utvivlsomt bidraget til at begrænse produktivitetens fremskridtene. I den samme retning har det sikkert virket, at en betydende del af den danske industri igangsattes af engroshandelen.

Perioden 1920-39.

Opgangen i dansk industri fortsatte efter 1. verdenskrigsudbrud. Dette skete som følge af det delvise bortfald af den udenlandske konkurrence. Men dette forhold ændredes, da forsyningsvanskelighederne slog igennem i 1917. (Hansen, 1974, bd.II., s.13) Ved krigens afslutning stod Danmark med et nedslidt kapitalapparat, ubetydelige lagerbeholdninger og stor købekraft. Den første efterkrigstids normalisering forløb for industrien langt lettere end for landbruget, idet industrien havde stor kapitalrigelighed, der omsattes i produktion. (Hansen, 1974, bd.II, s.19-20) Denne produktion kunne imidlertid ikke realiseres til de forventede profiler p.g.a. international konkurrence og prisfald, hvorved en lang stagnationsperiode 1920-39 slog igennem. (Hansen, 1974, bd.II, s.25) I årene 1923-4 bedredes industriens forhold. Valutadumpningen ophørte efter, at den tyske mark var blevet stabiliseret ovenpå krigen. Som helhed foregik der i løbet af 20-erne et større reorganiseringsarbejde i industrien, og der blev gennemført en ret vidt-

gående rationalisering. Der opnåedes større produktion med flere mekaniske hjælpemidler og forholdsvis mindre arbejdskraft, hvilket resulterede i en forhøjet produktivitet. Rationaliseringen foregik ikke blot inden for den enkelte virksomhed, men gav sig også udslag i et større samarbejde mellem flere virksomheder i samme branche (hvilket muligvis medvirkede til dannelsen af Akademiet for de Tekniske Videnskaber (ATV) i 1937). Disse rationaliseringer gjorde sammen med en bedring af landbrugets økonomiske vilkår i slutningen af 20-erne, at industriens vilkår også bedredes. Fra 1932 bestemtes industriens muligheder og vilkår til en vis grad af importreguleringen. Denne regulering blev af beskæftigelsesmæssige grunde i særlig grad rettet mod at begrænse importen af færdige industrivarer, mens man sigtede på at give råstoffer og produktionsmidler frit indpas. (Hansen, 1974, bd. II, s. 31 og 64-6) Som helhed fik industrien en voksende rolle i samfundsøkonomien i 30-ernes depressionsperiode. Stagnationsperioden 1920-39 ændrede stort set ikke noget ved det forhold, at industrien i det væsentlige var hjemmemarkedsorienteret. (Hansen, 1974, bd. II, s. 53 og 67) I 30-erne overgik en del arbejdskraft til industrien fra landbruget. Medens importreguleringen var medvirkende til en betydelig udvidelse af beskæftigelse og produktion, synes dens indflydelse på de industrielle nyinvesteringer at være mere tvivlsom. Beskyttet af reguleringen voksede en del småvirksomheder op, men disse krævede ikke megen kapital. Større nye industrialanlæg var der kun få af, hvilket kan have flere årsager. (Hansen, 1974, bd. II, s. 69) Når den lille virksomhed på dette tidspunkt hævdede sig i forhold til den store, skyldtes dette bl.a. el-motorens udbredelse, fordi denne kunne udnyttes næsten ligeså effektivt i den lille bedrift som i den store. Hvad angik uddannelsessystemet var især mellemskole- og realeksaminernes voksende frekvens betydningsfuld for uddannelsen af den vigtige gruppe mellemteknikere, der var forudsætningen for en øget vækst i forbindelse med samfundets stadig mere udprægede urbanisering og erhvervsdifferentiering. (Hansen, 1974, bd. II, s. 79-80)

Især fra 1925 til 40 var det, at dele af dansk storindustri startede opbygningen af egne FoU-laboratorier. Nu var det ikke i særlig høj grad jern-og metalindustrien, der startede forskning. Udover enkelte store virksomheder kunne de fleste klare sig uden egne FoU-aktiviteter. Derimod begyndte nødvendigheden af et overordnet FoU-system at gøre sig gældende inden for den kemiske industri (og de dertil knyttede levnedsmiddelindustrier). Dette skyldtes ikke mindst den direkte og indirekte teknologiske konkurrence fra den mest forskende koncern i verden, I.G.Farben, der især gjorde sig gældende på farve-, lak-og medicinalområdet. Desuden søgte nogle af de danske virksomheder, der havde relationer til landbruget, at gå ind i udviklingen af landbrugs-og levnedsmiddelproduktion m.m. (Andersen,1976,s.153)

Efterhånden som den danske storindustri's FoU-aktiviteter udvikledes, skabtes der også en forståelse for de mange teknologiske problemer, som uvægerligt kunne løses på en bredere basis i serviceinstitutter, læreanstalter, ingeniørkontorer og eksportbureauer. Denne forståelse understøttedes af, at disse områder udvikledes kraftigt i udlandet. I 30-erne oprettede storindustrierne på baggrund af monopolprofitter en række store fonde, der skulle støtte industriens FoU-aktiviteter. Erfaringerne viste imidlertid hurtigt, at man ikke ad denne vej kunne påvirke FoU-indsatsen tilstrækkeligt. I 1937 oprettedes derfor ATV som en privat organisation af ledende erhvervsfolk og erhvervsorienterede forskere. Formålet hermed var at fremme den teknisk-videnskabelige forskning og anvendelsen af dens resultater til gavn for det danske erhvervsliv. Dette søgtes realiseret gennem et samarbejde mellem forskere, ingeniører og industriledere. Hovedårsagen var den skærpede internationale konkurrence. (Andersen,1976, s.156-7)

Perioden efter 2. verdenskrig.

Industrien havde i årene op til 2. verdenskrig nydt godt af rustningskonjunkturerne og udvidet sin del af den samlede eksport. Under den første del af krigen viste industriproduktionen dog en nedadgående tendens, mens denne var opadgående under krigen sidste del. (Hansen, 1974, bd. II, s. 91 og 97)

Disse forhold indledte opgangsperioden for dansk industri, 1945-69. Den skade, besættelsen havde forvoldt dansk økonomi, var let at overskue. Befolkningen var ikke underernæret, der var ikke lidt store tab blandt ungdommen, uddannelserne var ikke blevet afbrudt, og produktionsapparatet var godt nok slidt, men ikke forringet afgørende. (Hansen, 1974, bd. II, s. 119) Dette var medvirkende til en forringet produktivitet, men mangelsituationen i de øvrige europæiske lande kombineret med det voksende antal beskæftigede i Danmark udgjorde voksende markeder for industrien. Dette nødvendiggjorde en fornyelse og udvidelse af industriens kapitalapparat. Dette gjorde en voksende investeringsaktivitet nødvendig. Efterkrigstiden var da også præget af en målrettet investeringspolitik over for industrien, som blev tilført statslige midler bl.a. Marshall-hjælp. (Hansen, 1974, bd. II, s. 119-23)

4.3.2 POLYTEKNISK LÆREANSTALT.

Oprettelsen af Polyteknisk Lærestalt i 1829 var først og fremmest udtryk for et ønske fra statsmagtens side om at ophjælpe industrien. Således skulle studenterne ifølge lærestaltens første reglement gennem undervisning i matematik og naturvidenskab bibringes:

"en sådan færdighed i brugen af disse indsigter, at de derved kan vorde fortrinligt brugbare til visse grene af statens tjeneste, såvel som til at forestå industrielle anlæg." (Lundbye, 1929, s. 39)

Men initiativet kom godt et halvt århundrede før den begyndende industrialisering i Danmark, og baggrunden var derfor næppe et større pres fra den smule industri, som fandtes på det tidspunkt. Lærestaltens oprettelse skal derimod forstås på baggrund af den internationale udvikling.

I begyndelsen af 1800-tallet var langt den største del af industri lokaliseret i England, og som et led i forsøget på at bryde Englands industrielle monopol oprettedes i flere af de øvrige europæiske lande tekniske skoler. (Andersen, 1976, s.147-8) Navnlig i Tyskland grundlagdes en række tekniske skoler, hvoraf de større var i Berlin (1821), Darmstadt (1822), Karlsruhe (1825), München (1827), Dresden (1828), Nürnberg (1829), Kassel (1830), Hannover (1831) og Augsburg (1833). Disse skoler var oprindeligt fagskoler, hvor håndværksmæssige fag kombineredes med teoretiske fag, bl.a. matematik. Efterhånden, frem mod midten af århundredet, udviklede skolerne sig til tekniske højskoler, idet det teoretiske niveau hævedes. (Andersen, 1984, s.119) Polyteknisk Lærestalt i Danmark adskilte sig herfra ved lige fra starten at være meget teoretisk orienteret. Undervisningen henvendte sig ikke til håndværkere, men foregik på universitetsniveau, og ansvaret herfor havde først og fremmest H.C. Ørsted. (Politikens Danmarkshistorie, bd.11, s.160) Begrundelsen herfor udsprang næppe af konkrete forestillinger om og indsigt i naturvidenskabens praktiske anvendelse så meget som af abstrakte ideer om naturvidenskabens opdragende funktion. I hvert fald havde han i 1823 taget initiativet til Selskabet for Naturlærens Udbredelse med disse ord:

"Som en egen del af åndens dannelse åbner kundskaben om naturens lov en ny tankerække i mennesket og tilskynder ham så meget mere til selvtænkning og opfindsomhed, som den bringer ham i berøring med de kraftigste opvækkelsesmidler. Det er næppe tvivl underkastet, at jo et folk, blandt hvilket en

sådan åndsvirksomhed kraftigt udbredes, inden kort tid vil hæve sig højt over sin forrige tilstand." (Politikens Danmarkshistorie, bd. 11, s. 99-100)

Uddannelsens teoretiske karakter og afsondretheden fra et praktisk teknisk univers betød sammen med industriens høje grad af fravær, at kandidaterne vanskeligt kunne indpasses i det danske erhvervsmønster. Man kunne ikke nedsætte sig som industridrivende i Danmark uden at være medlem af et laug, og her optog man sjældent udenforstående, fordi man var bange for at miste de socialt væsentlige monopolistiske ordninger. De få polytekniske kandidater var derfor meget aktive i den liberalistiske kamp, der bl.a. gav sig udslag i oprettelsen af Industriforeningen i 1837. Kampen førtes til sejr med frikonkurrencens indførelse i Danmark med loven i 1857. (Andersen, 1976, s. 149)

Hermed var den brede industribeskæftigelse af polytekniske kandidater imidlertid ikke sikret. Det fremgår af tabel 1, at hovedparten af de ingeniører, der blev uddannet på læreanstalten i de første 50 år, fandt deres ansættelse hos det offentlige. Til industrien kom kun få, men de havde dog betydning for enkelte, men fremskredne virksomheder.

Tab. 1: Danske polytekniske kandidaters beskæftigelse 1832-1929. (Andersen, 1976, s. 150)

Årgang	Antal kandidater	Beskæftigelsesregi				Indv. stri
		Stat, amter og kommuner		Privat erhverv		
		Antal	pct	Antal	pct	
1832-69	193	122	63	71	37	35
1870-79	122	71	58	51	42	23
1880-89	165	93	44	92	56	53
1890-99	324	126	42	188	58	71
1900-10	777	280	36	497	64	179
1911-20	998	329	33	669	67	240
1920-29	1474	369	25	1105	75	486

Tabellen viser, at der fra 1832-1899 uddannedes 804 ingeniører. Heraf var 259 fra kemiretningen og 117 fra maskinretnin-

gen.

Disse retninger, som eksisterede fra Lærestaltens start, var bl.a. orienteret mod industrien, men kandidaterne fandt i høj grad beskæftigelse ved offentlig administration og undervisning (især gymnasieskolen). Omkr. 1857 oprettedes bygningsretningen og herfra uddannedes frem til århundredeskiftet 428 kandidater. Bygningsretningen var orienteret mod de store anlægsarbejder og mod offentlig teknisk forvaltning. (Andersen, 1976, s.149 og Lundbye, 1929, s.123)

Teknologi-udviklingen under industrialiseringsperioden i slutningen af 1800-tallet blev, som det fremgår, kun ibeskædet omfang forestået af polytekniske kandidater. En væsentlig årsag hertil var, at den polytekniske undervisning stadig var meget teoretisk orienteret. I 1892 rejstes en debat af den nystiftede Dansk Ingeniørforening, der kun optog polytekniske kandidater med mindst fem års ansættelse i teknisk virksomhed. Foreningen ankede i sit medlemsblad (1.6. 1892) især over, at undervisningen forekom for teoretisk:

"Endvidere er det nødvendigt, at der stadig finder en livlig vekselvirkning sted mellem den arbejdende ingeniørstand og de institutioner, hvor de vordende ingeniører uddannes, og endelig er det både ønskeligt og nødvendigt for teknikens og industriens fremskridt her i landet, at tekniskvidenskabeligt uddannede mænd i højere grad end hidtil trænger ind i ledelsen af vore større industrielle og tekniske virksomheder." (Lundbye, 1929, s.228)

Bredt set var denne periodes teknikere ikke polyteknikere, men derimod ingeniører med en mere praktisk orienteret uddannelse. Sådanne uddannelser opstartedes i 1880-erne, og udviklingen tog fart med oprettelsen af det første teknikum i 1905 (Odense Maskinbygnings-teknikum). Dette og andre teknika ekspanderede hurtigt, ikke mindst med uddannelse af in-

geniører til maskin-og elektro-området. (Nørregård,1955,s. 32 ff.) Teknisk forskning og udvikling stillede i det store hele ret begrænsede krav om teoretiske kvalifikationer. Det meste udviklingsarbejde kunne derfor bygge på praktiske erfaringer i tæt forbindelse med den daglige drift uden,at der var behov for særskilte laboratorier og FoU-afdelinger.

"Endnu i slutningen af forrige århundrede - da forskningen inden for de rene videnskaber, kemi og fysik, allerede længe havde blomstret - fandtes kun liden eller ingen hertil svarende teknisk forskning her hjemme. I de industrielle virksomheder byggede man på egne spekulationer og sådanne eksperimenter, som fabriksdriften kunne tillade."

(Dahl,1943,bd.VII,s.351)

I begyndelsen af dette århundrede begyndte der imidlertid at blive ansat flere polytekniske kandidater i industrien - af tab.1 fremgår, at antallet af industriansatte kandidater i 10-året fra 1900 til 1910 var lige så stort som det samlede antal industriansatte kandidater i hele læreanstaltens forudgående levetid (1832(29)-1899). Samtidig kom der impulser fra udenlandske læreanstalter til udvikling af den tekniske forskning. Hidtil havde man kun i meget begrænset omfang udført teknisk forskning på Polyteknisk Læreanstalt, og den begyndende forskningspraksis, som indledtes omkr. århundredeskiftet, manifesteredes først i læreanstaltens reglement i 1929, da formålsparagraffen ændredes fra alene at omhandle "teknisk-videnskabelig" uddannelse til også at omfatte "teknisk-videnskabelig" forskning. (Andersen,1976,s. 151)

Det første tiltag i retning af en styrkelse af den tekniske forskning på Polyteknisk Læreanstalt var dog allerede sket nogle år forinden. Inspireret af udviklingen på udenlandske tekniske højskoler, hvor man siden begyndelsen af 1900-tallet i stort omfang havde indført tekniske doktorgrader,

oprettedes i 1916 en teknisk doktorgrad ved læreanstalten i Danmark. (Hansen, 1979, s. 211) Samtidig var man i mange lande i lyset af 1. verdenskrig begyndte at få øjnene op for den konkurrencemæssige betydning af teknisk forskning af mere videnskabelig karakter. I Danmark sagde daværende direktør for Polyteknisk Læreanstalt, H.I. Hannover, ved eksamensafslutningen i 1918:

"I England foreslog undervisningsministeren 23. juli 1916 en storartet organisering af forskningsarbejdet for at stå rustet overfor tysk konkurrence, når krigen er forbi.....

I Amerika har Wilson henvendt sig til Videnskabernes Selskab i Washington med anmodning om at danne et nationalt forskningsråd, der skal organisere det samlede fysiske, kemiske og videnskabelig-tekniske undersøgelsesarbejde i Staterne....

Men vi behøver ikke at gå så langt. Ved oprettelsen af Den norske tekniske Højskole for få år siden blev der skænket den en indsamlet sum, der skulle danne en fond til videnskabelig og videnskabelig-teknisk forskning...." (Lundbye, 1929, s. 320)

Tanken om nødvendigheden af teknisk forskning udbredtes dog ret langsomt i Danmark og vandt først anerkendelse i bredere industrikredse med oprettelsen af Akademiet for de Tekniske Videnskaber (ATV) i 1937.

Denne kendsgerning, at den tekniske forskning først startede op på Polyteknisk Læreanstalt i begyndelsen af dette årh. sammenholdt med, at de polytekniske kandidater på denne tid begyndte at finde ansættelse i industrien i større tal, tyder på, at krav om mere avancerede former for teknologisk innovation og om evnen til at absorbere importeret teknologi så småt gjorde sig gældende i industrien.

Billedet stemmer godt overens med, at den egentlige industrialisering begyndte i 1890-erne. Fremkomsten af større produktionsenheder gennem kapitalsammenlægninger indenfor

procesindustrier stillede krav om mere teoretisk funderede tekniske kvalifikationer. Landets elektrificering i begyndelsen af dette årh. stillede tilsvarende krav, og det samme gælder rimeligvis en lang række af andre forhold.

4.3.3 AKADEMIET FOR DE TEKNISKE VIDENSKABER.

I løbet af 20-erne og 30-erne udvikledes storindustriens behov for forskning og det samme gjaldt, p.g.a. den brede internationale teknologiske udvikling, også mange mindre virksomheder i industrien. En del store industrivirksomheder kom i 1930-erne ind i en gunstig udvikling med relative monopolprofitter, og da man ikke kunne regne med at staten ville træde til med støtte til den tekniske forskning, sådan som det skete i udlandet, eksperimenterede de store virksomheder selv med former til støtte for industrirettet forskning og udvikling. Det skete bl.a. ved, at der specielt i 30-erne oprettedes en række store fonde. Virksomhederne bag fondene var blandt andre Det store nordiske Telegrafsekselskab, De forenede Bryggerier, Thrige, Otto Mønsted, Svovlsyrefabrikkerne og Carlsberg. (Andersen, 1976, s. 156)

Disse initiativer førte i 1937 til oprettelsen af ATV som koordinerende instans. Den mest fremtrædende fortaler var daværende rektor (fra 1921-41) for DTH, P.O. Pedersen. Formålet med ATV var:

"at fremme den teknisk-videnskabelige forskning og anvendelsen af dens resultater til gavn for det danske erhvervsliv." (Dahl, 1942, bd. VI, s. 240-5)

Argumenterne for akademiets oprettelse var nødvendigheden af at følge med i den teknologiske udvikling, og endda helst være i spidsen, for at dansk industri kunne klare sig i den internationale konkurrence. P.O. Pedersen udtrykte det således i et foredrag i Industriforeningen i 1937:

"Vi maa paa alle Maader arbejde paa at forbedre vor Produktion, dens Kvalitet, dens Udseende, dens Prisbillighed. Og kun ved intens Forskningsarbejde indenfor alle Produktionsgrene kan vi haabe at vinde i Kapløbet om Markederne. Det middel benytter vore Konkurrenter; vi bliver nødt til at gøre det samme. Vi maa endda paa de for vor Økonomi vigtigste Punkter søge at være i hvert Fald lidt, helst meget dygtigere end de andre, hvormed disse end hænger i. Kun saaledes har vi Mulighed for at bevare vor økonomiske Selvstændighed.

Men Opgaven er ikke let; Virksomhederne er gennemgående for smaa til at drive selvstændige Forskningslaboratorier i større stil, og indbyrdes Konkurrence vanskeliggør.... et Samarbejde på dette Punkt.

Her kan Statens Laboratorier ved Polyteknisk Lærestanstalt, ved Landbohøjskolen, ved Universiteterne og andre af Statens Forsøgsvirksomheder, ved halvoffentlige Institutioner som Teknologisk Institut o.m.a. yde en haardt tiltrængt Hjælp. Økonomisk Hjælp vil ogsaa i mange Tilfælde kunne ydes af vore store Fonds, som Otto Mønstedts Fond, Laurits Andersens Fond, Thriges Fond, Tuborgfondet og fl..

Men der maa et fornuftigt Samarbejde til. Der maa være et Organ, som kan yde Raad og Vejledning, bl.a. med Hensyn til de Opgaver, der kan og bør tages op, og hvorledes, hvor og af hvem, de med størst Sandsynlighed kan løses."

(Engelund, 1946, s. 112)

Akademiet stiftedes som en privat institution og havde 8 grupper:

- Gruppe 1: tekniske hjælpe- og grænsevidenskaber.
 - Gruppe 2: den kemiske ingeniørvidenskab.
 - Gruppe 3: den maskintekniske ingeniørvidenskab.
 - Gruppe 4: den bygningstekniske ingeniørvidenskab.
 - Gruppe 5: den elektrotekniske ingeniørvidenskab.
 - Gruppe 6: jordbrugets teknik og industri.
 - Gruppe 7: virksomhedernes organisation og økonomi.
 - Gruppe 8: biologi og hygiejne.
- (Engelund, 1932, s. 357)

At akademiet blev en privat institution skyldes dels industriens interesse, dels en række praktiske problemer. De væsentligste grunde til, at man valgte den private form, var: 1/ Hvis der skulle opbygges en statsinstitution, skulle man først i gang med byggeri, bevillinger osv.. Det private akademi kunne derimod trække på eksisterende ressourcer. ATV fik således mødesal, sekretariatslokaler på Polyteknisk Lærestanstalt. Denne tilknytning blev på forhånd kun nævnt mundtligt overfor ministeriet, men denne uformelle udvikling blev accepteret af regeringen. 2/ Erhvervene lagde vægt på en upolitisk ledelse af forskningsarbejdet. 3/ Erhvervene måtte opfatte akademiet som deres eget organ, hvorfor de var motiverede til at støtte det økonomisk. 4/ Akademiet kunne samle erhvervsønsker, som så senere kunne påregne statsstøtte, ligesom f.eks. Hedeselskabet havde gjort det. 5/ Et privat akademi kunne håbe på at trække på erhvervslivets forskningsressourcer ved gennemførelsen af koordinerende forskningsopgaver. 6/ Akademiet kunne delvis trække på sine medlemmer, der hver især repræsenterede et laboratorium, en fabrik eller lignende. (Engelund, 1946, s. 112f)

Det private akademi for ledende erhvervsfolk og erhvervsorienterede forskere var ikke tilfreds med at påvirke og koordinere de eksisterende ressourcer på erhvervsforskningsområdet. Snart rejste problemet sig om at skaffe støtte fra staten, og i den forbindelse skabte de erhvervspolitiske foranstaltninger under krigen et gunstigt klima. Muligheden opstod efter at den af statsministeriet nedsatte produktions- og råstofkommission i 1940 fremhævede den betydning, som et udvidet teknisk-videnskabeligt forskningsarbejde ville have for industriens videre udvikling. Efter en henvendelse fra ATV til denne kommissions formand nedsattes et udvalg bestående af to personer fra DTH, to personer fra ATV og to personer fra Produktions- og Raastofkommissionen. Alle disse personer var imidlertid medlemmer af ATV, hvilket også fremgår af ATV's medlemsfortegnelse for 1941. Repræsentanter for Landbrugsrådet og andre læreanstalter blev afvist under henvisning til, at Akademiet også repræsenterede deres interesser. (Andersen, 1976, s160) Udvalget afgav i 1942 den i nærværende projekt-rapport flittigt citerede Betænkning angaaende teknisk-videnskabelig Forskning, der fik opbakning fra Produktions- og Raastofkommissionen. Hovedforslaget i denne betænkning var oprettelsen af Det teknisk-videnskabelige Forskningsinstitut, hvis opgave skulle være at iværksætte teknisk-videnskabelig forskning og at søge en samordning af dansk teknisk og erhvervsøkonomisk forskning for fremmelse af danske erhvervsvirksomheders muligheder. I realiteten var der tale om et ganske omfattende ATV-insitut, som skulle ledes af et repræsentantskab på 35 medlemmer. Heraf skulle ATV udpege 20, og resten skulle udpeges af staten efter indstilling fra forskellige organisationer og forskningsinstitutioner. Statens væsentligste opgave skulle være at yde finansiel støtte til instituttet. (Produktions- og Raastofkommissionen, 1942)

Dette forslag modtog en del kritik, og p.g.a. krigstidens forhold færdigbehandlede dette først i rigsdagen i 1946. På det tidspunkt var forslaget ændret til et forslag om at yde statsbevillinger til Det teknisk-videnskabelige Forskningsråd under ATV, som skulle uddele støtte til teknisk-videnska-

belig og erhvervsøkonomisk forskning og forestå en samordning af forskningen på disse områder. Dette forslag blev vedtaget, og ATV's forskningsråd fungerede frem til 1960. I denne periode var det ikke alene de af staten bevilgede midler, der blev uddelt. Herudover forvaltede forskningsrådet i realiteten også uddelingen af de såkaldte counter-part-midler, der fremkom i forbindelse med Marshall-planen. I perioden 1946-60 stod forskningsrådet for bevillinger eller bevillingsforslag i en størrelsesorden på 50 mill. kr. (Andersen, 1976, s.160-1)

Følgende institutter oprettedes under ATV frem til 1950:

ATV-institut:	oprettet:	geografisk plac.:
Lydteknisk Laboratorium	1938	DtH
Dansk Svejsecentral	1940	DtH
Køleteknisk forskningsinstitut	1940	DtH
Geoteknisk Institut	1943	DtH
Mikrokemisk Centrallaboratorium	1943	DtH
Dansk Textilforskningsinstitut	1944	DtH
Radioteknisk Forskningslab.	1944	DtH
Optisk Laboratorium	1944	DtH
Dansk Hørforskningsinstitut	?	?
Lak-og farveindustriens Forskningslaboratorium	1946	DtH
Mikrobølgelaboratoriet	1947	DtH

(Hansen, 1979, s.339 og Meddelelser fra ATV, 1950, nr.1)

4.3.4. TEKNISK FORSKNING OG UDVIKLING PÅ POLYTEKNISK LÆRE- ANSTALT OG I INDUSTRIEN FREM TIL OMKRING 2. VERDENSKRIG

Med oprettelsen af ATV i 1937 grundlagdes de organisatoriske rammer for den omfattende udbygning af industri-FoU-systemet, som skete i perioden efter 2. verdenskrig. Indtil da udgjordes industri-FoU-systemet stort set af Polyteknisk Lærestalt og nogle få industrilaboratorier.

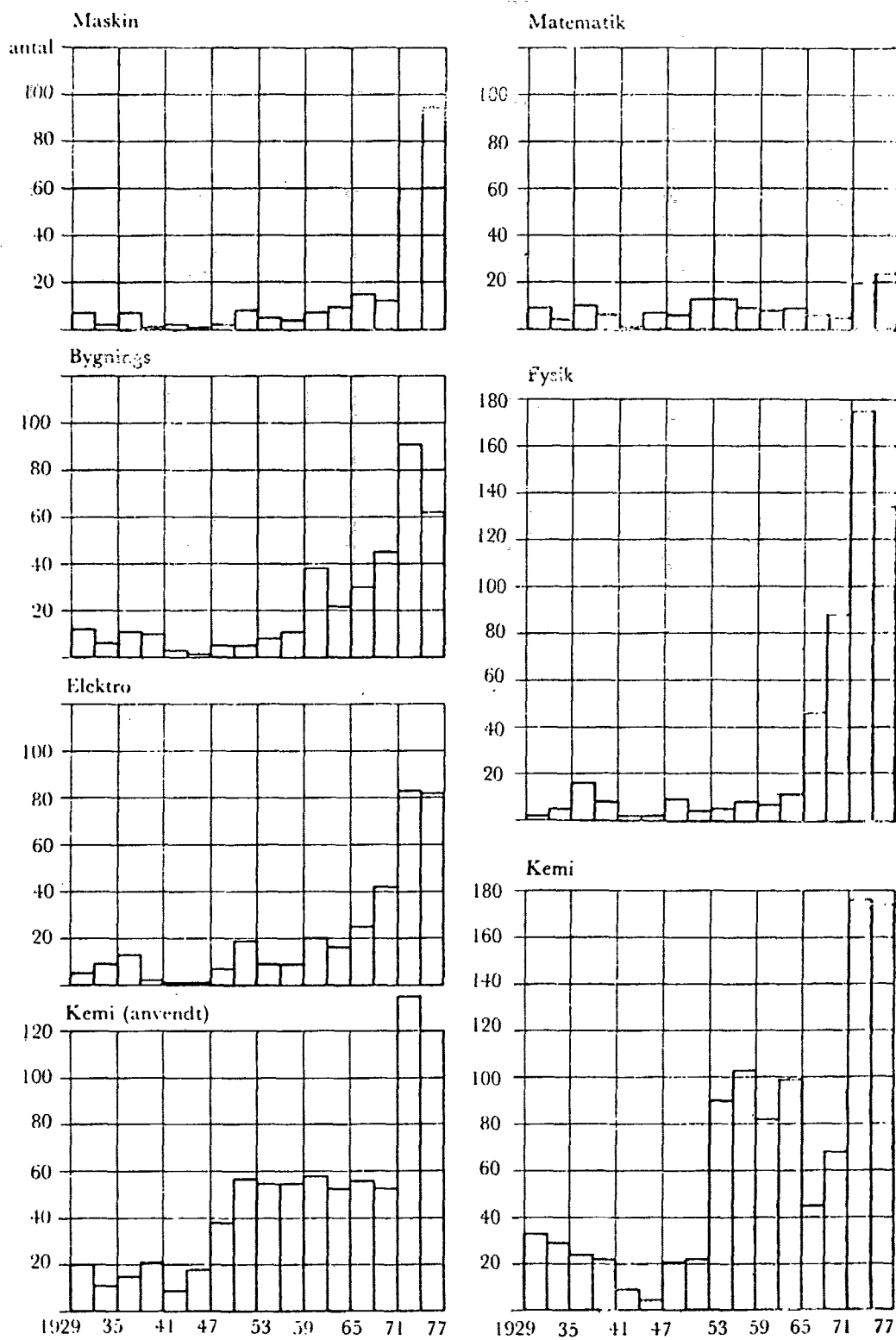
I næste kapitel (kap. 5) fremstilles eksempler på innovationsforløb fra industri-FoU-systemets tidlige udviklingsperiode - altså fra før 2. verdenskrig og udbygningen af ATV. Som baggrund for udvælgelsen af disse eksempler, hvoraf det ene vedrører landbrugsforskningen, mens de øvrige vedrører industrirelateret forskning, gives en oversigt over forskningen på Polyteknisk Lærestalt og i industrien.

Polyteknisk Lærestalt

Forskningen på Polyteknisk lærestalt afspejlede en blanding af den internationale teknologiske udvikling og særlige danske produktions- og industristrukturer. Desværre findes der i litteraturen ingen historisk fremstilling af sammenhængen mellem den internationale teknologiske udvikling, dansk industri og forskningen på Polyteknisk Lærestalt. Det eneste totalbillede på området er et øjebliksbillede af landets tekniske forskning, som Produktions-og Raa-stofkommissionen gav i en betænkning angående teknisk-videnskabelig forskning i 1942.

Frem til 2. verdenskrig, ja endda helt frem til begyndelsen af 1950-erne, var forskningen på Polyteknisk Lærestalt ikke særlig omfattende. (Lærestaltens navn udvidedes i 1933 til : DTH Polyteknisk Lærestalt. Danmarks tekniske Højskole.) Fig. 2 viser en opgørelse over antallet af fremmedsprogede tidsskriftartikler publiceret af DTH-medarbejdere for de forskellige områder fra 1929 til 1977. Antallet

Fig. 2 Fremmedsprogede tidsskriftartikler publiceret af DTU-medarbejdere.



Kilde: I.B.Hansen 1979.

af sådanne artikler er selvfølgelig ikke noget direkte mål for hvor meget, der forskedes, men opgørelsen siger alligevel noget om udviklingen i grove træk. Fælles for alle områder gælder i det store hele, at forskningens omfang er beskedent og nogenlunde konstant frem til omkring 1950 eller senere og først derefter begynder at stige.

Om forskningen i 30-erne og 40-erne fortæller undersøgelsens forfatter i øvrigt:

"Sammenfattende kan man for denne periode (30-erne, vores bemærkning) sige, at vi ved udgangen af trediverne på DTH står ved afslutningen af en epoke, hvor de enkelte fags udvikling afgjordes så at sige af enkelt-personer, og hvor forskningen indenfor de enkelte fag i stor udstrækning stod og faldt med den enkelte professors forskningsinteresser.

Mange af førkrigstidens professorer, der for adskilliges vedkommende havde tjent DTH i en menneskealder, forlod DTH i tiden omkring 1940, hvad bevirkede, at DTH fremstod med en ret forandret profil efter den interimperiode, som også på DTH udgjordes af anden verdenskrig."

(I.B. Hansen, 1979, s. 173-174)

Forskningens omfang var altså ikke større, end at det samlede billede tegnedes af enkeltpersoner, og vi vil derfor give en kort oversigt over forskningens indhold. Den følgende oversigt over og hermed forbundne vurdering af forskningen ved DTH frem til 1942 bygger først og fremmest på to kilder. Dels (1) Produktions- og Raastofkommissionens betænkning angående teknisk - videnskabelig forskning fra 1942, der som nævnt forfattedes af indsigtfulde personer i samtiden, her iblandt, som næstformand, professor og daværende rektor for DTH Anker Engelund. Dels (2) I.B.Hansen (1979)

der er bibliotekar med en teknisk licentiatgrad og har dannet sig overblik over forskningen fra 1929 og fremefter ved en systematisk gennemgang af læreanstaltens publikationer. Endvidere støtter vi os til A.Engelunds afsnit om teknisk videnskab i "Danmarkskultur ved år 1940" (Dahl (red), 1942 bd. VII, s. 351-359).

I nedenstående liste opremses samtlige laboratorier som fandtes ved DtH i 1942.

Forskningslaboratorier ved Polyteknisk Læreanstalt i 1942.

		oprettet år	
		antal ansatte til	(2)
		forskning og	
		undervisning	
		i 1942	
<u>Grundfagene</u>		(1)	
Matematik	: -		
Fysik	: Det fysiske laboratorium	4	1890
	Laboratoriet f. teknisk fysik	4	1921
Kemi	: Det kemiske lab. f. fabriksingeniører m.fl.	7	1919
	Det kemiske lab. for maskinbygnings- og elektroing.	3	1919
	Det fotokemisk-fotografiske laboratorium	1	1912
<u>De tekniske fag</u>			
Teknisk kemi	: Det Teknisk-kemiske lab. f. almen kemi	5	1867
	Det teknisk-kemiske lab f. mørtel glas og keramik	3	1920
	Laboratoriet for metallære	3	1928
	Det teknisk-kemiske lab. f. fiskeri og havbrug	5	1938
	Det bioteknisk-kemiske lab.	6	1909
	Lab. f. mikroskopi og mikrobiologi	2	1916
	teknisk kemi ialt	24	
Maskin	: Laboratoriet for skibsbygning	2	1897
	Maskinlaboratoriet	2	1907
	Det teknologiske laboratorium	3	1928?
	maskin ialt	9	
Bygning	: Lab. for bygningsstatik	6	1904
	Lab. for teknisk hygiejne	2	1921
	Lab for hydraulik	3	1928
	Lab. for vej- og jernbanebyg- samt byplanlægning	4	?
	bygning ialt	18	
Elektro	: Det elektrotekniske labora- torium (stærkstrøm-)	4	1906
	Laboratoriet for telegrafi og telefoni	3	1911
	elektro ialt	7	

Ved en sammenligning af de fire tekniske fagområder ses at teknisk kemi og bygningsområdet var væsentligt større end maskin- og elektroafdelingen. Forklaringen herpå er naturligvis ikke kun, at særligt frugtbare forskningsmiljøer fik lov at ekspandere. En vigtig faktor er også specielle behov hos de få større industrivirksomheder, som gjorde brug af forskningen. Endelig havde teknologien på de forskellige områder vidt forskellig karakter og stillede derfor vidt forskellige betingelser for forskningen på de respektive områder. Internationalt var den teknisk-kemiske forskning langt den omfangsrigeste. Ifølge Produktions og Raastofkommissionens betænkning fra 1942 (s. 43) fandtes der i USA i 1933 98 private forskningslaboratorier med over 50 ansatte. Af disse institutter var 48 overvejende beskæftiget med kemisk forskning, 3 med maskinteknisk og 7 med elektroteknisk, mens 38 drev forskning af blandet karakter. Denne hovedvægt på det kemiske område var nok endnu mere udtalt i Tyskland, hvor et af I.G.Fabensustriess laboratorier i 1940 havde ca. 900 akademikere ansat (Prod. og Raast. komm., 1942, s. 38). Sammenlignet med udlandet var den kemiske forskning på DTH altså ikke særlig omfattende hverken absolut eller relativt til de tre andre tekniske forskningsområder på læreanstalten.

Vi ser lidt nærmere på forskningens indhold.

Indenfor grundfagskemien udførte J.N.Brønsted i 30'erne arbejder angående syre-base-ligevægte, reaktionskinetik og polymerforskning. mens Stig Veibel forskede i et bredt spektrum af den organiske kemi og endvidere enzymkemi i forbindelse med gæringsprocesser.

På bioteknisk-kemisk laboratorium forskedes der med S. Orla-Jensen i spidsen indenfor mælke- og osteproduktionens kemi og bakteriologi.

På laboratoriet for mørtel, glas og keramik beskæftigede man sig med "Finhedsbegrebet" og metoder til måling af kornstørrelser. Afdelingen var centralt internationalt placeret parallelt med danske bygnings- og maskiningeniørers placering inden for henholdsvis den konstruktive udnyttelse af cement- og betonprodukterne og opførelsen af cementprodu-

cerende fabrikker.

På laboratoriet for metallære arbejdede man med stål-hærdning og metallers fysiske oobbygning. Til laboratoriet var knyttet Dansk Metallurgisk Selskab hvor der siden 1932 udførtes ret indgående forskningsarbejder (Se Buchvald 1975)

Laboratoriet for fiskeriindustri og havbrug financiere-des af fiskeredirektoratet, industrien og fonde og undersø-gede konserverings- og opbevaringsmetoder for kød, fisk m.m.. Arbejdet havde stor betydning for fiskekonservesindustrien.

På laboratoriet for bygningsstatik udvikledes en omfat-tende og betydningsfuld forskning omkring A.S-Ostenfeld. Endvidere udførtes der vigtige arbejder vedrørende beregning af vindtryk på bygninger, cementkonstruktioners syrefast-og vandtæthed m.m. Laboratorierne udførte et omfangsrigt kon-sultativt arbejde.

På Laboratoriet for Telegrafi og Telefoni forskede P.O. Pedersen i problemer omkr. radiobølgers udbredelse og endvi-dere i forsk. telefon-tekniske problemer og i Valdemar Poul-sens radiosender.

Det stærkstrøms-elektrotekniske Laboratorium nævnes ik-ke i Produktions-og Raastofkommissionens betænkning, og det samme gælder laboratorierne på maskinområdet. Ifølge Hansen (1979) beskæftigede man sig på Stærkstrøms Laboratoriet i 30-erne med sikkerhedsproblemer og risici i forbindelse med anvendelse af elektrisk apparatur i dagliglivet, hvilket stemmer godt overens med den vurdering (hos Lichtenberg, 1942,s.), at der ikke foregik nogen nævneværdig selvstæn-dig dansk teknologiudvikling på stærkstrøms-området. For ma-skinområdets vedkommende nævner Hansen (1979,s.) forsk-ning i metalbearbejdningsmetoder og-teori og arbejder fra slutningen af 30-erne på skibsbygningsområdet.

Forskningen indenfor grundfaget fysik nævnes heller ik-ke i Produktions-og Raastofkommissionens betænkning. Det drejer sig ifølge Hansen (1979) om Julius Hartmans arbejde med bl.a. at udvikle en kviksølvstråleensretter, der selvom den i sin tid var genstand for indgående omtale i den inter-nationale fagpresse aldrig fandt større om nogen praktisk anvendelse. Endvidere præsenteres noget om atomforskning, som startede op i begyndelsen af 30-erne.

Industrien.

Indenfor industriforskningen fremtræder Carlsberg-laboratoriet som noget enestående. Laboratoriet grundlagdes allerede i 1875. Her udførtes et omfattende forskningsarbejde blandt andet med afsæt i Emil Chr. Hansens tidlige forskning i gær.

Blandt de virksomheder, som i 1942 udførte egentlig forskning uafhængig af almindelig driftkontrol, kan indenfor levnedsmiddelindustrien nævnes:

Carlsberg og Tuborg,
A/S De danske Spritfabrikker,
A/S Dansk Gæringsindustri (under spritfabrikkerne)
A/S De danske Sukkerfabrikker,
Aarhus Oliefabrik A/S,
Otto Mønsted A/S Margarinefabrikker,
Danmarks Brugsforeninger.

(Dansk Gæringsindustri var tilknyttet spritfabrikkerne og Otto Mønstedes fabrikker skænkede på et tidspunkt sit laboratorium til staten: Statens Vitaminlaboratorium).

Af forskningsresultater på levnedsmiddelområdet nævnes:

Forbedring af tekniske gæringsprocesser, d.v.s. øl, sprit, gær og mælkesyrefremstilling, raffineringmetoder for spiseolier og fedtstoffer, forbedring af margarinefremstilling, vitaminisering af margarine samt undersøgelser af bageprocesser og en række bageforbedrende midler. (Prod.-og Raastofk.1942)

Forskende virksomheder indenfor kemisk industri:

A/S Sadolin og Holmblad,
A/S Dansk Svovlsyre-og Superphosfatfabrik,
A/S for Kemisk Industri (tilknyttet ovenstående),
Nordisk Insulinlaboratorium,
Løvens kemiske Fabrikker,
A/S Medicinalco,
A/S Ferrosan,
Porcelænsfabrikken Norden A/S,

Løvens kemiske Fabrikker,
A/S Medicinalco,
A/S Ferrosan,
Porcelænsfabrikken Norden A/S,
Kryolitselskabet Øresund A/S,
Olieselskaberne.

Af forskningsresultater kan nævnes (Prod.-og Raastofk., 1942):
Udvikling af processer til fremstilling af farver og lakker
samt andre organiske kemikalier, af insulin og en lang række
farmaceutiske præparater, heriblandt hormonpræparater. Metoder
til rensning af kryolit, betydende fremskridt indenfor
porcelænsfremstilling, herunder fremstilling af højisolere-
nde porcelænslegemer.

Indenfor jern-og metalindustrien:

A/S F.L.Smith & Co.,
A/S Burmeister & Wains Maskin-og skibsbyggeri,
A/S Nordisk Kabel-og Traadfabrikker.

Af forskning på dette område nævnes kun (Prod.-og Raastofk.,
1942): Grundlæggende nykonstruktioner for maskiner til cement-
fremstilling.

Det er værd at bemærke, at de to store stærkstrøms-elek-
trotekniske virksomheder, Ths. B. Thrige og Titan A/S ikke
nævnes. Til gengæld nævnes en række forskningsresultater in-
den for svagstrøms-elektroteknikken så som radio-telegrafi
og-telefoni og måleapparater og målemetoder.

Bygningsingeniør-og entrepenørvirksomhed er ikke medta-
get i Produktions-og Raastofkommissionens betænkning, men på
dette område forskedes der også i "industrien". Især kan næv-
nes firmaet Christiani & Nielsen, som havde et tæt samarbejde
med Laboratoriet for bygningsstatik.

Bygningsområdet var næst efter teknisk kemi det største
område på DtH, og i den første lange efter doktorgradens ind-
førelse i 1916 faldt hovedparten af doktordisputatserne inden-
for bygningsstatikken. Se fig.3.

År	Kemi	Maskin	Bygning	Elektro	Ialt
1916-30	2	1	4	0	8
1931-40	7	1	3	3	14
1941-50	14	5	5	6	32
	23	7	12	9	54

Fig.3: De tekniske doktorers faglige retning. (Andreasen, 1954, s.276-81)

Formålet med indførelsen af den tekniske doktorgrad i 1916 var ikke kun at styrke den tekniske forskning, men også at styrke forbindelserne mellem læreanstalten og industrien. Således udførtes ca. 2/3 af alle disputatserne frem til 1950 på laboratorier i industrien. Særligt indenfor det kemiske område, hvor kun 4 ud af 23 disputatser udførtes på Polyteknisk Læreanstalt. I fig.4 har vi som supplement til oversigten over forskende industrivirksomheder opgjort disputatsernes ophavssteder, og som bidrag til præsentationen af forskningens indhold er titlerne på doktordisputatserne vedlagt i appendix 1.

Fig.4:

Disputatsernes ophavssteder:

	1916-30	1931-40	1941-50
Dth, ATV, TI	3	3	11
Christiani og Nielsen	4	1	1
De Forenede Papirfab.	1		
Monberg & Thorsen		1	
Kbh. Brandvasen		1	
De fore. Gummi- og Luftringef.		1	
Fell Telephone lab.		1	
Otto Mønsted		1	
Sukker fabrikker		1	
JFA		1	
Sadolin & Holmblad		1	1
Det Forenede Glimmer. A/S		1	
Hgl. Porcelænfabrik		1	
Dansk Garingsindustri			3
Bøggild & Masted			1
FDE			1
Carlsberg (garingsfys.)			1
Statens Forsøgsmejeri			1
F.L.Smith			1
Helsingør Skibsverft			1
Arns Glimmerfabrik			1
Det danske Petroleum A/S			1
Atlas			1
B & W			2
Dansk Bojskægefabrik			1
Jacobholm & sønner			1
Telefon Fabrik Automatic			1
Thomas B. Thrige			1
Andet			2

(Andreasen, 1954, side 276-281
 Dansk Ingeniørforening & Krak, 1971,
 Den Polytekniske læreanstalt, 1942,
 Dansk Ingeniørforening, 1956)

Generelt om de tekniske doktordisputatser kan siges, at størsteparten af afhandlingerne på det teknisk-kemiske område lå indenfor levnedsmiddelindustrierne (8 ud af 23 hvoraf de 7 udførtes i industrien og 1 hos det offentlige). Endvidere afspejledes vigtige områder indenfor dansk kemisk industri så som farve-og lakindustrien og de keramiske industrier. Indenfor bygningsområdet var de bygningsstatistiske emner dominerende. På maskinområdet udførtes meget få disputatser, som fortrinsvis omhandlede skibsbygning. (Hansen, 1979) Dog kom der to disputatser sidst i 40-erne fra B&W - begge formentlig omhandlende problemer vedr. skibsdieselmotorer. På elektroområdet var svagstrømsteknikken dominerende - hvis ikke enerådende, men herudover danner der sig ikke noget særligt tydeligt billede. Dog er det værd at bemærke to elektro-akustiske afhandlinger fra 40-erne, da dette område senere fik stor betydning. Det samme gælder muligvis antenneforskningen, som repræsenteredes ved en enkelt afhandling.

Afslutning.

Efter denne meget kortfattede gennemgang af forskningen på DtH og i industrien tegner der sig så småt konturerne af to store forskningsområder. Det største udgjordes af forskningen relevant for levnedsmiddelindustrien med Carlsberg Laboratoriet og Det bioteknisk-kemiske Laboratorium som største forskningsinstitutioner. Emnerne var først og fremmest gæringsprocesser og enzymer og i anden række spiseolier m.m. Det andet store område omhandlede cement og beton. På Det teknisk-kemiske Laboratorium for mørtel, glas og keramik forskedes i disse materialers egenskaber, ligeledes blandt bygningslaboratorierne. Endvidere forskedes i den konstruktive udnyttelse af beton på Laboratoriet for Bygningsstatik.

Disse områder udgjorde samtidig en væsentlig andel af den samlede danske industri, og de var begge kendetegnede ved, at råmaterialerne produceredes i landet. Særligt landbrugsjord, men også sand, grus og kalk udgjorde som bekendt store dele

af naturgrundlaget for produktionen i Danmark. Fælles for levnedsmiddelindustrien og cementindustrien gælder videre, at der i tilknytning hertil udvikledes en ret omfattende produktion af maskiner, hvoraf f.eks. køleanlæg (Atlas) og cementfabrikker (F.L.Smith & Co.A/S) blev store eksportartikler. (Lichtenberg, 1942)

LITTERATUR.

- Per Hedegård Andersen et al.: Cenreifugalregulatorer og matematik. IMFUFA TEKST 85/84. RUC 1984.
- Esbén Sloth Andersen: Eksport, teknologi og forskning. Institut for Samfundsfag ved Københavns Universitet. Kbh. maj 1976.
- Torben Peter Andersen: Produktion og samfund. Danmarks og Nordens historie. GEC Gad, Kbh. 1978.
- A.H.M.Andreasen: Den polytekniske Lærestalt. Danmarks tekniske Højskole. I kommission hos Jul. Gjellerups Forlag. Kbh. 1954.
- A.T.V. Meddelelser, nr. 1. 1950.
- Svend Dahl (red): Danmarks Kultur ved aar 1940. Det danske selskab, Det danske Forlag, Kbh. 1942. Bind IV.
- N.J.Fjord: 13. Beretning fra den kgl. Veterinær- og Landbohøjskolens Laboratorium for Landøkonomiske Forsøg: Foredrag ved den nordiske Landbrugs-Kongres den 12. Juli 1888. Bevægelige Forsøgsstationer i Danmark, særligt på Mejerivæsenets og dermed beslægtede Omraader. Kbh. 1888.
- Christopher Freeman: The Economics of Industrial Innovation. 2nd Edition. London 1982.
- Aage Friis, Axel Linvald og M. Mackeprang (red): Schultz Danmarkshistorie. Vort Folks Historie gennem Tiderne skrevet af danske Historikere. J.H.Schultz Forlag, Kbh. 1942. Bind V.
- K. Hansen: Det danske landbrugs historie. Bind 5. Kbh. 1934-45.
- Sv.A.Hansen: Økonomisk vækst i Danmark. Bind I og II. 1972/1974.
- Ole Hyldtoft et al.: Det industrielle Kanmark 1840-1914. Systime, Herning 1981.

H.M.Jensen: Dansk Mejeribrug, bd. I: De danske mejeriforeningers fællesorganisation på forlaget Liber A/S. Kbh. 1962.

Niels Lichtenberg: Dansk teknik. Dens udvikling og indsats. Hirschprungs Forlag. Kbh. 1942.

J.T.Lundbye: Den polytekniske Lærestalt 1829-1929. I kommission hos GEC Gad. Kbh. 1929.

G. Nørregård: Teknikumuddannede ingeniørers betydning for dansk industri. Kbh. 1955.

Produktions- og Raastofkommissionen: Betænkning ang. Teknisk-videnskabelig Forskning. Kbh. 1942.

Dieter Senghaas: Von Europa lernen. Entwicklungsgeschichtliche Betrachtungen. Suhrkamp, Frankfurt am Main 1982.

John Danstrup og Hal Kock: Danmarks historie
Bind II

Inge Berg Hansen (red.): DtH, Den polytekniske Lærestalt. Polyteknisk undervisning og forskning i det 20. århundrede. Festskrift ved 150-års jubilæet. Polyteknisk Forlag 1979.

KAPITEL 5:
EKSEMPLER PÅ VIDENSKABELIGGØRELSE AF DANSK TEKNOLOGISK
INNOVATION.

Til at belyse videnskabeliggørelsen af teknologisk innovation indenfor levnedsmiddelindustrien har vi valgt at se nærmere på Carlsberg Laboratoriet. Som institutionel ramme om teknologisk forskning var Carlsberg Laboratoriet specielt. Før det første oprettedes det meget tidligt (1875), for det andet havde det stor selvstændighed overfor den virksomhed det var tilknyttet (Carlsberg bryggeriet)

. Tilgængæld var en del af forskningen her repræsentativ for og samtidig af central betydning for levnedsmiddelområdet. Endelig er det innovationsforløb vi skal følge et mønstereksempel på forskning af naturvidenskabelig karakter med afgørende betydning for den teknologiske udvikling.

Det sidste gælder også for vors eksempel fra mejeriforskningen, der jo historisk ikraft andelsorganiseringen er knyttet til landbruget. Mere præcist omhandler eksemplet smør der allerede i midten af 1800-tallet var en national økonomisk betydningsfuld eksport artikel. Vi vil følge M.V. S.Storchs arbejde på Landøkonomisk Forsøgslaboratorium ved kgl. Veterinær- og Landbohøjskole i perioden 1883 til 1918.

I forbindelse med den konstruktive udnyttelse af behov foregik der også en relativt omfangsrig forskning af afgørende betydning for dansk bygningsingeniørvirksomhed. Det fremgår af de mange bygningsstatiske doktordisputatser, af firmaet Christiani & Nielsen særligt var eksponent for denne udvikling, og samtidigt var der en meget tæt forbindelse til laboratoriet for bygningsstatik på Polyteknisk Lærestalt.

I de tre ovennævnte tilfælde gik der en erfaringsbaseret og håndværksmæssig tradition forud for den tekniske forskning, og det er derfor ret entydigt, hvad man skal forstå ved videnskabeliggørelse af teknologisk innovation. For at sætte sagen på spidsen har vi derfor valgt medicinalindustrien repræsenteret ved Nordisk Insulinlaboratorium, hvor man udviklede produktet insulin, der fra starten var en na-

videnskabelig opdagelse. Nordisk Insulinlaboratorium oprettedes i 1924, fire år efter insulinets opdagelse, og insulin blev hurtigt medicinalindustriens vigtigste eksportartikel.

Jern- og metalindustrien udgjorde en vigtig del af dansk industri, men den tekniske forskning på dette område var ret begrænset. Dette hang sammen med den mekaniske teknologis karakter jævnfør opgørelsen over forskningslaboratorier i USA, hvor de maskintekniske laboratorier kun udgjorde en meget lille del af laboratorierne. Jern- og metalindustri var selvfølgelig forbundet med metallurgisk forskning, men på dette område kunne Danmark ikke hamle op med jern og metal producerende lande som f.eks. Tyskland og Sverige. Laboratoriet for metallære på Polyteknisk Lærestanstalt oprettedes så sent som i 1928. Stærkstrømselektroteknikken hører også til i jern- og metalindustrien, men på dette område foregik der ingen nævneværdig forskning, selv om teknologiindførslen fra udlandet krævede en del teknisk viden.

Til gengæld fremhæves det svagstrømselektrotekniske område i litteraturen. Særligt fremstilles P.O. Pedersens arbejde på Laboratoriet for telegrafi og telefoni som avanceret og internationalt anerkendt teknisk forskning. På de vigtigste tidlige svagstrømstekniske områder, telegrafi og telefoni, var der i lighed med stærkstrømsteknikken i høj grad tale om, at man indførte teknologi udviklet i udlandet. Enkelte gange var man dog på forkant med den internationale udvikling. Det gælder særligt for radiotelegrafien i perioden 1905-1920. Selvom svagstrømsteknikken udgjorde en meget lille del af industrien, har vi alligevel som det sidste eksempel valgt at beskæftige os hermed. Dels fordi der faktisk foregik noget forskning, og dels fordi dette område sidenhen, i skikkelse af elektronik, fik betydning for dansk industri.

5.1. BRYGGERIET CARLSBERG MED SÆRLIG VÆGT PÅ CARLSBERG LABORATORIETS BETYDNING

I dette afsnit ser vi nærmere på teknologisk innovation af brygningen af øl. Vi har valgt at koncentrere os om, hvad der sker på bryggeriet Carlsberg, da der i tilknytning til dette bryggeri allerede i 1875 blev oprettet en forskningsinstitution, Carlsberg Laboratoriet, der skulle forske i de processer, der fører frem til slutproduktet øl.

Bryggeriet Carlsberg blev grundlagt i 1847. Vi vil starte med at se på produktionen af øl førend dette tidspunkt for at anskueliggøre, hvordan Carlsberg bryggeriet adskilte sig herfra. Dernæst følger vi udviklingen på Carlsberg og på Carlsberg Laboratoriet. Af de mange forskningsaktiviteter, der er foregået på Carlsberg Laboratoriet, har vi specielt valgt at se nærmere på Emil Christian Hansens studier af gær i 1880'erne. Resultaterne heraf førte nemlig til en teknologisk innovation af gæringsprocessen på alverdens bryggerier. (Carlsberg 3, 1894, s. 232-238)

5.1.1. EN FORHISTORIE

Som en optakt til den egentlige historie vil vi gå tilbage til Christen Jacobsen (1773-1835), der var far til stifteren af Carlsberg bryggeriet og Carlsberg Laboratoriet. Christen Jacobsen købte i 1826 et bryggeri i Brolæggerstræde (Holter, 1976, s. 20). Han var ifølge (Carlsberg 10, 1913, s. <18>) den første brygger i København, der indførte brug af termometeret i bryggeridriften. Rigtigheden af denne oplysning kan enhver kildekritiker selvfølgelig betvivle, men sikkert er det i hvert fald, at Christen Jacobsen har haft en bryggerimæssigt set positiv indflydelse på sønnen Jacob Christian Jacobsen (1811-1887).

J.C. Jacobsen begyndte at arbejde i faderens bryggeri som 16-årig, og som 17-årig fik faderen ham til at gå til H.C. Ørsteds forelæsninger i kemi og fysik i Selskabet for Naturlærens fremme. Efter oprettelsen af polyteknisk læreanstalt i 1829, gik J.C. Jacobsen også til forelæsninger der (Holter, 1976, s. 20). J.C. Jacobsens interesse for om muligt at benytte videnskaben i produktion af øl blev vakt.

Det øl, der på den tid blev brygget i København (Danmark) var hvidtøl. Fremgangsmåden ved hvidtølsbrygning adskilte sig principielt ikke fra, hvorledes man siden begyndelsen af 1500'tallet havde produceret øl i Danmark (Wolfson, 1943, s. 191). Brygningsprocessen var en fuldstændig empirisk erfaret og stivnet teknik, der blev overleveret fra generation til generation (Wolfson, 1943, s. 191 og Fraenkel, 1897, s. 97). Øllets kvalitet var i øvrigt (blevet) meget ringe i slutningen af 1700'tallet og begyndelsen af 1800'tallet (Fraenkel, 1897, f.eks. s. 87).



Københavnske bryggerknægte, ca 1800.

Ølproduktion består i princippet af tre hovedprocesser, maltning, brygning og gæring. De skal kort gennemgås her for at kunne danne grundlag for den videre omtale af videnskabens inddragelse i udviklingen af ølproduktionen.

Maltningsprocessen. Et vigtigt råstof for ølproduktion er byg. Maltningsprocessen består i først at få byggen til at spire. Dernæst skal spiringen standses, og man har nu "grøn malt". Sidste trin i maltningsprocessen består i at tørre grønmalten. Afhængig af hvorledes malten tørres (bl.a. ved hvilken temperatur) opnås et forskelligt ølprodukt. (Omkring 1800 produceredes hovedsagelig 2 slags hvidtøl - et lyst og et mørkt produkt. (Fraenkel, 1897, s. 87 og s. 205-214)) Ved maltningen dannes forskellige enzymer bl.a. diastase, der blev opdaget i 1833 (Holten, 1976, s. 22).

Brygningsprocessen. Malten knuses herefter og blandes med ca. 3 dele vand (efter vægt) på ca. 35°C. Dette kaldes for indmæskningen.

Herefter tages 1/3 af blandingen fra og bringes i kog. Dette hældes nu tilbage, og temperaturen for blandingen stiger til ca. 50°C. Dette kaldes for opmæskningen. Opmæskningen gentages, og blandingstemperaturen stiger til ca. 62°C. Opmæskningen gentages en sidste gang, og blandingstemperaturen når nu op på ca. 74°C ved hvilken mæsken holdes i en time til halvanden. Det er på dette punkt i processen, at enzymet diastase har sin funktion. Det omdanner stivelse til maltose og dextrin. Hvorledes, mæskningen nærmere foregår, har stor betydning for det færdige ølprodukts smag og karakter.

Herefter sies mæsken, hvorved pururten fås. Det, der er siet fra, kaldes mask, og denne vaskes ud (skylles) flere gange med vand, hvilket blandes med pururten, og så har man urten.

Urten koges med humle (- plante der indeholder et aromatisk bitterstof, lupulin, som både sætter smag til øl-

let og øger dets holdbarhed.) Dernæst sies humlebladene fra, og humleurten afkøles og iltes. (Fraenkel, 1897, s. 214-217)

Herefter mangler "kun" gæringsprocessen førend øllet er færdig (til salg på fade/i tønder). (Ved gæring omdannes sukker (hexoser) til alkohol (ethanol) og kuldioxid.)

Det, der adskiller hvidtøl fra bayersk øl, er først og fremmest en følge af forskellige gæringsprocesser, men der er også andre forskelle f.eks. i mæskningen. (Fraenkel, 1897, s. 122) Hvidtøl, som var det eneste, der blev brygget i Danmark før J.C. Jacobsen begyndte at eksperimentere med bayersk øl, er overgæret øl. Derimod er bayersk øl undergæret. Gærracerne, der anvendes til de to forskellige produktionsformer, er forskellige. (Ved undergæring samler gæren sig ved gæringens ophør på bunden af beholderen, hvori gæringen har fundet sted. Ved overgæring samler gæren sig foroven.) Gæringsprocessen ved bayersk ølproduktion

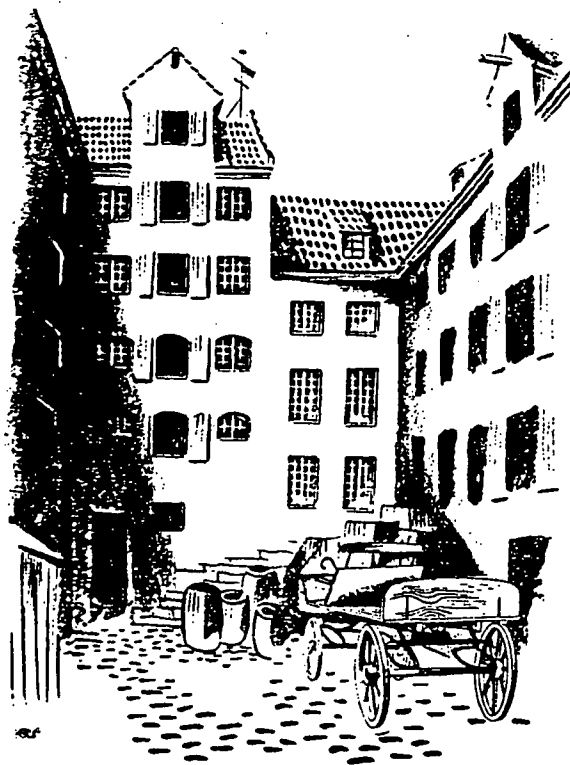
skal foregå ved forholdsvis lav temperatur og i forholdsvis lang tid. Gæringen bliver mindre voldsom end den er ved hvidtølsgæring, men samtidig sker der en større omdannelse af urtens sukkerarter til alkohol. Efter den her kort omtalte hovedgæring, følger for bayersk øl en langvarig eftergæring på lagerfade ved lav temperatur, hvorved omdannelsen til alkohol fuldstændiggøres. (Fraenkel, 1897, s. 226 og Wolfson, 1943, s. 192) (Undergæret øl har sædvanligvis en større alkoholprocent end overgæret øl.)

Det følger af ovenstående, at undergæret øl - bayersk øl - bliver dyrere end overgæret øl - hvidtøl, p.g.a. at produktionen (gæringsprocessen) tager længere tid og kræver mere plads (kølig lagerplads). Overgang til bayersk ølproduktion kræver nyinvesteringer og mere plads end de små hvidtølsbryggerier i København havde (Hyldtoft, 1984, s. 109 og s. 196). (I 1855 fandtes i København et enkelt storbryggeri Kongens Bryghus og mindst 26 småbryggerier (med typisk 5-7 ansatte) (Hyldtoft, 1984, s. 29 og s. 108).)

(Det skal lige nævnes, at Kongens Bryghus i 1838 lavede bayersk øl i en kort periode, men uden noget videre resultat, da man ikke havde tilstrækkelig lagerplads. (Carlsberg 10, 1913, s. <42>))

Tilbage til J.C. Jacobsen. Efter faderen Christen Jacobsens død i 1835 bestyrede J.C. Jacobsen bryggeriet i Brolæggerstræde for moderen. Han eksperimenterede her i perioden fra 1836 til 1844 med at lave undergæret øl, og i samme periode foretog han flere studierejser til Bayern, da det, som det fremgår af navnet bayersk øl, var i produktion i dette område (Fraenkel, 1897, s. 122 og s. 178, samt Wolfson, 1943, s. 192). J.C. Jacobsen var vidende om, at man kunne fremstille undergær udfra overgær. (Senere (1888) viste Emil Christian Hansen dog, at man kun kunne fremkalde en midlertidig omdannelse, men ikke en blivende (Carlsberg 2, 1888, s. 312 og s. 316).) J.C. Jacobsen fo-

retog en del forsøg, der dog var mindre vellykkede (Anonym, 1888, s. 11). (På en udstilling i 1844 fremviste J.C.J. eksempler på undergæret øl, der vakte stor opmærksomhed (Holter, 1976, s. 21).) I 1845 besluttede han at hjembringe undergær fra Bayern. Dette fik han fra Gabriel Sedlmayr's bryggeri "Zum Spaten" i München. At få gæren til København i god behold var vanskeligt. Han havde ca. 2 pletter (ca. 2 liter) gær i sin hatteæske - og ofte måtte han køle gæren med vand fra en vandpost, for at den kunne overleve. I 1836-37 var man blevet klar over, at gær bestod/består af levende celler.) (Holter, 1976, s.21-22; Fraenkel, 1893, s. 229; Anonym, 1888, s. 12; Wolfson, 1943, s.192; Carlsberg 10, 1913, s.<23-24>)



Den gamle Bryggergaard i Brolæggerstræde

V.h.a. denne gær lykkedes det J.C. Jacobsen i 1945 at fremstille undergæret øl af god kvalitet på bryggeriet i Brolæggerstræde, som han nu havde arvet, da moderen var død (Anonym, 1927, s. 9; Fraenkel, 1845, s. 178). De kolde lagerkældre, som var nødvendige for produktionen af bayersk øl, blev med kongens tilladelse (de militære myndigheders) indrettet i en bastion på den gamle vold omkring København (Fraenkel, 1897, s. 181-183; Holter, 1976, s. 21), og fra 1846 solgte J.C. Jacobsen bayersk øl i København.

Han ønskede dog at udvide produktionen, og i 1847 foretog bryggeriet af et nyt bryggeri (bryggeribygning og lagerkældre) på en grund øst for Valby bakke. Dette sted blev valgt p.g.a. dets nærhed til den nybyggede jernbane mellem København og Roskilde, p.g.a. at der tilsyneladende var gode muligheder for at skaffe vand fra undergrunden, og fordi dets høje beliggenhed var velegnet til at bygge gode (dvs. kølige) kældre. J.C. Jacobsen fik dispensation fra en lov, der forbød anlæggelse af ølbryggerier indenfor 2 mil (15 km) fra staden København (Fraenkel, 1897, s. 132 og s. 181-184; Hyldtoft, 1984, s. 108).

5.1.2. OM CARLSBERG BRYGGERIERNE

J.C. Jacobsen flyttede hele produktionen af bayersk øl ud til det nybyggede dampbryggeri. (Bryggeriet i Brolæggerstræde bestod som hvidtølsbryggeri indtil begyndelsen af 1860-erne.) Det nye bryggeri fik navnet "Carlsberg" (efter J.C. Jacobsens søn Carl Christian Hilmann Jacobsen (1842-1914)). (Fraenkel, 1897, s. 184; Hyldtoft, 1984, s. 108; Anonym, 1888, s. 12) Den første brygning af øl startede den 10. nov. 1847 (Fraenkel, 1897, s. 132). Bryggeriet, der udelukkende skulle producere undergæret bayersk øl, var bygget til en produktion på ca. 6600 hl. om året. (Holter, 1976, s. 22) Det var det første bayersk ølbrygge-

ri i København. Produktet var nærmere bestemt lagerøl.
(Produktet med betegnelsen pilsner, der også er undergæret er af senere dato.)

Produktionen var i 1847-48 3500 hl bayersk øl per år, og i 1872 var den steget til 42000 hl øl per år (Wolfson, 1943, s. 192). Produktionskapaciteten var bestandig blevet øget, da der stort set hele tiden foregik nybyggerier o. lign. (Fraenkel, 1897, s. 132ff.)

I 1853 kom den første bayersk øl konkurrent til. Det var bryggeriet "Svanholm". Det næste bayersk ølbryggeri "Aldersro" startedes ca. 1860 (Fraenkel, 1897, s. 305-306). I perioden fra 1854 til 1871 steg hovedstadens produktion af bayersk øl fra ca. 11000 hl (8000 tdr.) til ca. 93000 hl (71000 tdr.) per år - hvor produktionen af andet øl i samme periode steg fra ca. 156000 hl (119000 tdr.) per år til ca. 217000 (165000 tdr.) per år. (Jvf. (Hyldtoft, 1984, s. 194), der opgiver tallene i tdr.. Omregningsfaktoren mellem de to rummål tdr. og hl er, at 1 tdr. flydende vare svarer til 1,3139 hl.) Ølverdenen i hovedstaden var altså undergået store ændringer i løbet af 1850-erne og 1860-erne. Hvor der, som nævnt, i 1855 kun fandtes et større bryggeri (hvidtølsbryggeriet Kongens Bryghus), så var der i 1865 syv store bryggerier (der alle var dampdrevne, dvs. bryggerivirksomhed var ved at blive et forholdsvis kapitalkrævende foretagende), hvoraf de tre allerede omtalte bryggerier Carlsberg, Svanholm og Aldersro var bayersk ølbryggerier.

Der er flere grunde til, at stordriftsfordelene slog igennem på dette tidspunkt. F.eks. blev den lov, der forbød anlæg af bryggerier indenfor 2 mil (15 km) fra staden København, og som havde forbudt bryggerier, der lå på landet at sælge øl til byerne, ophævet i 1851 (Hyldtoft, 1984, s. 108). (Det var den nævnte lov, J.C. Jacobsen i 1847 havde fået dispensation fra.) Desuden hang stordriften sammen med, at produktionen af bayersk øl blev en succes. Denne produktionsform kræver som nævnt, mere plads

end hvidtølsbrygning. Bayereskøllets udbredelse hang sammen med, at befolkningstallet for hovedstaden steg i denne periode, samt at lønningerne havde et niveau, der muliggjorde folks køb af bayersk øl, der som nævnt var/er dyrere end hvidtøl. Da bayereskøllet tillige havde bedre holdbarhed end hvidtøl, muliggjorde det også, at provinsbefolkningen kunne inddrages som marked (Hyldtoft, 1984, s. 196; Wolfson, 1943, s. 192).

J.C. Jacobsens søn Carl Jacobsen trådte også ind i bryggeribranchen. Han var i en del år i lære i forskellige bryggerier i udlandet først i Strasburg, Wien og München og siden i England. (Anonym, 1888, s. 17). Da han kom hjem fra sine ophold i udlandet, blev han forpagter af et nyt bryggeri, som faderen havde ladet bygge til ham. Det fik navnet "Ny Carlsberg". (Dette bryggeri, der lå ved siden af Carlsberg, var altså faderen J.C. Jacobsens ejendom, som Carl Jacobsen lejede og drev.) Produktionen startede i jan. 1871. Bryggeriet var beregnet til produktion af de overgærede engelske ølsorter, porter og ale m.v.. J.C. Jacobsen havde ment, at de ville kunne slå an i Danmark. Det viste sig dog kun at gælde for porteren. Carl Jacobsen begyndte i stedet at producere bayersk øl, selv om bryggeriet ikke var det mest velegnede hertil (Fraenkel, 1897, s. 305; Anonym, 1888, s. 18). J.C. Jacobsen havde altså fået en ny konkurrent på bayersk ølområdet. I øvrigt optog de fleste af hvidtølsbryggerierne efterhånden også produktion af bayersk øl, og der blev desuden oprettet nogle nye bryggerier. Her er det værd at lægge mærke til bryggeriet Tuborg, der startede produktion af bayersk øl i 1875.

Produktionen på Ny Carlsberg blev kraftigt udvidet af Carl Jacobsen. Dette var J.C. Jacobsen ikke helt tilfreds med, og han foreslog sin søn, at denne skulle bygge et nyt bryggeri, som han så kunne drive sammen med Ny Carlsberg. Som sagt så gjort, Carl Jacobsen fik bryggeriet i gang i 1880, men i mellemtiden ombestemte J.C. Jacobsen sig og inddrog sønnens forpagtning af Ny Carlsberg. Herefter

fik det betegnelsen Annexbryggeriet og blev en del af J.C. Jacobsens bryggeri Carlsberg. (Det første) bryggeri(et) Ny Carlsberg ophørte altså med at eksistere o. 1881. Faderen beholdt retten til navnet "Carlsberg", og Carl Jacobsens nye bryggeri fik navnet "Bryggeriet Valby". Hans salg gik imidlertid kraftigt tilbage, da det var et navn, folk ikke kendte, hvorimod Carlsberg efterhånden var blevet slået fast i folks bevidsthed, som godt øl. Derfor fik Carl Jacobsen en aftale i stand med faderen, således at de "delte" navnet Carlsberg. Bryggeriet Valby eksisterede således kun i 1881-1882. Herefter fik det navnet "Ny Carlsberg" i 1882. J.C Jacobsens bryggeri Carlsberg, fik ved samme lejlighed navneforandring til "Gamle Carlsberg", og det bestod altså af det oprindelige Carlsberg og annexbryggeriet (der var det oprindelige Ny Carlsberg). (Fraenkel, 1897, s. 305-306 og s. 313) Da byggeriet af bryggeriet Ny Carlsberg i det væsentligste stod færdigt i 1883, var det større end faderens Gamle Carlsberg (Anonym, 1888, s.20).

Carlsberg fik i 1882-83 installeret elektrisk lys af Det danske elektriske Lyskompagni. Dynamoerne var af C.P. Jürgensens konstruktion. Det nye lys kunne også bruges i markedsføringen. Illustreret Tidende 1884.



amle Carlsberg.

Afsluttende skal det siges, at da J.C. Jacobsen døde i 1887 arvede Carlsberg Fonden (se senere) Gamle Carlsberg, og i 1902 overdrog Carl Jacobsen også Ny Carlsberg til fonden. De to bryggerier havde altså nu samme ejer, men blev drevet adskilt indtil 1906. Fra 1906 har bryggerierne haft samme ledelse - altså de to bryggerier blev til et.

5.1.3. OM PROBLEMER MED PRODUKTIONEN OG OM ØLLETS KVALITET

Selv om Carlsberg øllet havde opnået et godt ry, var J.C. Jacobsen dog ikke ukendt med, at et bryg kunne blive totalt mislykket og måtte kasseres. Af alle de tidligste brygningsjournaler fremgår, at øllet var uensartet (Fraenkel, 1897, s. 236).

Carlsberg bryggeriet producerede de første år - ligesom de øvrige bryggerier - ikke øl om sommeren bl.a. p.g.a. temperaturforholdene. Dette gav om efteråret, når produktionen skulle tages op igen, særlige problemer, der hang sammen med produktionen af gær. (Ved undergæring samler gæren sig - jævnfør navnet - ved gæringens ophør på bunden af beholderen, hvori gæringen har fundet sted. Om efteråret opsamlede man bundfald fra lagerkarrene for at avle ny gær.) Man avlede fortsat på den gær, som J.C. Jacobsen havde hjembragt fra München i 1845 (Fraenkel, 1897, s. 229-233).

Når brygningen gik galt, hvadenten det så var sæsonens første eller et senere bryg, kunne man nogle gange undgå at kassere brygget. Manglerne ved ølproduktet m.h.t. smag og klarhed kunne nemlig til tider ophjælpes ved tilsætning af stoffer som husblas, vinsyre og tvekulsurt natron m.v. (Fraenkel, 1897, s. 233-236). Det lyder barbarisk, men samtidig søgte man efter årsager til problemernes opståen.

Allerede i begyndelsen af 1850 foretog bryggeriets inspektør cand.pharm. Vogelius en række forsøg, der sigte-

de på at finde ud af, hvordan gæringsprocessen bedst styredes, da det var et problem, at få gæringsprocessen til hverken at gå for hurtigt eller for langsomt (Fraenkel, 1897, s. 234). Disse forsøg omtales desværre ikke yderligere af Fraenkel, men sikkert er det, at de ikke løste problemerne.

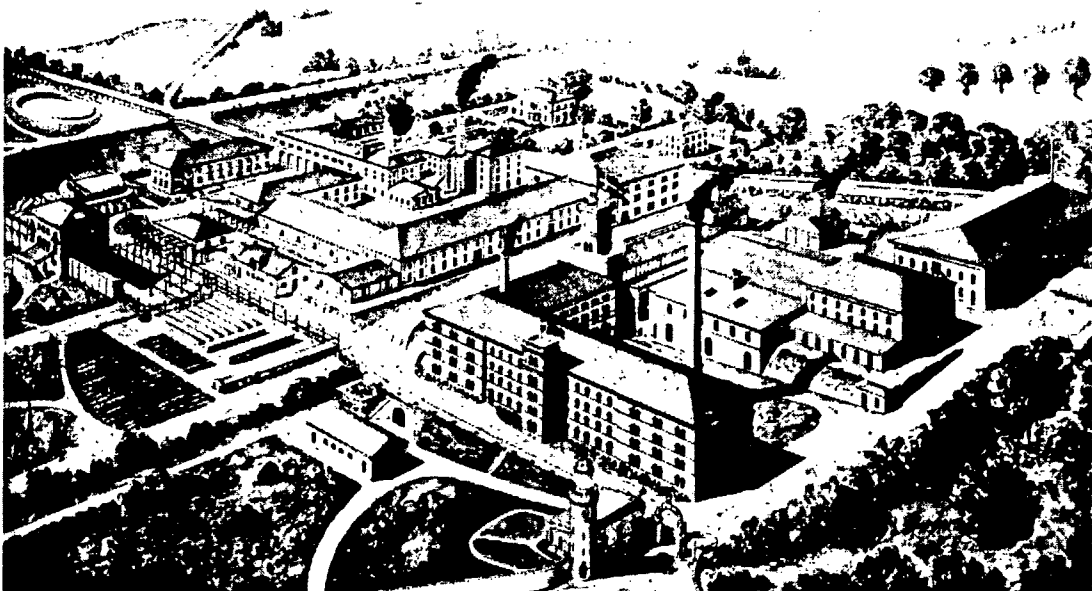
Øllet vedblev med at blive uensartet. Man søgte flere steder i bryggeprocessen efter årsagen hertil. Efterhånden førte det til, at bryggeriteknikken forbedredes, og at man fik mere kontrol med produktionen. Derved blev der færre og færre faktorer, der kunne være skyld i den stadig vekslende ølkvalitet. (Denne udvikling skete formodentlig først og fremmest på grundlag af erfaringer.) Så henledtes opmærksomheden på, at selve gæren kunne være et problem, og i 1859-60 begyndte man på Carlsberg at overveje at skifte gær. (I tidligere bryggerijournaler findes der kun få antydninger af, at gæren kunne være et problem.) Det blev dog ved overvejelserne, fordi der jo ikke var nogen garanti for, at en ny gær var bedre end den gamle, og trods alt var det kun i perioder, at der var vanskeligheder med brygget. Sædvanligvis opnåede øllet stor holdbarhed og fik den smag, som forbrugerne kendte. Til trods for problemerne på Carlsberg var dets øl ubestridt det bedste på markedet i hovedstaden (Fraenkel, 1897, s. 237). Den sidste oplysning skulle måske tages med et gran salt; det er jo bl.a. også en smags sag; men den underbygges af, at bryggeriet Carlsberg havde den største markedsandel, hvad angår salget af bayersk øl i hovedstaden (Hylldtoft, 1984, s. 194-195). (Angivelserne i (Hylldtoft, 1984) om markedsandele er først fra 1871, men der er intet, der tyder på, at det var anderledes omkring 1860.)

5.1.4. OM BRYGGERILABORATORIET

I 1871 oprettede J.C. Jacobsen et laboratorium på

bryggeriet. (Må ikke forveksles med det i 1875 oprettede Carlsberg Laboratorium.) Bryggerilaboratoriet var et lokale med nogle få apparater, og der blev fra starten ikke tilknyttet fast personale til laboratoriet. Det skulle være et led i bryggeriets drift, et driftslaboratorium til støtte for og til kontrol af driften. Med oprettelsen af Carlsberg Laboratoriet i 1875 blev bryggerilaboratoriet nedlagt. Det genopstod i 1886 bl.a. for at kunne fremstille renkultur af gær (Fraenkel, 1897, s. 290-302; J. Pedersen, 1956, s. 12).

I den mellemliggende periode havde kemikeren J. Kjeldahl fra Carlsberg Laboratoriet bistået ved løsningen af de tekniske problemer, der opstod på Carlsberg/Gamle Carlsberg. Kjeldahl kom til Carlsberg Laboratoriet i 1875 fra bryggerilaboratoriet (Holter, 1976, s. 25).



Gamle Carlsberg bryggerierne i 1883. I baggrunden til venstre det oprindelige Gamle Carlsberg. I forgrunden det første Ny Carlsberg, der blev bygget 1871-76 med N.S. Nebelong og C.F. Thomsen som arkitekter. Efter bruddet med sønnen inddrog J.C.Jacobsen dette bryggeri under Gamle Carlsberg og ændrede navnet til Anneksbryggeriet. Tegning af C.F. Thomsen 1883. Carlsberg Museum.

5.1.5. OM STARTEN AF CARLSBERG LABORATORIET

Carlsberg Laboratoriet blev oprettet i 1875 i forbindelse med bryggeriet Carlsberg af brygger J. C. Jacobsen. Det fik to afdelinger, en kemisk og en fysiologisk afdeling. Den første forstander for den kemiske afdeling blev kemikeren cand. polyt. Johan Kjeldahl (maj 1875-juli 1900). Den første forstander for den fysiologiske afdeling blev fysiologen cand. med. Rasmus Pedersen (juli 1876-dec. 1877).

Laboratoriet fik til huse i en bygning, der lå tæt på selve bryggeriet. Herved ville det blive nemt at skaffe materiale til de undersøgelser, der skulle komme til at foregå på laboratoriet, uden at arbejdet på laboratoriet ville blive generet af produktionsgangen i bryggeriet. (Carlsberg I, 1882, s. III-IV).

J. C. Jacobsens formål med at oprette Carlsberg Laboratoriet var "ved selvstændige Undersøgelser at prøve de Lærdomme, som Videnskaben allerede har tilvejebragt, og at udvikle dem ved fortsatte Studier til et muligt fuldstændigt videnskabeligt Grundlag for Maltnings, Brygnings- og Gjærings-Operationerne." (Carlsberg I, 1882, s. XII). Dette formål søgte J. C. Jacobsen opfyldt ved ovennævnte placering af Carlsberg Laboratoriet og ved ansættelse af folk, der havde en uddannelsesmæssig baggrund, der muliggjorde, at de kunne arbejde kvalificeret. Desuden sørgede han for at indrette laboratoriet med det nødvendige udstyr, som mikroskoper, vægte, ovne m.v. (Carlsberg I, 1882, s. IV-V).

J. C. Jacobsen bestyrede selv laboratoriet fra det oprettelse i 1875 indtil 25. sep. 1876. Da oprettede han Carlsberg Fonden og overdrog Carlsberg Laboratoriet hertil. Fondens formål blev for det første "at fortsætte og udvide Virksomheden i det af mig i 1875 oprettede chemiske og fysiologiske "Carlsberg Laboratorium"" og for det andet "at fremme de forskjellige Naturvidenskaber, samt Mathematik, Philosophi, Historie og Sprogvidenskab" (Carlsberg I, 1882, s. X). (Siden kom yderligere to formål til. Det tredje (1878) vedrører Frederiksborg Slotsmuseum, og

det fjerde (1902) vedrører "Ny Carlsberg Fonden" - en kunst fond.) (J. Pedersen, 1956, s. 14-15 og s. 22-23)

Carlsberg Fondens indtægter blev fastlagt som en del af indtjeningen på bryggeriet Carlsberg. Fondens bestyrelse udgik fra det Kgl. Danske Videnskabernes Selskab. Her ved ville J.C. Jacobsen sikre at fonden kom til at "virke efter sin Bestemmelse i Nutid og Fremtid". (Carlsberg 1, 1882, s.IX).

Det fremgår af et brev fra J.C. Jacobsen til Det Kongelige Danske Videnskabernes Selskab ang. stiftelsen af Carlsberg Fonden og af "Statuter for "Carlsberg Fondet". (Carlsberg 1, 1882, s. VII-XVI), at Carlsberg Laboratoriet fra starten var tænkt som et laboratorium, hvor der skulle foregå forskning med det overordnede formål at udvikle processerne i bryggeriet. Arbejdet på laboratoriet skulle altså rettes med innovation. Samtidig hermed havde J.C. Jacobsen erkendt, at et middel hertil var at drive naturvidenskabelig forskning i hele den produktionsproces, der fører frem til slutproduktet øl. Forskningen skulle altså rettes mod at opnå ny erkendelse. Sammenfattende kan det siges, at laboratoriet skulle drive teknisk forskning med det formål at løse praktisk tekniske problemer på grundlag af naturvidenskabelig forskning. Det er desuden værd at lægge mærke til, at der blev lagt vægt på, at Carlsberg Laboratoriet skulle bygge ovenpå den eksisterende videnskab, knytte kontakter til andre lignende videnskabelige miljøer - også i udlandet, samt at "Intet Resultat af Instituttets Virksomhed, som har Betydning i theoretisk eller praktisk Henseende, maa hemmeligholdes." (Carlsberg 1, 1882, s. XIII)

Carlsberg Laboratoriet blev altså oprettet i 1875 - fra starten dog kun med to ansatte (de to forstandere). Det må siges at være en meget tidlig videnskabelig forskningsinstitution tilknyttet en industriel virksomhed. Om baggrunden for oprettelsen vil vi gøre opmærksom på, at brygger J.C. Jacobsen som den første i Danmark havde fat-

tet interesse for en anden måde at lave øl på (undergøring) end den, der ellers blev brugt på alle danske bryggerier (overgøring). Han var tidligt kommet i gang med at eksperimentere med bryggeprocessen (gæringsprocessen). Desuden havde han færdedes til forelæsninger i København bl.a. holdt af H.C. Ørsted. Ydermere lå der i det at oprette laboratoriet som en selvstændig enhed en idé om, at videnskaben arbejder bedre i et selvstændigt miljø (universitetstanken eller ideen om den frie forskning), hvilket samtidig er led i den generelle kapitalistiske arbejdsdelingsstrategi.

5.1.6. OM CARLSBERG LABORATORIETS UDVIKLING

Carlsberg Laboratoriet lagde altså ud som forskningsinstitution i 1875 med to afdelinger, en kemisk og en fysiologisk, og kun én stilling i hver afdeling - forstanderstillingen. I 1877 blev der oprettet en assistentstilling ved hver afdeling. Siden er antallet af assistenter (teknikere eller/og videnskabeligt uddannede) steget, uden at Carlsberg Laboratoriet dog kan siges at have fået et stort antal ansatte. I (Holter, 1976, s. 24-49) er alle assistenter, der har været ansat ved laboratoriet i mindst tre år, nævnt, tilligemed en angivelse af i hvilken periode de har været ansat, ved hvilken afdeling de har været ansat, samt hvad deres hovedbeskæftigelse ved laboratoriet har været. Herudfra har vi opgjort hvor mange assistenter, der mindst har været ved Carlsberg Laboratoriet gennem tiderne. (Se tabel på næste side.)

Af tabellen ses, at antallet af assistenter er vokset meget langsomt. I 1905 var det nået op på mindst 6, og fra 1905 til 1920 holdt det sig omkring minimumsværdien 6. Hvorefter antallet i perioden frem til 1945 holdt sig omkring 9 assistenter som minimum. (Bemærk at tabelværdien vedrører begge laboratoriets afdelinger, dvs. for den enkelte afdeling var den halvt så stor.)

Tabel: Mindste antal assistenter ved Carlsberg Laboratoriet i de nævnte år - assistenter, der har været ved laboratoriet i mindre end tre år, er ikke medregnet:

1895	1900	1905	1910	1915	1920	1925	1930	1935	1940	1945	1950
2	3	6	4	6	6	9	10	9	8	8	12

Tabellen er udarbejdet på grundlag af (Holter, 1976, s. 24-49).



Det præcise antal assistenter var april 1882: 3 (Carlsberg 1, 1882, s. 455), april 1888: 2 (Carlsberg 2, 1888, s. 357), juni 1894: 4 (Carlsberg 3, 1894, s. 328), maj 1899: 5 (Carlsberg 4, 1899, s. 327), 1901: 5 (Carlsberg 5, 1903, s. 21 i "ekstra hefte"), jan 1904: 4 (Carlsberg 6, 1906, s. 114), jan 1906: 5 (do., s. 286), april 1909: 7 (Carlsberg 7, 1909, s. 252), sep. 1912: 6 (Carlsberg 9, 1913, s. 210), feb. 1917: 6 (Carlsberg 11, 1917, s. 365-366), jan. 1923: 6 (Carlsberg 14, 1923, s. I-II).

I visse perioder har der eksisteret en eller to underafdelinger ved laboratoriet.

Under kemiafdelingen fandtes fra 1904 til 1914 en underafdeling, hvis leder var cand.chem. H. Schjerning. Han havde siden 1890 været leder af Ny Carlsberg bryggerilaboratorium. Dette blev nedlagt i 1904 som følge af den gradvise sammenlægning af de to bryggerier Gamle Carlsberg og Ny Carlsberg. For at opretholde kemikeren Schjerning og hans forskningsområde (baggrunden for at øl kunne blive grumset, som havde vist sig at bero på et bestemt protein i byg) blev der altså oprettet en underafdeling ved kemiafdelingen ved Carlsberg Laboratoriet. Ved Schjernings død i 1914 blev underafdelingen nedlagt.

Fra 1943 til 1956 eksisterede en underafdeling i cellekemi ved kemiafdelingen. Dens leder var Heinz Holter, der var uddannet i kemi ved Wiens Universitet. Inden underafdelingens oprettelse havde Holter været assistent ved kemiafdelingen siden 1938. Underafdelingen blev nedlagt i 1956, fordi Holter blev ansat som forstander for den fysiologiske afdeling.

Under kemiafdelingen har der altså to gange eksisteret en underafdeling. Det samme er tilfældet for den fysiologiske afdeling.

I 1909 døde forstanderen for den fysiologiske afdeling E.C. Hansen, og for at videreføre hans arbejde i gæringsfysiologi blev der oprettet en underafdeling til den ene af hans assistenter, cand.phil. & pharm. Albert Klöcker. Denne underafdeling eksisterede frem til 1923, hvor Klöcker døde. Baggrunden for oprettelsen af underafdelingen må ses i sammenhæng med, at den nye forstander for den fysiologiske afdeling dr.phil. Johannes Schmidt' forskningsområder/interesser var nogle lidt andre.

Dette var også baggrunden for, at der i 1931 endnu en gang blev oprettet en underafdeling i gæringsfysiologi. Dens leder ^{dr.phil.} var Niels S.L.B. Nielsen. Den fysiologiske afdelings hovedbeskæftigelse vedrørte nemlig i høj grad

marinbiologi og oceanografi, der absolut intet har med ølbrygning at gøre. Efter at Nielsen var fratrådt i 1945, blev afdelingen nedlagt i 1946.

Den kemiske afdelings første forstander var cand.polyt Kjeldahl 1875-1901. Derefter fulgte dr.phil. S.P.L. Sørensen 1901-1938 og cand.polyt. K.U. Linderstrøm-Lang 1938-1959. Den fysiologiske afdelings første forstander var cand.med. Rasmus Pedersen 1876-1877. Derefter fulgte dr.phil. Emil Christian Hansen 1879-1909, dr.phil. Johannes Schmidt 1910-1933 og mag.scient Øjvind Winge 1933-1956.

Hver enkelt forstander har sat sit præg på afdelingernes forskningsområde. Vi har allerede nævnt Johannes Schmidts interesse i havet, som faldt udenfor det i forhold til ølbrygning interessante og vigtige. Ellers kan det siges, at den fysiologiske afdelings hovedforskningsområde både før og efter Schmidt har været studiet af gær, og i lidt mindre omfang er humle og byg blevet studeret.

Den kemiske afdelings første forstander Johan Kjeldahl arbejdede bl.a. på udvikling af eksakte analysemetoder. Det han især blev kendt for var udviklingen af en ny metode til kvælstof (nitrogen) bestemmelse i organiske stoffer. (Den blev offentliggjort i "Meddelelser fra Carlsberg Laboratoriet" (Se (Carlsberg 2, 1888, s. 1-28)), der er et videnskabeligt tidsskrift, hvilket vil blive begrundet senere i dette afsnit.) Derudover undersøgte og forbedrede han andre analysemetoder. Kjeldahl fik ikke selv megen brug for sin kvælstofbestemmelsesmetode, der muliggjorde bestemmelse af nitrogen og dermed af protein, da hans forskning i høj grad svingede over i andre felter, men hans efterfølger i forstanderstillingen S.P.L. Sørensen etablerede forskning i proteiner og proteolytiske enzymer som den kemiske afdelings hovedaktivitet, hvilket det er vedblevet med at være sidenhen. (Proteolytisk enzym - enzym, der deltager i nedbrydning af proteiner.)

(Indtil her bygger dette afsnit udelukkende på (Hol-

ter, 1976, s. 25-58).)

Ovenfor er kort gjort rede for Carlsberg Laboratoriets størrelse målt i antal assistenter og forstandere, samt for under hvilken "hat" store dele af forskningsarbejdet har kunnet rubriceres. Det er gjort så superkort, fordi oplysningerne blot skal være med til at give en fornemmelse af hvilken type forskningsinstitution, det er, vi her har med at gøre.

Der er ingen tvivl om, at der er foregået megen naturvidenskabelig forskning på Carlsberg Laboratoriets afdelinger. I forhold til vores problemstilling er vi dog ikke kun interesseret i, om forskningen er videnskabelig. Lige så væsentligt er det, om den videnskabelige forskning har fået betydning for ølproduktionen, eller om den er blevet igangsat m.h.p. at løse problemer i produktionen, eller om dens formål har været at forbedre produktionsgangen og produktet.

Om oprettelsen af Carlsberg Laboratoriet og om forskningen i det hele taget ved institutionen forholder det sig, som tidligere omtalt, således at det er blevet sat i værk m.h.p. at få maltnings-, brygnings- og gæringsoperationerne til at foregå på et (om muligt) fuldtstændigt videnskabeligt grundlag (Carlsberg 1, 1882, s. XII). Så kunne vi slå to streger under formålet og stoppe her, for det falder i hvert fald helt i tråd med det, vi søger efter. Alligevel vil vi gå lidt videre. Bl.a. fordi vi ved, at underafdelingen i gæringsfysiologi (1931-1946) blev oprettet, fordi laboratoriets bestyrelse anså forskningen ved den fysiologiske afdeling (bl.a. dybhavsekspeditioner) for at være kommet lidt vel langt væk fra de oprindelige intentioner med laboratoriet (Holter, 1976, s.43). Da Carlsberg Fonden udover at have til formål at drive Carlsberg Laboratoriet bl.a. også havde til formål at støtte anden naturvidenskabelig forskning, tog man det altså ikke så nøje, om der på Laboratoriet foregik forskning, der ikke på nogen måde havde relation til ølproduktion. Det

betyder altså, at vi kunne give os i kast med at sortere forskningen i forhold til hvor meget eller hvor lidt, den har med ølproduktion at gøre. Det vil vi dog undlade, bl.a. fordi Carlsberg Laboratoriet siden 1878 har udgivet tidsskriftet "Meddelelser fra Carlsberg Laboratoriet", der i 1976 var udkommet i 40 bind - hver på flere hundrede sider. Tidsskriftet - der siden har fået ændret titlen til "Comptes Rendus des Travaux du Laboratoire Carlsberg" - må betegnes som et videnskabeligt tidsskrift. Alle artikler, der bliver optaget i tidsskriftet, er forfattet af ansatte ved Laboratoriet (stort set), og forstanderen for den afdeling, hvor artiklens forfatter hører til, skal i hvert enkelt tilfælde garantere artiklens videnskabelige kvalitet overfor redaktøren (Holter, 1976, s. 287). Tidsskriftet med dets store omfang må ses som et tegn på, at der gennem tiderne ved Carlsberg Laboratoriet er foregået megen videnskabelig forskning.

Vi er altså nødt til at indskrænke undersøgelsesområdet, men lad os først se generelt på hvilke forbindelser, der har været mellem Carlsberg Laboratoriet og bryggeriet.

5.1.7. OM FORBINDELSERNE MELLEM CARLSBERG LABORATORIET, BRYGGERIET OG DETS LABORATORIER

Fra 1879 var det en fast praksis, at enhver nyansat assistent ved Carlsberg Laboratoriet skulle på et tre måneders kursus på bryggeriet, førend han kunne starte i sin stilling ved laboratoriet. Formålet var, at assistenten skulle blive bekendt med alle funktioner i bryggeriet, dvs. med den praktiske baggrund for sit fremtidige forskningsarbejde (Carlsberg 2, 1888, s. 357). Denne praksis ophørte på et tidspunkt mellem 1912 og 1914, måske blev den glemt (Holter, 1976, s.279), hvilket dog må have hængt sammen med udbyttet eller funktionen af denne ordning -

set i forhold til forskningen.

Den fysiologiske afdelings anden forstander (1879-1909) Emil Christian Hansen kom til Carlsberg Laboratoriet fra Ny Carlsbergs Bryggerilaboratorium; - også dette forhold var med til at sikre, at der var kontakt mellem lederne af de to bryggerier (indtil 1906, herefter ét bryggeri), kemikerne ved bryggeriernes laboratorier og Carlsberg Laboratoriets personale.

I et samarbejde mellem Carlsberg Bryggeri og Carlsberg Laboratoriet fandtes i perioden 1877-1879 et forsøgs-malteri, hvilket som resultat gav, at en ny maltningsmetode blev indført på bryggeriet i 1879 (Holter, 1976, s. 349-350).

Et eksempel, på at forskningen på Carlsberg Laboratoriet har fået stor betydning for ølproduktionen, er Emil Chr. Hansens fremstilling af ren gær i 1883. Dette eksempel vil blive mere uddybende behandlet i næste afsnit. Her skal det blot kort fortælles, at E.C. Hansens videnskabelige forskningsarbejde dannede grundlag for, at Gamle Carlsbergs tekniske direktør S.A. van der Aa. Kühle designede et apparat, der kunne fremstille ren gær kontinuerligt i store mængder. Dette blev taget i brug i nov. 1885. Dette forløb kan betegnes som en innovation, der involverede videnskabeligt forsknings arbejde. (Se (Carlsberg 2, 1888, s. 281-294)

Ligeledes i 1883 fandt den kemiske afdelings leder Kjeldahl frem til en metode til kvælstof (nitrogen) bestemmelse i organiske stoffer. Metoden muliggjorde bestemmelse af nitrogen og dermed protein i byg, malt, urt og øl. Herved havde man fået en ny kemisk analyse-metode til at kontrollere og undersøge produktionen med.

Det var m.h.p. at producere ren gær og m.h.p. at foretage en regelmæssig kontrol af bryggeriprocesserne, bl.a. v.h.a. Kjeldahls metode, at Gamle Carlsbergs bryggerlaboratorium blev genetableret i 1886 (Holter, 1976, s. 349).

I perioden 1887-1889 samarbejdede bryggeriet Gamle Carlsberg og Carlsberg Laboratoriet om et forsøgsbryggeri, som havde en kapacitet på 400 l (Holter, 1976, s. 349-350).

Da Gamle Carlsberg og Ny Carlsberg blev sluttet sammen imellem 1902 og 1906, blev de to bryggeriers bryggerilaboratorier også sluttet sammen. (En af de to ledere for det sammensluttede bryggerilaboratorium (gæringsfysiologen N. Hjelte Clausen) havde i 1898 skiftet fra af have ansættelse på Carlsberg Laboratoriet til en ansættelse på Ny Carlsbergs bryggerilaboratorium.)

Ved den nævnte sammenlægning flyttedes, som tidligere omtalt, kemikeren Schjernings ansættelse fra Ny Carlsbergs bryggerilaboratorium over til Carlsberg Laboratoriet. Hans arbejde her vedrørende proteiners kemi fik grundlæggende betydning for den kemiske kontrol af ølkvalitet. (Schjering studerede proteinerne i byg, malt, urt og øl, samt gjorde rede for omdannelsen af proteinerne under malte- og bryggeprocessen (Holter, 1976, s. 350-351). Schjernings forskningsresultater er offentliggjort i Meddelelser fra Carlsberg Laboratoriet. (Se (Carlsberg 4, 1899, s. 211-285; Carlsberg 8, 1910, s.154-372; Carlsberg 9, 1913, s.212-360; Carlsberg 11, 1917, s. 45-104))

Forstanderen (Kjeldahl) for den kemiske afdeling på Carlsberg Laboratoriet døde i 1900, og 1901 tiltrådte S.P.L. Sørensen som forstander. Dette betød samtidig en ændring i forskningsområderne ved Carlsberg Laboratoriet (- mere vægt på grundvidenskab), hvilket også betød, at forholdet mellem bryggeri og Carlsberg Laboratoriet blev et andet. Forskningen ved Carlsberg Laboratoriet må dog fra sin tidligste start betegnes som overvejende grundvi-

denskabelig, - til løsning af decideret tekniske problemer havde bryggerierne deres bryggerilaboratorier. Alligevel er denne adskillelse blevet mere og mere klar. Hvis man f.eks. ser på de assistenter, der har været ansat i Carlsberg Laboratoriets kemiske afdeling, så træder det frem, at de fleste af Kjeldahls assistenter, når de holdt op med at have ansættelse på Carlsberg Laboratoriet, fortsatte et andet sted i bryggeriindustrien; hvorimod de fleste af S.P.L. Sørensens assistenter fortsatte i videnskabelige stillinger andre steder. Der var altså en tendens til at der med forstanderskiftet omkring århundredeskiftet blev lagt mere vægt på grundvidenskab, og at båndene mellem bryggeriet og Carlsberg Laboratoriet blev løsere, men alligevel blev de opretholdt. De blev lagt i andre rammer. S.P.L. Sørensen startede en praksis med at holde regelmæssige møder mellem Carlsberg Laboratoriets personale, bryggerilaboratoriet personale og bryggeriets teknikere, hvor der foregik tekniske diskussioner og udveksling af informationer. Disse møder fortsatte under S.P.L. Sørensens efterfølgere (Holter, 1976, s. 31 og s. 268).

M.h.t. S.P.L. Sørensens forskning m.h.p. at forstå enzym-reaktioner, så redegjorde han i 1909 for hydrogenionkoncentrationens (pH-værdiens) betydning for enzymprocesser. Dette fik straks betydning for mæskeprocesserne på bryggeriet. De havde været vanskelige at forstå, men ved at kontrollere pH-værdien opnåedes en større viden om dem. Efter at Sørensens artikel om pH-værdi var udkommet i 1909 i Meddelelser fra Carlsberg Laboratoriet (Se (Carlsberg 8, 1910, s. 1-153 og s. 373-377), samarbejdede han med den tekniske leder ved bryggeriet om at indføre pH-kontrolmålinger som en fast praksis under bryggeprocessen. Dette skete i 1911-1912, og Carlsberg var det første bryggeri i verden, der startede herpå (Holter, 1976, s. 352). Dette var endnu et eksempel på en teknologisk innovation, der involverede videnskabelig teknisk forskning.

I 1928 startedes under Carlsberg et forskningslabora-

torium. Det må betegnes som en interessant nyskabelse, da Carlsberg Laboratoriet, som også er et forskningslaboratorium, jo allerede eksisterede. Hvorfor så oprette et nyt forskningslaboratorium? Svaret på dette spørgsmål hænger sammen med at Carlsberg Laboratoriet havde sin egen bestyrelse og var en uafhængig forskningsinstitution ved siden af Carlsberg bryggerierne. Desuden gælder der for Carlsberg Laboratoriet, jvf. Carlsberg Fondets statuter, at alle forskningsresultater skal offentliggøres. (Carlsberg 1, 1883, s. XIII) Det i 1928 oprettede forskningslaboratorium blev oprettet under bryggeriet med snævre forbindelser til det eksisterende bryggerilaboratorium (der må betegnes som et drifts-og kontrollaboratorium. Forskningslaboratoriet skulle specielt tage sig af at forske i det færdige ølprodukt, hvilket var et forholdsvis nyt forskningsområde, der var startet i udlandet. Man (ledelsen af bryggeriet og Carlsberg Laboratoriet) foretrak en ny forskningsinstitution for at undgå at være bundet af at skulle offentliggøre alle forskningsresultater med det samme. (Holter, 1976, s.353). Det er næppe det tidsmæssige arbejde, der går til at skrive artiklen, man har villet undgå, men nok snarere et forsøg på at slippe for at fortælle konkurrerende bryggerier alt. (Dette er i modstrid med J.C. Jacobsens (død 1887) måde at drive bryggeriforskning på. Han ønskede som nævnt, at alt skulle offentliggøres.) (Den første forstander for forskningslaboratoriet blev Niels Nielsen, der i 1931 blev forstander for underafdelingen i gæringsfysiologi ved Carlsberg Laboratoriet (Holter, 1976, s. 354).)

Der kom naturligvis et samarbejde i gang mellem forskningslaboratoriet, Carlsberg Laboratoriet og bryggeriledelsen (Holter, 1976, s. 354).) Endnu et nyt samarbejdsfelt kom til i 1938, da bryggeriet købte en forsøgsgård. Arbejdet på denne blev ledet af Øjvind Winge, der desuden var forstander for den fysiologiske afdeling på Carlsberg Laboratoriet. På gården blev avlet varianter af byg og

humle, hvis egenskaber derefter blev undersøgt på forskningslaboratoriet (Holter, 1976, s. 354-355).

5.1.8. ET EKSEMPEL PÅ VIDENSKABELIGGØRELSE AF TEKNOLOGISK

INNOVATION: REN GÆR

Vi vil nu nærmere gennemgå et eksempel på, at forskning på Carlsberg Laboratoriet har fået stor betydning for ølproduktionen. Som eksempel har vi valgt Emil Christian Hansens fremstilling af ren gær i 1883, da dette indenfor få måneder fik omvæltende betydning for kvaliteten og ensartetheden af øllet fra Gamle Carlsberg.

E.C. Hansens arbejde og den efterfølgende konstruktion af et rendyrkningsapparat var en teknologisk innovation, der i løbet af få år spredtes (diffunderede) til gæringsvirksomheder over hele verden. Da E.C. Hansens forskning samtidig var videnskabelig, er det altså et forholdsvis tidligt eksempel på videnskabeliggørelsen af den teknologiske innovationsproces.

E.C. Hansen (1842-1909) var uddannet skolelærer. Herefter fulgte forskellige spredte studier, dvs. han fulgte ikke et universitetsstudium fra den ene ende til den anden, men i 1874 fik han universitetets guldmedalje på en opgave om svampe og i 1879 fik han den filosofiske doktorgrad på en afhandling "Om Organismer i Øl og Ølurt". (Carlsberg 9, 1913, s. VI-X)

E.C. Hansen var i 1877 blevet ansat til at foretage mikroskopiske undersøgelser af øllet på Ny Carlsberg, men i 1878 blev han ansat på Carlsberg Laboratoriet, og fra 1879 blev han forstander for laboratoriets fysiologiske afdeling (Carlsberg 9, 1913, s. IX-X). Samme år (1879) kom hans første artikler i Meddelelser fra Carlsberg Laboratoriet (Se (Carlsberg 1, 1882)). E.C. Hansens forskning kom hurtigt til i særlig grad at vedrøre gær. At han mente forskning heri var vigtig fremgår af følgende, som han

skrev i 1883:

"Saccharomyces-Arterne indeholde overhovedet vigtige Problemer for Gjæringsindustrien og frembyde i den Retning, idetmindste for Øjeblikket, større Interesse end Bakterierne, men hidtil har hele dette Omraade ligget som et næsten aldeles ukjendt Land."

(Carlsberg 2, 1888, s. 102)

(Saccharomyces - alkoholgærsvamp) Citatet er afslutningen på en artikel i en artikelrække med overskriften "Undersøgelser over Alkoholgjærsvampenes Fysiologi og Morfologi". Artiklen, hvorfra citatet stammer, har overskriften: "Sygdomme i Øl, fremkaldte af Alkoholgjærsvampe". I denne artikel redegør E.C. Hansen for, hvordan han på et tidspunkt, hvor bryggeriet Tuborgs øl var ramt af sygdommen "gærtykt øl", foretog en række eksperimentelle undersøgelser af øllet på forskellige stadier af produktionsprocessen. "Gærtykt øl" var et stort problem for bryggeriindustrien, jvf.

"Der er som antydnet, skrevet en hel Del om dette for Gjæringsindustrien saa vigtige Spørgsmaal. I alle Lærebøger fra den nyere Tid om Ølbrygning er det blevet behandlet, og det er ligeledes ofte blevet drøftet i Afhandlinger i forskellige Bryggeri-Tidsskrifter."

(Carlsberg 2, 1888, s. 94)

E.C. Hansens kommentar til, hvad der hidtil var blevet skrevet om problemet, var:

"Der findes i den berørte Litteratur, der jo, som omtalt, er Udtryk for de forskjellige Opfattelser,

tænksomme Praktikere have dannet sig om Fænomenet, gode Vink, som give Anledning til Overvejelse. Det er imidlertid indlysende, at en Løsning af Spørgsmaalet ikke kan erholdes gennem en Diskussion paa Grundlag af spredte Iagttagelser, men kun gennem en planmæssig gennemført experimentel Undersøgelse. En sådan forelægges her for første Gang Offentligheden."

(Carlsberg 2, 1888, s. 94)

Han anså altså sine egne undersøgelser for at adskille sig fra, hvad der hidtil var blevet bedrevet på området. Han løste faktisk også Tuborg Bryggeris problem. Han beskrev sygdommen, og gjorde rede for hvorledes øllet fik denne sygdom, således at man på Tuborg ved hjælp heraf kunne undgå sygdommen. (Se (Carlsberg 2, 1888, s. 93-102 og s. 264).) Hidtil havde holdningen til sygdommen ellers været ret så opgivende, jvf.

"Kommer den, saa maa man bøje sig derfor, og det nytter egentlig ikke at stride derimod, det er et Uheld, som ingen kan væge sig for."

(Carlsberg 2, 1888, s. 101)

Tidligere gæringshypoteser og -teorier

Hvorledes adskilte E.C. Hansens arbejde sig så fra det, der hidtil var bedrevet på gærings- henholdsvis på ølområdet? Der er ingen tvivl om at bryggerne kendte til, at det var gær, der dannede alkoholen i øllet. Man skelnede mellem overgær og undergær, der lagde sig henholdsvis foroven og forneden i det færdige bryg. Meget mere vidste den enkelte brygger næppe. Brygningen foregik de fleste steder stadig på et fuldstændigt empirisk erfaret grundlag, og

og der var, som nævnt, ofte problemer med gæringsprocessen.

Indenfor naturvidenskaberne diskuterede man arten af denne proces både som teoretisk problem, og fordi det var et praktisk problem af betydning for produktionen. Man var klar over, at hvis man kunne gi' en fuldstændig beskrivelse af gæringsprocessen, ville det muliggøre løsning af de praktiske problemer.

De fleste af de kemikere, der o. 1850 beskæftigede sig med problemet, mente at gæringen var en rent kemisk proces, der intet havde med levende mikroorganismer at gøre. En fremtrædende fortaler for dette synspunkt, den tyske kemiker Justus von Liebig, fremførte en gæringshypotese, gående ud på at gæren var et kemisk stof, som var meget ustabil i sin opbygning. Ustabiliteten blev ved kontakten med sukkeret (i humleurten) overført til dette, hvilket førte til sukkeret blev nedbrudt til alkohol. (Liebig støttede sin hypotese på eksperimenter med ekstracellulære enzymer (fermenter), dvs. enzymer der let kunne skilles og fjernes fra levende organismer.) Samtidig hævdede nogle tyske botanikere at, da der altid forekom levende mikroorganismer (svampe og bakterier) i gæren, måtte gæringsprocesserne hænge sammen med disse organismers livsproces. Hverken kemikernes eller biologernes beskrivelse (hypoteser) af gæringsprocessen var tilstrækkelige til at kunne danne grundlag for en styring af processen.

I perioden 1857-1864 kunne den franske mikrobiolog Louis Pasteur på overbevisende måde fastslå, at gæringsprocessen skyldtes fysiologiske processer hos gærsvampe. (Fysiologi - læren om organismers livsfunktioner) (Pasteur arbejdede med systemer, der involverede enzymer (fermenter), der ikke på det tidspunkt kunne adskilles fra levende celler.) Pasteurs resultater betød, at der kom ekstra skub i forskning, der kunne få betydning for de produktioner, hvori der benyttedes gær.

Ligeledes omkring 1860 fremsatte kemikeren Berthelot en hypotese om, at gærcellernes betydning for gæringspro-

cessen bestod i, at de producerede fermenter (enzymer), der gjorde nedbrydningen af sukker til alkohol mulig. Berthelots hypotese er i overensstemmelse med den måde, som gæringsprocessen i dag bliver beskrevet på, men den var på det tidspunkt, hvor den blev fremsat, ikke særlig anvendelig til løsning af produktionens problemer. (Ovenstående om gæringshypoteser og -teorier bygger på (Agger, 1979, s. 111-114; Kragh, 1981, s. 82- 83).)

I 1876 udkom så "Études sur la bière" af Pasteur. I dette værk påviste og redegjorde Pasteur for vigtigheden af at undgå, at ølgæren blev forurenset med andre mikroorganismer, så som bakterier eller skimmelsvampe. Han anbefalede bryggerier at undersøge v.h.a. mikroskop, om deres gær indeholdt bakterier. Desuden angav han en metode til at gøre gæren bakteriefri. Pasteur mente hermed at have løst problemerne med at uren gær kunne bevirke et dårligt ølprodukt.

J.C. Jacobsen der i forvejen var stærkt optaget af og interesseret i Pasteurs arbejde, satte sig naturligvis også ind i de ovenfor omtalte tanker.

Mikroskopiske undersøgelser af gæren blev indført på Carlsberg. Dog viste det sig snart at også gær, der var blevet undersøgt ved den af Pasteur angivne mikroskopiske analyse og fundet at være fri for forurening med bakterier og skimmel, kunne give øl, der havde en dårlig smag og ringe holdbarhed. Årsagen hertil var, at man i 1876, ikke var klar over, at der fandtes forskellige typer gær. (Frankel, 1897, s. 239-240; Lichtenberg, 1942, s. 198)

Renkultur gær

Som nævnt var det forstanderen for den fysiologiske afdeling på Carlsberg Laboratoriet E.C. Hansen, der i 1883 løste gærproblemerne. Han havde tidligere opstillet en hypotese om, at de vilde gærformer kunne være til lige så stor

gene som bakterier for de produktioner, hvori der benyttes gær. (Udover i ølindustrien benyttes gær f.eks. også i spritindustrien.) (Fraenkel, 1897, s. 240-241) E.C. Hansen blev bestyrket heri, da han i 1882 undersøgte og beskrev en vild gærsvamp, som han havde fundet i luftens støv. Han udførte nogle forsøg, der viste, at denne gærsvamp, som han kaldte *Sacchoromyces Pasteurianus* I, gav øl en ejendommelig smag og ubehagelig lugt, samt bevirkede, at øllet fik en tendens til at blive grumset. (Se (Carlsberg 1, 1882, s. 381-451; Carlsberg 2, 1888, s. 68; Carlsberg 3, 1894, s. 206-220). Det var lykkedes for E.C. Hansen at udarbejde en let og sikker metode for adskillelse af de enkelte gær-celler. På denne måde opnåede han at få en gær, der udelukkende var avlet på en eneste celle, hvilket kaldes for en renkultur eller ren gær.

Han viste at gær, som man hidtil havde anset for at være ren, indeholdt flere gærarter, som gav forskelligt øl, alt eftersom den ene eller den anden gær fik overtaget. Dette kunne han gøre, efter at han havde udarbejdet analytiske metoder, der kunne afgøre om en samling gær-celler bestod af en eller flere arter, og hvilke arter der var tale om. (Fraenkel, 1897, s. 241-242; Lichtenberg, 1942, s. 198-200) I de tidligere omtalte undersøgelser på Tuborg påviste han, at bryggeriets gær indeholdt tre arter, der gav et forskelligt ølprodukt. (Carlsberg 2, 1888, s. 95)

I efteråret 1883 blev øllet brygget på Gamle Carlsberg mindre holdbart og dårligt, dvs. det blev ildelugtende og havde en ubehagelig bitter smag, som det dog kun kendere, der blev opmærksom på. Nu besluttede J.C. Jacobsen sig for at skifte gær, og da bryggeriets direktør Kühle netop befandt sig i München pålagde han ham at skaffe en portion undergær - og helst fra Sedlmayr's bryggeri. (Det var det bryggeri, som J.C. Jacobsen havde hjembragt gær fra i 1845, og som man siden havde brugt i produktionen på Gamle Carlsberg.)

J.C. Jacobsen snakkede naturligvis også med E.C. Han-

sen om situationen, men det var tvivlsomt, hvor hurtigt dennes arbejde ville gå (Fraenkel, 1897, s. 241-242; Carlsberg 3, 1894, s. 206).

Inden man havde nået at skifte gær, lykkedes det dog for E.C. Hansen i 1883 at udskille fire forskellige alkoholgærsvampe fra bryggeriets gamle gær. Gærsvampene blev nærmere undersøgt på laboratoriet, og det viste sig, at kun én af dem - den som siden blev kendt under navnet "Carlsberg undergær nr. 1" - gav normalt øl med god smag, lugt og holdbarhed. En af de andre gærsvampe var den ovenfor omtalte *Saccharomyces Pasteurianus* I og en anden var en overgærform (Fraenkel, 1897, s. 243; Carlsberg 3, 1894, s. 206).

På baggrund heraf foreslog E.C. Hansen J.C. Jacobsen, at man i selve bryggeriet skulle forsøge at gære humleurten udelukkende v.h.a. en renkultur af "Carlsberg undergær nr. 1". J.C. Jacobsen stillede sig tvivlende overfor, om det skulle kunne lade sig gøre. Han anså det for usandsynligt, at en enkelt gærart skulle kunne fuldføre hele gæringsprocessen - både hovedgæringen og eftergæringen. Desuden kunne han heller ikke forestille sig, at vilde gærarter skulle kunne være skyld i ølsygdomme. Det var jo ikke et spørgsmål (hans forbillede) Pasteur havde beskæftiget sig med. J.C. Jacobsen indvilgede dog i at gøre et forsøg (Fraenkel, 1897, s. 244; Carlsberg 10, 1913, s. <55>). Af en enkelt celle fremstilledes gær i tilstrækkelig mængde til, at der 12. nov. 1883 for første gang blev anvendt en renkultur gær som påsætgær i et af bryggeriets sædvanlige gæringskar. Gæringsprocessen forløb fint, og det færdige ølprodukt fik en fin smag og lugt, tilligemed en betydelig holdbarhed. Med denne gærings gode udfald blev J.C. Jacobsens betænkeligheder omkring kun at benytte én renkultur af gær i produktionen overvundet, og anvendelsen af ren gær blev herefter et almindeligt led i driften på Gamle Carlsberg (Fraenkel, 1897, s. 245).

Disse resultater af E.C. Hansens arbejde blev kort

meddelt i et tysk bryggeritidsskrift i 1884. Derimod gav han først i 1888 en samlet udførlig fremstilling herom i Meddelelser fra Carlsberg Laboratoriet (Se (Carlsberg 2, 1888, s. 257-322).) Det betyder, at han på dette tidspunkt udover at redegøre for sine resultater også kunne redegøre for den diskussion, der var blevet ført om dem, de forløbne fire-fem år.

Efter denne overhovedet første gæring med en renkultur gær i en virksomheds produktionsproces, ønskede J.C. Jacobsen nemlig at udbrede kendskabet hertil hurtigst muligt. Han skrev til bryggere herom, og der blev stillet ren gær til rådighed for bryggerier, der måtte ønske at prøve en sådan gæring. Der blev altså intet holdt hemmeligt, om det skelsættende arbejde, der var foregået på Carlsberg Laboratoriet (Carlsberg 9, 1913, s. XI-XIII). Ligeledes blev et rendyrkningsapparat, som direktør for Gamle Carlsberg Kühle og E.C. Hansen i forening konstruerede (1885) til "kontinuerlig masse produktion af absolut ren gær" ej heller patenteret. (Se (Carlsberg 2, 1888, s. 281-294))

Det ovenfor beskrevne forløb er et eksempel på, at der bliver frembragt ny teknisk viden. Når man med sikkerhed ved hvilken gærart, det er, man sætter til sit bryg, så ved man også med sikkerhed, at det færdige bryg bliver ens fra gang til gang (forudsat at urten i øvrigt er ren), og efter første gang ved man at alle senere gæringer bliver ligedan. Dette står i stærk kontrast til den usikkerhed, der tidligere hvilede over enhver gæringsproces. Altså fremstillingen af gær i renkultur og den efterfølgende konstruktion af et gærrendyrkningsapparat på Carlsberg Laboratoriet og bryggeriet Gamle Carlsberg var en teknologisk innovation. Herom siger E.C. Hansen:

".... mit System bringer betydelige praktiske Fordele med sig. Skulle vi nøjere angive, hvori de bestaa, vise de sig at være følgende:

Man sikrer sig et bestemt Resultat, en rationel

Drift, hvor Alt tidligere mere eller mindre var baseret paa Slumpetræf.

Man sikrer sig imod Sygdomme i Øllet, som kunne foraarsage store Pengetab.

Man erholder en Gjær, der i Handelen med Paasætningsgjær har større Pengeværdi end den sædvanlige urene.

Og endelig bidrager man derved til, at Industrien hæves, noget, der i hvert Fald for den intelligente Praktiker altid maa have stor Interesse.

Et Fortrin ved disse Forbedringer er endvidere dette, at de ingen særlige Udgifter medføre, og at de derfor ogsaa ere tilgængelige for de mindre Fabrikker."

(Carlsberg 2, 1888, s. 267)

Om diffusionen af den teknologiske innovation

Denne teknologiske innovation spredtes (diffunderede) i første omgang hurtigt ud til andre undergæringsbryggerier, men snart fulgte indførelse af ren gær i overgæringsbryggerier, spiritus- og pressegærfabrikker samt i drue- og frugtvingeringen.

I nedenstående tabel er angivet antallet af bryggerier m.v. i forskellige lande, der anvendte ren gær i juli 1892 - 9 år efter den første bryggerigæring med ren gær.

	Danmark	Norge	Sverige	Tyskland	Østrik	Frankrig	Holland	Schweiz	Finnland	Rusland	Polen	Spanien	N-Amerika	S-Amerika	Asien	Australien	Belgien
Undergæringsbryggerier	7	4	5	65	3	2	4	1	1	11	1	1	10	13	2	1	
Overgæringsbryggerier	3			2		5	2		1								5
Spiritus- og pressegær	1			1	1					1				1	2		

(Carlsberg 3, 1894, s. 232 ff.)

Af tabellen skulle det gerne fremgå at rendyrkning af gær var en betydelig teknologisk innovation, der hurtigt blev spredt.

M.h.t. mængden af øl, der blev gæret v.h.a. ren gær i 1892, kan som eksempel fortælles, at Gamle Carlsbergs årlige produktion lå på 290.000 hl, og at de amerikanske bryggeriers produktion typisk lå på mellem 630.000 hl og 900.000 hl om året. (Carlsberg 3, 1894, s. 237)

Naturvidenskabelig forskning

Rendyrkningen af gær og konstruktionen af rendyrkningsapparatet løste bryggerens problemer med gæringsprocessen, men samtidig var E.C. Hansens arbejde naturvidenskabelig forskning. Dette fremgår f.eks. af hans tidsskriftartikler. Han har en omfattende produktion af sådanne bag sig, jvf. (Carlsberg 9, 1913, s. XXV-XXXIII). Vi vil i det følgende holde os til hans artikler i Meddelelser fra Carlsberg Laboratoriet, der, som tidligere omtalt, er et videnskabeligt tidsskrift. E.C. Hansens arbejde er tydeligvis både i hans egen og i andre forskeres selvforståelse videnskabeligt. I (Carlsberg 3, 1894, s. 232) betegner E.C. Hansen Carlsberg Laboratoriet, som en "videnskabelig Forskningsanstalt", og han opnåede at blive medlem/æresmedlem af diverse foreninger af videnskabsfolk - samt af diverse bryggeri/industriforeninger (Carlsberg 9, 1894, s. XXXV).

Den artikel i Meddelelser fra Carlsberg Laboratoriet, hvori han gav en samlet redegørelse for introduktionen af ren gær i bryggeriindustrien, er da også et godt eksempel på en videnskabelig artikel (selvom den holder sig til, hvad bryggeren har brug for at vide).

I artiklen redegjorde E.C. Hansen, for hvorledes hans forskning og hans resultater adskilte sig fra, hvad der tidligere var sagt om gær. Specielt forholdt han sig til

Pasteurs "Étude sur la Bière" fra 1876. Han skriver, at han i modsætning til Pasteur forsøgte at opdage botaniske skelnemærker hos de ofte tilsyneladende ensartede gærceller (Carlsberg 2, 1888, s. 263) og det havde vist sig at frembringe fundamental ny viden om gæringsprocesser. (Der havde tidligere af andre været fremsat en hypotese om, at der fandtes forskellige gærarter, der bevirkede forskelligt øl) (Carlsberg 2, 1888, s. 262). Sagt på en anden måde så stillede E.C. Hansen sig følgende videnskabelige problem: Hvad skal man kalde for en gærart? (Carlsberg 2, 1881, s. 81) - og det problem løste han faktisk, samtidig med at han beskrev forskellige gærarters forekomst og livscyklus. ("En gærarts livscyklus" er blot nogle andre ord for den enkelte gærarts eller renkulturs gæringsproces.)

Foruden at gøre rede for den tidligere forskning, så referede E.C. Hansen i artiklen (Carlsberg 2, 1888, s.257f f) også den diskussion, der udspandt sig, og de misforståelser der havde været, siden hans resultater blev kendt.

Af ovenstående fremgår det, at E.C. Hansen forholdt sig til det samtidige videnskabelige samfunds hypoteser og teorier om gæringsprocesserne, at han på grundlag heraf løste et videnskabeligt problem i et vekselspil mellem hypotese og eksperimenter. Han fik afgrænset begrebet "gærart". Dette arbejde udførte han som ansat i det forholdsvis nyoprettede Carlsberg Laboratorium tilknyttet bryggeriet Gamle Carlsberg. E.C. Hansen deltog i den videnskabelige diskussion om gæring, og denne førtes bl.a. i videnskabelige tidsskrifter.

Det er altså helt tydeligt, at der i 1880-erne, som følge af **arbejde på Carlsberg Laboratoriet foregik en videnskabeliggørelse af den teknologiske innovation på gæringsprocessernes område.**

Afslutningsvis om E.C. Hansens arbejde om alkoholgærsvampe, kan det siges, at det var en teknologisk innovation, der fik stor betydning for bryggeriernes produktion af øl verden over, men ydermere fik det også sat skub i forsk-

ning generelt i svampe ved de højere læreanstalter så som Den kongelige Veterinær- og Landbohøjskole og Københavns Universitet (Agger, 1979, s. 112). E.C. Hansen angiver tillige (1892), at hans arbejde indirekte har haft betydning for andre industrigrene. Her nævner han specielt, at man i tyske mejerier er begyndt at anvende renkultur af de bakterier, der syrner fløden, samt at danskeren Storch har offentliggjort betydningsfulde undersøgelser om samme emne (Carlsberg 3, 1894, s. 254-255).

5.1.9. OPSUMMERING

I dette afsnit har vi vist, at der på Carlsberg allerede fra 1880-erne skete en videnskabeliggørelse af den teknologiske innovation.

Det er svært at tale om teknologisk innovation indenfor ølbrygningen i Danmark før J.C. Jacobsen begyndte at eksperimentere med gæringsprocessen i 1836. Ølbrygning var indtil da en fuldstændig empirisk erfaret og stivnet teknik, som ikke havde ændret sig i flere hundrede år. (Dog Christen Jacobsens indførelse af termometeret.) På Carlsberg bryggeriet fortsatte eksperimenteringen med ølproduktionsprocessen, nok stort set på et empirisk grundlag, og produktionsprocessen blev også ændret som følge heraf. Der forekom altså teknologiske innovationer.

Med henblik på at forbedre produktionsgangen og det færdige ølprodukt blev Carlsberg Laboratoriet dernæst oprettet. Meningen var, at der her skulle drives teknisk forskning på et naturvidenskabeligt grundlag. J.C. Jacobsen havde altså indset at jo større naturvidenskabelig indsigt, der kunne opnås om produktionen af øl, jo bedre ville man kunne blive til at styre de forskellige bryggeprocesser.

Det viste sig at holde stik. I 1883 kom både E.C. Hansens rendyrkning af gær og Kjeldahl nitrogenbestemmelsesmetode, der umiddelbart førte til større kontrol over produk-

tionsprocessen. Siden er der foregået megen anden naturvidenskabelig forskning (f.eks. i proteiner og i pH-begrebet) på Carlsberg Laboratoriet, der har udmøntet sig i teknologiske innovationer. Der er efterhånden sket en videnskabeliggørelse af den teknologiske innovation indenfor de forskellige delprocesser, som ølproduktion består af.

Som illustration til ovenstående følger her to citater. Det første er skrevet af Pasteur og citeret af E.C. Hansen, Det andet er af E.C. Hansen.

"Der gives Intet mere Tillokkende for Forskeren end at gjøre nye Opdagelser, men dobbelt stor bliver hans Glæde, naar han ser, at disse øjeblikkelig faa direkte Anvendelse i det praktiske Liv."

Pasteur (Studier over Eddikefabrikationen).

"Experimentelle Studier over Mikroorganismene føre let ind paa praktiske Opgaver, til den ene side i Lægekunsten, til den anden i Industriens Tjeneste. De theoretiske og de praktiske Problemer paa dette Omraade gaa Haand i Haand sammen og kunne ofte ikke adskilles. Dette har ogsaa vist sig at være Tilfældet med mine arbejder, .."

(Carlsberg 2, 1888, s. 257)

5.1.10. PERSPEKTIVERING

Dette afsnit har handlet om videnskabeliggørelse af den teknologiske innovation på Carlsberg, og vi har i et eksempel vist, at den teknologiske innovation hurtigt diffunderede ud til andre bryggerier, men hvor betydningsfuldt er Carlsberg i det samlede billede af dansk ølindustri? M.h.t. markedsandele så har Carlsberg bryggeriet fra

få år efter oprettelsen været det største eller det næststørste bryggeri i Danmark. P.g.a bayersk øllets sejrsmarch i forrige århundredes anden halvdel begyndte mange af de gamle hvidtølsbryggerier også at producere bayersk øl, men konkurrencen var hård, og i 1891 sluttedes 11 københavnske bryggerier sammen i A/S De forenede Bryggerier. Det var alle blandede bryggerier i hovedstaden og to rene hvidtølsbryggerier. I 1894 blev også bryggeriet Tuborg optaget i DfB. (Hyldtoft, 1984, s. 196) Den vigtigste konkurrent til Carlsberg har været Tuborg/DfB; de har dog siden århundredeskiftet haft en aftale om at dele overskuddet.

Tuborgs fabrikker blev stiftet i 1873, og det første øl fra Tuborg kom i 1875. Det var bayersk lagerøl, den øltype som var Carlsbergs vigtigste. I 1879 sendtes så de første Tuborg pilsnere (også undergæret øl) på markedet. Det er en lysere øltype end lagerøl, og den kunne virkelig konkurrere med Carlsbergs lagerøl. Tuborg blev en stor konkurrent til Carlsberg, både p.g.a. pilsnerøllen, men også fordi man i 1880 begyndte selv at tappe øllet på flaske. Hidtil var bryggerivirksomhed stoppet når eftergæringen var til ende bragt. Øllet blev da solgt på fade til øltappere ude i byen, men nu fik Tuborg kontrol med hele produktionsprocessen, og snart efter begyndte man at pasteurisere øllet på flaskerne. Vi vil ikke gå nærmere ind på denne teknologiske innovation, som byggede på viden om, hvordan man kunne gøre færdiggæret vin holdbar (Lichtenberg, 1942, s. 202-205). Vi vil nøjes med at konstatere, at den var med til at gøre Tuborgs øl konkurrencedygtigt overfor **Carlsbergs**.

Nøjagtigt hvor store markedsandele Carlsberg henholdsvis Tuborg/DfB henholdsvis øvrige bryggerier har haft gennem tiderne har svinget lidt op og ned (Se f.eks. (Hyldtoft, 1984, s. 195; J. Poulsen, 1884, s. 18-25; Friis V, 1942, s. 594), men sikkert er det, at Carlsberg og Tuborg/DfB "altid" har været de to store bryggerier med **tilsammen** langt over

halvdelen af den samlede danske produktion. Grunden til at vi ikke kort går nærmere ind på de præcise markedsandele er, at der er indbyrdes modstrid mellem ovennævnte kilders angivelser. Det er dog til vores formål mindre vigtigt. Vi vil blot sige noget om en tendens for at illustrere, at det ikke er et perifert bryggeris perifere laboratorium, vi har kigget nøjere på.

Har Tuborg/DfB også haft et laboratorium á lá Carlsberg Laboratoriet? Nej, men det har haft både et kontrol- og et forskningslaboratorium. Forskningslaboratoriet blev etableret i 1929, året efter at Carlsberg etablerede sit forskningslaboratorium. (Holter, 1976, s.353)

LITTERATUR.

Peder Agger, Johanna Haraldsdottir, Gert Mathiasen, Thomas Söderqvist: Om biologi. Hans Reitzels Forlag. Kbh. 1979. Side 108-119.

Anonym: Bryggerierne "Carlsbergs" udvikling og "Ny Carlsbergs" repræsentation paa den nordiske udstilling. Nielsen & Lydicke. Kbh. 1888.

Anonym: Carlsberg Bryggerierne. L.Levinsen junr. Akts. Kbh. 1927.

Meddelelser fra Carlsberg Laboratoriet. Laboratoriets bestyrelse i kommission hos H. Hagerup. Kjøbenhavn.

Udvalgte artikler i:

1. Bind 1882
2. Bind 1888
3. Bind 1894
4. Bind 1899
5. Bind 1903
6. Bind 1906
7. Bind 1909
8. Bind 1910
9. Bind 1913
10. Bind 1913
11. Bind 1917
14. Bind 1923

A. Fraenkel: Gamle Carlsberg 1847-1897. Et bidrag til dansk Industrihistorie og industriel Udviklingshistorie. H. Hagerups Boghandel. Kbh. 1897. Side 86-313.

Aage Friis, Axel Linvald og M. Mackeprang (red): Schultz Danmarkshistorie: Vort Folks Historie gennem Tiderne skrevet af danske Historikere. J.H.Schultz Forlag, Kbh. 1942. Bind V, Side 594.

H. Holter og K. Max Møller (red): The Carlsberg Laboratory 1876/1976. The Carlsberg Foundation og Rhodos, Kbh. 1976.

Ole Hyldtoft: Københavns Industrialisering 1840-1914. System, Herning 1984. Side 29, 107-109, 193-199.

Helge Kragh og Stig Andur Pedersen: Naturvidenskabsteori. Nyt Nordisk Forlag/Arnold Busck, Kbh. 1981. Side 82-83.

Niels Lichtenberg: Dansk teknik. Dens udvikling og indsats. H.Hirschsprung Forlag, Kbh. 1942. Side 193-205.

Johannes Pedersen: The Carlsberg Foundation. Kbh. 1956. Side 12-23.

John Poulsen: Koncentrationstendenser i dansk erhvervsliv 1890-1914. Dansk Økonomisk Institut, 1971. Side 18-25.

Eugen Wolfson (red): Danmarks industrielle udvikling. Jul. Gjellerups forlag, Kbh. 1943. Side 191-196.

5.2. SYRNET SMØR

I dette afsnit ser vi nærmere på teknologisk innovation indenfor mejeribrug. Vi har valgt at koncentrere os om fremstillingen af smør, da dette produkt blev dansk land- og mejeribrugs spydspids efter kornsalgskrisen i slutningen af forrige århundrede.

Først vil vi kort redegøre for hvilke delprocesser smørproduktionsprocessen består af. Dernæst følger en omtale af, hvordan forholdene i det gamle mejeribrug dvs. før midten af forrige århundrede^{var}. Slutteligen følger en gennemgang af studier, der fra slutningen af forrige århundrede foregik af syrningsprocessen. Det er Storchs studier af syrningsprocessen fra 1884 til 1918, vi ser på. Gennemgangen herat udgør hovedparten af dette afsnit.

5.2.1. HOVEDTRÆKKENE I SMØRPRODUKTIONSPROCESSEN

Smør fremstilles, som bekendt af komælk. Fremstillingen af smør starter med at koen malkes (når man altså ser bort fra fodring, bedækning m.v. af koen). Efter malkningen bringes mælken til at sætte fløde, og fløden skummes af. dernæst følger kærningen og æltningen, og man får da smørret. Dette er fremgangsmåden ved produktion af sødt smør, der laves af fløde, der ikke er syret, altså af friskskummet fløde. Sødt smør fremstilles ikke længere i Danmark.

Det smør, der er i produktion i dag, blev tidligere kaldt for syret smør, fordi fløden syrnes inden den kærnes til smør.

Oprindeligt opstod syret smør, når man ikke på en enkelt dag opnåede at få tilstrækkelig mængde fløde til at kærne, og man derfor samlede fløden sammen fra f.eks. en hel uge. Fløden nåede da at selvsyrne inden kærningen. På et tidspunkt blev syret smørs smag og aroma tilstræbt.

5.2.2. DET GAMLE MEJERIBRUG

Før andelmejeriernes opståen var det almindeligt, at hver enkelt gård eller herregård selv lavede smør. Bønder-smørrets kvalitet var ringere end herregårdssmørret.

En lang række af problemerne med bønder-smørret (før andelsmejeriernes tid) kunne tilskrives manglende hygiegne. På bøndergårdene blev smørret nemlig ofte tilvirket i rum, hvor der foregik mange andre aktiviteter samtidig, hvilket f.eks. kunne bevirke, at der kom støv i fløden, dvs. bakterier, hvis eksistens mejerskerne på daværende tidspunkt dog ikke kendte. På herregårdene fandtes derimod særlige indrettede rum forbeholdt mejeribruget, og fløden fik ikke lov at stå så længe, førend den blev kærnet.

Som tidligere nævnt kan fløden syrne ved selvsyrning, men syrningen kan også igangsættes eller/og fremskyndes ved tilsætning af en syrevækker. (Syrevækker er et begreb, der dækker over hvad som helst, der ved tilsætning kan syrne fløden. Det være sig kærnemælk, renkulturer af mælkesyre-bakterier eller ikke pasteuriseret sødmælk, der er selvsyrnet.)

Tidligere (før midten af forrige århundrede) var selvsyrning almindelig. Til trods for betegnelsen selvsyrning var det dog ikke en proces, der foregik helt uden vanskeligheder. Særlig spillede temperaturen ind på processens forløb, og kun dygtige og opmærksomme mejersker kunne være nogenlunde sikre på at få et godt resultat hver gang. De kunne nogenlunde styre processen f.eks. ved at stille flødetønden lunt, opvarme fløden eller komme varmt vand i fløden - eller det omvendte kunne gøre sig gældende, at man afkølede fløden (Lunde, 1895, s. 6-7):

På de større mejeri(gårde) var det fra slutningen af 1850-erne almindeligt at tilsætte syrevækker for at få fløden syrnet hurtigt. Man havde gennem hele 1800-tallet kendt til syrevækkere, men disse blev oprindeligt betragtet som en nødhjælp for syrningen (Lunde, 1895, s.7).

Mejeribruget var i midten af forrige århundrede udviklet så meget, som det kunne på grundlag af mejerskernes erfaringer, men man havde ingen nøjagtig kontrol med temperaturen, da man ikke brugte termometer. Man anvendte ej heller vægte, så evt tilsætning af syrevækker til fløden foregik på slump. Dette betød, at syrningsprocessen blev uregelmæssig og produktet uensartet.

Det var Thomas Riise Segelcke (1831-1902), der i Danmark var den første, der begyndte at slå til lyd for anvendelse af termometeret, vægten og regnskabsbogen indenfor mejeribruget.

5.2.3. T.R. SEGELCKE

Segelcke blev i 1854 cand.polyt. i anvendt naturvidenskab, og de følgende år studerede han agrikulturkemi i en del europæiske lande. Han blev i 1860 knyttet til det kgl. danske Landhusholdningsselskab. Det første år fik han bevilget en sum penge, der skulle give ham mulighed for at sætte sig ind i dansk mejeribrug. For at opnå et praktisk kendskab hertil tog han ophold på Voergaard i Vendsyssel, hvor der foregik en produktion af bl.a. smør. Her foregik vægtbedømmelse (som andre steder) v.h.a. øjemålet og temperaturmåling v.h.a. tommelfingeren, og mejerskerne stod uforstående og magtesløse, når produktet ikke blev godt. Segelcke begyndte at foretage systematiske vejninger, temperaturmålinger o.lign., hvorved han kunne skaffe sig klarhed over de nævnte faktoreres betydning for mælkeriprocessernes forløb og for kvaliteten af produkterne. Han fandt, karakterisere og inddelte de forskellige smørfejl. Desuden kunne han angive metoder til at formindske eller undgå smørfejlene. (Lichtenberg, 1942, s. 188-189; Dahl IV, 1942, s. 302)

Fra 1861 blev Segelcke ansat i det kgl. danske Landhusholdningsselskab "med det Formaal, at han skulde ofre sin Tid paa Arbejde med Forsøg vedrørende Mejeribruget, nærmere

betegnet Mælkens kemiske Forhold, dens Holdbarhed, Gæringsforhold m.m., om muligt i Forbindelse med Fodringsforsøg." (K. Hansen IV, 1925-33, s. 264) På grundlag af sit ophold på Voergaard samt en række andre gårde rundt om i landet tilvejebragte han det første teoretiske grundlag for rationel mejeridrift i begyndelsen af 1860-erne. Dette kunne han gøre, fordi han var gået systematisk til værks med termometer og vægt og i øvrigt også kunne sammenligne med sin lærdom udenlands fra (Lichtenberg, 1942, s. 189; K. Hansen IV, 1925-33, s. 265)

Derudover gjorde han meget ud af at formidle og diskutere de opnåede resultater, og efterhånden blev denne funktion den vigtigste ved hans arbejde. Han blev dansk mejeri- og landbrugs første konsulent. Segelckes arbejde var altså karakteriseret ved åbenhed omkring resultaterne herat. Han afgav bl.a. "Meddelelser vedrørende Mejerivæsenet" til Landhusholdningsselskabet, og meddelelserne blev offentliggjort i selskabets tidsskrift. Af tredje meddelelse, der er fra 1865, vil vi citere et afsnit, da han heri karakteriserede mejerivæsenet i den forudgående periode:

"de hidtil anvendte Midler og Kræfter er udtømte, ja, endog brugte udover deres rette Grænser. Sagens Varetagelse har været overladt alene til Personer, til hvis Raadighed kun har staaet Iagttagelser og Erfaringer, støttede paa Øjemaal og andre usikre umiddelbare Sanseindtryk ... alt, hvad mangeaarig praktisk Øvelse, Udholdenhed, skarpe Sanser og god Hukommelse, alt, hvad den rent uunderstøttede Praksis formaar paa dette Omraade, er ydet og har længe været ydet". Paa Baggrund heraf fortsætter han senere saaledes: "Det, man maa stræbe efter, er at komme lidt efter lidt bort fra den haandværksmæssige Drift og erstatte den med en mere rationel, en mere fabriksmæssig Drift, at foretage i Mejeridriften den samme Forandring, som

forlængst er foretaget i Brænderierne, Øl- og Eddikebryggerierne og en Mængde andre chemiske Industrigrene".

Her citeret efter (K. Hansen IV, 1925-33, s. 266-267)

Eller sagt på en anden måde så foregik den teknologiske innovation i mejeribrugene frem til 1860-erne på grundlag af indhøstede erfaringer. Desuden talte Segelcke om, at der må forandring til, og i samme meddelelse fremhævede Segelcke da også betydningen af, at der i den almindelige mejeribrugsdrift blev foretaget nøjagtig temperaturmåling, nøjagtig og systematisk afvejning og holdt regnskab over mælkemængderne m.h.p. at opnå et mere ensartet produkt af bedre kvalitet (K. Hansen IV, 1925-33, s. 267). (M.h.t. Segelckes omtale af bl.a. ølbryggerierne er det værd at huske på, at han havde været udenlands i en årrække, og at han derfor nok refererer til ølbrygningens stadi internationalt set; og desuden havde termometeret holdt sit indtog i ølbryggerierne på det tidspunkt.) Samme år (1865) udgav han et skrift "Vejledning i Smørtilberedning", hvori han også slog til lyd for termometeret, vægten og regnskabsbogen. Dette medførte en gevaldig stigning i salget af termometre. De ovennævnte hjælpemidler antages at være blevet almindelige indenfor dansk mejeribrug i begyndelsen af 1870-erne (K. Hansen IV, 1925-33, s. 291). Smørrets standard hævedes herved.

- Der blev også gjort noget ved de små forhold, jvf. at der, som omtalt i forrige kapitel, fra 1882 blev oprettet andelsmejerier i Danmark.

5.2.4. OM STORCHS ARBEJDE FREM TIL 1890

Som omtalt i forrige kapitel blev "den Kongelige Veterinær- og Landbohøjskoles Laboratorium for Landøkonomiske Forsøg" (herefter forkortet til forsøgslaboratoriet eller blot laboratoriet) oprettet/startet i 1882/1883. Forstanderen for forsøgslaboratoriets kemiske laboratorium blev Ma-

thias Vilhelm Samuel Storch (1837-1918). Han kom bl.a. til at forske i syrningsprocessen, og vi vil i det følgende se lidt nærmere på dette arbejde.

I 1861 blev Storch cand.polyt. i anvendt naturvidenskab. I 1862 blev han ansat som kemiker ved sodafabrikken "Øresund", og i 1865 kom han til Steins Laboratorium. Her udførte han bl.a. kemiske analyser for N.J. Fjord, den senere forstander (forsøgsleder) for forsøgslaboratoriet. Det var på baggrund af dette samarbejde, at han blev ansat til at lede forsøgslaboratoriets kemiske laboratorium. Denne stilling beholdt han til sin død i 1918 (Ærsøe, 1943, s.119-121).

I 1890 udkom i rækken af beretninger fra forsøgslaboratoriet "Nogle Undersøgelser over Flødens Syrning" af Storch. Beretningen var oprindeligt blevet holdt som foredrag i det kgl. Landhusholdningsselskab. De undersøgelser, som han havde udført og her fremlagde, gik ud på at identificere de mikroorganismer, der syrner fløden på den ønskede måde, således at smørrets smag og aroma bliver god, at identificere de mikroorganismer, der bevirker, at smørret får en dårlig lugt og smag (oljet, bittert, branket, talget, for surt ..), samt at undersøge hvilken indflydelse opvarmning af fløden til forskellig temperatur fik på produktet.

I starten af beretningen redegjorde Storch for vigtigheden af at foretage undersøgelser af syrningsprocessen - også han giver en karakteristik af mejeribrugets (specielt syrningsprocessens) stade på daværende tidspunkt. Den lyder som følger:

"Der kan ikke være nogensomhelst Tvivl om, at for Smørlavningen i Mælkerierne er Spørgsmaalet om Flødens "Syrning" af allerstørste Betydning; at faa Syrningsprocessen ledet paa rette Maade, er en Hovedopgave for Mejersken, og jo bedre det lykkes for hende, desto dygtigere til sin Gjer-ning vil hun anses at være. Erfaringen har imidlertid vist, at denne Opgave ingenlunde altid er

let at løse; tværtimod kan der sikkert paavises ikke faa Tilfælde, hvor selv den dygtigste Mejer-ske kan støde paa saa godt som uovervindelige Vanskeligheder. Og skjønt den praktiske Erfaring ganske vist har opnaaet et ikke ringe Herredømme over Syrningsprocessen, saa kan det vist ikke nægtes, at man i mangfoldige Tilfælde staar famlende og usikker med Hensyn til Processens rette ledelse. Der savnes i Mælkerierne en paalidelig Anvisning angaaende Fremgangsmaaden ved Flødens Syrning, som ved at følges vil kunne sikre et ensartet og godt Produkt."

(Storch, 1890, s. 4)

Det fremgår, at kendskabet til syrningsprocessen var mangelfuldt, og at der indtil da blot var foregået erfaringsbaseret innovation af denne proces, samt at Storch ikke mener, at man kan komme længere på denne vis. De sidste linier i citatet kan opfattes som et langsigtet mål for studier i syrningsprocessen, altså at opnå fuldstændig kontrol over denne proces.

Der var blot lang vej endnu til dette mål for hidtil (førend Storchs undersøgelser) havde syrningsprocessen knap nok været gjort til genstand for videnskabelige undersøgelser. Alligevel fandtes der en hypotese, om at flødens syrning måtte skyldes en mælkesyregæring forårsaget af visse mikroorganismer. Denne hypotese, mente Storch, kunne bekræftes, og han anså det for, at ville være af stor vigtighed for den videre udvikling af syrningsprocessen at undersøge den, jvf.

"At denne Opfattelse af Syrningsprocessens Natur er den rette, er der heller ingen Grund til at betvivle, og det tør vel endog siges, at i Praxis har denne Opfattelse nu til Dags begyndt at vinde Indgang. Men netop derfor trænger Syrningsproces-

sen nu ogsaa til at blive Gjenstand for den videnskabelige Forskning, og der kan næppe være Tvivl om, at kunde det lykkes Videnskaben at skaffe paalidelige Oplysninger om denne Proces's virkelige Natur og Beskaffenhed, altsaa at faa nøje Kjendskab til de Mikroorganismer, som særlig spille en Rolle ved Flødens Syrning i Flødetønden, og som ere nødvendige for denne Proces's rette Forløb, da vil der ogsaa for Praxis være vundet værdifulde Oplysninger. Med dette Syn paa Sagen, har jeg i en længere Aarrække syslet med Undersøgelser over Flødens Syrning. ..."

(Storch, 1890, s. 5-6)

Dvs. Storch anser den videnskabelige forskning for at kunne få betydning for syrningsprocessen i det praktiske mejeribrug.

Den første delproblemstilling, som Storch stillede op var: Er det muligt ad den bakteriologiske forsknings vej at finde kilden til visse bestemte smørfejl? (Storch, 1890, s. 9). Han begyndte i 1884 at foretage en række undersøgelser vedrørende dette problem (Lunde, 1895, s. 10), og han fandt faktisk en bakterie, der giver smør med "en saa modbydelig, talget Smag, at det maa betragtes som uspiseligt selv for den mindst kræsne Gane" (Storch, 1890, s. 11).

På grundlag af dette fund og med kendskab til yderligere nogle fejl forårsaget af mikrober, samt med kendskab til fejlenes hyppighed i forskellige typer mejerier antog Storch dernæst, at smørfejlene udvikles under syrningsprocessen (Storch, 1890, s. 11 og s. 18). Dette førte til, at han i 1887 kom ind på at undersøge selve mælkesyregæringen (dvs. dannelsen af mælkesyre ved en gæringsproces). (Lunde, 1895, s. 10)

Parallelt med syrningsforsøgene var der ved forsøgslaboratoriet udført pasteuriserings (opvarmningsforsøg) m.h.p.

at finde ud af, om man ved opvarmning og derpå følgende afkøling kunne dræbe eller svække skadelige bakterier. (N.J. Fjord havde i 1883 udsendt en beretning herom.) Selv om man ikke havde fået klarlagt, hvordan og hvorledes en evt. pasteurisering helst skulle foregå, var man dog allerede i 1890 på visse mejerier både i Danmark og i Sverige begyndt at indføre pasteurisering. Hvis fløden pasteuriseres kan den ikke selvsyrne, og der må da tilsættes en syrevækker. Det var en sådan fejlfri og pålidelig syrevækker Storch i slutningen af 1880-erne havde søgt efter. (Storch, 1890, s. 20-28)

Han startede med at finde ud af hvilke egenskaber, de velrenommerede mejerier stræbte efter at tilvejebringe hos fløden ved syrningsprocessen. Det viste sig, at man (mejerister og smørbedømmere) ønskede, at den velsyrndede fløde skulle ha' en ren, mild syrlig smag og en ren, aromatisk lugt samt en ensformig jævn og tyk konsistens. Dvs. spørgsmålet om den rette syrning og spørgsmålet om den rette aroma blev anset for at være lige væsentlige for at opnå godt smør. Delproblemstillingen for Storchs arbejde blev herefter at undersøge hvilke syrebakterier, der giver fløden en ren, mild syrlig smag og om de samme syrebakterier også bibringer fløden den tilstræbte aroma eller ikke (Storch, 1890, s. 30).

Udfra prøver af sur kærnemælk, prøver af det allerfineste udstillede smør, samt syrnet fløde fra et velrenommeret mejeri isolerede og rendyrkede Storch en del forskellige bakterier, som han dernæst foretog syrningsforsøg med ved at indpode bakterierne i steril mælk. (Storch, 1890, s. 34, s. 37, s. 42; Lunde, 1895, s.10) Ved disse syrningsforsøg lykkedes det ham mellem 14 rendyrkede forskellige kolonier af syrebakterier at finde én, der ved gentagne syrningsforsøg gav fløden en fyldig, ren aromatisk lugt af samme karakter som smøraromaen, samt en overordentlig behagelig, mild og ren syrlig smag. (Storch, 1890, s. 43). Der blev også kærnet smør af fløde syrnet med denne bakte-

rie (der havde fået tilnavnet mælkesyrebakterie nr. 18), og resultatet heraf var lige vellykket (Storch, 1890, s. 44)

Storch undersøgte dernæst den og andre mælkesyrebakterier morfologisk (størrelse og form) og fysiologisk.

Konkluderende om sine undersøgelser over syrebakterier i kærnemælk, smør og fløde sagde Storch, at der i velsyrnet fløde findes visse mælkesyrebakterier, hvis renkultur synes at kunne syrne og sammenløbe mælk eller fløde ligeså tilfredsstillende som ved de metoder, der ellers anvendtes i mejerierne. Samt at enkelte af disse mælkesyrebakterier desuden gav fløden en overordentlig behagelig, mild syrlig smag og en ren, fyldig aromatisk lugt (Storch, 1890, s. 57-58). Konklusionen byggede Storch på fundet af en hel del gode mælkesyrebakterier, hvor 1-2 af disse tillige havde bibragt fløden en fin-fin smag og aroma. Han havde altså til fulde fået bekræftet hypotesen om, at flødens syrning skyldtes en mælkesyregæring forårsaget af visse mikroorganismer. Desuden havde han fundet ud af, at de mikroorganismer, der var tale om, var bakterier - mælkesyrebakterier.

Storch anså, som skrevet står - tidligere i dette afsnit, videnskabelig forskning for at være den eneste mulige vej at gå, hvis spørgsmålet om flødens rette syrning skulle løses. Han mente, at de resultater, han offentliggjorde i 1890, var et første skridt imod endemålet, at få fuldstændig kontrol over syrningsprocessen. Han stillede sig dog tvivlende overfor, om resultaterne allerede var tilstrækkelige til, at de ville kunne få anvendelse i praksis, men omtalte alligevel, hvorledes en evt. brug af syrevækkere fremstillet af en renkultur af mælkesyrebakterier kunne anvendes i mejeridriften (Storch, 1890, s. 58-59).

Storchs ovenfor omtalte forskning havde til formål at løse praktisk tekniske problemer i forbindelse med syrningsprocessen. Samtidig anså han selv sin forskning for at være (natur)videnskabelig. Det naturvidenskabelige ved hans forskning var, at han forholdt sig til en videnskabelig hypotese (om syrningsprocessen) og til den videnskabelige

diskussion på området (jvf. (Storch, 1890, s. 45-46)), foretog eksperimenter, beskrev bakteriers morfologi og fysiologi, samt konkluderede på grundlag heraf. Han dannede en teori om syrningsprocessen. (Omtrent samtidig (o. 1890) og uafhængigt af hinanden fremkom i princippet ens arbejder herom fra Conn i Amerika, Weigmann i Tyskland og fra Storch.) (Søncke Knudsen, 1944, s. 244). M.h.t. beretningen (Storch, 1890) så må den betegnes som en **tidskriftartikel med videnskabelige træk i et tidsskrift**, der også udgav alle mulige lidet videnskabelige beretninger om undersøgelser foretaget af forsøgslaboratoriets ansatte. Storchs arbejde vedrørende syrningsprocessen var den første forskning heri, der havde videnskabelig træk (dog Conn og Weigmann). Den var blevet muliggjort ved oprettelsen af forsøgslaboratoriet i 1882/1883.

Som eksempel på et ikke-videnskabeligt træk ved Storchs arbejde skal nævnes det subjektive skøn, der ligger i bedømmelse af smag og lugt.

5.2.5. HANDELSSYREVÆKKERE

I løbet af det første år efter udsendelsen af Storchs beretning om flødens syring blev mejerierne tilbudt syrekulturer fra fire forskellige fabrikanter (dvs. forskellige farmaceuter, private laboratorier og firmaer). De var alle på flydende form, men p.g.a. at de ofte under transporten til mejerierne blev skadeligt påvirket af uheldige varmekon forhold, søgte man dernæst at fremstille dem i tør tilstand. Den første handelssyrevækker på pulverform kom på markedet i 1893. Anvendelsen af handelssyrevækkere fortrængte hurtigt andre syrningsformer (selvsyring eller brug af syrevækkere i form af sur fløde, kærnemælk m.v.). I 1895 anvendte over 75% af mejerierne handelssyrevækkere (Lunde, 1895, s. 11-14).

Storchs forskning dannede altså grundlag for en tek-

nologisk innovation af syrningsprocessen, og da Storchs forskning havde naturvidenskabelige træk, var der altså sket en videnskabeliggørelse af den teknologiske innovation af flødens syrning, der er en del af den samlede smørfremstillingsproces.

I øvrigt kan det siges, at de erfaringer, man i mejerierne gjorde med handelssyrevekkere i det væsentligste bekræftede Storchs (Conns og Weigmanns) teori. (Søncke Knudsen, 1944, s. 244)

5.2.6. Storchs fortsatte undersøgelser.

Private laboratorier var således i større stil begyndt at fremstille og sælge syrevækkere til mejerierne, og flere mejerier med en fin smørproduktion fulgte efter. På trods af denne generelle forbedring var det dog en udbredt opfattelse, at man ved flødens selvsyrning, når den ellers forløb heldigt, kunne få en kraftigere aroma frem, end man får i de syrevækkere, der kun indeholder en rendyrket bakteriestamme. Internationalt set begyndte forskellige forskere at søge andre mikroorganismer, der var i stand til at forøge syrevækkerens aroma ved at vokse sammen med de tidligere fundne bakterier i syrevækkeren.

Næsten tredive år efter, at Storchs første arbejder blev offentliggjort, blev der offentliggjort undersøgelser som viste, at der i syrevækkere med god kvalitet findes to forskellige slags bakterier. Det drejede sig for det første om de oprindeligt kendte mælkesyrebakterier, og for det andet om en kategori af bakterier, som Storch og hans assistenter valgte at kalde x-bakterier. Ligesom i 1890 fremkom også i 1919 denne opdagelse fra tre forskellige steder. Nemlig fra Boekhout og de Vries i Holland, Hammer og Bailey i USA og Storch og hans medarbejdere i Danmark.

Storch studier af flødens syrningsproces og syrevækkerens bakteriologi forløb således over næsten fire årtier, dog ofte afbrudt af andre aktiviteter fra hans og hans medarbejders side. Der var altså i høj grad tale om et livsprojekt fra hans side rettet imod at opnå en stadig dybere forståelse af syrningsprocessen. Storch betragtede da også sine oprindelige undersøgelser over flødens syrning

(Storch, 1890), som et første skridt i forståelsen af flødens syrningsproces, der ved at føres videre formodentlig kunne gøre det muligt for mejerierne at opnå teknisk kontrol med syrningsprocessen. Sådan at man med fuldstændig sikkerhed kunne opnå den bedst mulige syrning af fløden. Storch og hans assistent A.V. Krarup fortsatte da også undersøgelserne på Landøko-

nomisk Forsøgslaboratorium i begyndelsen af 1890'erne, og fandt på et forholdsvis tidligt tidspunkt de nævnte x-bakterier. Storch afholdt sig fra at publicere forskningsresultaterne, da han mente, at de ikke havde opnået den fulde forståelse af de undersøgte forhold. Afhandlingen "Fortsatte undersøgelser over fremstillingen af syrevækkere" (102. beretning fra Forsøgslaboratoriet) udkom da først efter Storch's død i 1918. Den lå i det store og hele færdigskrevet fra hans side og blev færdiggjort af hans assistent cand. pharm. A.V. Krarup i samarbejde med forstanderen for Forsøgslaboratoriets forsøgsvirksomhed cand. mag. Hofman-Bang. (Søncke Knudsen, 1944, s.243-45),

(Storch, 1890, s. 3-9),

(Storch, 1919, s. 5-9)

Daværende professor på Landbohøjskolens Mælkerilaboratorium, Søncke Knudsen skriver, at mens de forskellige forskningsmæssige opdagelser fra 1919 kan siges at være lige så vigtige som undersøgelserne fra 1890, ud fra et videnskabeligt synspunkt, så har den praktisk-økonomiske betydning heraf ikke på nogen måde svaret til den, de tidlige ("klassiske") undersøgelser havde. Det kom af, at den klassiske teori på flødesyrningens område trods dens mangler i dybere forståelse var tilstrækkelig nøjagtig til at den var brugbar ud fra et mejeriteknisk synspunkt:

"Det hænger sammen med, at den klassiske teori for syrningen trods dens mangler har været tilstrækkelig nøjagtig at arbejde efter. Den har været det bærende grundlag, men i det praktiske arbejde har man ikke fulgt den slavisk, og derved har man kunnet nyde godt af den uden at lægge videre mærke til manglerne. Forholdet har paralleller på mange andre områder og skyldes, at enhver teori kun er en tilnærmelse." (Søncke Knudsen, 1944, s. 245)

Den klassiske teori eller model var således en antagelse, der ikke var korrekt, men alligevel tilstrækkeligt sand, til at en mejeritekniker kunne arbejde ud fra den. Den

nye teori viste, at de renkulturer af mælkesyrebakterier, man arbejdede med i mejerierne og som gav det rette vel-smagende produkt, i virkeligheden ikke var renkulturer, som man troede. I stedet var de blandingskulturer af de tilsatte mælkesyrebakterier og x-bakterier, som det omgivende miljø havde forurennet syrevækkeren med.

For at få et begreb om karakteren af det arbejde, som Storch og hans assistenter udførte i de "Fortsatte undersøgelser over fremstillingen af syrevækkere", skal der gives en kortfattet beskrivelse af arbejdet.

Først skal det nævnes, at et af hovedkravene, man stillede til en syrevækkers kvalitet, var, at den frembragte en ren og god, kraftig lugt og smag. Som laboratoriemetode til at kontrollere denne kvalitet anvendte Storch og Krarup den såkaldte tykmælksprøve: Den syrevækker, som skulle kvalitetsbedømmes anvendtes til syrning af frisk sødmælk, der kort forinden var blevet pasteuriseret og derefter hurtigt afkølet. Efter henstand til næste dag i glasskåle ved konstant temperatur, smags- og lugtbedømtes den derved fremkomne tykmælk. Ved bedømmelsen anvendtes Forsøgslaboratoriets pointsystem med en skala fra 0 til 15. Erfaringen havde vist, at renheden af tykmælksens lugt og smag lod sig bedømme på denne måde med stor nøjagtighed. (Storch , 1919, s. 11-14)

Dernæst skal nævnes at de "Fortsatte undersøgelser..." forløb i to hovedfaser: de såkaldte ældre forsøg efterfulgt af de såkaldte nye forsøg over syrevækkerspørgsmålets rationelle løsning.

De ældre forsøg forløb på følgende måde: Til at begynde med forsøgte man at fremstille tilfredsstillende syrevækkere ud fra blandinger af to eller flere renkulturer af mælkesyrebakterier. Hvilket ikke lykkedes. Så forsøgte man ad mere praktisk vej at løse det tekniske problem ved at foretage anerob (uden luftens adgang) dyrkning af syrevækkerne. Grunden til, at man valgte dette middel, var, at

de fleste mælkesyrebakterier trivedes godt under anerobe forhold, mens et stort antal af de i mælk forekommende forurenende bakterier dræbtes eller hæmmedes stærkt i deres udvikling ved denne behandling. Den skitserede fremgangsmåde lykkedes ikke fuldt ud, i og med de fremstillede syrevækkere ikke altid var gode. Selv om Storch og hans assistent Krarup havde opnået en gang imellem at fremstille en syrevækker, som stod fuldt på højde med en fin mejerisyrevækker, var man i og for sig lige så langt fra problemets endelige løsning. Frem for alt, fordi det ikke var lykkedes dem at kaste lys over, hvad det var for faktorer, som betingede en første classes syrevækker. (Storch , 1919, s. 11-48)

I de nye forsøg, som påbegyndtes 1911 og afsluttedes 1918, vendte man tilbage til den oprindelige måde at løse problemet på, nemlig ved hjælp af rendyrkede mælkesyrebakterier. Her stødte man imidlertid igen på det problem, at de kulturer man anvendte, som var sammensat af rendyrkede mælkesyrebakterier, aldrig besad den aromatiske, mildt syrlige duft og smag, der findes i gode, naturlige syrevækkere. Man gik da i gang med at undersøge, om der i syrevækkerne fandtes andre bakterier, som var ansvarlige for den mildt syrlige duft og smag. Disse undersøgelser omfattede også de bakterier, som findes i en god mejerisyrevækker, når den uden at være blevet forurenat, havde stået hen i så lang tid, at alle egentlige mælkesyrebakterier var døde. Ved at arbejde med denne overlevelsesrest viste det sig, at den bestod af bakterier, som hverken formåede at koagulere mælken eller danne nævneværdige mængder af syre, men som ved dyrkning sammen med andre mælkesyrerenkulturer i forbavsende høj grad forbedrede den lugt og smag, disse gav tykmælken. Det viste sig nemlig ved forsøg, at mens tykmælksprøver, fremstillet ud fra renkulturer af mælkesyrebakterier, alle havde den for sådanne kulturer karakteristiske skarpe sure lugt og smag, så havde

tykmælk, fremstillet ud fra de samme renkulturer og den nævnte overlevelsesrest, den behagelige mildt syrlige smag og den friske, rene og fyldige aromatiske lugt, som udmærker de gode mejerisyrevækkere. Den fundne forskel måtte altså skyldes nogle af de tilsyneladende temmelig indifferente bakterier, der findes i overlevelsesresten. Storch og hans assistent gik derfor straks igang med at isolere de forskellige former af disse bakterier og prøve deres forhold til mælkesyrebakterier. Man valgte at betegne de ukendte aromagivende bakterier, som man havde fundet, som x-bakterier. (Storch , 1919, s. 49-53)

Det første spørgsmål de stillede sig derefter, var om syrevækkerens godhed var uafhængig af, hvordan man kombinerede x-bakterier med mælkesyrebakterier. Ved at prøve forskellige kombinationer viste det sig, at der var stor forskel på de forskellige kombinationers kvaliteter som syrevækkere. Nogen var mere egnede end andre.

Dernæst undersøgte man forskellige forholds betydning for dyrkningen af x-bakterier sammen med mælkesyrebakterier. For det første undersøgte man om, man kunne forbedre syrevækkeren ved at udså x-bakterierne i den steriliserede mælk længe før mælkesyrebakterierne. Således at x-bakteriekulturen havde vokset sig talrig før mælkesyrebakterierne tilsattes. Ved at variere tidsforskellen trinvis mellem udsåningen af de forskellige bakteriekulturer bestemte man den optimale tidsforskel. Dernæst optimerede man blandingskulturens kvalitet som funktion af dens dyrkningstemperatur ved at vælge forskellige temperaturer. Endelig optimerede man kvaliteten yderligere ved at dyrke x-bakterierne og mælkesyrebakterierne hver for sig som renkulturer, og så først derefter blande begge slags kulturer sammen i den pasteuriserede mælk, der skulle anvendes til tykmælksprøven. (Storch , 1919, s. 53-67)

Derefter undersøgte man, hvilke talmæssige forhold der var mellem antallet af mælkesyrebakterier og x-bakterier iforskellige blandinger af disse i mælkekulturer. Antals-

bestemmelsen foregik, ved at tælle de bakterier man kunne se gennem et mikroskop. Ved udførsel af tykmælksprøver bestemtes det best mulige blandingsforhold.

Det næste problem man behandlede var om mejerisyrevækkere altid indeholdt x-bakterier. Her konstaterede man ved at foretage stikprøver på forskellige danske mejerier, at de fandtes i disse stikprøver, samt også i færdigvarer som kærnemælk og smør. (Storch , 1919, s.67-74)

Som et led i Storch og hans assistents forsøg på at udvikle en fremstillingsmetode til at frembringe en syrevækker af høj kvalitet ud fra sammensætning af renkulturer af mælkesyrebakterier og x-bakterier, kom de ind på at karakterisere x-bakterien mikrobiologisk. Denne del af arbejdet havde karakter af naturvidenskabelig forskning, idet der skabtes ny bakteriologisk viden: Dels kom han ind på at karakterisere x-bakterierne i morfologisk henseende (ydre form og bygning), dels kom han ind på at karakterisere x-bakteriekulturernes vækstforhold, endelig kom han også ind på at karakterisere x-bakterierne i fysiologisk henseende, hvor han sammenlignede x-bakteriernes stofskifteprocesser med mælkesyrebakteriernes. Her fandt de stor forskel. Ganske vidst formåede x-bakterierne ligesom mælkesyrebakterierne at producere syre, men både i henseende til mængden og arten af de producerede syrer viste der sig meget karakteristiske forskelle imellem dem. Mens mælkesyrebakterierne hovedsageligt producerer mælkesyre og kun i meget ringe omfang flygtige syrer, viste det sig, at nærmest det omvendte var tilfældet med x-bakterierne. Samtidigt fandt man tegn på at x-bakterierne ligefrem besad en evne til at forbedre mælkesyrebakteriernes eksistensbetingelser. (Storch , 1919, s. 74-90)

Nu var Storch og hans medarbejder nået så langt i udviklingen af en metode til at fremstille en optimal syrevækker ud fra renkulturer af x-bakterier og mælkesyrebakterier, at man kunne lave praktiske forsøg i mejerier, med syrevækkere fremstillet ud fra den nævnte metode. Dette arbejde med at

omsætte forsøgsresultaterne i produktionsmæssig praksis indebar imidlertid mange vanskeligheder. Dog mente man fra forfatterens side at have bevist, at x-bakteriernes tilstedeværelse i en syrevækker betyder et afgørende plus, når det drejer sig om at fremstille smør. De vigtigste problemer, man stødte ind i var, at syrevækkerne ikke bevarede deres egenskaber, når de blev udsat for overgangen fra laboratoriedyrkning til syrningsprocessen i et mejeri. Ved forsøg viste det sig, at det var overgangen fra dyrkning på luftmættet mælk til dyrkning på luftfattig, som i flere syrevækkere havde fremkaldt en svækkelsestilstand, der tilsyneladende svarede fuldstændig til den de laboratoriefremstillede syrevækkere ofte gennemgik ved at bringes i anvendelse i mejerierne. Derfor gik man så over til at dyrke laboratoriekulturerne på luftfattig mælk, for på forhånd at vænne dem til denne dyrkningsmåde, således at de kunne overføres til mejerierne uden at gennemgå nogen svækkelsesperiode. Når Storch og hans assistent behandlede syrevækkerne på denne måde, viste det sig, at syrevækkerne ikke blev svækkede ved at overføres til mejerierne. Selvom man nu var kommet ud over problemet med svækkelsen, var man dog dermed ikke kommet ud over vanskelighederne med de forandringer i syrevækkernes sammensætning, der så ofte indtraf ved forsøgsdyrkingen i mejerier. Disse forandringer bestod i at aromasyrevækkerne (mælkesyrebakterier + x-bakterier) gav en smag magen til den som renkulturer (mælkesyrebakterier) frembragte, og i at renkulturer bevirkede en smag, der var magen til den, som aromasyrevækkere frembragte. Det viste sig, at sidstnævnte forandring beroede på, at renkulturerne blev inficeret med x-bakterier fra mejeriet, hvorved den forvandlede til en aromasyrevækker. Ligeledes mente man, at årsagen til førstnævnte forandring var, at der skete en hæmning af de tilstedeværende x-bakterier, således at de blev inaktive under syrningen. Løsningen på dette problem mente man da måtte

være at finde sådanne kombinationer af mælkesyrerenkulturer og x-bakterier, som lod sig dyrke i mejerierne, uden at x-bakterierne hæmmedes. I stedet for at kombinere en type x-bakterier med en eller flere mælkesyrerenkulturer, som man hidtil havde gjort, gik man nu over til at sammensætte aromasyrevækkere af to eller flere typer x-bakterier, dyrket sammen med to eller flere mælkesyrerenkulturer. Forskellige kombinationer blev da afprøvet ved forsøg dels ved tykmælksprøven og dels i praksis ved smørsyrning i et mejeri, hvorved man fandt frem til aromasyrevækkere, der ikke blev hæmmede. Blandt disse kunne man så vælge den kombination som gav bedst smørkvalitet. (Storch , 1919, s. 94-114)

Storch og hans assistenter havde således demonstreret, at det var muligt at fremstille syrevækkere af laboratoriemæssig vej, som ikke bare var fuldt på højde med de på daværende tidspunkt bedste i mejeribruget anvendte syrevækkere, men som også var stabile ved forsøgsmæssig anvendelse i mejeribruget. Dette var som nævnt noget man ikke kunne være fuldstændig sikker på når man anvendte en almindelig syrevækker. Ligeledes havde man demonstreret x-bakteriernes afgørende betydning for frembringelsen af smør, som havde den rette høje kvalitet, og dermed afvist den opfattelse, at de hidtil kendte mælksyre kulturer var tilstrækkelige til at frembringe denne kvalitet. (Storch , 1919, s. 114.15)

5.2.7. Karakteren af Storchs fortsatte undersøgelser.

Storch's og hans medarbejders fortsatte arbejder havde karakter af at være et forsøg på at løse det tekniske problem, det var, at man ikke med den ønskede sikkerhed kunne tilvejebringe en syrningsproces, som gav smør med den aroma og smagsfylde, som er karakteristisk for dansk smør. For at løse dette overordnede tekniske problem udførte Storch og hans assistenter forskningsarbejder af højst forskellig-

artet karakter. Dels arbejdede man med syrningsprocessen som en proces man egentlig ikke forstod særlig dybt, og derfor var henvist til at prøve sig systematisk frem ad erfaringsmæssig vej. Dels reviderede man den ældre syringsteori ved opdagelsen af x-bakterierne. Denne teoretiske revision har på et mere overordnet plan metodiske ligheder med naturvidenskabelig forskning: Der foregik en vekselvirkning mellem teori og praksis. Dels udgjorde den bakteriologiske karakterisering af x-bakterierne naturvidenskabelig forskning. Denne karakterisering var ikke kun naturvidenskabelig rutine. Den var formodentlig direkte teknisk nødvendig af følgende årsager:

- 1) Hvis man selv eller andre skulle kunne gen-identificere de pågældende typer af x-bakterier i det videre tekniske arbejde med at opnå kontrol over syrningsprocessen.
- 2) Hvis man skulle kunne skelne nye ukendte typer af bakterier med anderledes karaktertræk fra de hidtil kendte. Karaktertræk, der jo ofte havde syringsteknisk relevans.

Opsummerende kan man da sige, at den begyndende videnskabeliggørelse af teknologisk innovation inden for syrevækkerområdet dermed viste sig både på det forskningsmetodiske felt og på iværksættelsen af naturvidenskabelig forskning.

5.2.8. Senere dansk forskning i syrevækkerproblematikken.

I det følgende skal der ikke gives en systematisk afdækning af den forskning, der senere udføres i tilknytning til syrevækkerproblematikken, men blot fremhæves enkelte mere betydningsfulde arbejder af videnskabelig og teknisk-videnskabelig karakter i fortsættelse af Storch's banebrydende arbejder. Denne summariske gennemgang skal medvirke til at illustrere videnskabeliggørelsens omfang i dansk teknologisk innovation inden for syrevækkerområdet, og give et indtryk af karakteren af denne. Ligeledes vil de praktiske konsekvenser af denne forskning i form af udviklingsarbejder og konkrete teknologier ikke blive behandlet ret meget. Blot skal det konstateres, at de beskrevne arbejders formål overvejende er teknisk. Disse forskningsarbejder foregår henholdsvis på Polyteknisk Lærestanstalt og KVL's Mælkerlaboratorium.

Undersøgelser på Polyteknisk Lærestanstalt af syrevækkerens bakteriologiske forhold.

I forlængelse af Storch's undersøgelser fra 1919 påviser Orla-Jensen og medarbejdere i 1926, at Storch's x-bakterier hører til den gruppe af kugleformede mælkesyrebakterier, som Orla-Jensen i et grundlæggende arbejde om mælkesyrebakteriernes systematik fra 1919 har betegnet som betakokker. Orla-Jensen viser også, hvordan man teknisk kan påvirke væksten af x-bakterier i syrevækkeren, idet væksten af disse i mælk bl.a. er karakteriseret ved at blive stimuleret ved tilsætning af gærautolysat. Det skal nævnes, at gærautolysat er et næringsstof fremstillet på basis af gær.

Undersøgelser på KVL's Mælkerlaboratorium af syrevækkerens bakteriologiske og biokemiske forhold.

Efter at have undersøgt et større antal x-bakterier isolerede fra syrevækkere betegnede Søncke Knudsen og A. Sørensen dem med det bakteriesystematiske navn *Betacoccus cremoris*

efter den plads de bør indtage, i Orla-Jensen's bakterie-systematik. Søncke Knudsen's og A. Sørensen's forskningsarbejde publiceres i 1929. I dette beskrives forskellige karakteristiske gæringsfysiologiske træk ved *Betacoccus cremoris*, idet man ikke bare får klargjort forskellige stoffers indflydelse på gæringsprocessen, men også identificerer væsentlige af de ved gæringen fremkomne aromatiske stoffer. Desuden vises *Betacoccus cremoris*' store afhængighed af de øvrige mælkesyrebakteriers vækststimulerende indflydelse. Søncke Knudsen og A. Sørensen viser også at i typiske gode syrevækkere kan de sidstnævnte bakterier overvejende klassificeres i arten *Streptococcus cremoris*, Orla-Jensen.

Senere udenlandske undersøgelser antyder betydningen af andre aromadannende mælkesyrebakterier i syrevækkeren, og i forlængelse af disse genoptager A.^{Sø}rensen sin forskning i de aromadannende mælkesyrebakteriers identitet, og i 1944 identificerer han endnu en aromadannende mælkesyrebakterie, som han^{*/} lægger stor betydning ved flødens syring. Denne identifikation finder samtidigt sted i polsk forskning.

Overby fortsætter forskningen på Mælkerilaboratoriet i syrevækkerens bakteriologiske og biokemiske forhold. I hans arbejde fra 1946 bekræfter han tidligere nævnte arbejder i citronsyres betydning for dannelse af et væsentligt aromastof. Det vises yderligere, at det forhold at bl.a. Jerseymælk er bedre substrat til dyrkning af syrevækkere end ordinær mælk, i det væsentlige må skyldes jerseymælkens større indhold af citronsyre. Den praktiske betydning af at variere citronsyrekonzentrationen viser sig ved, at tilsætning af citronsyre til fløden bevirker en stigning af koncentrationen af det nævnte aromastof. I den fortsatte forskning i syrningsprocessens afhængighed af forskellige faktorer påbegynder Overby at studere bakteriofagers (**virus, der angriber bakterier**) hæmmende virkning overfor syrevækkerbak-

terierne. Tekniske problem forårsaget af bakteriofager viser sig med stigende styrke i slutningen af 1940'erne, og i 1949 fremlægger Overby det første eksperimentelle bevis på forekomsten af bakteriofager på danske mejerier. Den af ham undersøgte bakteriofag viste sig at hæmme 11 af de i en langsomt voksende syrevækker værende 15 streptokokstammer. (H.M. Jensen bd. I, 1962, s. 355-59)

LITTERATUR

Svend Dahl (red.)

Danmarks Kultur ved aar 1940.

Bind IV

Det danske Selskab. Det danske Forlag

København, 1942

s. 302

K. Hansen (red.)

Det danske landbrugs historie. Fjerde bind. Bygninger.

Mejeri. Redskaber

G.E.C. Gads forlag

København, 1925-33

s. 265-291

H.M. Jensen (red.)

Dansk Mejeribrug. Bind 1

De danske mejeriforeningers fællesorganisation på

forlaget Liber A/S

København, 1962

s. 349-363

Søncke Knudsen

Forelæsninger over mejerikemi og mejeribakteriologi for
mejeribrugsstuderende ved den kgl. Veterinær- og Landbohøj-
skole

København, 1944

s.241-253

Niels Lichtenberg

Dansk teknik. Dens udvikling og indsats.

H. Hirschsprung Forlag.

København, 1942

s. 188-189

H.P. Lunde

32. Beretning fra den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskoles
Laboratorium for landøkonomiske Forsøg
Syrningsforsøg (Sammenligning mellem Handelssyrevækkere og
Kjærnemælk fra gode Mejerier)

Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskoles Laboratorium for
landøkonomiske Forsøg i Kommision hos det Schubothe'ske
Forlag

Kjøbenhavn, 1895

V. Storch

18. Beretning fra den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskoles
Laboratorium for landøkonomiske Forsøg
Nogle Undersøgelser over Flødens Syrning

Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskoles Laboratorium for
landøkonomiske Forsøg

Kjøbenhavn, 1890

V. Storch (under redaktion af N.O. Hofman-Bang og A.V. Kra-
rup)

102. Beretning fra Forsøgslaboratoriet
Fortsatte Undersøgelser over Fremstillingen af Syrevækkere
Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskoles Laboratorium for
landøkonomiske Forsøg i Kommision hos Aug. Bang

København, 1919

Holger Ærsøe

200. Beretning fra Forsøgslaboratoriet
Husdyrbrugsforsøgsvirksomheden i Danmark. En Redegørelse
for Landøkonomisk Forsøgslaboratoriums Oprettelse, Udvik-
ling og Virksomhed i Tiden 1882-1942
Statens Husdyrbrugsudvalg i Kommision hos fh. August Bangs
Forlag Ejvind Christensen
København, 1943

5.3. VIDENSKABELIGGØRELSE AF TEKNOLOGISK INNOVATION INDEN FOR KAJDIMENSIONERING.

5.3.1. Firmaet Christiani & Nielsen 1904 til ca. 1950.

Firmaet Christiani & Nielsen blev stiftet i 1904 af ingeniør Rudolf Christiani og kaptajn Aage Nielsen. I de første 30-40 år voksede C&N op til et verdensfirma med afdelinger i ca. 24 lande. Det ved århundredeskiftet nye, i Danmark næsten ukendte byggemateriale, der udførtes af beton med jernindlæg, kaldtes dengang "armeret beton", mens det senere her i landet anvendte navn "jernbeton" indførtes af virksomheden C&N. Firmaet blev stiftet på et tidspunkt, hvor man på det bygningsteknologiske område stod ved begyndelsen af en rivende udvikling. C&N gjorde jernbetonkonstruktioner til sit speciale. Virksomheden satte sig på at udbrede jernbetonkonstruktionernes anvendelsesområde yderligere og finde frem til de konstruktionstyper, der var optimale praktisk og økonomisk set, både på husbygnings-, brobygnings- og vandbygningsområdet. Kajmure, broer og mange andre konstruktioner blev til lidt efter lidt gennem mangfoldige beregninger og forsøg på virksomhedens tegnestuer. Nogle af konstruktionerne blev gennem årene til standardtyper. For eksempel har firmaet opfundet og udviklet en kajtype, som har fundet stor international udbredelse. Den består af rammede spundsvægge og pæle af jernbeton, og blev i sin mest primitive form først anvendt i Ålborg og Assens 1906. I slutningen af 30'erne og i begyndelsen af 40'erne fandt den sin mere fuldendte form, med spundsvæggen forankret til en belastet plade hvilende på skråpæle og pælebukke. Denne er blevet anvendt til kajmure på de største dybder og med de vanskeligste bundforhold, som f.eks. i Hamburg, St. Nazaire, Santos og Bangkok. Foruden kajmurstypen kan nævnes flere andre eksempler hvor C&N har befundet sig på den teknologiske front, så som pælefunderinger, sænkekasser, betonbroer, Cellebetonisoleringer. Dette foregik samtidigt med, at jernbetonkonstruktionerne gennemgik en hastig udvikling over hele verden. Hvad angår konstruktionernes praktiske udførelse, har firmaet navnlig specialiceret sig i funde-

deringsmetoder, såsom pælefunderinger trykluftarbejder og grundvandssænkning, samt i rationel betonsammensætning og -bearbejdning.

Iagttagere af firmaet Christiani & Nielsen's udvikling i den betragtede periode fremhæver, at en vigtig årsag til firmaets succes var dr. Christiani's klare erkendelse af, at det var nødvendigt at satse på at ligge forrest i den teknologiske udvikling. Midlet til dette var videnskabeliggørelse af den teknologiske innovationsproces:

"Hvis vi betragter firmaets første 25-30 år, ser man tydeligt Christiani's klare syn på, hvad der for et nyt ingeniørfirma er afgørende, nemlig nye løsninger på opgaver, der skønnes at være brug for i fremtiden, altså en originalt skabende virksomhed, der i øvrigt på mange felter kræver en meget høj faglig standard, ja i virkeligheden af teknisk-videnskabelig art. Dette er i dag ikke noget nyt for ledere af ingeniørvirksomheder, men det var det dengang."

(C. Ostenfeld, 1976, s. 9)

Ifølge en faglig indsigtfuld og uafhængig iagttagere, dr. Chr. Ostenfeld, skrev en af firmaets mangeårige medarbejdere, den senere professor i geoteknik J. Brinch Hansen, ved Rudolf Christianis død i 1960, at:

"Den stærkt medvirkende årsag til dr. Christianis og firmaets succes var hans klare erkendelse af, at det var nødvendigt til stadighed at ligge foran i den tekniske udvikling. Som følge deraf opmuntrede og støttede han altid sine medarbejders forsøg på at udvikle nye teorier og metoder, ligesom han selv havde gjort det i sine yngre dage."

(C. Ostenfeld, 1976, s. 10)

J. Brinch Hansen fulgte i sin tid som ledende medarbejder i C&N de teknologiske innovationsprocesser tæt på. I 1946 udgav han et essay i C&N's skriftserie, C&N-bulletin. Dette essay handlede om udviklingen af den nævnte kajstandardtype C&N-kajen, fra dens oprindelige simple udformning til dens senere mere komplicerede udformning. Som illustration af denne kajtypes betydning for virksomhedens ansigt udadtil

skal det nævnes, at virksomhedens varemærke er C&N-kajens profil. I det nævnte skrift behandler han både teori og praksis i den fortløbende innovationsproces, som udviklingen af C&N-kajen var fra 1906-46. Dette essay spiller en væsentlig rolle som kildemateriale i dette afsnit af vores rapport.

Andre udtryk for at C&N satsede på videnskabeliggørelse af de teknologiske innovationsprocesser, som foregik i virksomheden, var den betydelige vekselvirkning, som fandt sted med Polyteknisk Lærestalts bygningsafdeling. For det første aftog firmaet mange nybagte civilingeniører fra lærestalten:

"Firmaet har for mange yngre ingeniører været en art fortsættelseskursus efter afgangseksamen, idet talrige unge ingeniører er begyndt hos os, ligesom de fleste betydelige danske ingeniør- og entreprenørfirmaer deres ledelse har ingeniører, som i kortere eller længere tid har fået deres ungdomsuddannelse i vort firma." (Christiani & Nielsen, 1944, s. 10-11)

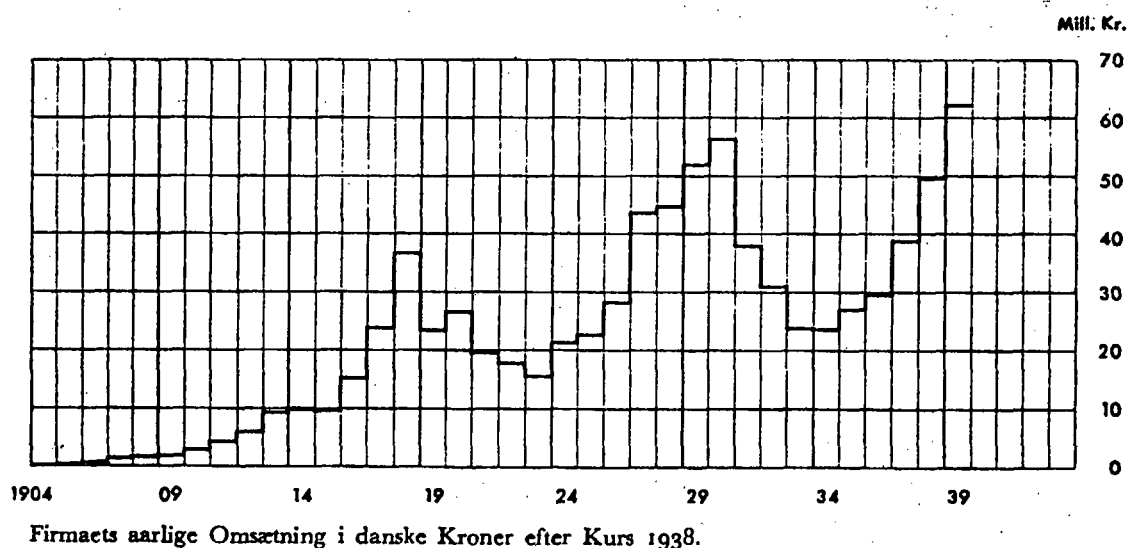
Yderligere opfordredes medarbejderne til at publicere artikler og afhandlinger i deres eget navn, og for nogle ingeniører skabtes derved grundlaget for en teknisk doktordisputats. For flere af disse ingeniører blev "fortsættelseskurset" i virksomheden C&N dermed springbræt til en akademisk karriere. Her kan man videre citere Brinch Hansens nekrolog over R. Christiani fra 1960:

"Af de dengang (vores anm.: ca. 1960) 15 bygningstekniske doktorafhandlinger er 8 skrevet af ingeniører fra c&N (vores anm.: den tekniske doktorgrad blev indstiftet i 1916), og DTH har foreløbig i 5 tilfælde hentet bygningstekniske professorer sammensteds." (C. Ostenfeld, 1976, s. 10)

Endelig har en del udenlandske bygningstekniske doktorer været knyttet til firmaet.

Virksomheden C&N var først og størst inden for sit felt i Danmark:

De var pionerer mht. anvendelsen af jernbeton til bygge-og anlægsvirksomhed. Alle de store etablerede byggefirmaer af idag: Højgaard & Schultz, Monberg & Thorsen og Kampsax er i det store og hele at regne som spin-off virksomheder fra C&N, idet alle disse firmaer stort set stiftedes af tidligere ansatte i C&N i perioden omkring 1. verdenskrigs afslutning.



Figur 1 (Christiani & Nielsen, 1944, s. 11)

Det skal bemærkes, at figur 1 viser summen af omsætningerne i alle det internationale firma C&N's afdelinger rundt omkring i verden.

være grund til at tro, at C&N i den betragtede periode voksede sig temmelig stor sammenlignet med tilsvarende danske firmaer. I virksomhedens 40-års jubilæumsskrift fra 1944, hvor figur 1 er taget fra, anføres det, at denne kurve er udtryk for, at C&N i den betragtede periode har haft større omsætning end noget andet tilsvarende dansk firma:

"Når man tager i betragtning, at vi startede firmaet med en kapital på kun 20.000 kr., taler den stedfundne udvikling formentlig for sig selv, og vi tror at kunne sige, at den ovenfor nævnte totale omsætning (vores anm.: fra 1904 til 1944) overstiger, hvad noget andet firma inden for samme branche hidtil har nået." (C&N 1904-44, 1944, s. 12)

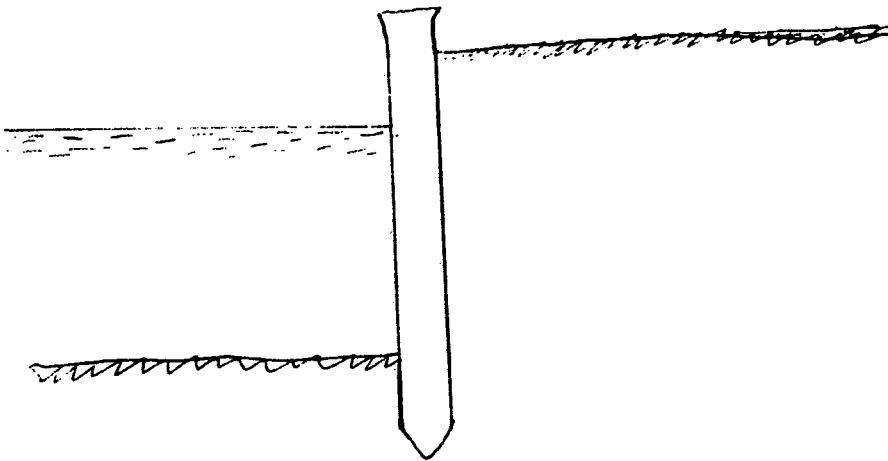
I det pågældende jubilæumsskrift betegner firmaet sig som en "international koncern", hvilket vel også er helt rimeligt, når man betragter, at de som nævnt på daværende tidspunkt havde oparbejdet afdelinger i ca. 24 lande verden over. Christiani & Nielsen var derfor en meget stor og betydningsfuld virksomhed i bygge- og anlægsbranchen i den periode vi betragter, samtidigt med at den tydeligvis var den mest avancerede teknologisk set på mange områder. Dette siger noget om virksomhedens karakter af at være et eksempel på en begyndende videnskabeliggørelse af teknologisk innovation i bygge- og anlægsbranchen. (C. Ostenfeld, 1976, s. 7-11 og 17-50), (C&N 1904-44, 1944, s. 7-14)

I det følgende vil vi give en historisk beskrivelse af, hvorledes dansk teknologisk innovation har forandret sig historisk op til ca. 1950 inden for et bestemt afgrænset felt, nemlig kajmursdimensionering. Hensigten er at illustrere, hvorledes der sker en begyndende videnskabeliggø-

relse. Da C&N var teknologisk ledende på dette felt i Danmark fra sin begyndelse og op til ca. 1950, hvor vi slutter vores historiske undersøgelse, kan man være rimeligt sikker på, at det er tilstrækkeligt at afgrænse sig til dette firma, hvis man ønsker at illustrere den begyndende videnskabeliggørelse på området. Videnskabeliggørelse af teknologisk innovation finder som tidligere nævnt sted, dels ved videnskabeliggørelse af frembringelsen af ny teknisk viden, og dels ved videnskabeliggørelse af kombineringen af eksisterende viden. De følgende afsnit er deskriptive og efterfølges af et diskuterende og konkluderende afsnit, som især forsøger at vise, hvorledes der sker en begyndende inkorporering af træk, der er særegne for naturvidenskabelig forskning, i den kajdimensionerings-teknologiske innovationsproces.

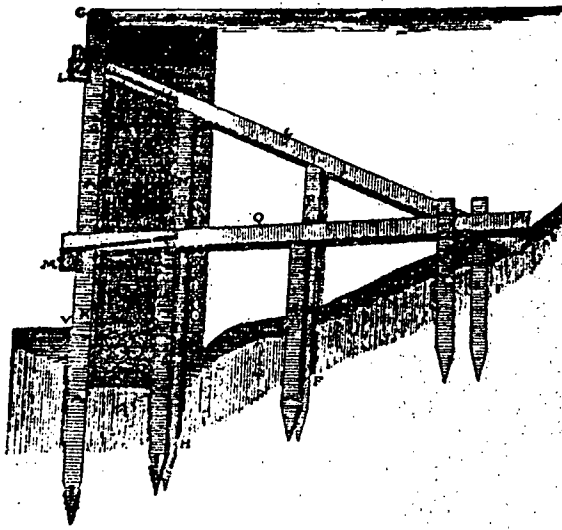
5.3.2. Erfaringsbaseret innovation af kajkonstruktioner.

Kajkonstruktioner udførtes i ældre tider i deres mest primitive form som træstammer, der var nedrammet i havbunden tæt ved siden af hinanden som indfatning af en jordmasse. Disse primitive kajindfatninger kaldes bolværker. Det lodrette tværsnit af et sådant er afbildet herunder i figur 2.



Figur 2: bolværk.

Da man med tiden begyndte at tage større vanddybder i brug ved kajerne, var bolværket i sin enkleste form ikke tilstrækkeligt længere. De større vanddybder betød stigende jordtryk bag bolværket, hvorfor den afstivning, der lå i, at man havde nedrammet pælene, ikke var solid nok. Det blev da nødvendigt at innovere kajteknologien ved at forsyne bolværkerne med en forankring, som førtes ind igennem den jordmasse, der skulle understøttes. Denne forankring fastgjordes i ankerpæle, pælebukke eller ankerplader. Sådanne forankrede bolværker er vist i figur 3 og 4.



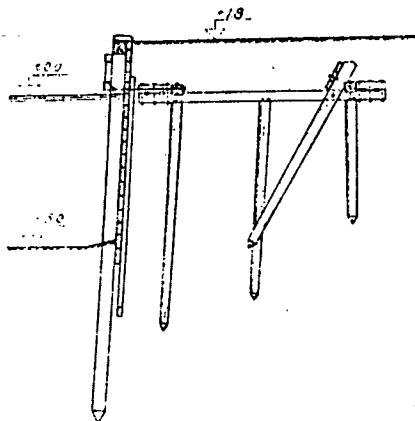
Figur 3: Bolværk
fra Dunkerque fra
omkring 1700.

Da der imidlertid ikke eksisterede noget teoretisk grundlag, man kunne dimensionere kajkonstruktioner efter, var man før 1900 henvist til at nyudvikle kajkonstruktioner ad erfaringsmæssig vej. Dette gælder selvfølgelig også ovennævnte udvikling fra det enkle bolværk til det forankrede. Gennem århundrederne etableredes der erfaringsmæssige tommelfingerregler for, hvad der regnedes for rimelige kajkonstruktioner og -dimensioner, og der udvikledes gradvis bestemte veldefinerede kajtyper tilpasset de gældende anvendelsesmuligheder og vanddybder:

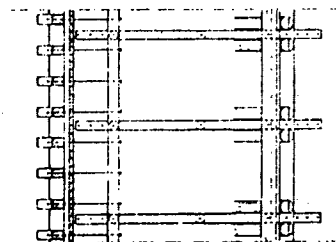
"excellent practical rules were in use for determining reasonable dimensions of quay-walls of the types prevailing at that time and for the depths of water in question."
(J. Brinch Hansen, 1946, s. 10)

I figur 3 er der afbildet en kajmurstype, som har været anvendt i de fleste danske havne i tiden før 1900. Kajmuren bestod udelukkende af tømmer, og konstruktionsprincippet var en forankret kajindfatning. Selve kajindfatningen, som også betegnes spunsvæggen, bestod af hjertepæle foran en væg af tømmerplader, som var fastgjort af lodrette planker bag dem. Kajindfatningen var da forbundet til en vandret bjælke understøttet af pæle. Denne bjælke er da forankret i kajens indre i en ankerplade.

lodret tværsnit



vandret tværsnit



Figur 4: Kajmur af træ af dansk type

I en verden under hastig industrialisering stillede skibsfarten stadig større krav til havnenes udformning. Dette galdt bl.a. vanddybderne, der skulle forøges. Det blev da i slutningen af 1800-tallet nødvendigt at anvende andre konstruktionsprincipper og materialer, fordi de traditionelt anvendte kajkonstruktioner af træ, murværk og almindelig beton kun egnede sig til forholdsvis lave vanddybder. På samme tidspunkt introduceredes det nye materiale "armeret beton", som jo senere blev omdøbt af firmaet Christiani & Nielsen til "jernbeton". Dette materiale forsøgte man også at anvende i vandbygning. Dette rejste imidlertid teknologiske problemer, nemlig hvordan man laver en rationel dimensionering af en jernbetonkajmur, og om en sådan i det hele taget kan modstå havvandets nedbrydende effekt. Problemet, om hvorledes man dimensionerede rationelt, opstod fordi man ikke havde den fornødne viden. De gamle erfaringsmæssige regler, som man havde dimensioneret kajmure efter i århundreder, strakte ikke til længere, idet nye konstruktionstyper, større vanddybder og nye materialer som jernbeton og stål lå uden for deres gyldighedsområde. Desuden eksisterede der ingen anvendelige teorier på området. (J. Brinch Hansen, 1946, s. 9-11)

I det følgende vil vi nu følge den fortløbende nyudvikling, der fandt sted inden for kajdimensioneringsteknikken i virksomheden Christiani & Nielsen. Opmærksomheden vil især samle sig om tre hovedfelter: dimensionering af spunsvægge og pæleværker, samt skredsikkerhedsanalyse. Innovationerne inden for de tre områder vil ikke blive behandlet områdevis i tre særskilte afsnit. I stedet er der valgt en så vidt mulig kronologisk fremstillingsmåde.

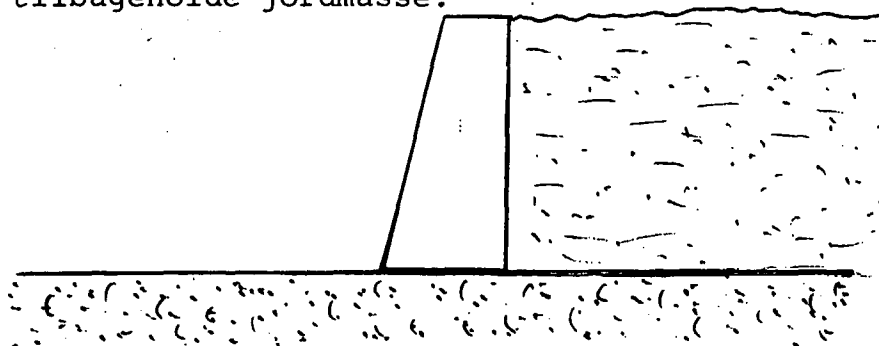
5.3.3. Christiani's princip for dimensionering af spunsvægge.

Da Rudolf Christiani og Aage Nielsen grundlagde deres virksomhed i 1904, var et af udgangspunkterne dermed, at der ikke eksisterede nogle anvendelige teorier til at dimensionere forankrede spunsvægge efter:

"it was justly maintained that no usable theory for calculation of anchored sheet walls (forankrede spunsvægge) existed at all, and that the empirical rules for designing, used so far, could not be used when other types of construction, other materials, and greater depths of water were introduced." (J. Brinch Hansen, 1946, s.11)

Den eneste teori, som eksisterede på det geotekniske område, var Coulomb's jordtryksteori, som oprindeligt var opstillet mhp. beregning af jordtrykket bag en støttemur, som er en stiv væg eller mur, til hvilket den er en udmærket tilnærmelse.

Figur 5: Støttemur til at tilbageholde jordmasse.

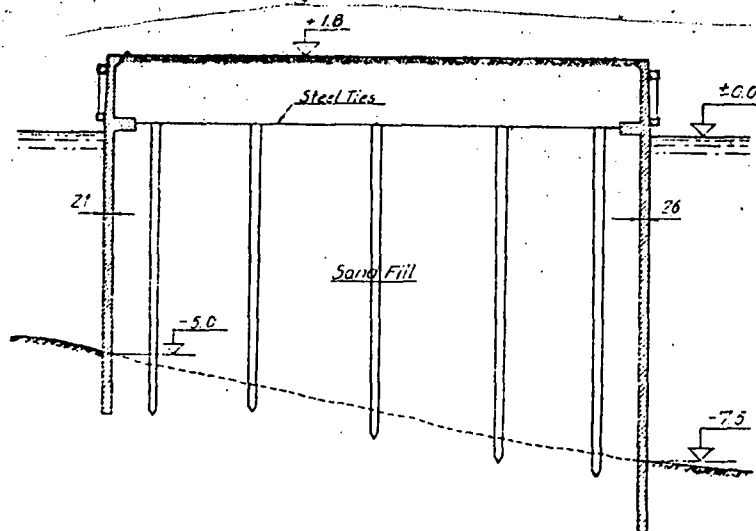


Denne teori forsøgte forskellige virksomheder at anvende til dimensionering af forankrede spunsvægge, der var elastiske og derfor lå uden for teoriens gyldighedsområde. Dette førte imidlertid til meget overdimensionerede og derfor uøkonomiske konstruktioner i sammenligning med de traditionelle tømmerkonstruktioner. Der eksisterede således også et teoretisk problem: Hvordan fik man udbygget Coulomb's jordtryksteori til også at gælde forankrede spunsvægge? (Ingeniøren, 1957, s. 810-11) (Harremoës et al., 1980, s. 11.5)

Den første som fandt en praktisk løsning til det nævnte teknologiske problem, var den ene af stifterne af virksomheden Christiani & Nielsen, civilingeniøren Rudolf Christiani. Dette gjorde han ved at foreslå en løsning til ovennævnte teoretiske problem. I 1906 påviste han kort fortalt, at når man beregnede jordtryksfordelingen ud fra Coulomb's teori på de traditionelt anvendte træbolværker, der som nævnt var dimensionerede ud fra velkendte erfaringsmæssige regler og derfor velafprøvede i praksis, så fandt man spændinger, der var 3-4 gange så store som de normalt tilladelige spændinger i trækonstruktioner. Dette antog Christiani kun kunne skyldes, at den virkelige jordtryksfordeling langs træspunsvæggen var anderledes end den fordeling man kom frem til ud fra Coulombs teori, hvilket betød, at de virkelige bøjningsmomenter ville blive betragteligt mindre end de beregnede. Han gjorde endvidere den forenklende antagelse, at de samme omstændigheder måtte være gældende for spunsvægge af jernbeton, således at man blot skulle korrigere de spændinger, man nåede frem til vha. Coulomb's jordtryksteori med en faktor 3-4 og dimensionere spunsvæggene derefter. Denne antagelse gjorde han, selv om træ og jernbeton er materialer med højst forskellige egenskaber, og selv om det ikke er sikkert, at faktoren 3-4 vil forblive den samme ved anvendelse af andre dimensioner og vanddybder. En lang række

vellykkede og økonomiske jernbetonkajer udført af firmaet Christiani & Nielsen efter dette princip, beviste i praksis berettigelsen af denne analogislutning. (J. Brinch Hansen, 1946, s. 15-16) (J. Brinch Hansen, 1953, s.42-43)

En 12 m bred og 40 m lang mole, der blev bygget af Christiani & Nielsen ved Nørresundby i 1906, var den første konstruktion, der succesfuldt blev bygget efter det nye princip (se figur 6). Den består af to spunsvægge af jernbeton, som er forankret til hinanden, med sandfyld i mellemrummet. Spunsvæggene var af jernbeton med de ikke tidligere anvendte ringe tykkelser på 26 cm og 21 cm svarende til vanddybder på respektive 7,5 m og 5,0 m. Denne konstruktion viste sig at være billigere end en tilsvarende tømmerkonstruktion, særdeles holdbar og gav endda en pæn profit til virksomheden. Vejen var dermed åbnet for den hastige udvikling som disse konstruktioner siden har gennemløbet; Inden for virksomheden Christiani & Nielsen lanceredes og udvikledes der i tiden derefter en ny speciel kajmurstype, den såkaldte C&N-kajmur, der blev prototypen på en lang række kajkonstruktioner udført af Christiani & Nielsen i mange lande. (J.Brinch Hansen,1946, s. 12-17)



Figur 6: Lodret tværsnit af mole ved Nørresundby (1906).

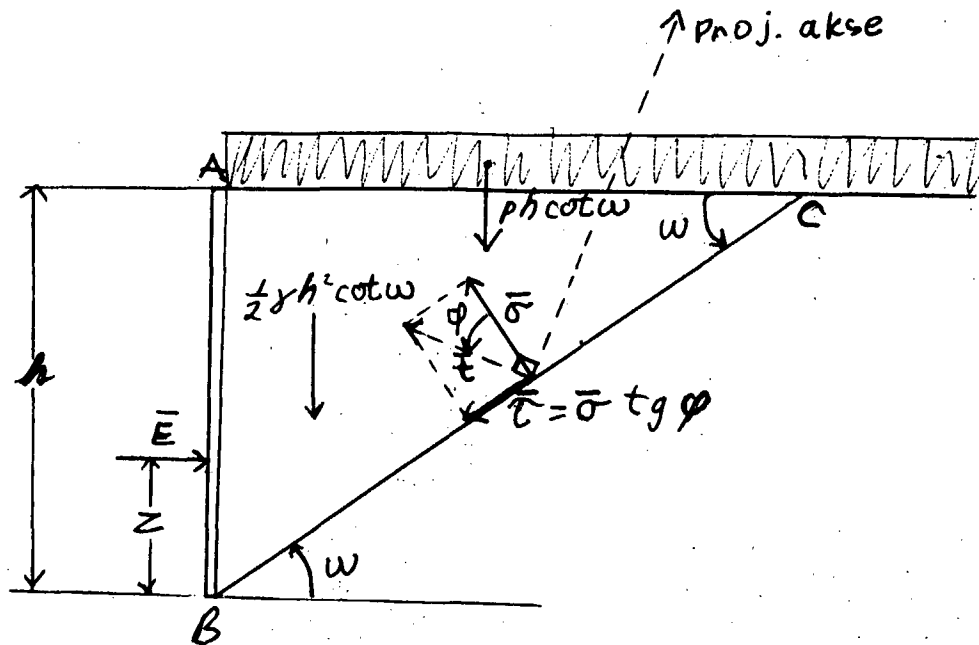
5.3.4. Coulomb's jordtryksteori.

I det foregående afsnit blev Coulomb's jordtryksteori omtalt i forbindelse med opstillingen af Christiani's princip for dimensionering af forankrede spunsvægge, dog uden at komme nærmere ind på hvad Coulomb's jordtryksteori nærmere gik ud på. I dette afsnit skal forsøge at give en fornemmelse af indholdet i Coulomb's teori og dens mulighed for anvendelse til bestemmelse af dels det resulterende jordtryk på en støttemur og dels jordtryksfordelingen bag en støttemur. Disse formler fandt anvendelse i kajmursdimensioneringen hos Christiani & Nielsen; men der skal dog ikke gives en mere detaljeret beskrivelse af, hvorledes disse formler er blevet anvendt i praksis under dimensioneringen af kajer.

I den første halvdel af 1700-tallet blev der af franske og engelske ingeniører udført adskillige forsøg på eksperimentel bestemmelse af jordtryk. Ingen af disse undersøgelser førte dog til rationelle og logiske dimensioneringskriterier for jordtrykspåvirkede konstruktioner. I 1776 publicerede Coulomb en teori for jordtrykket bag en støttemur. Denne teori viste sig som allerede nævnt at være en udmærket tilnærmelse for beregning af jordtrykket bag en almindelig støttemur. (Harremoës et al., 1980, s. 11.5) (A. Q. Golder, 1948, s. 67)

Som det vil ses, består Coulomb's jordtryksteori dels af elementer fra en fundamental naturvidenskabelig teori som den klassiske mekanik, dels af forenkende antagelser om egenskaberne ved den af støttemuren tilbageholdte jordmasse.

I det følgende skal Coulomb's jordtryksteori gennemgås i et vigtigt specialtilfælde: ved glat væg for kohæsionsløs (dvs. uden sammenhængskraft), belastet jord med vandret overflade. Det skal nævnes, at beregningen ikke er fuldstændig magen til Coulomb's oprindelige udledning.



Figur 7: Coulombs teori ved lodret, glat væg for kohæsionsløs belastet jord med vandret jordoverflade. Det er underforstået at væggen er en støttemur, som afbildet i figur 5.

Vi skal som vist ud fra figur 7 på grundlag af teoretiske betragtninger beregne jordtrykket på en støttemur. Denne har højden h , og jordoverfladen er vandret og belastet med en jævnt fordelt belastning, der udøver et tryk p nedad. Væggen forudsættes som nævnt at være glat, hvilket betyder, at der i grænsefladen mellem væggen og jorden kun kan overføres normalspændinger. Jorden forudsættes som nævnt ligeledes at være kohæsionsløs, dvs. uden sammenhængskraft. Desuden forudsættes den at have friktionsvinklen φ , dvs. at dennes interne friktion er givet ved friktionskoefficienten $\mu = \operatorname{tg} \varphi$. Derudover forudsættes den at have rumvægten γ , som er tyngden pr. volumenenhed. Endelig

forudsættes det, at muren har enhedsbredde.

Grundlæggende antages forenkende, at der i brudtilstanden dannes et ret liniebrud, dvs. en plan brudflade, som strækker sig fra væggenes fodpunkt op til jordoverfladen. Denne antagelse er en forenkling, fordi brudfladen i virkeligheden er delvis buet. Coulomb var godt selv klar over, at antagelsen var en forenkling. Plane brudflader fører imidlertid til enklere beregninger, og i de fleste tilfælde til tilstrækkelig nøjagtighed. (Lindskog, 1973, s. 91) (Golder, 1948, s. 66-71)

Vi betragter således en jordkile ABC, som begrænses af støttemuren, jordoverfladen og liniebruddet. Brudliniens vinkel ω med vandret må foreløbig betragtes som ubekendt. Der kan da være tale om to brudsituationer: 1) trykket fra støttemuren på jordmassen er lige netop blevet tilstrækkeligt stort til, at gnidningen i brudfladen overvindes, hvorved den betragtede jordkile i brudtilstanden parallelforskydes opad mod højre, eller 2) trykket fra støttemuren på jordmassen er lige netop blevet tilstrækkeligt lille til, at tyngden overvinder gnidningen i brudfladen, hvorved jordkilen i brudtilstanden parallelforskydes nedad mod venstre. Med jordtrykket menes nu både jordkilens tryk på muren og murens tryk på jordkilen, da disse er lige store og modsat rettede. Jordtrykket i situation 1 kaldes det passive jordtryk $E_p^{(*)}$. Jordtrykket i situation 2 kaldes det aktive jordtryk $E_a^{(**)}$. Der vil således gælde for jordtryk $E^{(*)}$, hvorom det gælder, at $E_a < E < E_p$, vil der ikke være brud i jordmassen. Inden for dette interval ligger murens arbejdsområde.

Vi vil nu først forsøge at bestemme det passive jordtryk E_p , idet vi betragter ligevægten af jordkilen ABC. Af figur 7 ses det, at ABC er påvirket af flere kræfter. For det første, tyngden af ABC: $\frac{1}{2} \gamma h^2 \cot \omega$. For det andet, belastningens tyngde: $p h \cot \omega$. For det tredje, trykket fra muren (jordtrukket): E . Endelig virker i liniebruddet normalspændingen $\bar{\sigma}$ (normalkraft/flade) og forskydningsspændingen $\bar{\tau}$

(*) Som i virkeligheden er en kraft pr. enhedsbredde.

(gnidningskraft/flade). Mellem disse to størrelser gælder relationen

$$\bar{\tau} = \mu \bar{\sigma} = \bar{\sigma} \operatorname{tg} \varphi$$

Disse to spændinger har resultanten \bar{t} . Som vist på figur 7 danner resultanten \bar{t} vinklen $\varphi > 0$ med normalen til liniebruddet.

I problemet indgår nu de tre ubekendte størrelser E, ω og \bar{t} . For at eliminere størrelsen \bar{t} projiceres alle de kræfter, der påvirker jordlegemet ABC, ind på en retning, som er vinkelret på \bar{t} . Dette giver en ligning, ud fra hvilken vi kan bestemme jordtrykket som funktion af ω :

$$E(\omega) \cos(\omega + \varphi) - (\frac{1}{2} \gamma h^2 + ph) \cot \omega \cos(\pi/2 - (\omega + \varphi)) = 0$$

$$E(\omega) = (\frac{1}{2} \gamma h^2 + ph) \cot \omega \operatorname{tg}(\omega + \varphi)$$

Ved at sætte $E'(\omega) = 0$, fås en størrelse $\omega_0 = 45^\circ - \varphi/2$, som ved indsættelse giver ekstremumsværdien:

$$E_{\text{ext}} = (\frac{1}{2} \gamma h^2 + ph) \operatorname{tg}^2(45^\circ + \varphi/2) = K(\varphi) (\frac{1}{2} \gamma h^2 + ph)$$

For $\varphi > 0$ er dette en minimalværdi af jordtrykket E . Denne minimalværdi må være det søgte passive jordtryk E_p , idet jordtrykket kun lige netop behøver at vokse til denne værdi, for at der første gang optræder en fuldt udviklet brudtilstand.

I den aktive brudtilstand vil forskydningsspændingen blive modsat rettet i forhold til den passive tilstand. Dette betyder at $\varphi < 0$. For $\varphi < 0$ er E_{ext} en maksimalværdi af $E(\omega)$. Denne må være det søgte aktive jordtryk E_a , idet jordtrykket blot behøver at falde til denne værdi, for at der for første gang optræder en fuldt udviklet brudtilstand.

Så længe man kun antager brudlinier gennem væggen fodpunkt, giver Coulomb's jordtryksteori ingen mulighed for at bestemme jordtryksfordelingen. Hvis det imidlertid antages, at der udgår brudlinier fra hver eneste punkt på

væggen, bliver ovennævnte formel gyldig for hver eneste dybde h mindre en den totale dybde h_{\max} af væggen. Ved differentiation mht. h fås jordtryksfordelingen bag støttemuren

$$e(h) = \frac{dE}{dh} = K(\varphi) (\gamma h + p)$$

Trykfordelingen er dermed lineær og kommer således til at svare til den hydrostatiske trykfordeling (dvs. trykket som funktion af dybden i væsker i hvile). (Harremoës et al., 1980, s. 11.5-11.11), (J. Brinch Hansen, 1953, s. 24-26)

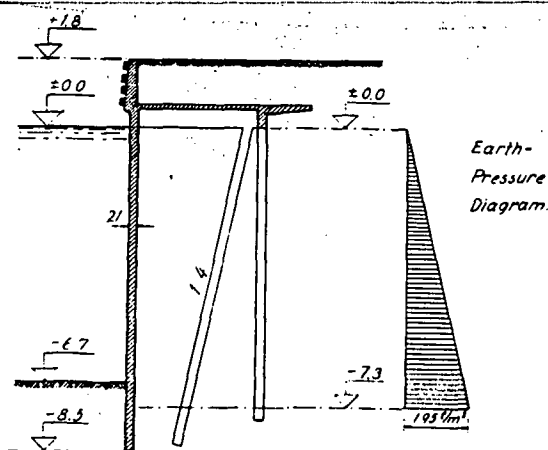
5.3.5. Udviklingen af C&N-kajmurstyper.

Som et led i kortlægningen af den begyndende videnskabeliggørelse af teknologisk innovation på spunsvægsdimensioneringsområdet, har vi nu beskrevet Coulomb's jordtryksteori og Christiani's succesfulde anvendelse af denne. Ligeledes blev det omtalt, hvordan dette princip udnyttelse åbnede vejen for den hastige udvikling, som konstruktion af kajer hos Christiani & Nielsen har gennemløbet siden da. Virksomhedens indsats på kajkonstruktionsområdet var udelukkende koncentreret om den stadige videreudvikling af en speciel kajmurstype "C&N-kajen" med bestemte karakteristika, samtidigt med at de enkelte konkrete kajkonstruktioner af C&N-typen blev taget i brug verden over. Denne fortløbende innovationsproces varede ved i hele den betragtede periode (fra 1904 til 1950) af virksomheden Christiani & Nielsens historie. I 1946 skriver civilingeniør J. Brinch Hansen i sit essay om udviklingen af C&N-kajmurstypen følgende:

"During the past 40 years the firm has designed and constructed more than a hundred wharves on the C&N system all over the world."
(J. Brinch Hansen, 1946, s. 54)

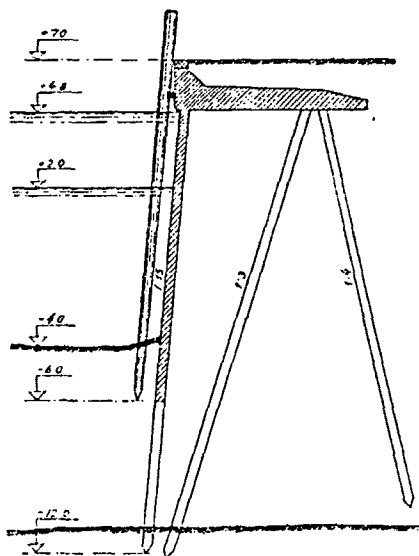
Det allertidligste eksempel på en egentlig C&N-kajmurskonstruktion var kajen i Assens (1906). I dette år fik firmaet sin anden kajmurskontrakt omfattende bygning af en jernbetonkajmur, der var 160 m lang og med en vanddybde på 6,7 m. Kajmuren skulle bygges i Assens og projekteres af firmaet. Denne konstruktion udviste allerede de mest typiske træk ved C&N-kajmurstypen (se figur 8), nemlig et fundament som bestod af en jernbetonspunsvæg, et antal jernbetonpalebukke og en vinkelformet overbygning med en lodret front og en vandret aflastningsplade. Den interessanteste teknologiske fornyelse i dette projekt er den vandrette aflastningsplade, der har tre vigtige fordele: for det første beskytter den spunsvæggen fuldstændig eller delvist mod tryk fra jorden, der ligger over aflastningspladens niveau; for det andet belaster den palebukkene, hvorved trækkræfterne i trækpælene fuldstændig elimineres eller reduceres til rimelig små værdier, for det tredje fungerer den horisontale aflastningsplade (platformen), i eget plan som en meget stiv drager, der over en betydelig længde er i stand til at fordele koncentrerede kræfter hidrørende fra fortøjningskræfter på pullerter eller stødpåvirkninger fra skibe. (J. Brinch Hansen, 1946, s. 17-18)

Figur 8: Kajmur i Assens (1906).



Karakteristisk for den videre udvikling var, 1) at man byggede på stadig større vanddybder, 2) at C&N-kajmurene skulle dimensioneres for større og større belastninger oven på og bag kajen, og 3) at man i stadig stigende grad påtog sig opgaver, hvor funderingsbetingelserne var langt fra optimale. F.eks. blev man i stand til at opbygge C&N-kajer på et underlag, der var at sammenligne med det rene mudder. (J.Brinch Hansen, 1946)

I løbet af en mindre årrække fandt C&N-kajmuren sin klassiske skikkelse. Figur 9 viser det lodrette tværsnit af en kaj i Cuxhaven (1913), som er det første eksempel på den fuldt udviklede C&N-kaj, dog i sin enkleste form med kun tre rækker pøle, idet den ene række udgør selve spunsvæggen. Denne kaj var den første af en række store kajmure i Cuxhaven i Tyskland, alle byggede efter C&N-systemet. Den byggedes på 8,8 meters vanddybde og havde en længde på 360 m.



Figur 9: kaj i Cuxhaven (1913)

Den mest vigtige konstruktionsmæssige innovation var i dette tilfælde overbygningens massive plade. I tidligere konstruktioner var platformene altid projekterede som bjælke og pladekonstruktioner, hvilket åbenbart gav visse

tekniske begrænsninger. Disse betød, at pælene skulle placeres direkte under ribberne, og at tryk-og trækpæle måtte anbringes i det samme plan, hvad der kunne medføre visse praktiske vanskeligheder. Når platformen derimod blev projekteret som en tyk plade uden ribber, er der ingen som helst begrænsninger mht. pælenes stilling, og det er muligt at variere antallet af pæle i de forskellige rækker, på denne måde opnå det mest økonomiske pælearrangement. I Cuxhaven er grunden meget blød ned til et niveau på - 11,2 m. Af denne grund måtte alle trykpæle rammes ned i den faste bund under de bløde lag. Dette gælder også for spunsvæggen, som virker som en række af trykpæle. (J. Brinch Hansen, 1948, s. 27-28)

5.3.6. Principper for dimensionering af pæleværker.

Et andet udgangspunkt ved grundlæggelsen af firmaet Christiani & Nielsen i året 1904 var, at der heller ikke eksisterede nogen anvendelige teorier til at dimensionere pæleværker efter.

Ved et pæleværk forstås en gruppe af pæle, der overfører kræfter fra en overbygning til jorden. Denne funderingsmåde har været kendt i årtusinder.

Virksomheden C&N var da i vid udstrækning henvist til selv at udforske pæleværker for at tilvejebringe teorier, som man kunne dimensionere vha.:

"A retrospective glance shows that the stage of development of wharf design in 1904 was as follows:

As a general rule wooden trestels were used as a substructure for a superstructure of mass concrete, and although the form and design of this type of wharf were adjusted to suit practical requirements, the construction was often unscientific and little in accordance with statical requirements. Consequently these technical problems offered great possibilities for improvement on a scientific basis, and there was every reason to expect that a scientific study of the main requirements of wharf construction would result in a modern design on an improved economic basis." (Christiani & Nielsen 1904-1929, 1929, s. 28)

To ting lattede den teoretiske beregning af kajernes pæleværksfundering meget:

- 1) Udskiftningen af de oprindelige konstruktionsmaterialer med det nye materiale, jernbeton.
- 2) Den enkle C&N-kajs enkle design med tre pælerækker.

Om dette sagde lederen af C&N's afdeling i Hamburg i 1929 at:

"The calculation of the individual structural members was greatly facilitated by their simple connection. The much-disputed pile joints in old wooden constructions, and the difficult

connection between the pile sheeting and the superstructure, were quite eliminated in reinforced concrete wharves as the new design allowed easy and clear constructional and static solutions, excluding many dubious factors from the calculation"

(Christiani & Nielsen 1904-1929, 1929, s. 29)

Beregningen af kræfterne i de tre pælerækker i den enkle C&N-kaj er meget simpel, da pælesystemet er statisk bestemt (J. Brinch Hansen, 1948, s. 39) Dvs. at pælekræfterne kan bestemmes entydigt ud fra de fra den klassiske mekanik kendte statiske ligevægtsbetingelser for en vilkårlig belastning:

$$\sum_i \bar{F}_i = \bar{0} \quad , \quad \sum_i \bar{F}_i \times \bar{r}_i = \sum_i \bar{M}_i = \bar{0}$$

Derimod udgør beregningen af et system med mere end tre pælerækker et såkaldt statisk ubestemt problem. Dvs., at ovennævnte ligevægtsligninger ikke var tilstrækkelige til at bestemme pælekræfterne. For at løse disse ligninger var det derfor en forskningsmæssig opgave, at opstille yderligere betingelser, således at man fik et ligningssystem, der kunne løses. Som det vil vise sig løste man dette teoretiske problem ved at gøre forenkende antagelser om de enkelte pæles elastiske forhold. (J. Brinch Hansen, 1946, s. 39-40)

Beregningen af det statisk ubestemte pæleværk var et problem som dengang ikke var løst tilfredsstillende. Begyndelsen til en generel teori om statisk ubestemte pælegrupper blev gjort af professor A. Ostenfeldt på Polyteknisk Læreanstalts bygningsretning, og arbejdet blev fuldført af Chr. Nøkkentved, senere dr. techn. og professor sammesteds. Professor Nøkkentved var som ung civilingeniør ansat hos Christiani og Nielsen på Centraltegnekstuen fra 1917 - 24. Her arbejdede Nøkkentved både med konkrete beregninger af pæleværker, men udførte også forskning af mere teoretisk karakter på området i tilknytning til udviklingen af

nye varianter af C&N-kajen med mere komplicerede pæleværker. Opstillingen af en generel teori for beregning af pæleværker blev da også emnet for hans tekniske doktordisputats "Beregning af pæleværker" fra 1924. Igennem Nøkkentveds arbejde lykkedes det for første gang at opstille en samlet teori for det helt generelle rumlige pæleværk, som defineres som den vilkårlige pælegruppe påvirket af en vilkårlig belastning. (J. Brinch Hansen; 1946; s. 39-41,56), (C. Ostenfeld; 1976; s. 110), (Ingeniøren, 1924, s. 289)

I Nøkkentveds arbejde knyttedes der an til en teoretisk tradition, som forsker i beregning af pæleværker. Denne tekniske forskningstradition er karakteriseret ved at arbejde ud fra to grundlæggende forenklende antagelser om pæleværkers elastiske forhold. Det var professor Per Gullander i Göteborg, der i 1902 først tilrettelagde beregningen af pælefunderinger ved disse forudsætninger: 1) Proportionalitet mellem pælehovedets forskydning i pælens retning og den deraf følgende reaktion fra pælen selv (Hooke's lov), samt 2) at pælens overbygning (pillekroppen) kan betragtes som uendelig stiv i forhold til pælene. På disse to forudsætninger har ud over Gullander selv (1911, 1912, 1914) også forfattere som Fellenius (1910), Ekwall (1911), Hultin (1911), Vestergård (1917), Ostenfeld (1921) og endelig Nøkkentved bygget videre. Nøkkentveds foregængere udgav følgende titler om emnet:

- Per Gullander: »Bidrag till teorien för grundpålningar«. Svensk Tekn. Tidskrift 1902.
- »Grafostatisk metod för beräkning af grundpålningar«. Svensk Tekn. Tidskrift 1911.
- »Till teorien för grundpålningar«. Svensk Tekn. Tidskrift 1912.
- »Teori för grundpålningar«. Stockholm 1914.
- W. Fellenius: »Om beräkning av kajbyggnader o. d.« Sv. Tekn. Tidsskr. 1910.
- R. Ekwall: »Beräkning av Grundpålningar«. Sv. Tekn. Tidsskr. 1911.
- T. Hultin: »Om beräkning av Grundpålningar«. Industritidningen Norden 1911.
- H. M. Westergaard: »The resistance of a group of piles«. Journ. Western Soc. of Eng. Dec. 1917.
- A. Ostenfeld: »Beregning af Pæleværker«. Teknisk Tidsskrift 1921, Hefte 1.

(Nøkkentved, 1924, s. 26)

De nævnte grundlæggende antagelser var forenklinger, idet man ikke havde noget særligt eksperimentelt eller teoretisk kendskab til nedrammede pæles opførsel. Hvilket Nøkkentved var fuldt ud klar over. Alligevel mente han, at forudsætningerne var rimelige som arbejdsgrundlag:

"Disse to forudsætninger danner grundlaget for alle de senere teorier, og er de eneste, som man behøver for at kunne stille en rationel teori op for pæletryk." (Nøkkentved, 1924, s. 26)

De tidligere forskeres bidrag til traditionen omhandlede kun beregning af plane pæleværker, som Nøkkentved definerede på flg. måde i sin afhandling:

"Ved en plan pælegruppe forstås en sådan, hvor alle pælene er parallelle med en bestemt plan, i hvilken de ydre kræfter virker; tillige må pælene være anbragt symmetrisk om kraftplanen."

(Nøkkentved, 1924, s. 45)

Der var imidlertid ingen af disse forskere, der havde givet en samlet behandling af plane pæleværker. Kun specialtilfælde var behandlet, hvilket Nøkkentved kommenterede på følgende måde:

"Fremstillingen er helt igennem gjort så fuldstændig som mulig, således at alt det tidligere fundne er medtaget; herudover er der tilføjet meget nyt, idet de tidligere arbejder kun hver for sig har behandlet en side af sagen."

(Nøkkentved, 1924, s. 35)

Nøkkentveds afhandling var opdelt i fire afsnit. I første afsnit opstillede han en genrel teori om plane pælegrupper. I andet afsnit opstillede han en samlet teori for det helt generelle rumlige pæleværk, hvilket ingen hidtil havde formået. Nøkkentved omtaler hovedindholdet i disse to afsnit i følgende citater:

"Når en pælegruppe, hvis pæle er placeret på vilkårlig måde, påvirkes af en belastning, vil den få en bevægelse, som i almindelighed ikke vil kunne reduceres til en plan bevægelse. Mens vi i forrige (vores anm.: dvs. 1.) afsnit kun behandlede pælegrupper, hvis pæle var parallelle med og symmetriske om kraftplanen, hvori hele pillens bevægelse foregik, vil vi her (vores anm.: 2. afsnit) beskæftige os med ganske vilkårlige pælegrupper påvirket af en vilkårlig belastning."

(Nøkkentved, 1924, s. 110)

"I andet afsnit er runlige pælegrupper behandlet, dvs. pælegrupper, hvis pæle er placeret på en sådan måde, at de er i stand til at optage en vilkårlig runlig belastning.

Dette spørgsmål er ikke tidligere behandlet; ganske vidst har V. Lewe i 1915 behandlet en i princippet lignende konstruktion og fundet betingelserne for et rumligt ubevægeligt system, men de deraf dragne slutninger er så misvisende, at man faktisk intet får at vide om problemet."

(Nøkkentved, 1924, s. 35-36)

I trede afsnit behandles plane pæleværker som specialtilfælde af runlige, og ifjerde afsnit gives der et sammendrag til praktisk anvendelse, ud fra hvilket den praktiske ingeniør kan foretage sin pæleværksdimensionering:

"Den praktiske ingeniør må ikke være nødt til, når han i et påkommende tilfælde skal anvende en teori, at studere en hel bog og finde de resultater, som skal bruges, spredt ind mellem stof, der for ham kun er desorienterende."

(Nøkkentved, 1924, s. 38)

Det fundamentale teoretiske problem, som traditionen videregav og Nøkkentved tog op var således, hvorledes den ydre belastning på den enkelte pæl i en vilkårlig pælegruppe afhang af den samlede belastning. Denne erkendelsesmæs-

sige problemstilling var tæt forbundet med en særdeles aktuel teknologisk problemstilling: Givet den ydre belastning af et vilkårligt pæleværk - hvorledes dimensionerer man dette rationelt? Om dette og den daværende diskussion af Nøkkentveds teoris forenklende grundantagelser skriver professor Anker Engelund i 1929 følgende:

"Særlig vigtigt må det nu være, efter at vi har fået denne lette og overskuelige beregningsmåde, at forvise os om, at de forudsætninger hvorpå teorien bygger, er tilladelige, her kan der jo navnlig være tvivl om proportionaliteten mellem trykket på pæle-
hovedet og bevægelsen af dette punkt. Man kan dog straks sige, at selv om denne forudsætning skulle lide af mangler, så har teorien dog sin store betydning og nytte, fordi den giver os midler til at finde den gunstigste placering af pælene. Man kan blot ved den fornuftige placering spare en betydelig del materiale og dog beholde den samme sikkerhed, eller med samme materiale opnå en betydelig større sikkerhed end ved den tidligere ofte ret urationelle pæleplacering."

(Ingeniørvidenskabelige skrifter B2, 1929, s.751)

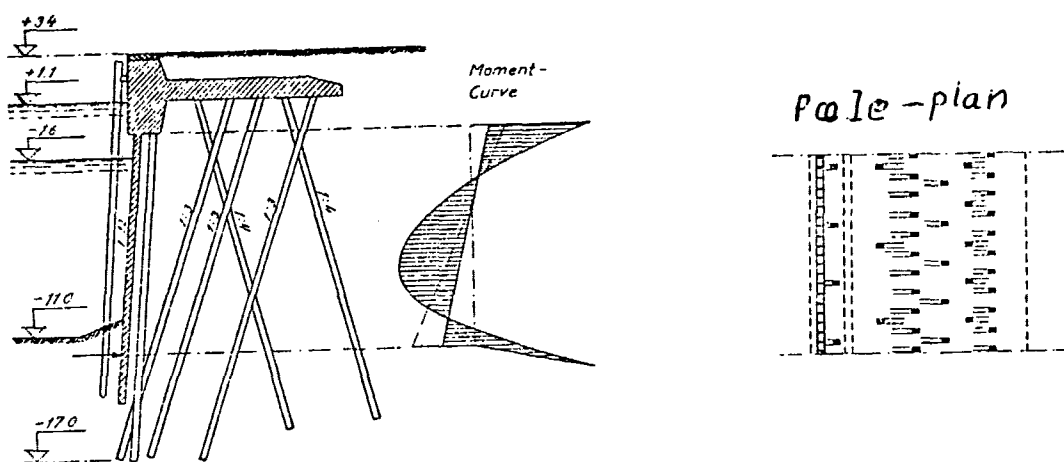
Ovennævnte problemstillings generelle teknologiske aktualitet beroede på, at tidligere erfaringsmæssige regler og beregningsmetoder var utilstrækkelige i fht. den internationale bygningsteknologiske udviklings krav om mere komplicerede pæleværker. I oppositionen til Nøkkentveds forsvaret for den tekniske doktorgrad udtalte professor Ostenfeld følgende om dette emne:

"Professor Ostenfeld begyndte med at bemærke, at emnet var overordentlig heldigt valgt. Man havde hidtil klaret sig rigtig godt med skøn og erfaring og de ældre regnemåder, men man var nu begyndt at anvende pæleværker til sådanne funderingsarbejder, at det ikke længere var tilstrækkeligt at anvende de gamle metoder. Dette fremgår bla. af de internationale brokonkurrencer i de senere år i Stockholm og i Ålborg. Dette forhold var ikke noget særligt

for pæleværker, også på andre områder har de af praksis stillede opgaver nødvendiggjort den rationelle beregning, som igen har virket tilbage på den praktiske udformning. Professorens udtalte sin glæde over, at dette arbejde, som der nu følte trang til, var fremkommet på dansk." (Ingeniøren, 1924, s. 288)

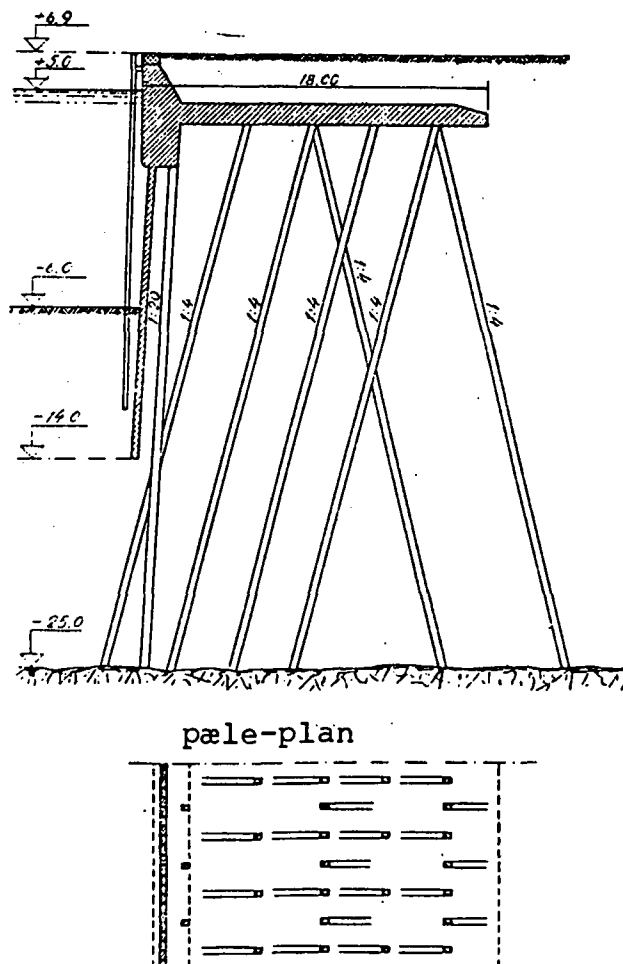
I betragtning af den omfattende og betydningsfulde anvendelse, der gjordes af pælefunderinger vurderede A. Engelund i 1929, "at den nu fuldt udbyggede teori for beregning af pæleværker må siges at kendetegne et meget betydeligt fremskridt" (Ingeniørvidenskabelige skrifter B2, 1929, s.751). Nøkkentveds teori fandt da også hurtigt bred anvendelse i den ingeniørmæssige praksis, ikke kun herhjemme, men også udenlands.

Som eksempel på virksomheden Christiani & Nielsens anvendelse af Nøkkentveds teori til bygning af mere avancerede versioner af C&N-kajen skal nævnes kajen i Delfzijl, Holland (1922) og kajen i St. Nazaire, Frankrig (1932).



Figur 10: Kaj i Delfzijl, Holland.

Det føreste eksempel på konstruktionen af en kajmur med mere end tre pælerækker var en 260 m lang kaj i Delfzijl i Holland (1922). Se figur 10. Denne konstruktion betragtedes som temmelig vanskelig. Den største vanskelighed, foruden den store vanddybde, frembød bundforholdene, idet bunden bestod af skiftevis hårde og bløde lag til stor dybde, og at kajmuren måtte beregnes for den usædvanlig store kajbelastning af 7 t/m^2 både oven på og bag konstruktionen. Disse forhold nødvendiggjorde, at aflastningspladen måtte have den betydelige bredde af 11 m for at beskytte spunsvæggen mod et for stort jordtryk. Da den desuden kunne blive udsat for usædvanlig stor belastning fra oven valgte man at understøtte pladen af tre rækker trykpæle og to rækker trækpæle, foruden den specielle pælerække umiddelbart bag spunsvæggen.



Figur 11: Kaj i St. Nazaire

Kajen i St. Nazaire, der havde en længde af 260 m og en vanddybde på 11 m var sandsynligvis den mest imponerende kaj, der hidtil var bygget efter C&N-systemet. Det var nødvendigt at ramme alle kajens pæle ned til fast klippe, da den egentlige havbund var så blød, at den i virkeligheden burde kaldes mudder. Med henblik på dette bløde materiale var det nødvendigt at anordne en aflastningsplatform med den ekstraordinære bredde af 18 m for at beskytte spunsvæggen mod alt for store tryk fra jord og kajbelastning bag aflastningsplatformen og for at sikre stabiliteten af denne meget høje konstruktion. Samtidig havde pladen en tykkelse på 1 m, hvilket gjorde den så stiv, at den berettiger beregningen af pælegruppen efter Nøkkentveds metode. Grundet dens ekstraordinære dimensioner og de vanskelige jord/undergrunds/funderingsbetingelser havde kajen i St. Nazaire tiltrukket sig betragtelig opmærksomhed i tekniske kredse. Den svarede fuldt ud til de forventninger man havde til den, og den var et udmærket vidensbyrd på egnetheden af C&N-kajtypen.

Som eksempel på andre bygningskonstruktioner, der funderes med pæle vha. Nøkkentveds teori, kan nævnes bropiller (Ingeniørvidenskabelige skrifter B2, 1929, s.772). Bropillerne i Limfjordsbroen mellem Ålborg og Nørresundby, der blev bygget af ingeniørfirmaet "Kampmann, Kierulff & Saxild" (det senere "Kampsax") og stod færdig i 1933, blev funderet med jernbetonpæleværker dimensioneret efter Nøkkentveds teori. Nøkkentveds teori er stadig lærebogsstof for bygningsingeniørstuderende i dag i faget geoteknik.

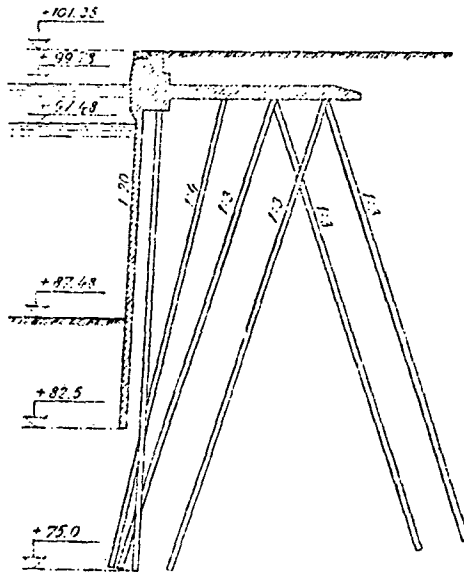
5.3.7. Fellenius skredsikkerhedsteori.

Efterhånden som firmaet oprettede nye afdelinger i Europa og i de oversøiske lande blev flere og flere kajer bygget efter C&N-systemet. Af disse er kajen i Santos (1927), Brasi-

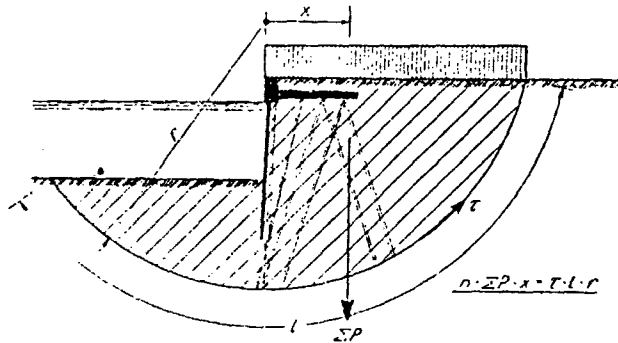
lien, med en længde af 1500 m og en vanddybde på 10 m, en af de hidtil største. Kajen blev bygget på ler, ligesom det var tilfældet for kajen i Delfzijl, så det er ikke mærkeligt, at de to konstruktioner på mange måder ligner hinanden. Pælene til Santos-kajen blev dog rammet betydeligt dybere, hvorved større sikring mod skred af hele konstruktionen blev opnået. Pælene måtte derfor være indtil 26 m lange. I figur 12 er vist princippet for en undersøgelse af sikkerheden mod skred, som anvendtes under dimensioneringen. Dette princip blev fremsat i 1926 af den svenske professor W. Fellenius.

Princippet hvilede dels på anvendelse af de allerede nævnte statiske ligevægtsbetingelser, hidrørende fra en generel naturvidenskabelig teori: den klassiske mekanik, dels på en forenklende antagelse om cylindriske skredflader omkring en akse parallel med kajens overside og front (se også figur 12 næste side). Unøjagtigheden i denne antagelse, samt problemet med at vurdere den nøjagtige størrelse af alle de i beregningerne indgående faktorer, betød da også at man måtte operere med en sikkerhedsfaktor.

Beregningen tog sig ud på følgende måde: Ligevægten af alle de kræfter, der virker i et tværsnit inden for skredfladen betragtes. Når ligevægt udtrykkes ved at tage kraftmomenter om skredfladens centrum, kan alle normalkræfter i skredfladen negligeres, og kun forskydningskræfterne (de kræfter de virker tangentielt i skredfladen) i sidstnævnte tages i betragtning sammen med kræfterne hidrørende fra den cylindriske jordmasse, kajlasten ovenfra og fortøjningspælene på kajen. Så vil kraftmomentligningen give den modstand mod skred, der er nødvendig i skredfladen. Sikkerheden mod skred findes som forholdet mellem mellem lerets aktuelle modstand mod skred og den fundne nødvendige modstand mod skred. Den mest ufordelagtige skredflade, dvs. cylinderfladen, som giver den mindste grad af sikkerhed, findes ved beregning eller forsøg. Ved at foretage et antal beregninger for skredflader med forskelligt rotationscentrum kan man finde frem til den farligste skredflade, dvs. den skredflade, som giver den laveste sikkerhedsgrad. Denne kan man så vælge at dimensionere kajen efter.



STABILITY- INVESTIGATION

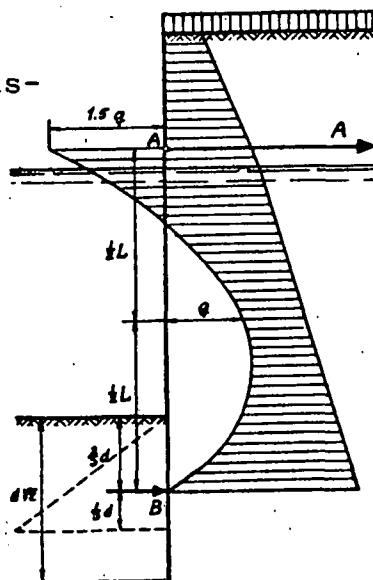


Figur 12 : C&N kajmur i Santos, Brasilien.

5.3.8. De "danske regler" for dimensionering af spunsvægge.

Efter R. Christiani's introduktion af det nævnte dimensioneringsprincip for jernbetonspunsvægge prøvede andre danske ingeniører at løse det samme tekniske og videnskabsmæssige problem på en anderledes måde, nemlig ved at ændre den jordtryksfordeling $e(h) = K(\varphi)(\gamma h + p)$ (jvf. 5.3.4), man fik ud fra Coulomb's teori. Dette resulterede i en ny metode for dimensionering af forankrede jernbetonspunsvægge, kaldet de "danske regler" (J. Brinch Hansen, 1953, s. 43), som første gang blev offentliggjort i 1926 af Dansk Ingeniørforening. Svagt reviderede regler blev udsendt i 1937 og 1952. Fordelen ved indførelsen af disse regler var, at individuel bedømmelse af, hvad der var forsvarlig spunsvægdimensionering, blev afløst af klare regler, som man mente var på den sikre side og havde generel gyldighed. Beregningsmetoden var i almindelig brug i Danmark og skal ikke behandles mere detaljeret i denne tekst. Det skal nævnes, at Coulomb's jordtryksfordeling blev modificeret, ved at introducere en parabel, som reducerer trykket i den centrale og nedre del af spunsvæggen, mens den forøger det i den øvre del:

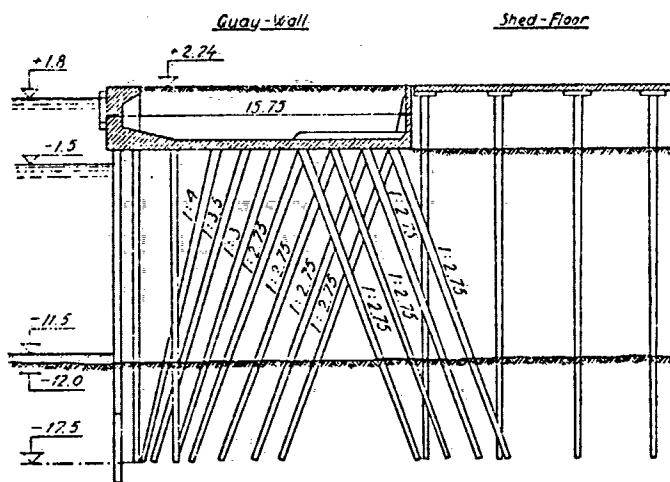
Figur 13: Jordtryksdiagram for de "danske regler".
(J. Brinch Hansen, 1953, s. 43)



Parablens ordinator afhænger af jordens og spunsvæggens elastiske egenskaber og beregnes vha. empiriske formler etableret på grundlag af studier af et betragteligt antal på daværende tidspunkt eksisterende kajmure. Når jordtryksfordelingen beregnes efter ovennævnte specifikationer, skal de maksimalt tilladelige spændinger i spunsvæggene sættes 25 % større end normalt. Skønt reglerne var empirisk af karakter og havde en diskutabel jordtryksfordeling, viste de sig meget tilfredstillende i praksis, idet de muliggjorde konstruktionen af et stort antal tilstrækkelig sikre og meget økonomiske strukturer. (J. Brinch Hansen, 1953, s. 43-44)

5.3.9. Kajen i Bangkok (1939).

Kajen i Bangkok, som blev bygget i 1939, skal nævnes, ikke bare fordi den var en af de mere særprægede kajkonstruktioner, men også fordi at de tekniske problemer, der skulle løses ved dens dimensionering, var specielt vanskelige. Indledningsvis skal konstruktionens fysiske udformning skitseres. Kajen havde en længde af 1780 m og stod på en vanddybde af 11,5 m. Konstruktionen udviste flere usædvanlige træk. Funderingen bestod af en stålspunsvæg og træpæle, i stedet for tilsvarende af beton, idet disse materialer i den pågældende situation gav den mest økonomiske konstruktion. Overbygningen var en jordfyldt jernbetonkasse med en tung frontvæg og en let bagvæg. (se figur 14) Grunden bestod af meget blødt ler helt ned til 12 m under middelvandhøjde. Forekomsten af dette bløde ler i sådan et stort omfang gav specielt vanskelige funderingsproblemer. Under det bløde ler fandtes mere fast ler. For at undgå for store tryk på den ret høje spunsvæg måtte denvandrette jernbetonaflastningsplade (bunden i jernbetonkassen) gøres 15,75 m bred. Dens tykkelse var kun 50 cm, og stivheden derved så ringe, at den ene af de grundlæggende forenklende antagelser i Nøkkentveds teori, nemlig antagelsen om uendelig stiv overbygning, ikke kan siges at være opfyldt med tilstrækkelig god tilnærmelse. Dermed kunne pælekræfter og bøjningsmomenter i pladen ikke beregnes med den nødvendige nøjagtighed efter Nøkkentveds teori. I stedet foretog man nogle andre grundlæggende forenklende antagelser, idet konstruktionen blev beregnet som et flere gange statisk ubestemt system, nemlig som en elastisk bjælke på en elastisk understøtning. Som ubekendte størrelser valgtes de lodrette deformationer af de enkelte pælerækker og den fælles vandrette deformation. Grunden til at man brugte sådan et stort antal pæle var den ringe bæreevne af de enkelte pæle. Af den samme årsag gjorde man spunsvæggen til en del af understøtningen, idet hver tredje pæl ved spunsvæggen blev rammet få meter dybere ned end de andre pæle. (J. Brinch Hansen, 1946, s. 51-53)

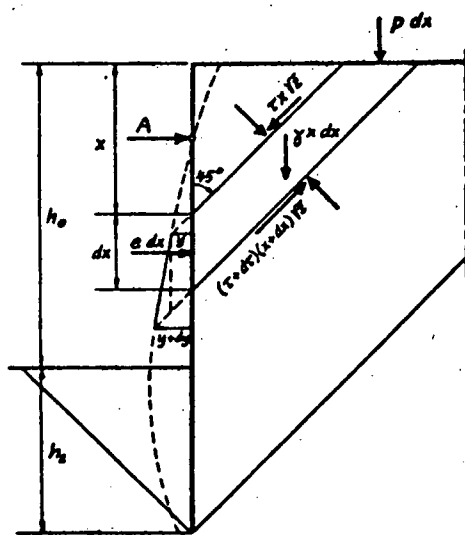


Figur 14: Kajen i Bangkok, Thailand (1939).

5.3.10. Brettings princip for dimensionering af spunsvægge.

Det tekniske problem, som dimensioneringen af stålspuns-væggen udgjorde, var vanskeligt, idet der på det pågældende tidspunkt ikke eksisterede nogen acceptabel metode til be-regning af spunsvægge i ler. Med henblik på beregning af bøjningsmomenterne i den nævnte spunsvæg blev der for før-ste gang gjort et forsøg på opstilling af en teori, som tilgodeså forbindelsen mellem spunsvæggens udbøjning og de indre spændinger i jorden. Denne teori blev udviklet af den senere professor på Polyteknisk Lærestanstalt, A. E. Bretting, der fra 1929 til 1940 var ansat som overingeniør på firmaets centraltegnestue, hvor han bl.a. havde ledelsen af projekte-ringen af Bangkok-kajen. Brettings teori indeholder flere grundlæggende antagelser og er i lighed med de tidligere be-skrevne teorier og beregningsmetoder baseret på elementer af klassisk mekanik. Kort fortalt går teorien ud på følgende:

Det kan antages, at før udgravningen foran spunsvæggen vil der ikke optræde nogen forskydningsspænding i leret, så jordtrykket vil på dette tidspunkt være hydrostatisk. Dvs., hvis γ er tyngden af leret pr. rumfangsenhed, p er trykket fra kajlasten og x er dybden i fht. spunsvæggens overkant, så er jordtryksfordelingen mht. x givet ved $e_1(x) = \gamma x + p$. Under udgravningen vil spunsvæggen afbøjes i vandret retning, hvorved deformationer og dertil svarende indre spændinger vil udvikles i lermassen. På begge sider af spunsvæggen antages skredfladerne at danne vinkler på 45° med denne, og endvidere antages forskydningsspændingen i enhver skredflade at være jævnt fordelt og proportionalt med den vinklemæssige afbøjning af spunsvæggen ved skæringspunktet med den betragtede skredflade.



Figur 15. Brettings analyse af spunsvæggens udbøjning, som den tager sig ud i hans teoretiske arbejde. Flere af figurens symboler optræder ikke i teksten, idet figuren kun er medtaget for at give en fornemmelse af analysens karakter. (J. Brinch Hansen, 1953, s.40)

Ved deformationen af sunsvæggen og den dertil hørende skridning i jordmassen (underforstået lermassen) fremkommer der en ændret jordtryksfordeling $e_2(x)$. Størrelsen af denne er for det første givet ved kraftligevægtsligningen for et infinitesimalt jordelement mellem to på hinanden følgende skredflader. En sådan ligning etableres ved projektion på forskydningsliniernes retning. For det andet gælder følgende relation mellem belastningsfordelingen (i dette tilfælde $e_2(x)$) på den elastiske spunsvæg og fordelingen af den horisontale afbøjning $y(x)$ af denne, hvor E og J her er konstanter, der er karakteristiske for spunsvæggen:

$$e_2(x) = E J \frac{d^4 y(x)}{dx^4}$$

Denne relation hentes fra elasticitetsteorien, som ligeledes bygger på den klassiske mekanik. Denne teori vil vi ikke komme nærmere ind på her. Størrelsen $e_2(x)$ elimineres af de to fremkomne ligninger og der fremkommer en 4. ordens differentialligning i $y(x)$. Denne bruges til bestemmelse af afbøjningskurven. Dvs. grafen for $y(x)$. Jordtryksfordelingen $e_2(x)$ kan dermed også bestemmes, da den er givet ved ovenstående ligning. Jordtryksfordelingen beregnet på denne måde førte til dimensioner, som ifølge den kajtekniske erfaring betragtedes som rimelige. (J. Brinch Hansen, 1946, s. 53-54), (J. Brinch Hansen, 1953, s. 40-41)

5.3.11. Konklusion.

Udviklingen af nye kajdimensioneringsmetoder i form af teorier er et eksempel på en begyndende videnskabeliggørelse af teknologisk innovation på kajdimensioneringsområdet. Den oprindelige erfaringsbaserede innovation af kajdimensioneringsmetoder afløses nu af en mere målrettet teknisk forskning, som på flere forskellige punkter har fælles træk med naturvidenskabelig forskning. De nævnte træk optræder både på det metodemæssige, det videnskabelige og det socialt-organisatoriske plan i den teknologiske innovationsproces. Det er disse fælles træk, som repræsenterer den begyndende videnskabeliggørelse, der dermed finder sted på mange forskellige planer. Der er også en del forskelligheder, i og med videnskabeliggørelsen langt fra er fuldstændig. Den dimensioneringstekniske forskning på kajområdet er ikke identisk med naturvidenskabelig forskning. For at få et billede af væsenstrækkene ved videnskabeliggørelsen, vil vi nu opridse en række centrale ligheder og forskelle mellem den kajdimensioneringstekniske forskning og naturvidenskabelig forskning.

På det metodemæssige område sker der en overgang til, hvad der kunne minde om en vekselvirkning mellem videnskabelig teori og eksperiment. På spunsvægdsdimensioneringsområdet udformes eller modificeres teorierne vejledt af observationer. Her hører ligheden også op. Hvis man kigger nærmere på modifikationerne opdager man, at de ikke så meget har karakter af, at den oprindelige teori (Coulombs jordtryksteori) revideres eller udbygges i sit fundament. I stedet foregår modifikationen ved at den oprindelige teori udbygges via erfaringsmæssigt bestemte, rent matematiske korrektioner (Christianis princip, de "danske regler"). Bekræftelsen af teorierne (Christianis princip, de "danske regler", Brettings teori) eller modellerne, som de måske snarere burde betegnes, finder ikke sted gennem videnskabelige laboratorieeksperimenter, men i den produktionsmæssige praksis - nykonstruktionerne virker. På pæleværksdimensioneringsområdet sker der ligeledes en

overgang til, hvad der i første omgang kunne minde om vekselvirkningen mellem naturvidenskabelig teori og eksperiment. Nøkkentveds teori verificeres gennem sin generelle praktiske succes i teknisk problemløsning. En anden pæleværksteori bekræftes igennem konstruktionen af kajen i Bangkok (1939). Også i dette tilfælde hører ligheden med naturvidenskabelig forskningsmetode op. For det første er der ikke tale om, at pæleværksteoriene verificeres i et egentligt naturvidenskabeligt eksperiment. For det andet har en teori som Nøkkentveds karakter af, at være fuldt ud tilstrækkelig til at løse en stor del af den daværende tids pæleværksdimensioneringsproblemer, nemlig dimensionering af pæleværker med en overbygning der kan regnes uendelig stiv. For denne kategori af pæleværker opfattedes Nøkkentveds teori som "teorien", og på dette område fandtes der derfor ingen umiddelbar motivation for at udvikle teorier med større grad af forståelsesdybde. Tilfredsstillelsen af tekniske behov standser derfor umiddelbart forskningsudviklingen inden for det specifikke felt. Endeligt skal nævnes Fellenius skredsikkerhedsteori, som ligeledes verificeres gennem den produktionsmæssige praksis.

Der er altså en tydelig forskel på, hvilke teoretiske, forståelsesmæssige ambitioner, ^{der er} i den beskrevne kajtekniske forskning, og på hvilke der er i den naturvidenskabelige forskning. Ligesom der også er forskel på hvilke måder, man begrunder teoriens gyldighed. Grunden til disse forskelligheder er forskellen på ingeniørens og naturvidenskabsmandens overordnede forskningsformål: Formålet med teknisk forskning er i sidste instans at løse praktiske, tekniske problemer. Sandhedsdommeren for ingeniørens teori er derfor i sidste instans praksis. Et praktisk teknisk problem kan løses på mange måder og med mange grader af teoretisk forståelse. Ingeniørens kunst er at finde den forståelsesdybde, der lige netop er tilstrækkelig for at løse et sådant problem med med mindst mulige omkostninger og tidsforbrug. Hvis han derfor kan undgå at udføre eller iværksætte forskning mhp. mere grundlæggende teoriudvikling

for ikke at nævne decideret naturvidenskabelig forskning, vil han gøre dette. Det er derfor kun, hvis det er bydende nødvendigt af praktiske årsager og ressourcemæssigt muligt, at der iværksættes egentlig naturvidenskabelig forskning. Til sammenligning skal nævnes, at den naturvidenskabelige forsknings formål er erkendelsesrettet. For den naturvidenskabelige forsker er der kun et svar, nemlig det rigtige, uanset hvor lang tid det tager at opnå dette. En naturvidenskabelig teoris empiriske gyldighed begrundes gennem at den stemmer overens med alle observationer foretaget med så nøjagtig udstyr som muligt.

Videnskabsmæssigt erstattes umiddelbar erfaring med opstilling af teorier eller modeller som de også kan betegnes. Som allerede vist består disse dels af elementer fra klassisk mekanik, dels af nogen forenklende hypoteser (idealiseringer). Dette vidensindhold findes også i dele af fysisk forskning. Så her er der et lighedspunkt mellem kajdimensioneringsteoriene og naturvidenskabelig erkendelse. Forskellen går imidlertid på, at naturvidenskaben også indeholder fundamentale teorier som f.eks. den klassiske mekanik. At komme ind på en decideret videnskabsteoretisk behandling af forskellen mellem en generel naturvidenskabelig (grundvidenskabelig) teori som den klassiske mekanik og så teorier (modeller) for specifikke systemer, f.eks. af teknisk art skal ikke gøres her. I stedet skal der blot opridses nogle forskelligheder:

- Den klassiske mekanik er generel og refererer ikke til specielle tekniske systemer, således som det er tilfældet for kajdimensioneringsteoriene. Dette betyder imidlertid ikke at klassisk mekanik ikke kan indgå som "byggesten" i kajdimensioneringsteoriene, da den klassiske mekanik jo netop har en generel karakter.
- Den klassiske mekanik har en mere objektiv eller sand karakter end kajdimensioneringsteoriene, der alle indeholder forenklinger, som man fra ingeniørmæssig side godt er klar over ikke er helt korrekte i naturvidenskabelig forstand.

Socialt-organisatorisk er der også lighedspunkter mellem kajdimensioneringsforskningen og naturvidenskabelig forskning, især hvad angår forskningen i pæleværker. På dette tekniske felt sker der noget, der på flere måder minder om etableringen af videnskabelige traditioner omkring bestemte genstandsområder. Pæleværker bliver genstand systematisk udforskning, idet der dannes en tradition af forskere med et fælles veldefineret teoretisk grundlag:

- 1) Proportionalitet mellem pælehovedets forskydning i pælens retning og den deraf følgende reaktion fra pælen selv (Hooke's lov),
- 2) pælens overbygning kan betragtes som uendelig stiv i forhold til pælene og 3) anvendelse af de fra den klassiske mekanik kendte statiske ligevægtsbetingelser. Som beskrevet via Nøkkentveds eksempel fører de forskellige forskere en teoretisk diskussion med hinanden gennem tekniske tidsskrifter og afhandlinger. Der foregår altså også noget, som minder om publikation af naturvidenskabelige artikler og afhandlinger til en naturvidenskabelig offentlighed. Desuden sker der det, at den tekniske forskning bliver genstand for akademiske ambitioner i og med, at man som ingeniør i en privat virksomhed kan meritere sig gennem publikationsvirksomhed og opnå en akademisk titel som doktor technices, som så igen kan være adgangsbillet til en akademisk karriere på f.eks. Polyteknisk Læreanstalt. Nøkkentved er selv et tidligt dansk eksempel på en ingeniør i en privat virksomhed med sådanne akademiske ambitioner. Polyteknisk læreanstalt indfører den tekniske doktorgrad i 1916 ved kongelig anordning for at fremme dansk teknisk forskning. I 1924, hvor Nøkkentved modtager sin titel som dr. tech., er han den fjerde, som har opnået titlen på Polyteknisk læreanstalt. I de følgende 25 år til og med 1950 er der endnu 50, som opnår den tekniske doktorgrad på Polyteknisk læreanstalt (Andreasen, 1954, s.276-80). Nøkkentved bliver da også docent i bygningsstatik og jernkonstruktioner ved Polyteknisk Læreanstalt i 1928 og i 1932 professor i det samme sammesteds. Indstiftelsen af den tekniske doktorgrad vidner dermed om, at dansk

teknisk forskning nu i højere grad bliver et mål i sig selv, og den kommer derved i højere grad til at minde om naturvidenskabelig forskning med dennes erkendelsesrettetede mål. I den kongelige anordning fra 1916 lægges der da også kraftig vægt på, at doktoranden skal være højt videnskabeligt kvalificeret og altså ikke kun højt teknisk kvalificeret. Som illustration af denne påstand skal her citeres de første fem paragraffer i den nævnte anordning om den tekniske doktorgrad (Program for Den Polytekniske Lærestalt, 1918, s. 23-24):

§ 1.

Ved den polytekniske Lærestalt i København skal der herefter kunne meddeles en Doktorgrad i de tekniske Videnskaber (den tekniske Doktorgrad). Enhver, der opnaar denne Grad, betegnes som Doctor technices (forkortet Skrivemaade: Dr. techn.).

§ 2.

Meddelelsen af den tekniske Doktorgrad skal være et Udtryk for en Aerkendelse af, at den, hvem Graden tildeles, sidder inde med en betydelig teknisk-videnskabelig Indsigt og Modenhed.

§ 3.

Adgang til den tekniske Doktorgrad staar aaben for enhver, der ved den polytekniske Lærestalt i København har bestaaet en af de polytekniske Eksaminer med første Karakter; endvidere for enhver, der ved Københavns Universitet har erholdt første Karakter til en af de bestaaende Embedseksaminer eller er erklæret for admissus ved en Magisterkonferens.

§ 4.

Udlændinge eller andre, som har faaet en anden Uddannelse end fornævnte, skal undtagelsesvis ved kgl. Resolution efter Lærestaltens Indstilling kunne opnaa Adgang til Erhvervelse af den tekniske Doktorgrad, naar de fremlægger fyldestgørende Beviser med Hensyn til deres Uddannelse og videnskabelige Virksomhed.

§ 5.

Til at erhverve den tekniske Doktorgrad udfordres, at Kandidaten over et Emne, der tilhører en Gren af de tekniske Videnskaber, som lader sig henføre under Omraadet for de bestaaende Studieretninger ved den polytekniske Lærestalt, forfatter og til Lærestalten indsender en paa selvstændig Forskning grundet, paa Dansk affattet Afhandling, hvori er indeholdt et ikke tidligere offentliggjort Bidrag til den videnskabelige Behandling af Emnet; at Lærestaltens Lærerraad antager denne; at Forfatteren offentlig, efter at Afhandlingen tillige med Lærestaltens Erklæring om dens Antagelse er bleven trykt og paa behørig Maade offentliggjort, forsvaret den, ligeledes paa Dansk; at Lærerraadet derefter finder Forsvaret tilfredsstillende, samt at Undervisningsministeriet efter Indberetning fra Lærestaltens Direktør meddeler Samtykke til, at Graden tildeles.

Med hensyn til spunsvægdsdimensionering er det ikke muligt at identificere noget, der minder om etableringen af en videnskabelig tradition eller miljø omkring et bestemt genstandsområde. De enkelte forsøg er spredte og bærer ikke egentlig præg af at være en systematisk udforskning af området. Her er det selvfølgelig en mangel, at man af eksemplet Christiani & Nielsen ikke kan se, hvilken større evt. international sammenhæng den beskrevne spunsvægdsdimensioneringsforskning indgik i. Der er dog grund til at tro, at virksomheden giver et rimeligt indblik i den internationale forskning på området, da Christiani & Nielsen, som tidligere nævnt, iden betragtede periode førte an i den faglige udvikling inden for flere forskellige bygningstekniske områder, og det drejer sig vel især om kajudviklingen. Endelig skal det bemærkes, at den betragtede danske kajtekniske forskning er indlejret i en bredere dansk bygningsstatisk forskningstradition med tyngdepunkt i Polyteknisk Lærestalts bygningsafdeling, som vel frem for alt kendetegnes af en person som A. S. Ostfeldt, som var professor ved Polyteknisk Lærestalt fra 1900 til 1931. I 1928 stiftedes også "Dansk selskab for bygningsstatik". Med dannelsen af dette selskab skete der en mere formel organisering af den bygningstekniske offentlighed. Bl.a. udsendte selskabet sit eget forskningstidsskrift "bygningssatiske meddelelser", som medlemmerne publicerede deres arbejder i.

Sammenfattende kan det siges, at i tilfældet med kajdimensionering, at videnskabeliggørelsen først og fremmest ytrer sig på det metodemæssige plan, idet man man i stadig større omfang går fra konstruktion på grundlag af erfaring til konstruktion på grundlag af modeller. Man får ikke mere grundvidenskabeligt styr på kajdimensionering, i og med modellernes grundvidenskabelige indhold vedbliver at være den samme ene sætning fra klassisk mekanik om, at summen af kraftmomenter og af kræfter i et system i hvile for begge deles vedkommende er nul.

Sammenfattende kan det konkluderes, at virksomheden Christiani & Nielsen lige fra sin oprettelse i 1904 udgør rammerne for en begyndende videnskabeliggørelse af den kajdimensioneringstekniske innovation. Endelig sker der også en begyndende videnskabeliggørelse af den tekniske udvikling ved en begyndende udnyttelse, dels direkte af fundamental naturvidenskabelig teori, dels indirekte ved udnyttelse af kajteknisk viden, hvis frembringelse involverede træk, der er særegne for naturvidenskabelig forskning.

Afløsningen af umiddelbare erfaringer med teoridannelse og -anvendelse inden for det kajdimensioneringstekniske område afhænger af flere faktorer: 1) I et samfund under hastig industrialisering overskrides de af traditionen overleverede erfaringers gyldighedsområde, 2) erfaringsdannelse er en for langsommelig og usystematisk proces, til at denne kan leve op til de krav om hastig teknologisk fornyelse, der stilles fra et kapitalistisk samfund, 3) det er for kostbart i kapital og menneskeliv udelukkende at prøve sig frem af erfaringsmæssig vej - der skal helst være en rimelig sikkerhed for, at en kajkonstruktion fungerer i praksis.

LITTERATUR.

A. H. M. Andreasen: Den polytekniske Lærestalt. Danmarks tekniske Højskole.

I kommission hos Jul. Gjellerups Forlag, Kbh. 1954.

Christiani & Nielsen: 1904-1929. Twenty five Years of Civil Engineering.

Krohn's Bogtrykkeri, Copenhagen, 1929.

Christiani & Nielsen: 1904 * 8. februar * 1944. Kbh. 1944.

H. Q. Golder: Coulomb and Earth Pressure.

I Géotechnique. Vol. I, nr 1, jun. 1948.

J. Brinch Hansen: Earth Pressure Calculation. The Danish Technical Press, Copenhagen 1953.

J. Brinch Hansen: Development of the C&N Wharf type.

Christiani & Nielsen, Bulletin nr. 56, Copenhagen 1946.

Harremoës et al.: Lærebog i Geoteknik 2. Polyteknisk Forlag, 4 reviderede udgave 1980.

Ingeniørvidenskabelige skrifter B2. Beretning om det nordiske ingeniørmøde i København 28-31 aug. 1929. Polytekniske Lærestalts 100-aars fest. Dansk Ingeniørforening, Kbh. 1930.

Göte Lindskoog et al.: Geoteknik. Esselte Studium AB, 1973.

Chr. Nøkkentved: Beregning af pæleværker. I kommission hos GEC Gad, Kbh. 1924.

Chr. Ostenfeld: Christiani & Nielsen. Jernbetonens danske pionerer. Polyteknisk Forlag, Lyngby 1976.

Program for Den polytekniske Lærestalt i København.

Kbh. Schultz, 1918.

Ingeniøren, 1924.

5.4 NORDISK INSULINLABORATORIUM.

Før industrialiseringen i Danmark fandt lægemiddelproduktionen hovedsageligt sted på håndværksmæssig basis på apotekerne. Det drejede sig frem for alt om de såkaldte droger: tørrede planter og urter eller dyreorganer, hvorfra der fremstilledes pulvere, pastiller og ekstrakter, men nogen egentlig lægevidenskabelig indsigt lå der ikke bag.

Muligheden for en udbredelse af lægevidenskabeligt baserede innovationsprocesser fremkom først med den kraftige udvikling indenfor kemi, biologi og lægevidenskab, der fandt sted i løbet af forrige århundrede. Indenfor biologi og lægevidenskab, hvor udviklingen først satte rigtigt ind i sidste halvdel af århundredet, skete store fremskridt indenfor fysiologien og bakteriologien. Særligt udviklingen af fysiologien var ensbetydende med et stærkt forbedret kendskab til de forskellige organers virkemåde og funktioner, der også gav en væsentligt forbedret videnskabelig baggrund for udviklingen af lægemidler til bekæmpelsen af en række sygdomme. (Gammeltoft, 1976, s.39) Dette skal vi se et eksempel på i udviklingen af lægemidlet insulin.

Opkomsten af en (egentlig) medicinalindustri i Danmark fandt først sted efter at industrialiseringen af Danmark var begyndt. Baggrunden for opkomsten var dels at forbruget af lægemidler var stærkt stigende omkr. århundredeskiftet, dels at en stigende del af dette forbrug dækkedes ved import, fordi de danske apotekere ikke var i stand til at udnytte fremskridtene inden for lægemiddelfremstillingen. (Gammeltoft, 1976, s.46)

Inden århundredeskiftet eksisterede der kun to medicinalvareindustrier, Alfred Benzon i København og Gustav Lotze i Odense. Det første eksempel på videnskabeliggørelse af dansk lægemiddel teknologisk innovation i form af fremkomsten af innovationsprocesser, der involverede lægevidenskabelig forskning var netop virksomheden Alfred Benzon. Denne begyndte i 1890-erne på at samarbejde med fremtrædende læger om udvikling af lægemidler. Dette førte til forskellige

præparater. Allerede her er der således tale om en svagt begyndende lægemiddelforskning i tilknytning til dansk lægemiddelfabrikation. Det er dog virksomheden, der kontakter læger tilknyttet datidens lægevidenskabelige forskning uden for virksomheden selv, på Universitetet og hospitaler, for at udnytte de lægevidenskabelige fremskridt. Denne arbejdsdeling m.h.t. udviklingen af nye præparater holder sig i det væsentlige som den dominerende frem til 2. Verdenskrig. I dette århundrede tilførtes medicinalindustrien dog enkelte forskningslaboratorier, efterhånden som virksomhederne selv blev i stand til at financiere disse.

Først opstod Løvens bakteriologiske og fysiologiske laboratorier i 1909. Dernæst startedes Nordisk Insulinlaboratorium i 1924 og Ferrosans forskningslaboratorium for vitaminfremstillingsmetoder i 1927. Endvidere blev der udført lægemiddelforskning inden 2. Verdenskrig hos Medicinalco og Lundbeck. (Gammeltoft, 1976, s. 46-50)

Et egentligt gennembrud for dansk medicinalindustri kom i 20-erne. Den statslige regulering i 1921 af sygekassetilskuddenes størrelse til medicinudgifter med deres følgende stigning i medicinforbruget hos den brede befolkning var af stor betydning for dette gennembrud. Produktionsværdien for medicinalindustrien nåede i 1931 op på 7 mill. kr. Heraf gik varer for 2.4 mill. kr. til eksport. Dette var 35 % af den samlede produktion og svarede beløbsmæssigt til branchens import. (Gammeltoft, 1976, s. 43-50)

Adskillige danske medicinalvirksomheder, som oprettedes i 20-erne, satsede næsten fra starten på udvikling af nye medicinalprodukter heriblandt insulin. De store videnskabelige fremskridt inden for medicinen, som blev gjort i slutningen af det 19. og begyndelsen af det 20 årh. var tilsyneladende med til at give den danske medicinalindustri bedre muligheder for at gøre sig gældende end tidligere. Til de mest betydningsfulde fremskridt hørte nemlig opdagelsen af en række af de vigtigste hormoner og vitaminer, hvoraf kun nogle få kunne fremstilles syntetisk. Disse op-

dagelser fandt udnyttelse i lægemiddel teknologiske innovationsprocesser og særligt 20-ernes lægemiddelforskning var præget af arbejdet med at finde egnede dyreorganer, hvorfra hormoner og vitaminer kunne ekstraheres og derefter om muligt koncentrere og renfremstille disse. Til de kendeste hormoner hører insulinet.

På insulinproduktionens område gjorde især Nordisk Insulinlaboratorium (NI) sig gældende. Novo producerede også fra sidst i 20-erne insulin som firmaets eneste produkt, og også Medicinalco producerede insulin i en kortere periode på denne tid. Efterhånden som produktionsmetoderne for insulin forbedredes gennem 20-erne og 30-erne faldt prisen på produktet. Fra 1925 til 1932 faldt prisen til 25 % af den oprindelige pris. De danske virksomheder var fra insulinproduktionens start langt fremme og satse tidligt på eksport. Eksportandelen af produktionen kom i løbet af 30-erne op på næsten 90 % af den samlede produktionsværdi. (Gammeltoft, 1976, s. 51-54) Et tal som NI allerede havde overskredet i 1928.

Baggrunden for NI's stærke teknologiske position var, at virksomheden baserede sig på lægemiddel teknologiske innovationsprocesser med et stærkt videnskabeligt præg, som gik ud på at udvikle anvendelige produktionsmetoder for insulin. Det er disse innovationsprocesser, vi vil beskrive i det følgende for at belyse den videnskabeliggørelse, der fandt sted på det medicinindustrielle område.

I 30-ernes løb indvirkede en del økonomiske forhold på den danske medicinalindustri. - Den internationale krise blev i Danmark mødt med forsk. statsindgreb som f.eks. Valutacentralen, der skulle regulere udenrigshandelen. Importrestriktionerne fremført i denne forbindelse gavned bl.a. medicinalindustrien ved at ramme udenlandsk producerede medicinske specialiteter. Af den følgende fig. kan ses, at importen af lægemidler faldt helt frem til 1937, da de nævnte restriktioner lempedes. Samtidig forløb der på dette tidspunkt

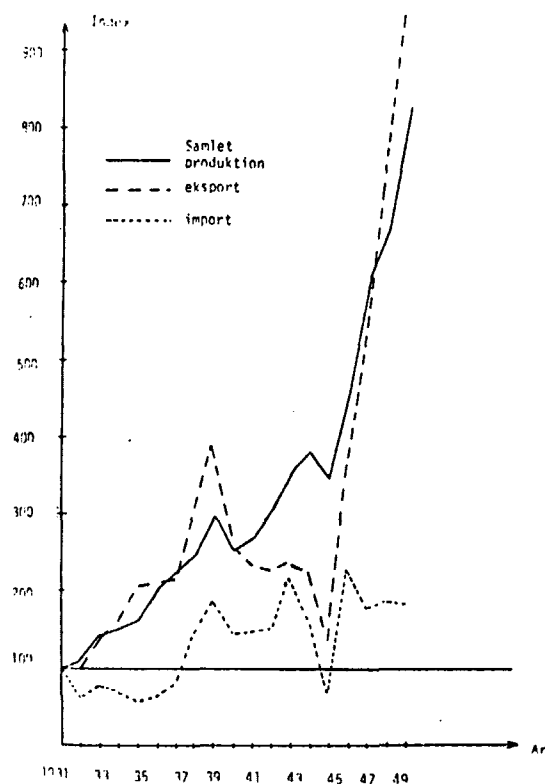


Fig.: Samlet industriel produktion samt eksport og import af medicinalvarer i Danmark 1931-49. Index 1931 = 100.

(Gammeltoft, 1976, s. 55)

en opbygning af krigslagre i industrien. Endvidere var medicinforbruget pr. indb. i Danmark stigende i 30-erne. Dette var forårsaget af sygekassernes stærkt stigende medlemstal, som kulminerede i forbindelse med socialreformen i 1933. Derudover må den betydelige stigning i eksporten bemærkes. Denne

smittede naturligvis af på produktionen. Den vigtigste eksport-artikel var insulin, der udgjorde ca. 60% af den samlede medicineksport i 1938. Eksporten bestod også af vitaminer og hormonpræparater. Yderligere et betydeligt forhold for den mærkbare fremgang i medicinalindustrien var 30-ernes relativt lave lønudgifter. At der var tale om en fremgang både relativt og absolut for medicinalindustrien i Danmark antyder også følgende tal: Den samlede danske industriproduktion havde fra 1932 til 39 en fremgang på 60%, medens det samme tal i medicinalindustrien var 167%. Apotekerloven fra 1932 indvirkede dels negativt på medicinalindustrien ved at begrænse produktionsmulighederne for allerede kendte lægemidler dels positivt ved at være et incitament til øgning af forskningsindsatsen m.h.p. at fremstille helt nye produkter. Endelig skal det i forbindelse med ovenstående fig. nævnes, at krigen 1940-45 lagde en dæmper på ikke blot import og eksport, men også hele produktionen. (Gammeltoft, 1976, s.54-7)

Medicinalindustriens samlede produktionsværdi udviklede sig på følgende måde frem til 1950. - Den var i 1938 på 17.1 mill. kr., i 1944 på 26.2 mill. kr. og i 1950 på 79.5 mill. kr. Insulineksporten, der er af samme størrelsesorden som insulinproduktionsværdien (på nær i krigsåret 1944) udviklede sig, som følger. Eksporten i 1938 kendes ikke, men den var i 1940 på 4.6 mill. kr., i 1944 på 3.5 mill. kr. og i 1950 på 11.3 mill. kr. (Keiding, 1951, s.177-80)

Medicinalindustriens produktionsandel af den samlede danske industris produktion kan skønnes ved medicinalindustriens produktionsværdis forhold til industriens totale produktionsværdi. I 1950 udgjorde medicinalindustriens produktionsværdi på 79.5 mill. kr. under 1^o/oo af industriens totale produktionsværdi på 10 mia. kr. (Statistiske Medd. Produktionsstatistik 1950)

Medicinalindustriens samlede produktion og dermed NI's insulinproduktion var altså relativt ubetydelig nationaløkonomisk set, men dog som allerede vist en branche i relativ vækst.

NORDISK INSULINLABORATORIUM. - EN BESKRIVELSE AF TEK-
NOLOGISKE INNOVATIONER, DER UDVIKLEDE SUKKERSYGEBEHANDLIN-
GEN OP TIL 1950.

"Insulinets opdagelse og den udvikling, som denne opdagelse har ført til, frembyder betydelig interesse fra almindelige synspunkter, dels som et typisk eksempel paa, hvorledes rent videnskabelige undersøgelser, udført med det formaal at uddybe den biologiske erkendelse, kan føre til opnaaelsen af resultater af stor praktisk betydning, og dels som en prøve paa, hvorledes den praktiske udvikling kan foregaa under videnskabelig ledelse og kontrol." (Krogh,1924,s.5)

I dette afsn. vil vi først klarlægge, at opdagelsen (i 1920) af insulin, der er virksomt mod sukkersygen diabetes mellitus, var et resultat af naturvidenskabelig forskning (eller mere præcist: fysiologisk videnskabelig forskning). (Sukkersygen diabetes mellitus er forårsaget af en utilstrækkelig insulinproduktion i bugspytkirtlen. Dette er ikke tilfældet for sukkersygen diabetes insipidus. - Efter dette vil vi mene diabetes mellitus, hver gang sukkersyge eller diabetes nævnes). Dette gøres ved at beskrive de fysiologisk-videnskabelige arbejder, der blev grundlaget for opdagelsen af insulin og udviklingen af den såkaldte "ø-teori" for sukkersyge.

Dernæst giver vi en kort beskrivelse af, hvorledes sukkersygebehandlingen foregik, indtil man blev i stand til at udføre insulinbehandlinger.

Herefter beskrives insulinsagens udvikling med særligt henblik på at beskrive opkomsten (i 1924) af og den generelle udvikling hos Nordisk Insulinlaboratorium (NI) indtil omkr. 1945.

Hos NI vurderes særligt karakteren af det innovative arbejde i forbindelse med insulin-koncentrations-standardiseringen og dele af den fabrikmæssige insulinframstilling i virksomhedens første år.

Fra perioden 1934-7 vurderes særligt innovationsarbejdet forbundet med fremstillingen af det særligt (terapeutisk) virkende insulinprodukt, protamin insulin. - Disse innovationsarbejder er først og fremmest eksempler på, hvorledes der involveres videnskabelige træk fra især bio-kemien i insulinfremstillingens og dermed sukkersygebehandlingens innovationsprocesser.

Til sidst vil vi konkluderende vurdere videnskabeliggørelsen af sukkersygebehandlingens innovative processer med udgangspunkt i de beskrevne teknologiske insulininnovationer hos NI.

5.4.1. De fysiologisk-videnskabelige forarbejder til og opdagelsen af insulin.

I det følgende præsenteres de væsentligste fysiologisk-videnskabelige arbejder, der førte til insulinets opdagelse. Afsnittet er skrevet på baggrund af Krogh (1924, s. 9-29) og Kaarsen (1939, s. 34-7).

I en i 1889 offentliggjort forsøgsrække klarlagde v. Mering og Minkowski den Hypotese, at sukkersygen står i forbindelse med bugspytkirtlens (pankreas') funktioner. Forsøgsdyr, hvis kirtel fjernedes helt eller delvist, fik alle sukkersyge.

Omkr. århundredeskiftet fremsatte og begrundede Minkowski den hypotese, at der i bugspytkirtlen frembringes et hormon, hvis tilstedeværelse er nødvendig for, at organismen kan forbrænde sukkeret og udnytte den deri indeholdte energi.

Der var imidlertid en del problemer forbundet med at uddrage og isolere pankreashormonet. Forskellige forsøg herpå gav kun negative resultater, selvom de hormonfrembringende celler allerede var blevet fundet. I 1869 havde Langerhans nemlig påvist, at pankreas udover de normale celler, der udskiller kirtlens sekret, indeholder nogle såkaldte celleøer (efter ham kaldet de Langerhans'ske øer), men deres funktion var ikke klarlagt, før Ssobolew ved forsøg (offentliggjorte i 1902) viste, at de Langerhans'ske øers funktion var at medvirke til kulhydratomsætningen.

Problemet vedrørende at uddrage og isolere det søgte pankreas-

hormon blev imidlertid først endelig løst af Banting i 1920. Banting opstillede den hypotese under studiet af de Langerhans'ske øer og deres forhold til sukkersygen, at når det hidtil havde været umuligt fra bugspytkirtler at udvinde et stof, der var virksomt overfor sukkersyge, så kunne grunden være, at dette stof, hormonet, blev ødelagt under selve udvindingsprocessen af de fermenter, som bugspytkirtlens almindelige celler udskiller. Dernæst startede Banting på at fremskaffe en ekstrakt af de Langerhans'ske øer alene. Bantings efterfølgende forsøg bekræftede hypotesen. Gennem en operativ underbinding af bugspytkirtlens udførselsgang, opnåedes at kirtlens almindelige celler degenererede, mens øerne blev ved med at fungere. Efter en passende periode dræbtes forsøgsdyret, og derefter fremstilledes en ekstrakt af bugspytkirtlen. Denne ekstrakt blev derefter afprøvet med gunstigt resultat på forsøgsdyr med fremprovokeret sukkersyge. Indsprøjtninger af ekstrakt resulterede i et stærkt fald i blodets sukkermængde hos forsøgsdyrene. Desuden viste ekstrakten sig uvirksom, når denne blev tilsat bugspyt, og ved yderligere forsøg påviste Banting m.fl., at det var det æggehvide-spaltende ferment, trypsinet, der ødelagde det nyopdagede stof, insulin, opkaldt efter bugspytkirtlens øer.

Snart kunne Banting og medarbejdere også ekstrahere insulin fra forskellige almindelige slagtedyrs som svin og okser, hvilket lettede fremskaffelsen af råmaterialer (bugspytkirtler) til insulinfremstilling betydeligt. Ekstraktionen blev foretaget med sur alkohol, hvilket hæmmede trypsinets nedbrydende virkninger på insulinet. Endvidere skal det her nævnes, at opdagelsen af insulin indbragte Banting Nobel-prisen i medicin i 1923.

I det foranstående, der bygger på Krogh (1924, s. 9-29) og Kaarsen (1939, s. 34-7), har vi fulgt den række af fysiologisk-videnskabelige arbejder, der i løbet af et halvt århundrede førte til opdagelsen af insulin i 1920. Disse arbejder er, som vi har set, blevet udført af fysiologer primært m.h.p. at opnå ny viden, eller m.a.o. fysiologisk erkendelse, især om bugspytkirtlens funktioner. Ganske vist var man ihvertfald siden Ssobolews arbejde i 1902 klar over, at der eksisterede muligheder for at behandle diabetikere, dersom man kunne udføre den anatomiske isolering af de Langer-

hans'ske øer. (Krogh,1924,s.16-7) og Kaarsen,1939,s.36) Opdagelsen af insulin i 1920 var altså løsningen på et teknisk problem, der åbnede muligheder for en effektiv sygdomsbehandling. - Dette forrykker imidlertid ikke det faktum, at insulinets opdagelse var et produkt af videnskabelig forskning.

Det gælder mere generelt, at der indenfor det medicinske område er flydende grænser mellem grundforskning og anvendt forskning. Dette skyldes, at en stor del af denne grundforskning er rettet mod kortlægning af årsagerne til forskellige sygdomme som baggrund for udvikling af midler til bekæmpelse af bestemte sygdomme og således også rettet mod løsning af praktiske problemer. (Forskningssekretariatet,1984,bd.II,s.22) I tilfældet insulins opdagelse bestod grundforskningen i klarlægningen af bugspytkirtlens funktioner, mens den anvendelsesorienterede tekniske forskning koncentreredes om det patologiske (patologi - sygdomslære) spørgsmål om sammenhængen mellem defekter i bugspytkirtlen og sukkersygen. (Se f.eks. den lægevidenskabelige forskningsopdeling hos Elmer m.fl. (1979,s.84) Under denne udvikling af sygdomsklarlægningen opstillede den såkaldte ø-teori for diabetes omkr. Ssobolews arbejder i 1902, og denne blev bekræftet af Bantings arbejder i 1920. (Ham,1979,s.822)

5.4.2. Sukkersygebehandling før insulinets opdagelse.

Med v. Merings og Minkowskis opdagelse i 1889 af sammenhængen mellem bugspytkirtlens funktioner og sukkersyge begyndte man mange forskellige steder forsøg på, at helbrede dyrs og menneskers sukkersyge ved spisning af bugspytkirtelekstrakt fra fisk, men forsøgene mislykkedes, da trypsinet i kirtlerne ødelagde hormonet(insulinet). Et par forskere ved universitetet i Aberdeen forsøgte at give ekstrakten i vandig form under huden, men dette mislykkedes også, eftersom ekstrakten var uren og resulterede i hudirritation. (Gottfredsen,1969,s.133)

En hel del forskellige diætbehandlingsformer blev afprøvet i årene op mod 1920, og den væsentligste behandlingsform var indtil insulins opdagelse en diætbehandling, hvorigennem patienternes

kulhydratoptag begrænsedes så vidt muligt. Grunden til dette var, at man antog, at den sukkersyges stadig fungerende Langerhans'ske øer kunne blive overbelastede og gå til grunde ved almindelig kulhydratindtagelse. Denne diætbehandling viste sig gunstig i forhold til sukkersygen, selv om diæten i sig selv kunne være anstrengende for patienterne. Her skal det tilføjes, at denne nævnte diætbehandling byggede på Allen's "overwork"-hypotese for de Langerhans'ske øer, der beskriver, hvorledes for stor kulhydratindtagelse overbelaster øerne og kan ødelægge disse. Hypotesen har stadig betydning for diabetesbehandlingen og fremkom 1914-9 byggede på en større eksperimentel virksomhed. (Bliss, 1982, s. 20-44 og Ham, 1979, s. 822)

Det var først med insulinet, der ved indsprøjtning i blodet kan opveje den defekte hormonproduktion i bugspytkirtlen, at der opnåedes et effektivt middel i sukkersygebehandlingen.

5.4.3. En beskrivelse af insulin-sagens udvikling med særlig vægt på udviklingen hos NI indtil ca. 1950.

Insulinet viste sig meget effektivt til behandlingen af sukkersygen, men kunne endnu i 1923 ikke produceres markedsdækkende. (Krogh, 1924, s. 46-7) Problemerne forbundet med fabriksmæssig insulinfremstilling bestod i at forbedre præparatet og gøre den industrielle fremstilling mulig bl.a. ved up-scaling af den hidtidige laboratoriemæssige fremstilling. Problemerne gav sig udslag i at præparatet optrådte med stærkt varierende styrke (var det for stærkt, gav det anledning til insulinforgiftning og kunne dræbe patienten) og i at præparatets styrke aftog stærkt under forsøgene på industriel fremstilling.

Eftersom insulinets opdagere ikke ønskede at drage økonomiske fordele af opdagelsen, blev insulin-sagen overgivet til universitetet i Toronto (hvor opdagelserne skete), der nedsatte en komité. Denne begyndte at erhverve eneretten ved udtagelse af patenter til insulinfremstilling i de forskellige lande (medicinalvarer kunne imidlertid ikke patenteres i Danmark (herom senere)). Komitéen overdrog herefter patenterne til videnskabelige forskere eller komitéer i de enkelte lande for at disse skulle kunne udøve en vis kontrol med insulinpro-

dukkerne.

Omtrent samtidig i midten af 1922 startedes fabriksmæssig fremstilling af insulin både i The Connaught Antioxin Laboratories (der kunne sammenlignes med Seruminstitutet i Danmark og var underlagt Toronto-universitetet) under ledelse af Bantings medarbejder Best og hos det farmaceutiske firma Eli Lilly og Co. i Indianapolis i USA, der som det første private foretagende fik overdraget bemyndigelse til fremstilling af insulin af Insulinkomiteén mod accept af den hos komiteén ønskede kontrol med fremstilling og distribution af insulinprodukterne. (Krogh,1924,s.36) I september fortsatte overdragelsen af rettighederne til insulinfremstilling til andre lande med overdragelsen i Storbritanien til den officielle The Medical Research Council. Derefter fulgte tilsvarende rettighedsoverdragelser til Holland, Skandinavien og Tyskland inden Krogh skrev sin bog, "Insulin - En opdagelse og dens betydning." i 1924. (Krogh,1924,s. 38)

Det var denne bogs forfatter, fysiologen, professor August Krogh, der (ultimo 1922) blev bemyndiget af Insulinkomiteén til at fremstille insulin i Danmark (ja, faktisk i hele Skandinavien, da Krogh anså dette område for at være et passende stort marked i forhold til den ventede produktion). (Krogh,1924,s.52-3)

I Danmark allierede Krogh sig med dr. H.C.Hagedorn (farmaceut) og Kongsted (apoteker og direktør for Løvens Kemiske Fabrik) m.h.p. at frembringe industriel fremstilling af insulin, og i perioden 1922 til 24 foranstaltede disse forsøgsfremstilling af insulin med Krogh og Hagedorn som videnskabelige og tekniske ledere og Kongsted som økonomisk leder og garant hos Løvens Kemiske Fabrik. (Krogh,1924, s.53-4) Det er bl.a. dette udviklingsarbejde fra 1922 til 24, der kan belyse inddragelsen af videnskabelige træk i den tekniske udviklingsproces. Derfor har vi i det følgende givet en mere detaljeret beskrivelse af udviklingen af en koncentrations-standardiseringsmetode for insulin og en fabriksmæssig fremstilling fra disse år.

Ved Kroghs og Hagedorns første forsøgsfremstillinger af insulin anvendtes kun bugspytkirtler fra okser og kalve, som blev leveret fra Københavns slagtehus. Almindeligvis blev der arbejdet med 2 kg. kirtler per gang på daværende tidspunkt, men på dette stadi var

produktionen ikke tilfredsstillende til trods for fremkomsten af forskellige tekniske fremskridt fra Hagedorns og udenlandsk side. Som oftest svandt insulin-mængden betydeligt ind gennem fremstillingsprocessens forskellige stadier.

Som vi skal komme ind på det i den følgende mere detaljerede innovationsbeskrivelse, løstes problemerne dog hen ad vejen ved bl.a. at benytte svinebugspytkirtler, forsigtig udtagning af kirtlerne fra slagtedyrene og hurtig nedkøling af de netop udtagne kirtler. (Kaarsen,1939,s.40)

I begyndelsen af 1924 påbegyndtes den første fabrikmæssige fremstilling af insulin, og et år forinden havde man startet den første kliniske anvendelse af den under forsøgsarbejdet fremstillede insulin. Endnu midt i 1924 solgtes den fremstillede insulin under strenge restriktioner, men snart efter var først det skandinaviske marked dækket og dernæst påbegyndtes eksport til lande udenfor Skandinavien. Til varetagelse af eksportinteresserne oprettedes i 1923 firmaet The International Distributing Company for the Danish Insulin Leo. (Kaarsen,1939,s.41)

Indtil 1924 blev insulinfabrikationen drevet under Løvens Kemiske Fabrik. Da besluttede Krogh, Hagedorn og Kongsted at overdrage den til en selvejende institution, som fik navnet Nordisk Insulinlaboratorium. Krogh, Hagedorn og Kongsted blev dette foretagendes første livsvarige bestyrelse. (Kaarsen,1939,s.41) I NI's vedtægter hed det:

"Nordisk Insulinlaboratoriums Indtægter anvendes i første Linie til Driften af det dertil knyttede Laboratorium, samt til klinisk Prøve af og Forsøg med Insulinpræparater samt iøvrigt til at dække de Udgifter, der af Bestyrelsen maatte skønnes nødvendige til Arbejde paa organoterapeutisk Omraade. Af Overskuddet opsamles et Reservefond i en saadan Størrelse, som til enhver Tid skønnes fornødent af Bestyrelsen til Fortsættelse af og eventuel Udvidelse af Driften. Yderligere Overskud udbetales til Insulinfondet.

Nordisk Insulinfond forvalter de Beløb, der saaledes stilles til dets Raadighed. Bestyrelsen skal bestaa af

2 Medlemmer, valgt af og blandt Nordisk Insulinlaboratoriums Bestyrelsesmedlemmer, samt inden- og udenlandske Videnskabsmænd i et Antal, som til enhver Tid fastsættes af Fondets Bestyrelse, ligesom denne foretager Valget og bestemmer, hvor lang Tid det gælder. Insulinfondets Bestyrelse fungerer overfor Insulin-komiteen i Toronto som Insulinkomite for de skandinaviske Lande.

Efter Afholdelse af Administrationsudgifter og eventuel Opsamling af et Reservefond af passende Størrelse skal Fondets Midler anvendes til:

- a) videnskabeligt Arbejde paa eksperimental fysiologisk Omraade,
- b) klinisk videnskabeligt Arbejde indenfor organoterapeutisk og endocrinologisk Omraade,
- c) Understøttelse af Diabetespatienter i de skandinaviske Lande.

Medens Nordisk Insulinlaboratoriums Bestyrelse aflægger aarlig Beretning og Regnskab til Insulinfondets Bestyrelse, indsender denne for sit Vedkommende Regnskab for Insulinfondet til Undervisningsministeriet, der læser det revidere." (Kaarsen, 1939, s. 41-2)

(Organoterapi er behandling med præparater udvundet fra organer, og endocrinologi er læren om de kirtler, der udfører intern sekretion i kroppen. Sekretionen består af hormonudskillelse til blodet).

Af disse vedtægter ses det, at NI for det første er et privat foretagende, og for det andet at NI gennem Insulinfonden indeholder et betydeligt filantropisk islæt bl.a. ved den under pkt.'erne a, b og c nævnte legatvirksomhed.

I 1927 flyttede NI til Gentofte til en nybygget fabrik. Man var på det tidspunkt nået så vidt med den medicinske virkning af insulin gennem de nævnte udviklingsarbejder, som vi vender tilbage til, at man koncentrerede sig om at udvikle tilrettelæggelsen af fabrikationen i teknisk og økonomisk henseende. Produktionen var i disse år stærkt stigende. I 1928 var NI's omsætning på 1 mill.

kr., hvoraf kun 80000 kr. stammede fra salget i Danmark. Omkr. 1939 var omsætningen mere end fordoblet, og da var der ansat henved 100 funktionærer. Eksporten blev ordnet gennem overtagelse af Løvens firma The International Distributing Company for the Danish Insulin Leo i 1931. NI udvidede i løbet af 30-erne til udlandet, da en filial-fabrik åbnedes i 1937 i Kaunas, Litauen. (Kaarsen,1939,s.42-3)

I tilknytning til og finansieret af NI startedes Niels Steensens Hospital i 1932. Dette var enestående, hvad angik teknisk indretning og kun beregnet til 20 patienter. Formålet med oprettelsen af hospitalet var, at give Insulinlaboratoriet mulighed for ideelt at kunne studere både sukkersyge og forskellige former for stofskiftesygdomme. (Kaarsen,1939,s.43)

I 30-erne arbejdedes der hos NI med fremstillingen af et tungt-opløseligt insulinpræparat, der i årene 1934-7 fremkom som præparatet protamin insulin. (Kaarsen,1939,s.45) Udviklingsarbejdet, der var forbundet med fremstillingen af protamin insulin, er et eksempel på, hvorledes videnskabelige træk drages ind i innovationsprocesser. Der er derfor længere fremme i teksten udført en nærmere analyse af dette udviklingsarbejde. Protamin insulin betød et internationalt fremskridt for sukkersygebehandlingen. (Gotfredsen,1969,s.134)

Krogh og Hagedorn havde oprindeligt under opstarten af NI tænkt sig, at den virksomhed, de oparbejdede, skulle være alene om at producere insulin i Skandinavien. Men eftersom det ikke er muligt at patentere medicinalvarer i Danmark ifølge dansk patentlovgivning, blev dette ikke tilfældet. Medicinalco udsendte i 1923 sit præparat Diasulin MCO, og et par år senere i 1925 oprettedes Terapeutisk Laboratorium Novo med præparatet Insulin Novo. (Krogh,1924,s.53 og Kaarsen,1939,s.46)

Vi skal nu se nærmere på NI's insulinprojekts videnskabeligt-tekniske ledere, altså Krogh og Hagedorn. Vi mener, det kan slås fast, at den videnskabelige kompetence hos disse i forhold til fremstilling af virksom insulin og vurdering af de fysiologiske konsekvenser hos sukkersyge-patienterne var betydelig.

Krogh var fysiolog. Han blev mag.scient. i naturhistorie i 1899, dr.phil. i 1903 og var professor i dyrefysiologi ved

Københavns Universitet fra 1908 til 1944. Han modtog i 1920 Nobelprisen i medicin (egentlig fysiologi) for sine arbejder om kapillærernes (hårkarrenes) betydning for blodkredsløbets regulering. Ligesom han blev forfatter til en betydelig mængde videnskabelige publikationer i løbet af sin karriere. Disse er alle nævnt i "Meddelelser fra A.T.V.", nr.1, 1949, s.39-50. Der er eksempelvis et flertal af artikler publiceret i Amer. Journ. Physiol., Journ. Biol. Chem. og Biochem. Journ.

Hagedorn (1888-1971) var læge, specialist i stofskiftesygdomme og blev dr.med. i 1921. Også Hagedorn blev forfatter til en række videnskabelige artikler. Se f.eks. Kaarsen (1939, s.43-4).

Vi mener, at det absolut ikke var nogen tilfældighed, at to videnskabelige forskere stod i spidsen for en del af NI's udviklingsarbejder. Det har derimod været naturligt at inddrage og trække på disse videnskabelige forskeres kvalifikationer til at udføre biologiske, kemiske og biokemiske analyser, til læsning af videnskabelig/teknisk litteratur, til løsning af problemer i innovationsprocessen, til inddragelse af matematik o.s.v. - Som eksempler på dette forsknings- og udviklingsarbejde udvælges i det følgende insulinkoncentrationsbestemmelse, fabriksmæssig fremstilling af insulin og fremstilling af protamin insulin. Vi skal prøve at undersøge, hvilke videnskabelige elementer, der var inddraget i disse arbejder.

5.4.4. Innovativt arbejde hos NI eksemplificeret ved insulinkoncentrationsstandardisering og den fabriksmæssige insulinfremstilling i virksomhedens første år og fremstilling af protamin insulin i 1936.

Insulinkoncentrationsstandardisering: I det følgende beskrives dele af det innovative arbejde hos NI i sammenhæng med insulinkoncentrationsstandardiseringen i løbet af virksomhedens første år. - P.g.a. manglende kendskab til insulinets kemiske egenskaber var kvantitativ kemisk analyse ikke mulig, og man var (både hos NI og hos resten af verdens insulinproducenter) i disse år derfor henvist til at udføre insulinkoncentrationsbestemmelser ad biologisk vej ved indsprøjtning af passende mængder insulin på forsøgsdyr og derefter følgende iagt-

tagelse af symptomerne hos disse. (Krogh, Svenska Läkartidningen, 1925, s.488 og 1928-9, s.1) Det store problem, man igen og igen rendte ind i i disse år, var, at forsøgsdyr af samme art udviste uforklarlige variationer i følsomhed overfor indsprøjtningerne. Det overordnede problem i forbindelse med insulinkoncentrationsbestemmelsen var overhovedet på dette tidspunkt at få den biologiske insulinkoncentrationsstandardisering til at fungere. - Man arbejdede altså ikke med et generelt erkendelsesorienteret videnskabeligt problem, men et teknisk problem, og man kan dermed umiddelbart beskrive arbejdet som teknisk udvikling eller måske teknisk forskning i en koncentrationsbestemmesmetode for insulin. I beskrivelsen, der følger, skal vi derfor nu koncentrere os om beskrivelsen af denne hos NI i 1923-4 nyudviklede metode med særligt henblik på, at beskrive de videnskabelige træk, der medgik i og karakteriserede udviklingen.

En grundantagelse for insulinkoncentrationsbestemmelsen var, hvilket var almindeligt kendt fysiologisk eksperimentel viden, at man efter indsprøjtning af insulinopløsning, kan fremprovokere symptomer, der står i et vist forhold til insulinopløsningens styrke og den indsprøjtede mængde insulin.

Hos NI's stiftere (Krogh og Hagedorn) begyndte man i 1923 som noget nyt at foretage biologisk insulinkoncentrationsbestemmelse v.h.a. mus. Alle andre insulinproducenter brugte på dette tidspunkt kaniner. Et særligt problem ved anvendelsen af mus var at insulininjektionerne forårsagede et sænket stofskifte hos forsøgsdyrene, der bragtes i en tilstand, der mindede om vinterdvale. Ved at placere dyrene i en omgivende temperatur på 30°C udeblev dvaleeffekten, og man kunne da iagttage yderligere nogle insulin-symptomer. Krogh fortsætter her:

"Det næste stadium viser sig ved, at benene og navnlig bagbenene bliver lammede, saa at de, især paa en glat flade, glider ud fra kroppen og slæbes i unaturlige stillinger. I det følgende stadium, hvor musen er alvorligt paavirket, ligger den fladt paa bugen, idet benene er næsten fuldstændig lammede. I korte perioder kan dyret synes at komme sig, idet det rejser sig og foretager bevægelser, men det falder hurtigt tilbage, og tilstan-

den kan gaa over til fuldstændig kollaps, hvor dyret bliver ude af stand til at vende sig, naar det lægges paa ryggen. Naar dette stadium er indtraadt, er dyret døende. Reglen er imidlertid, at der i tilslutning til det stadium, som jeg har karakteriseret som alvorligt paavirket, og oftest lige efter en periode, hvor dyret har bevæget sig, optræder voldsomme krampeanfald, der ganske svarer til insulinkramperne hos kaninerne, idet blodsukkeret ogsaa hos musene bliver meget lavt. At nu alle disse symptomer virkelig skyldes insulinet og specielt den af insulinet fremkaldte sukkermangel i organismen, det fremgaar deraf, at de kan bringes til øjeblikkeligt ophør ved en subkutan indsprøjtning af druesukker. En saadan virker ofte paa mindre end et minut og altid inden 5 minutter, saaledes at musen rejser sig op og begynder at æde af det brød, der gives den, hvorefter den som regel pudser og soignerer sig paa den maade, der er karakteristisk for mus, som befinder sig vel." (Krogh, 1924, s. 57-8)

Disse beskrevne iagttagelser blev grundlaget for insulinkoncentrationsstandardiseringsmetoden hos Krogh og Hagedorn, og denne udarbejdedes paa Københavns Universitets dyrefysiologiske laboratorium. Man definerede herefter som insulinenhed en "museenhed", der var den mængde insulin, der hos en mængde mus fremkaldte krampeanfald eller kollaps hos halvdelen af musene. Denne enhed viste sig at forholde sig til den såkaldte kaninenhed, som denne var defineret i Toronto, som 1:600. Krogh beretter derefter med udgangspunkt i forsøg, at kontrolforsøg viste, at man med mus opnåede en helt tilstrækkelig nøjagtig insulinkoncentrationsbestemmelse set i forhold til biologiske standardiseringsmetoder. (Krogh, 1924, s. 58)

Innovatorerne var imidlertid stadig udsat for at forsøgsdyrenes følsomhed kunne variere. Dette vedvarende problem blev midlertidigt løst ved at regulere forsøgsdyrenes ernæring og sulte dem et vist antal timer før de anvendtes til insulinkoncentrationsbestemmelse, og senere løstes problemet ved at indføre et standard-insulin-præ-

parat med kendt styrke, der kunne kontrollere musenes følsomhed. (Krogh, 1924, s. 58-9) Ved stadig sammenligning med standardpræparatet kunne man derefter fastholde en nogenlunde konstant styrke af insulinet. Hvert parti insulin, der blev fremstillet, bestemtes under sammenligning med standardpræparatet først flere gange på mus og derefter på udvalgte patienter, så forsk. evt. bivirkninger kunne opdages. Til sidst blandedes det systematisk med det forhåndenværende lager af insulin, så fuldstændig sikkerhed for ensartet styrke og virkemåde opnås. (Krogh, Svenska Läkertidningen, 1925, s. 489)

Ydermere ved vi om frembringelsen af denne koncentrationsstandardiseringsmetode, at den indebar anvendelsen af forsk. statistiske analysemetoder så som de mindste kvadraters metode. (Krogh, 1928-9, s. 11)

På grundlag af denne præsentation af standardiseringsmetoden vil vi herefter foretage konklusioner om innovationsprocessen for insulinfremstillingen. Fremstillingen af standardiseringsmetoden involverer løsningen af problemer, der nødvendiggør anvendelse af den biologiske videnskabs resultater. Således krævedes der kendskab til betingelserne, hvorunder dyrs stofskifte forløber, for at løse dvale-problemet. Ligesom problemet vedrørende forsøgsdyrenes varierende følsomhed overfor insulinindsprøjtningerne også kun har kunnet løses gennem kendskab til, hvorledes man fremskaffer et ensartet forsøgsmateriale, jævnfør sultningen og ernæringsreguleringen, der udførtes. - Endelig må grundantagelsen om, at man hos forsøgsdyrene kunne forvente symptomer i et vist forhold til injektionernes styrke og mængden af indsprøjtet opløsning, også stamme direkte fra fysiologisk-videnskabelige grundantagelser og eksperimentel fysiologisk praksis.

Yderligere må det understreges, at metoden udarbejdedes på Københavns Universitets dyrefysiologiske laboratorium m.a.o. i et videnskabeligt miljø, hvilket er et eksempel på, at innovatorernes besiddelse af biologisk viden var en naturlig del af udviklingsarbejdet. Arbejdet involverede endvidere anvendelse af forskellige statistiske metoder (de mindste kvadraters metode var blot en af flere), hvilket angiver endnu et videnskabeligt træk ved det tekniske udviklingsarbejde nemlig inddragelsen af matematik. Metoden publiceredes

sammen med en kanin-standardiseringsmetode (blodsukkermetoden) af Krogh i "Biologiske Meddelelser", VII, 6, 1928-9, fra Det Kgl. Danske Videnskabernes Selskab.

Selve løsningen af problemet, der bestod i at forsøgsdyrene (musene) gik i dvale efter insulinindsprøjtninger ved stuetemperatur, repræsenterer også en inddragelse af videnskabelige træk i innovationsarbejdet. I situationen med dette problem må innovatorerne (sådan tænker vi os det) for det første have stillet sig selv overfor problemet: "Hvorfor går musene i dvale?" - Dette problem har innovatorerne derefter løst givetvis på grundlag af en biologisk standardmetode, og man har konstateret, at løsningen på problemet var, at insulinindsprøjtningerne sænkede musenes stofskifte. Med innovatorernes kendskab til stofskiftet (både Hagedorn og Krogh var faktisk specialister), har disse da opstillet hypotesen: "Dersom det kun er sænkningen af stofskiftet, insulinindsprøjtningerne medfører, da kan dette problem løses ved at hæve dyrenes stofskifte gennem at hæve deres omgivelsers temperatur". Da denne hypotese ved forsøg derefter blev bekræftet, var det oprindelige problem løst. Vi vil karakterisere dette arbejde som et udviklingsarbejde involverende videnskabelige træk.

Musestandardiseringsmetoden fik iøvrigt international anerkendelse. Dels var NI med blandt de ledende insulinproducenter, der omkr. 1924 indleverede insulin til fastlæggelsen af en international insulinenhed hos The Medical Research Council. Dels anbefalede NI's standardiseringsmetode (sammen med (Toronto-) blodsukkermetoden anvendt på kaniner) til anvendelse fra en konference mellem sagkyndige fra forsk. lande for fremsættelse af forslag om internationale regler for styrkebestemmelse og styrkeangivelse for en række vigtige lægemidler. Konferencen foregik i Folkeforbundets Hygiejnekommittés regi i Geneve i 1925. (Krogh, 1925, Ugeskrift for Læger, 1925, s. 987)

Fabriksmæssig insulinframstilling: Endnu et eks. på anvendelsen hos NI af teknisk viden med forskellige videnskabelige træk er udviklingen af den fabriksmæssige insulinframstilling. Mere præcist er det udviklingen af en insulinoprensningmetode, der beskrives i det følgende.

Hos NI tog man i 1923 udgangspunkt i de kendte fremstillingsprincipper (bl.a. fra Toronto). D.v.s. man ekstraherede det sønderdelte pankreasvæv med alkohol, under tilsætning af en ringe mængde syre. Ved de beskrevne museforsøg bestemtes det herefter, hvor meget insulin udtrukket indeholdte. De tidlige insulinudbytter var ringe, og Krogh beretter (1924, s.61), at man anstillede betydelige mængder af forsøg i håb om at øge insulinudbyttet.

Igennem forsøgene viste det sig, at kirtlerne til insulinframstilling skulle være helt friske. Dette bevirkede, at man straks efter udtagningen af kirtlerne begyndte på at afkøle disse stærkt til under frysepunktet. (Krogh, 1924, s.61)

Idet man undervejs i framstillingen lod den alkoholiske ekstrakt afdampe i en stor kolbe, som var nedsænket i et opvarmet bad og forbundet med en vakuumpumpe gennem et afkølet forlag, hvor den afdestillerede alkohol fortættes, skete der det, at meget insulin gik tabt under langvarig afdampning i vakuum. Ligeledes var dette vakuumapparat ikke egnet til storstilet framstilling af insulin. - Problemet med apparaturet blev klaret ved, at Hagedorn konstruerede et kontinuerligt virkende vakuumapparat,

"hvori den alkoholiske opløsning strømmede ind i en fin straale, medens den stærkt koncentrerede ekstrakt dryppede ned i en afkølet opsamlingsbeholder, og den fordampede alkohol fortættes og samledes i et andet forlag, hvorfra den paany kunne indgaa i driften." (Krogh, 1924, s61)

Løsningsforsøg til problemet med det store tab af insulin blev gjort med variationer af surhedsgraden af den til ekstraktionen anvendte alkohol. Forsøg viste, at der måtte anvendes betydeligt sure alkohol for at stoppe trypsinets nedbrydende virkning på insulinet. Det viste sig nemlig, at den væsentligste årsag til insulinsvind under framstilling var trypsinets tilstedeværelse (dette

var iøvrigt et problem for samtlige insulinproducenter på dette tidspunkt). Trypsin-problemet blev imidlertid først løst tilfredsstillende i udlandet af Schaffer og medarbejdere (i 1923):

"De ekstraherede med alkohol, der var gjort meget stærkt sur med svovlsyre, de udfældede insulinet af den koncentrerede ekstrakt med ammoniumsulfat, og de regulerede brintionkoncentrationen af den stærke alkohol ved den endelige udfældning af insulinet til dets isoelektriske punkt." (Krogh, 1924, s. 62)

(Det isoelektriske punkt er den pH-værdi, hvor et amfotert stof (et stof der både er en syre og en base) i opløsning findes i maksimal koncentration).

Indholdet i Kroghs og Hagedorns ekstrakter af insulin på forsøgsstadiet ca. femdobbledes ved anvendelse af Schaffers metode. Når man fulgte Schaffers anvisning for udfældning af insulin af den koncentrerede ekstrakt med ammoniumsulfat, fremtrådte dette enten som et mørkt bundfald eller en tjæreagtig vædske, der flød ovenpå. Betingelserne for denne forskel undersøgte af Krogh og Hagedorn, og de opdagede, at udskillelsen som tjære beroede på et indhold af alkohol i vædsken under fældningen. Dersom denne alkoholemængde nåede en vis størrelse, blev der ved svag opvarmning over ammoniumsulfatopløsningen udskilt en alkoholfase, der rummede alt det tilstedeværende insulin. Eftersom denne alkoholiske opløsning især i stordrift er lettere at skille fra og arbejde med fremfor et bundfald, udnyttede Krogh og Hagedorn dette forhold, og ved inddampningsprocessen i vakuum lod de en vis mængde alkohol blive tilbage i den koncentrerede ekstrakt, som så ved fældningen skiltes ud med insulinet. (Krogh, 1924, s. 62) Den ved denne metode fremkomne insulinopløsning var koncentreret 2-300 gange i forhold til råekstrakten og indeholdte dels noget ammoniumsulfat dels mørkt farvede urenheder, der delvist stammede fra indvirkningen fra den stærke svovlsyre. Ammoniumsulfatet blev fældet ved tilsætning af stærk alkohol, samtidig med at vædsken igen blev gjort stærkt sur. Når den derefter blev behandlet med stærkt adsorberende kul, blev næsten alt farvestoffet fjernet, således at

der ved filtrering fremkom en klar lysegul vædske. Denne blev kogt nogle minutter under sådanne forhold, at man sikrede sig, at alle eventuelt tilstedeværende bakterier eller bakteriesporer dræbtes. Opløsningen fældedes tilsidst med stærk alkohol, idet syren afstumpe-
pedes til den for fældningen gunstigste reaktion. Det da udfældede insulin kunne herefter renses ved behandling med alkohol og æter og anvendes klinisk. Ovennævnte insulinoprensingsmetode var udgangspunktet for forsøgene på fabriksmæssig fremstilling af insulin i 1923. (Krogh, 1924, s. 62-3)

Vi skal herefter give en vurdering af det her beskrevne innovative arbejde, der hos NI førte til fabriksmæssig fremstilling af insulin. Det overordnede problem for dette innovative arbejde var overhovedet at få fabriksmæssig insulinfremstilling til at fungere (økonomisk og teknisk) tilfredsstillende - altså i sig selv et teknisk problem. Flere enkeltdele af innovationsarbejdet synes også at være rent tekniske så som konstruktionen af det kontinuerligt virkende apparatur til insulinfremstillingen. Alligevel gør det sig også gældende at flere af de nævnte innovative delarbejder byggede på et grundigt kendskab til datidens kemiske og bio-kemiske viden-
skab. Et sådant kendskab har eksempelvis været nødvendigt for overhovedet at kunne læse en afhandling som den af Krogh nævnte (Krogh, 1924, s. 62) af Schaffer og medarbejdere.

Et innovativt delarbejde kan belyse disse forhold nærmere. Det drejer sig om Kroghs og Hagedorns undersøgelse af betingelserne for hvilken insulinudfældning, der fremkom ved Schaffers metode. Krogh og Hagedorn gjorde den iagttagelse, at man ved anvendelse af metoden kunne få insulin til at fremstå både som et bundfald og en tjæreagtig vædske. Herudfra har de opstillet et vidensspørgsmål: "Hvorfor optræder insulin ved denne fremstilling i henholdsvis den ene henholdsvis den anden form?" - Til besvarelsen af spørgsmålet har Krogh og Hagedorn derefter måttet trække på deres faglige/videnskabelige indsigt og måske have udført teknisk forskning. Udviklingsarbejdet eller forskningen førte til en særlig og mere præcis anvendelse af Schaffers metode hos NI, således at innovationen som følge af denne forskning/dette udviklingsarbejde bestod i den for industriel fremstilling praktiske fremstilling af insulin i en alkoholisk opløsning.

Protamin insulin: Helt op i 30-erne bestod den ulempe ved insulinbehandling, at når der skulle indgives større mængder insulin i patienterne, så faldt blodsukker mængden hos disse fra at være for høj hurtigt til langt under det normale. Ca. 1^o/oo er det normale glukoseindhold, men kommer indholdet under 0.4^o/oo, indtræder der alvorlige symptomer, til at begynde med uro og sultfølelser, derefter krampe, der går over i bevidstløshed, og som kan ende med døden. - Disse såkaldte insulinchok kan afhængig af omstændighederne stoppes ved indsprøjtning af glukose i blodet. (Kaarsen, 1939, s.45)

En første midlertidig løsning på problemet kom fra dr. med. vilh. Clausen i 1934. Han tilsatte insulinet adrenalin, der fremkalder en sammentrækning af blodkarrene og derfor forhaler insulinets virkning. Men en bedre løsning kom fra NI i form af det såkaldte protamin insulin. Dette fremkom efter et samarbejde mellem Norman Jensen fra Bispebjerg Hospital og Hagedorn m.fl. fra NI. (Kaarsen, 1939, s.45) Vi har forsøgt at gennemlæse Hagedorns artikel "Protamine Insulate" offentliggjort i "Proceedings of the Royal Society of Medicine", 1937, hvori det nye insulinpræparat blev beskrevet, m.h.p. at kunne vurdere det udviklingsarbejde, der gik forud for dette præparat.

Hagedorn tager i artiklen sit udgangspunkt i den igangvarende diabetes-forskning og beskriver problemstillingen i sit arbejde:

"...the problem of artificially retarding absorption which has been more or less in the mind of everybody working on diabetes." (Hagedorn, 1937, s.11)

Hagedorn fortsætter herefter med at præsentere de indtil denne artikel opnåede resultater i sit laboratorie:

"Our institute has been very much interested in this problem....and we have tried many methods without satisfactory results. Three different ways have been tried to obtain a retardation of the insulin effect:-

(1) The emulsion of watery insulin solution in oil or suspension of dry insulin in oil. This method has

been successful in a number of cases,but does not seem applicable in every case.

(2) Injection of a vasoconstrictor substance, e.g. adrenalin, together with insulin, as exemplified in the very extensive use of vasoconstrictors along with local anæsthetics (Clausen,1934).

(3) The third method - which at the present moment seems to be of greatest promise - depends upon the fact that the insulin is injected as a more or less insoluble compound." (Hagedorn,1937,s.12)

Dernæst beretter Hagedorn, hvorledes man ud fra forskellige kriterier bl.a. formuleret i tidligere arbejder (der nævnes f.eks. Kossel (1928) og Bischoff (1936)) har udvalgt det protamin, der stammer fra regnbueørredens sæd, som det stof, der tilsat insulin, giver det ønskede insulinprodukt. (Hagedorn,1937,s.13) Endvidere fortælles om problemet med at blande insulin og protamin i det rette forhold:

"Much of our chemical work has concerned the quantitative relations of insulin and salmiridin, which we have felt must be cleared up before further progress could be made in examining other protamines and before the use of different proportions of protamine to insulin was tested in the clinic." (Hagedorn,1937,s.13)

Under den følgende beskrivelse af dette kemiske arbejde diskuteres særlige mulige fordele ved tilsætning af zink til protamin insulin. (Hagedorn,1937,s.14)

Derefter helliger Hagedorn sig i resten af artiklen om de særlige effekter af det nye medikament i patientbehandlingen og om, hvorledes dette anvendes i den kliniske behandling. Herunder fortæller Hagedorn om udviklingen i sukkersyge-medikament-fremstillingen og -fornyelsen bl.a. i forbindelse med udviklingen af protamin insulin:

"The next point is to demonstrate unequivocally the special effect of the new remedy and to investigate how this special quality, if any, can be used in treatment. The endless chain of remedies for diabetes and the many discussions on treatment tell a sad story of how the capricious course of the disease, with its tendency to rapid spontaneous changes, together with the optimism of the patients and the doctors have obscured the facts and led to false conclusions. The statement that some patients do well under a new treatment - and better than before - may be very encouraging for them and their doctors, and for the rest of us very interesting and even inspiring, but it is very far from being clinical evidence; such evidence can only be obtained if the whole clinical treatment is arranged as a scientific experiment keeping all other conditions constant and adequately controlled, so that the real experimentum crucis is obtained.

We are much indebted to our collaborator, Dr. Niels B. Krarup, who has undertaken to carry out such experiments in our hospital, and under controlled conditions has made experiments on diabetics, making careful observations of blood-sugar, urine-sugar, and acidosis (1935)." (Hagedorn, 1937, s. 14-5)

Vi vil herpå evaluere Hagedorns m.fl.'s arbejde. Der er helt fundamentalt tale om en teknisk problemstilling vedrørende en særlig terapeutisk virkning af insulin. Da der samtidig i forbindelse med arbejdet opnås ny (teknisk) viden om et protamins tilsætning til insulin, kan dette karakteriseres som involverende teknisk forskning med et vist videnskabeligt indhold. F.eks. nævnes jo anvendelsen af videnskabelige eksperimenter i det sidstnævnte citat.

5.4.5. Konkluderende om videnskabeliggørelse.

I det førindustrielle Danmark fandt lægemiddelproduktionen sted på håndværksmæssig basis. Der lå ikke nogen egentlig lægevidenskabelig basis bag innovationerne på området. Det første eksempel på en fremskreden videnskabeliggørelse af dansk lægemiddelteknologisk innovation var virksomheden Alfred Benzon, da denne i 1890'erne begyndte at samarbejde med fremtrædende læger tilknyttet datidens lægevidenskabelige forskning, der foregik på Universitetet og hospitaler. Denne arbejdsdeling holder sig som den dominerende i den danske medicinalindustri frem til 2. verdenskrig, selv om der dog sker en vis fremvækst af forskningslaboratorier inden for denne industri. Et eksempel på dette er forskningslaboratoriet hos virksomheden Nordisk Insulinlaboratorium. Innovationsprocesserne har derfor et højt videnskabeligt præg - både videnskabeligt, metode-mæssigt og socialt-organisatorisk. Som et eksempel til belysning af dette videnskabelige præg har vi fremhævet udviklingen af forskellige insulinfremstillingsmetoder i tilknytning til virksomheden Nordisk Insulinlaboratorium.

LITTERATUR.

M. Bliss: The Discovery of Insulin. The University of Chicago Press. 1982.

M. Elmer et al.: Om medicin. Hans Reitzels Forlag. Kbh. 1979.

Forskningssekretariatet:

Bd. I: Den Fremtidige Forskningspolitik

Bd. II: Forskningens Tilrettelæggelse og Anvendelse.

København 1984.

Gammeltoft og Jelsø: Dansk medicinalvareindustri udviklingsmuligheder. DtH 1979.

E. Gotfredsen og E. Snorrason: Medicinens historie. N.N.F. Kbh. 1969.

H. C. Hagedorn: Protamine Insulate.

I Proceedings of the Royal Medical Society, 30. sect. of Therap. and Pharmacol. 1937.

H. C. Hagedorn: August Krogh (et mindeskrift)

I Medd. fra A.T.V., nr. 1, 1949.

A. W. Ham og D. H. Cormack: Histology. Lippincott, 1979.

Sv. A. Hansen: Økonomisk vækst i Danmark,

Bd. I: 1720-1914. Kbh. 1972.

Bd. II: 1914-1970. Kbh. 1974.

A. Kaarsen: Den danske Medicinalindustri - Vilkaar og virke. Kbh. 1939.

E. Keiding: Industriel fremstilling af lægemidler i Danmark.

I Medicinsk Forum, nr. 6, 1951.

A. Krogh: Insulin - En opdagelse og dens betydning.

Universitetsbogtrykkeriet - Schultz. Kbh. 1924.

A. Krogh: Nogle Bemærkninger om Insulin.

I Svenska Läkartidningen, nr. 22, 1925.

A. Krogh: Den anden internationale konference om biologisk Standardisering af lægemidler.

I Ugeskrift for Læger, nr. 45, 1925.

A. Krogh og A. M. Henningsen: The Assay of Insulin on Rabbits and Mice.

I Biologiske Medd., VII 6, 1928 fra Det kgl. Danske Videnskabernes Selskab.

5.5 Telekommunikationsområdet, radiotelegrafi.

5.5.1. RIDS AF DEN ØKONOMISKE OG INNOVATIONSMÆSSIGE UDVIK- LING

Dette afsnit skal blot give et første indtryk af teknologisk innovation indenfor telekommunikation i Danmark gennem tiderne og samtidigt antyde sammenhænge til den økonomiske udvikling på området. En egentlig beskrivelse af hvordan den teknologiske innovation videnskabeliggøres, ville kræve en ret omfattende analyse, blandt andet fordi innovationsprocessen foregår internationalt. Vi begrænser os derfor til at nævne nogle af de tekniske problemer, som har krævet mere avanceret teknisk forskning i Danmark.

Elektrisk telegrafi

Den elektriske kommunikation i Danmark strækker sig helt tilbage til oprettelsen af den første elektriske telegraf- linje i 1852-54. Før indføringen af denne form for telegrafi, som byggede på H. C. Ørsteds opdagelse af det magnetiske felt omkring en strømførende leder 1821, havde man omkring 1800 anlagt en optisk telegraf fra København over Nyborg til Als og Slesvig. Denne telegraflinje bestod af 23 stationer der hver var forsynet med en mast. I mastens top sad nogle led- delte tværstænger, som kunne indstilles på mange forskellige måder. Til hver indstilling svarede et ord. Signalerne aflæstes med kikkert og ved god sigtbarhed kunne en meddelelse ekspederes gennem de 23 stationer på ca. 27 minutter.

Den optiske telegraf var i brug helt frem til ibrugtag- ningen af den nye elektriske telegraflinie. Fra dette tids- punkt udbredtes telegrafnettet støt. I 1854 udlagdes et sø- kabel over Øresund til Sverige, nettet udvidedes op langs

Jyllands østkyst og det sydlige Sjælland. Møn, Falster og Lolland inddragedes i 1860-61. Allerede i 1859 blev Danmark sat i forbindelse med England over Hamburg. Linjen faldt imidlertid i Tysklands hænder ved krigens udbrud i 1864, og en ny forbindelse etableredes først i 1868 efter at det da nystiftede "Dansk-Norsk-Engelsk Telegraf-Selskab" opnåede koncession på anlægning og drift af forbindelser til England og Norge. Dette selskab sammensluttedes på C. F. Titgens initiativ i 1869, med to andre Nordiske telegrafselskaber til aktieselskabet Store Nordiske Telegrafselskab. Lige fra sin stiftelse havde store Nordiske Telegrafselskab koncession på vigtige forbindelser til udlandet og i udlandet,

mens betjeningen af kablerne i Danmark varetoges af Statstelegrafvæsnet. "Store Nordiske" blev hurtigt et gigantsekskab. Samme år som selskabets stiftelse, havde Tietgens opnået russisk konsession på kabelanlæg mellem Rusland, Japan - Kina og til udnyttelse heraf startedes i 1870 et selvstændigt selskab med en aktiekapital på 10,8 mill. kr., og da dette to år senere sammenstykkedes med "Store Nordiske" voksede Store Nordiske Telegrafsekskabs aktiekapital til 27 mill. kr. (Salmonsens under "Telegrafsekskab").

I denne tidlige periode gjorde Store Nordiske ikke nævneværdig brug af dansk producerede materiel, og der var dermed heller ikke tale om nogen form for dansk teknologisk innovation. Således indledtes f.eks. en dansk fabrikation af kabel og tråd først i 1891 (J. Hansen 1948 p. 7). Den eneste nævneværdige innovation er et særligt kabelrelæ, som daværende overingeniør i Store Nordiske, K. Gulstad, opfandt omkring 1896. Vi skal ikke gå i detaljer med en beskrivelse af denne opfindelse, men blot konstatere, at relæet var et vigtigt middel til at afhjælpe de problemer, der opstod som følge af den forvrængning af de elektriske signaler, der sker i lange kabler (P. O. Pedersen 1934, p. 15).

Telefoni

Telefoniens epoke indledtes også med indførelse af teknologi skabt i udlandet. Det første telefonanlæg påbegyndtes i København i 1881 forestået af det store amerikanske selskab "The International Bell-Telephone Company", og i 1894 overgik anlægget til Københavns Telefonaktieselskab (KTAS). Københavns Telefonaktieselskab opkøbte ret hurtigt de øvrige lokale sjællandske telefonnet og fik i 1898 konsession for hele sjælland og Amager. En lignende koncentration fandt sted i Jylland (Salmonsens "om telefonselskaber").

Hvad angår innovation på det telefontekniske område kan kort fremhæves to forskningsarbejder, som besad en meget

høj grad af videnskabelighed.

Det ene drejer sig om bestræbelserne på at mindske forvrængningen i telefonkablerne. Forvrængningen af de elektriske signaler, og dermed den tale, der kommer ud af telefonens hørerør, var særlig stor for kabler nedgravet i jorden. Derfor kunne jordkablerne kun bruges til indenbys net, mens de længere mellembysledninger måtte fremføres som luftledninger. Luftledningerne førtes frem langs landeveje og jernbaner, men efterhånden krævede den stærkt stigende samtaletrafik, at man i Danmark omkring århundredeskiftet for visse særligt belastede strækninger, som f.eks. Roskilde København, overvejede ligefrem at anlægge nye veje alene beregnet til fremføring af telefonledninger (N. Lichtenberg, 1942 p. 132).

Problemet omkring signalers forvrængning var allerede undersøgt teoretisk af den engelske fysiker Oliver Heaviside i 1887 og publiceret dels, i ingeniørtidsskriftet "Elektrician" og dels, i det naturvidenskabelige tidsskrift "Philosophical Magazine". Omtrent samtidigt blev problemet undersøgt af den danske fysiker L. Lorenz der, ligesom Heaviside, kom til det resultat, at det galdt om at øge kablernes selvinduktion og, at dette kunne ske ved at omvikle kobberledningen med jerntråd isoleret fra kobberledningen. Det lykkedes dog ikke for Lorenz at få afprøvet sine ideer i praksis, fordi han ikke kunne få nogen kabelfabrik til at fremstille et prøve-kabel. Ingeniør ved KTAS J. L. V. W. Jensen, til hvem Lorenz allerede i 1885 havde henvendt sig om samarbejde, forsøgt igen i 1895 at få fremstillet et prøve-kabel hos det samme tyske kabelfirma, men uden held (S. P. Madsen 1922, og Lichtenberg 1942 p. 134).

Den eksperimentelle forskning i sådanne kabler med forhøjet selvinduktion foregik i slutningen af 1890'erne i flere lande - i tyskland ironisk nok på foranledning fra bl.a. det nævnte kabelfirma (S. P. Madsen 1922). I Danmark fandt daværende ingeniør ved statstelegrafene, C. E. Krarup, en brugbar løsning kort efter, at han havde taget problemet

op i 1901. Krarup mente, at fejlen ved tidligere forsøg var, at den skrueformede jertrådsbevikling ikke dannede sluttede magnetiske kredsløb rundt langs lederens overflade, vinkelret på længderetningen. Han foreslog derfor at forsyne kobberledningen med en tynd jernkappe. På forslag fra P. O. Pedersen, senere professor ved laboratoriet for telegrafi og telefoni ved Polyteknisk læreanstalt, blev dette praktiseret ved at bevikle med en tynd jertråd i tætssluttende vindinger (S. P. Madsen 1922).

Det andet forskningsarbejde

som skal fremhæves i for-

bindelse med telefonteknikkens udvikling, foregik hos KTAS. På initiativ fra direktøren, ingeniør Frits Johannsen, blev der taget sandsynlighedsteoretiske metoder i anvendelse på problemer vedr. så vel konstruktioner og system som driftsform. I denne forbindelse udførte overingeniør ved KTAS, P. V. Christensen, og matematikeren A. K. Erlang, der var tilknyttet selskabet som videnskabelig medarbejder, grundlæggende sandsynlighedsteoretiske arbejder. (Lichtenberg 1942, p. 142).

Radio

På radioteknikkens område, d.v.s. transmission af telegrafsignaler, telefonsamtaler og lyd i det hele taget ved hjælp af radiobølger, forgik der fra den tidlige begyndelse af dette århundrede og frem til midten af 1920'erne et vigtigt innovationsarbejde.

Den tidligste form for trådløs telegrafi blev udviklet i sidste halvdel af 1890'erne først og fremmest af italieneren G. Marconi (The McGraw-Hill..... om Maconi). Maconi's sender kunne kun sende radiobølger i serier af meget kortvarige bølgetog, hvilket betød at den kun kunne bruges til telegrafi. I mange lande begyndte man at forske med det mål at frembringe en sender, der kunne sende kontinuerte radiobølger, dels fordi sådanne radiobølger kunne bruges til at transmittere lyd og dels fordi, de var nemmere at modtage uden at flere forskellige signaler blandedes sammen (P. O. Pedersen 1932,).

kontinuerte

Løsningen på problemet om frembringelse af radiobølger kom fra danskeren Valdemar Poulsen (1869-1942) i 1903. En nærmere beskrivelse af Poulsens sender, kaldet Poulsen-buen gives senere. Her gives først et rids af hele udviklingsforløbet på radioområdet.

Poulsen udtog allerede sine første patenter på forskellige anordninger for buens anvendelse til trådløs telegrafi i 1904 og samme år var den første primitive sender opstillet i Lyngby (Dansk Biografisk Leksikon om "V. Poulsen"). Rettighederne til udnyttelsen af Poulsensystemet var fra starten i 1903 overtaget af et dansk konsortium (Vinding 1941 p. 234), men selvom senderen efterhånden blev en stor teknisk succes, kom det aldrig til nogen nævneværdig produktion af sendere i Danmark. Allerede i 1906 blev rettighederne solgt til et engelsk selskab, og i 1907 havde man en driftssikker forbindelse mellem Lyngby og Cullercoats nær Newcastle. Efter at have påbegyndt opførelsen af en transatlantisk station på Irlands vestkyst måtte selskabet imidlertid likvidere i 1907. Men innovationsarbejdet fortsatte på forsøgsstationen i Lyngby. Samme år installeredes en forsøgsstation i dampskibet Hellig Olav, som på sin rejse til New York modtog telegrammer fra Lyngby ^{over en afstand} på 3300 km.. 1908 stiftedes "Det kontinentale syndikat for Poulsen-Telegrafi A/S" til udnyttelsen af Poulsen-patenter. 1909 etableredes i USA selskabet Federal Telegraf Company, som i løbet af få år udbyggede et omfattende net af Poulsen-stationer. 1912 oprettedes selskabet regelmæssige forbindelser mellem Poulsen-stationer i San Frasco og Honolulu, og i de følgende år leverede firmaet et større antal stationer til den amerikanske marine. I England stiftedes et nyt selskab, Universal Radio Syndicate, i 1912, som året efter oprettede en fast telegrafforbindelse mellem Irland og Canada. Under første verdenskrig overtoges alle Poulsenstationerne af de respektive landes militære autoriteter. Firmaet C. Lorenz, Berlin, der havde erhvervet patentrettighederne for Tyskland, leverede i årene lige før krigen et antal Poulsenstationer til den tyske marine, der i

hemmelighed installerede disse i alle sine større skibe, og byggede mange store landstationer. I de sidste krigsår, og i årerne umiddelbart efter krigen, blev der bygget flere meget kraftige stationer i Holland og Frankrig, i disse landes kolonier og i Italien. Poulsen-systemet blev dog efterhånden fortrængt af en anden type sender som anvendte elektronrør, og den sidste Poulsen-sender byggedes i 1922 på Java (Vinding 1941, p. 234-235 og Dansk biografisk leksikon om "V. Poulsen").

Der opstod som nævnt aldrig nogen større dansk produktion af sendere selvom den danske ekspertise var stor. Væsentlige årsager hertil var nok, at der i udlandet var bygget ekspertise op med baggrund i Maconi-systemet og, at de enkelte lande af militærstrategiske grunde, ønskede at have en nationalproduktion af sender. Senere med radiofoniens udbredelse -den første udsendelse fra det der i dag hedder Danmarks Radio, var i 1922 - opstod en produktion af modtagerapparater. Denne produktion havde dog, såvidt vi kan se, mest karakter af at samle apparater, mens teknologisk innovation på komponentområdet -især elektronrør, foregik i store udenlandske forskningsorganisationer som Bell-laboratorierne.

Af nedenstående tabel fremgår hvordan fabrikationen af radiomateriel i slutningen af 1920'erne voksede sig stort i sammenligning med fabrikationen af telefonmateriel. Samtidigt fremgår det, at disse produktioner udgør en meget lille andel af værdien af den samlede industriproduktion (0.9% i 1940 for radiofabrikationens vedkommende). Ser man på tjenesteydelserne på kommunikationsområdet, tabel 2, udgjorde de en nogets større andel (10% af industrien i 1939). Det økonomiske volumen af teletjenesteydelserne omkring 1940 var altså ca. 1 promille af landets totale bruttofaktoringkomst, mens fabrikationen af telefon- og radioudstyr kun udgjorde rundt regnet 1/10 promille.

TABEL 1.

PRODUKTIONSVÆRDI I MILL. KR. (Løbende priser)

	(1) 1913	(1) 1926	(1) 1931	(2) 1940	(3) 1950
Industriens samlede produktions værdi.				3500.0	10000.0
Elektromekaniske fabrikker (4)				(5) 77.4	ca. 200.0
Fabrikation af radiomateriel	-	1.4	6.0	31.3	88.0
% af industri				0.9	0.9
Fabrikation af telefonmateriel m.m.	1.3	2.7	3.2	6.2	-
Fabrikation af kabel og tråd		(6) 20.0	18.6	60.0	95.0

- 1) Statistiske medd. Produktionsstatistik 1931
- 2) Statistiske medd. Produktionsstatistik 1940
- 3) Statistiske medd. Produktionsstatistik 1950
- 4) Elektriske maskiner ikke medtaget
- 5) Herunder fadio- og telefonmateriel
- 6) 1925

TABEL 2.

BRUTTOFAKTORINDKOMST, 1929-priser

Mill. kr.

	1860	1880	1900	1920	1939	1950
Industri	20	43	131	1122	1256	4108
Telefon, post telegraf,	3.2	6.7	19.	53	125	139
radio % af industri	16	16	15	5	10	3
% af total BFI	0.3	0.5	0.8	1.3	1.7	1.5
Landets sam- lede brutto- faktorindkomst	917	1412	2402	4025	7409	9414

kilde: S. Aa Hansen Økonomisk vækst i Danmark bd. 2, Kbh 1974

Polyteknisk læreanstalt.

Forskningen i telegrafi, telefoni og radioteknik foregik ikke kun i erhvervslivet, men i høj grad også ved Polyteknisk læreanstalt.

læreanstalt oprettedes først med to professorater i 1903 (I. B. Hansen 1979, p. 116.). Den ene af disse professorer, Absalon Larsen forskede bl.a. i beregning af telefonkabler (Krarup-kabler) og måleapparater til måling af vekselstrømme i svagtstrømsteknikken (S. P. Madsen 1922). I 1909 oprettedes en selvstændig svagstrømsteknisk afdeling med et docentur, som besattes af P.O. Pedersen, og i 1911 fik afdelingen et laboratorium: Laboratoriet for telegrafi og telefoni. P. O. Pedersen var den drivende kraft i dansk svagstrømsteknisk forskning omtrentligt i perioden 1910 til 1930, og den mest videnskabeliggjorte del af forskningen på området stammede stor set udelukkende fra ham.

Vi skal senere gå i dybden med noget af P. O. Pedersens forskning, og derfor vil vi her fortælle om ham ganske kort. Af uddannelse var P. O. Pedersen (1874-1941) bygningsingeniør udgået fra polyteknisk læreanstalt i 1897, men fra omkring 1900 begyndte han at interessere sig for svagstrømselektroteknik. Anledningen hertil var, at han i 1898 indledte et samarbejde med Valdemar Poulsen, hvem han kendte privat, om dennes opfindelse fra samme år: Telegrafonen (Dansk Biografisk Leksikon "om P. O. Pedersen"). Om samarbejdet med Valdemar Poulsen, der fra 1903 fortsatte omkring Poulsen-buen, har P.O. Pedersen selv skrevet i nogle optegnelser fra 1920 :

"Samarbejdet stillede mig overfor problemer, hvis løsning krævede betydelig fysisk-matematisk viden. Jeg begyndte derfor omkring 1900 at studere matematik og især fysik og har siden da -med mere eller mindre energi - fortsat disse studier." (A. Larsen 1942, p.E105)

Omend autodidakt på ~~det~~ svagstrømselektrotekniske område var P.O. Pedersen særdeles kompetent. Efter ansættelsen på polyteknisk læreanstalt fortsatte han sit arbejde, med den teoretiske forståelse af Poulsen-buen, og den første publikation herom kom i 1912 (P. O. Pedersen 1934, p. 100), mens den endelige afhandling "Om Poulsen-buen og dens teori" først kom i 1917 (P. O. Pedersen 1917.). Om andre emner af betydning for telegrafi og telefoni skrev han to betydningsfulde bøger. Den ene var "Telefonledningernes teori", 1914 og den anden var "The propagation of radiowaves along the surface of the earth and in the atmosphere", 1927. I sidstnævnte, der blev et klassisk værk kendt af radioingeniører verden over, gav P. O. Pedersen et væsentligt bidrag til forståelsen af, hvordan de elektriske bølger reflekteres i atmosfærens øvre lag (Lichtenberg. 1942 p. 160). Endelig kan af betydning for telegrafi og telefoni nævnes publikationen "Nogle undersøgelser vedrørende mikrofoner og mikrofoniske kontakter", 1914, et potentiometer til at måle telefonstrømme fra 1919 og en metode til bestemmelse af den effektive modstand i højfrekvente svingningskredse 1922 (P. O. Pedersen 1934 p. 100 til 104 og P. Vinding 1941 p. 236). P. O. Pedersen var rektor for polyteknisk læreanstalt fra 1921 til sin død i 1941 og endvidere initiativtager til Akademiet for de Tekniske Videnskaber (ATV), som oprettedes i 1937.

Hvad angår den svagstrømstekniske forskning efter P. O. Pedersens mest produktive periode, altså forskningen i 1930'erne og 1940'erne, er vort overblik noget mangelfuldt, både hvad angår polyteknisk læreanstalt og industrien. For polyteknisk læreanstalts vedkommende karakteriserer I. B. Hansen hele den elektrotekniske forskning i 30'erne således:

"på det elektrotekniske område er rektor P.O. Pedersen endnu aktiv og bidrager til den nationale og internationale viden indenfor radiobølgeforskningen. På det meget mere jordnære plan befinder sig et stort antal arbejder af docent

E. Von Holstein-Rathlou, der i disse år, hvor mange nye elektriske installationer trænger frem i hjemmene, publicerer en lang række artikler om sikkerhedsproblemer og ricici i forbindelse med anvendelse af elektrisk apparatur i dagliglivet" (I. B. Hansen 1979, p. 173).

Meget tyder på at forskningen på laboratoriet for telegrafi og telefoni i 40'erne efter p. O. Pedersens død, var ret begrænset. I 1940 oprettedes lydteknisk laboratorium under ATV, og her indledtes en ret omfattende forskning af elektro- og bygningsakustisk karakter, der lagde grunden til den høje standard, som findes på området i dag (I.B. Hansen 1979, p. 178). Endnu et svagstrøms-elektroteknisk institut oprettedes under ATV i 1945, nemlig Radioteknisk Forskningslaboratorium. Laboratoriet oprettedes med støtte fra Otto Mønstedts Fond og et halvt hundrede svagstrømstekniske firmaer. Arbejdet her havde nok i højere grad karakter af tekniske videns-formidling og teknisk udvikling end egentlig forskning. Forud for laboratoriets oprettelse havde man da også, især fra industriens side, stillet spørgsmålstejn ved nytten af et laboratorium, der i størrelse (tre forskere) overhovedet ikke kunne måle sig med udlandets kæmpe laboratorier (Dansk Radio Industri 1947, nr. 1 p. 4-6).

Afslutning.

Denne korte gennemgang af den økonomiske og forskningsmæssige udvikling på telekommunikationsområdet (TV undtaget) beskriver kun meget indirekte en videnskabeliggørelse af innovationsarbejdet. Som vi sagde i indledningen, ville en egentlig beskrivelse kræve en omfattende analyse, og hvordan den skulle se ud ved vi ikke. Gennemgangen kan dog give nogle ideer.

Det springer ret tydeligt i øjnene, at analysen kan fore-

tages på flere forskellige niveauer afgrænsede ved ved det praktiske tekniske problem innovationsarbejdet omhandler. På et meget generelt niveau kunne problemet således være at sende meddelelser over store afstande hurtigt. En faseinddeling i den optiske telegraf, elektrisk telegrafi og radiotelegrafi ville her være passende, og videnskabeliggørelsen skulle da undersøges fra det ene trin til det andet. Man skulle altså undersøge om der sker en videnskabeliggørelse af den arbejdsmetode og den viden som indgår i innovationsprocessen, samt undersøge forskellene i de socialt-organisatoriske forhold mellem de tre trin. Endelig skulle man sammenligne forskellige kvantitative indikatorer, som for eksempel antallet af forskningslaboratorier, antallet af tidsskrifter, tekniske højskoler o.s.v. -jævnfør kapitel 2.

Næste analyseniveau kunne være udviklingen indenfor hver af disse trin. Eksempelvis kunne man for den elektriske telegrafs vedkommende undersøge videnskabeliggørelsen af teknologisk innovation omkring problemet med forvrængning i kabler. Udviklingstrin i denne udvikling ville være Gulstadrelæet og Krarup-kablet. Som et endnu dybere analyseniveau kunne Krarupkablets egen udvikling undersøges. Problemet ville her være noget i retning af at optimere forholdet mellem kablets kvalitet og pris. Udviklingstrinnene ville være forskellige stadier i denne udvikling.

I dette afsnit er videnskabeliggørelsen af teknologisk innovation indenfor telekommunikation vist i glimt. Det mest håndgribelige bevis på en overordnet tendens i retning af innovationsarbejdets videnskabeliggørelse er selvfølgelig opkomsten af et laboratorium for telegrafi og telefoni på Polyteknisk Lærestanstalt i 1911 og oprettelsen af Radioteknisk Forskningslaboratorium under ATV i 1945.

5.5.2. Videnskabeliggørelse af radiotelegrafien. Karakteren af teknologisk innovation fra gnist-senderen til bue-senderen.

I dette afsnit vil vi bevæge os på, hvad der i foregående afsnit skitseredes som, andet analyseniveau, idet vi følger udviklingen af radiotelegrafien fra Marconis såkaldte gnist-sender til Valdemar Poulsens bue-sender. Tredie og fjerde generation af sendere betjener sig af henholdsvis elektronrør og transistorer, men de vil ikke blive medtaget.

I næste afsnit koncentrerer vi os derefter mere detaljeret om innovationsarbejdet omkring bue-senderen. Oprindeligt var ønsket hermed at give en beskrivelse af en videnskabeliggørelsesproces på "micro-niveau", men det er ikke i tilstrækkeligt omfang lykkedes at finde kilder, der beskriver dette forløb. Til gengæld giver materialet en udemærket mulighed for at forfølge spørgsmålet om, hvorvidt der overhovedet var forskel på den videnskabelige tekniske forskning i bue-senderen og beslægtet naturvidenskabelig forskning. Men først om udviklingen fra gnistsenderen til bue-senderen:

Gnist-senderen blev opfundet af italieneren G. Marconi omkring 1895 og fik i løbet af få år stor praktisk anvendelse. Således oprettedes allerede i 1899 en forbindelse over den Engelske Kanal og den første trans-atlantiske forbindelse opnåedes to år senere i 1901 (McGraw-Hill 1973 om "Marconi"). Marconi-systemet fik, som tidligere nævnt, konkurrence fra Poulsens bue-sender, hvis glansperiode dog allerede sluttede i begyndelsen af 1920'erne.

Meget kort fortalt er forskellen på gnist-senderen og bue-senderen, at gnist-senderen udsender serier af meget korte bølgetog, mens bue-senderen udsender vedvarende, eller kontinuerte, elektriske bølger. En "streg" i Morse-koden består således for gnist-senderens vedkommende af en lang serie af bølgetog, mens en prik sendes som en kort serie. Tilsvarende for bue-senderens vedkommende sendes en streg som en lang kontinuert bølge, mens en prik udgøres af en kort bølge. Bue-senderens fortrin frem for gnist-senderen var i første omgang, at de kontinuerte bølger var nemmere at modtage uden at der skete en sammenblanding af signalerne fra forskellige sendere. Hertil kom den ikke ubetydelige nyskabelse, at de kontinuerte radiobølger kunne bruges som "bærebølger" og dermed anvendes til transmission af lyd og tale, se fig.1.

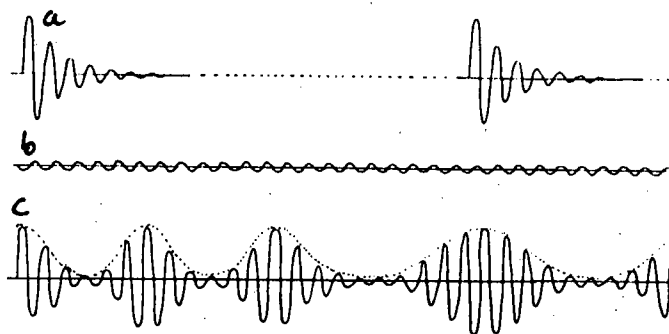


Fig.1. Øverst diskontinuerte bølgetog fra en gnistsender. Varigheden af et bølgetog var 10^{-8} - 10^{-7} sek. og en gnist-sender kunne frembringe et halvt hundrede af disse i sekundet. Med denne teknik kunne sende signaler svarende til et tændt/slukket telegrafapparat. (b) symboliserer en kontinuert bølge med konstant amplitude og bølgelængde. Med disse kunne man transmittere lyd. I (c) vises hvordan et signal for to toner med forskellig bølgelængde formes som variationer i den højfrekvente bærebølges amplitude.

Disse ydre-forskelle på de to sender-typer siger selvfølgelig ikke noget om forskellene i deres indretning og det hermed forbundne innovationsarbejde. En sådan beskrivelse af principperne for de to sendere kan bedst gives samtidigt med gennemgangen af deres udviklingshistorie. Den følgende gennemgang af gnist-senderens og buesenderens historie bygger fortrinsvis på P.O.Pedersen 1932.

Forudsætningen for frembringelse af radiobølger er, at man kan producere elektriske svingninger med meget høj frekvens. Gnist-senderens forhistorie begynder derfor allerede i 1857, da fysikeren W.Feddersen påviste eksistensen af sådanne højfrekvente svingninger i et elektrisk kredsløb. Feddersens svingningskreds bestod i princippet af et gnistgab, to spoler og en kondensator (Leydnerflaske). Han viste, at den gnist der sprang, når de to tilledninger til den opladte kondensator nærmedes til hinanden, i virkeligheden ikke var én gnist, men en hel række af gnister. Under visse omstændigheder foregik udladningen oscillerende, sådan at gnisten, eller rettere strømmen i kredsen, hele tiden skiftede retning. Den svingende strøm eksisterede imidlertid kun et ganske kort øjeblik, fordi den elektriske energi lynhurtigt omsattes til varme i gnistgabet.

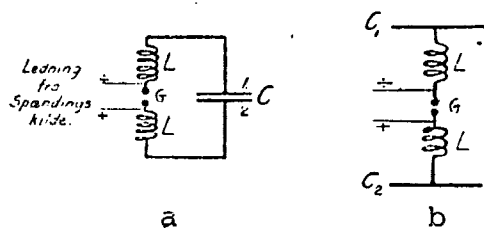


Fig. 2. a lukket og b åben svingningskreds. L spoler, G gnistgab, C kondensator hvis belægninger C_1 og C_2 er fjernet fra hinanden.

Feddersens svingningskreds var lukket i den forstand, at

der ikke udsendtes elektriske bølger. Det oscillerende elektriske felt var begrænset til selve kondensatoren.

Gnistsenderens egentlige historie begynder imidlertid først 30 år senere, da den naturvidenskabelige erkendelse om elektriske fænomener var mere udviklet. I 1873 fremlagde Maxwell en teori, der på elegant vis sammenfattede al^{tidligere} erkendelse om grundliggende elektriske og magnetiske fænomener i et selvkonsistent system af begreber, der alle var defineret ved deres indbyrdes matematiske relationer. Denne teori, som virkelig er en teori i ordets strengeste forstand, kunne ikke alene forklare de kendte grundliggende fænomener, men forudsagde også eksistensen af et hid-til ukendt fænomen, nemlig elektromagnetiske bølger, eller radiobølger, som vi kalder dem. (Dette om den videnskabsteoretiske status står for vores og ikke P.O. Pedersens regning).

Først i 1887 lykkedes det imidlertid H. Hertz at påvise radiobølgerne eksperimentelt. Hertz benyttede i sit eksperiment to åbne svingningskredse, se fig 3, og han viste, at når man frembringer en oscillerende udladning i den ene kreds (a), vil der samtidigt springe en oscillerende gnist i den anden (b).

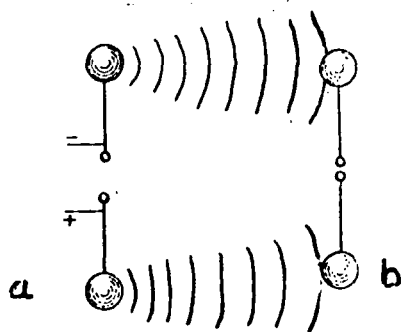


Fig.3. Hertz's oscillator. De store kugler svarer til belægningerne C₁ og C₂ i fig.1, ledningerne fra gnistgabets til kuglerne til spolerne L. Hertz viste, at der springer en lille gnist i b-kredsen, når der sker en udladning i a-kredsen.

Hertz havde ingen tiltro til, at hans videnskabelige opdagelse skulle danne grundlag for en praktisk brugbar radioteknik. Muligheden måtte også ligge ham fjert, fordi hans metode med et gnistgab i "modtageren" var temmelig ufølsom. Men allerede i 1890 skete der en forbedring heri gennem Branlys opfindelse af kohærerne, der allerede nogle få år senere satte Marconi i stand til at udføre forsøg med trådløs telegrafi over kortere afstande.

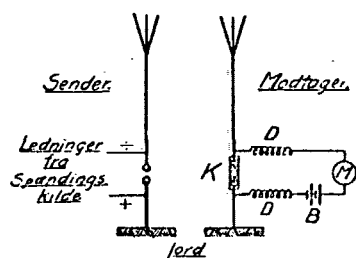


Fig. 4. Marconis første primitive opstilling. K kohæren B batteri, M telegraf apparat og D spoler, der skal hindre svingningerne i modtageren i at tage vejen over M og B i stedet for at påvirke K. Kohæren K, består af et isolerende rør, hvori findes to elektroder, hvis mellemrum er delvist udfyldt med metalkorn. Almindeligvis er kohærens ledningsevne yderst ringe, men forøges meget, når der sættes selv en meget kortvarig spænding på nogle få volt over elektroderne. Spændingsforskellen mellem elektroderne bevirker nemlig, at metalkornene polariseres, og polariseringen bevirker videre, at metalkornene klumper sig sammen i sammenhængende "kæder" fra den ene pol til den anden. Den forøgelse af spændingen over elektroderne der

sker, når der ankommer en radiobølge til antennen, er tilstrækkelig til at aktivere kohæren og dermed slutte forbindelsen mellem telegrafapparatet, M, og batteriet, B. Kohæren har imidlertid den ulempe, at den efter aktivering kun kan afbrydes ved at blive rystet, derfor blev den ret hurtigt skriftet ud med nye komponenter (Salmonsens om "Kohæren").

Som det måske fremgår var de første gnisttelegrafer meget primitive, og den teoretiske forståelse af deres virkemåde var lige så mangelfuld. Selv i seriøse tidsskrifter publice- redes et væld af løjerlige udformninger af gnistbaner og an- tenner, der reelt ikke havde den virkning man hævdede. Et af de mere teoretisk velfunderede forsøg på at bestemme anten- nens kapacitetsforhold blev, ifølge P.O. Pedersen (P.O. Peder- sen 1932), gjort af en doktor G. Eichhorn i bogen "Die draht- lose Telegraphie" (1904). Eichhorn fremviste her nogle for- nemme resultater, hvor teori og eksperimenter stemte fint overens, men P.O. Pedersen fortæller, at den gode overensstem- melse kun skyldes en stor regnefejl og ikke en god teori.

Selvom fysikerene ikke rigtigt forstod, hvordan Marconis telegraf virkede, betød det ikke at man var bedre hjulpet uden kendskab til fysiske teorier. Den kendsgerning, at Mar- conis senere modtog Nobel-prisen i fysik (1909) (McGraw-Hill 1973 om Marconi) peger i retning af at innovations-arbejdet omkring radiotelegrafine^{alligevel} var forbeholdt fysikere og avancere- de teknikere.

Disse fysikere og teknikere var vel bekendte med fordele- ne ved at anvende kontinuerte radiobølger istedet for diskon- tinuerte, og der blev derfor sidst i 1890'erne sat store be- stræbelser igang for at finde en svingningskreds, der, i modsætning til Feddersen-kredsen, kunne frembringe vedvarende svingninger. Navnlig i Tyskland og USA gjordes der energiske forsøg på at nå frem til kontinuerte bølger gennem en videre udvikling på grundlag af Feddersens, Hertzs og Marconis for- søg. Men anstrengelserne forblev resultatløse. Løsningen skulle vise sig fra en helt anden kant.

Den engelske fysiker W. Duddel kunne ikke lide den "hvis- len", som de buelamper (fig. 5a.) man anvendte dengang frem- bragte, og han startede en eksperimentel undersøgelse med det formål at bringe buelamperne til tavshed.

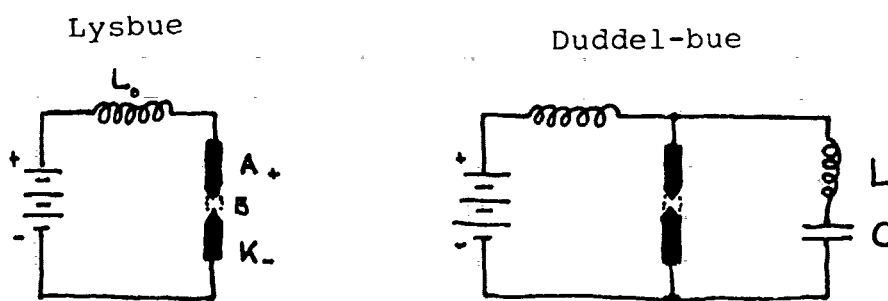


Fig.5. Til venstre kredsløbsdiagrammet for en lysbue. Den stærke strøm af elektroner fra den negative kulkatode, K, til den positive anode, A, bevirker, at begge disse elektroder opvarmes til så høje temperaturer, at de udsender lys. På grund af katodens høje temperatur frigøres der elektroner, som i en stadig strøm her fra tiltrækkes mod den positive katode. Denne strøm kaldes en bue (B) og adskiller sig fra en gnist, hvor det er de elektriske kræfter mellem elektroderne, der løsriver elektronerne fra katoden. Til højre ses Duddelbuen, hvor den oprindelige lysbue er shuntet med en spole, L, og en kondensator, C, i serie. Gennem denne del af kredsløbet går en vekselstrøm, som overlejrer jævnstrømmen gennem buen.

Ved nogle af disse forsøg, udført i 1899, shuntede han buen med en kondensator i serie med en spole, (fig. 5b.) og buen gav sig til at synge med en tone, hvis højde, eller frekvens, på sædvanlig måde var bestemt af den indskudte kapacitet og selvinduktion. Duddel forstod, at der gennem kondensatoren og spolen gik en ren vedselstrøm, der lejrede sig over jævnstrømmen i buen, hvorved dennes "rumfang" rytmisk ændredes og derigennem frembragte en akustisk tone. For første gang kunne man tappe en vedvarende vekselstrøm fra et kredsløb, der kun indeholdt spændingskilder med konstant spænding og som ikke indeholdt roterende dele !.

Datidens nøjagtige forklaring på, hvordan der kan opstå en vedvarende vekselstrøm i Duddel-buen, altså i kredsen med L og C (fig. 5b.), har vi ikke støvet op, men man vidste i hvert fald dengang, at der i en kreds bestående af en modstand, en kondensator og en spole vil begynde at gå en vekselstrøm, hvis hver af de to kondensatorplader påføres h.h.v. positiv og negativ ladning. Men disse svingninger dæmpedes dog ret hurtigt på grund af modstanden. Se fig. 6.

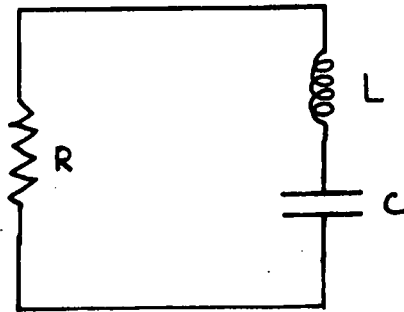


Fig. 6. Svingningskreds bestående af en modstand, R, en spole L, og en kondensator, L, forbundet i serie. Påføres de to kondensatorplader h.h.v. positiv og negativ ladning vil kondensatoren aflades ved en elektrisk strøm gennem L og R. Herved induceres et magnetisk felt i spolen L, som igen vil tvinge strømmen i den modsatte retning, hvorved kondensatoren igen oplades og så fremdeles. På grund af effekttabet i modstanden vil svingningerne dog ret hurtigt dæmpes og dø ud. Selv hvis man fjernede modstanden ville der ske en dæmpning, fordi ledningerne indeholder en vis modstand.

En hurtig "forklaring" på de uddæmpede svingninger i Duddelbuen var derfor, at buen virker som en negativ modstand ($dV/dI < 0$) (V. Poulsen 1905 p. 963).

Duddels "syngende bue" vakte stor opsigt og store forventninger. Endelig syntes generatoren for højfrekvente svingninger at være på vej. Duddel tog selv spørgsmålet op, men viste allerede i 1903, at Duddel-buen ikke kunne bruges til at frembringe svingninger med så høje frekvenser, som krævedes for anvendelse i radioteknikken. Også i Amerika, Frankrig og Italien tog man sagen op. En særlig indsats blev gjort i Tyskland, hvor landets største ekspert på området, professor Th. Simon ved universitetet i Göttingen, fik indrettet et særligt bue-laboratorium, hvortil der strømmede rigeligt med elever og hvorfra det udgik et stort antal afhandlinger om først Duddel-buen og siden Poulsen-buen, da denne fremkom.

Danskeren Valdemar Poulsen, der snarere var fysiker af interesse end af profession, begyndte selv at eksperimentere med Dud-del-buen og fandt ret hurtigt en løsning på problemet. Poulsen indså, at det galdt om at lade buen brænde under sådanne forhold, at dens træghed blev mindst mulig. Til dette formål skulle man lade buen brænde i en let luftart. Poulsens første eksperiment var ganske simpelt: han lod buen brænde i flammen fra en spritlampe. Spritlampen virkede stimulerende på buen og Poulsen ræsonerede, at det skyldtes flammens høje indhold af den lette luftart brint. Ved at mindske selvinduktionen og kapaciteten kunne Poulsen derefter opnå højere frekvenser, end det var muligt uden spritflammen. Endvidere viste det sig fordelagtigt at lade buen brænde i et stærkt magnetfelt, som stod vinkelret på buen, og endelig fandt Poulsen ud af, at der ikke var nogen grund til at lade anoden komme op på de meget høje temperaturer, som den havde i en almindelig lysbue. Buens træghed blev tvært imod mindre, når han anvendte et vandkølet kobberør som anode.

Med disse tre forbedringer: brintholdig atmosfære, magnetfelt og kølet anode var de væsentligste elementer i den nye Poulsen-bue bragt tilveje. I 1904 havde Poulsen taget patent på de forskellige anordninger for buens anvendelse til trådløs telefoni og offentliggjorde sine resultater ved "The International Electrical Congress, Sct.Louis 1904".

Poulsens bue-sender var ikke kun en praktisk-teknisk landevinding, der nu åbnede for de kontinuerte radiobølgers fordele og nye muligheder. Den var samtidig en videnskabelig-teknisk landevinding, fordi den med sine kontinuerte radiobølger gjorde det muligt at bringe Maxwells teori i anvendelse over for de radiotekniske problemer i et helt nyt og større omfang. P.O.Pedersen understreger selv meget kraftigt denne landevinding i forholdet mellem naturvidenskabelig teori og teknisk-eksperimentel praksis:

".....:den trådløse telegrafi før Poulsen-buen var egentlig ikke nogen teknik, men kun en primitiv teknisk anvendelse af nogle fysiske eksperimenter. Først efter indførelsen af de kontinuerlige bølger fik man en virkelig radioteknik og et sikkert videnskabeligt grundlag at arbejde videre på." (P.O. Pedersen 1932 p. 501-502).

Afslutning.

Radioteknikkens tidlige udvikling fra Marconis gnistsender til Poulsens bue-sender indeholder en videnskabeliggørelse af den måde hvorpå den teknologiske innovation foregår.

Det videnskabelige grundlag for gnistsenderen, som bestod i Feddersens, Maxwells og Hertz' opdagelser, blev med fremkomsten af buesenderen suppleret med en mængde videnskabelig (og teknisk) viden om lysbuer. På det metodemæssige plan gjorde bueteknikken det muligt at bringe Maxwells elektromagnetiske teori i anvendelse overfor den radiotekniske eksperimentelle praksis i et nyt og større omfang.

Endelig vidner P.O.Pedersens beretning (P.O.P.1932) om, at man på det socialt organisatoriske plan allerede omkring 1890 intensiverede den radiotekniske forskning navnlig i Tyskland og USA i håbet om at finde en sender, der kunne frembringe kontinuerede radiobølger. Efter Dudelds opdagelse i 1901 intensiveredes forskningen yderligere nu også i Italien, men særligt i Tyskland, hvor der oprettedes et særligt bue-laboratorium ved universitetet i Göttingen. Der skete altså en kvantitativ udbygning af de institutionelle rammer i mange lande op til fremkomsten af Poulsen-buen. Disse rammer havde i form af videnskabeligt uddannet personale, universitetsinstitutter, tekniske højskoler, konferencer, tidsskrifter m.m. store ligheder med egentlige naturvidenskabsinstitutioner.

5.5.3. Om teknisk forskning i bue-senderen og beslægtet naturvidenskabelig forskning.

Indtil nu har vi behandlet videnskabeliggørelsen af innovationsarbejdet i Danmark omkring telekommunikation på to niveauer. Først opridsedes forløbet i de brede linjer fra optisk telegrafi over elektrisk telegrafi til radiotelegrafi og her antydedes også sammenhængen til bredere økonomiske udviklingslinjer. På næste niveau koncentrerede vi os om et udviklingsforløb indenfor radiotelegrafien, nemlig udviklingen fra gnist-senderen til bue-senderen. I dette afsnit forsøger vi at gå planken ud og dykker ned på næste detailleringsniveau, hvor emnet er et forløb indenfor bue-senderens egen historie.

En sådan beskrivelse af innovationsprocessen fra bue-senderens tidlige barndom til dens moderne stadier, har vi ikke fundet i nogen kilde -og at grave dette stykke specialiserede teknologihistorie op selv, ville kræve et helt projekt. Stillet overfor disse vanskeligheder spørger man sig selv en ekstra gang, hvad pointen skulle være. Har vi ikke allerede til fulde bevist, at der sker en videnskabeliggørelse, og har vi ikke allerede givet et tilstrækkeligt indblik i videnskabeliggørelsens karakter ?. Jo, måske, men man kan fristes til at spørge til videnskabeliggørelsens kvalitative side: Hvor langt kan teknologisk forskning videnskabeliggøres før den er identisk med naturvidenskabelig forskning ? Er der ikke, ligesom i eksemplerne med forskning i ølgær og smørsyrning, tale om, at forskningen i bue-senderen var naturvidenskabelig? Svaret er nej. I hvert fald hvad angår udviklingen af selve buen (altså antenneproblemer og spørgsmål vedrørende radiobølgers udbredelse undtaget). Løsningen af problemer i forbindelse med buen forudsatte næppe, i modsætning til eksemplerne med ølgær og smørsyrning, at man først eller samtidigt løste naturvidenskabelige problemer. På den anden side havde bue-forskningen i mange henseender samme karakter som naturvidenskabelig fysisk forskning.

Denne pointe vil vi forfølge. Vi gør først rede for en lille bid af P.O. Pedersens tekniske forskning i buen, og derefter for en lille bid af P. O. Pedersens naturvidenskabelige forskning, der nok havde forbindelse med bue-forskningen, men alligevel var erkendelsesrettet.

Eksempel på P.O. Pedersens bue-forskning.

Det teknologiske innovationsarbejde vi skal undersøge blev udført på et ret sent tidspunkt i Poulsen-buens udviklingsforløb, nemlig i årene op til 1917, hvor det publiceredes i afhandlingen "Om Poulsen-buen og dens teori".

P. O. Pedersen brugte selv i en tale på Første Nordiske Elektroteknikermøde 1920, eksempler fra dette arbejde til at illustrere, hvad der kendetegnede det han kaldte "videnskabelig teknisk forskning". (P.O. Pedersen 1932). Betegnelsen er ganske rammende : Tekniske forskning der i sin karakter er videnskabelig.

En del af arbejdets eksperimentelle indhold bestod i at fotografere selve buen oscillografisk, det vil sige i et hurtigt-roterende spejl. Herved var han i stand til direkte at se, hvordan buens opførsel afhang af magnetfeltets styrke, svingningernes frekvens, fødestrømmen fra spændingskilden m.m. Gennem disse undersøgelser opdagede han, at buen under visse omstændigheder i stedet for at slukkes en gang for hver periode bevægede sig ud langs elektrodernes oversider (se fig.8.). I det nævnte foredrag gav P.O. Pedersen to eksempler på tekniske forbedringer som skyldtes hans "videnskabelige tekniske forskning" i buen. Det ene eksempel var at begrænse denne bevægelse med en "kølesko" af vandkølet kobber. Den anden tekniske forbedring havde også til formål at sikre en effektiv slukning af buen og bestod i at erstatte det oprindeligt homogene magnetfelt med et inhomogent,

der havde svag intensitet inde ved elektroderanden, hvor buen tændtes og stor intensitet længere ude, hvor buen skulle slukkes.

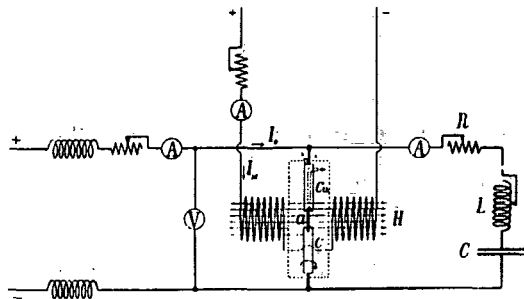


Fig. 7 Kredsløbsdiagrammet for den bue P.O.Pedersen benyttede. H: magnetfelt, a: buen, C: roterende kul-katode og Cu: vandkølet kobber-anode.

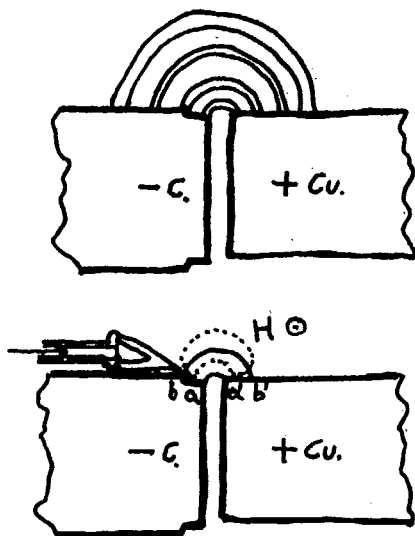


Fig. 8. C: varm katode, Cu: kold anode, H: den stiplede kurve afgrænser området med stor magnetfeltintensitet. Magnetfeltet er vinkelret på og ud fra tegningens plan. På grund af katodens høje temperatur frigøres der elektroner fra denne. Ved tænding af buen bevæger sådanne elektroner sig i den korte bane fra a til a', men efterhånden som elektronerne accelereres, tvinges de af magnetfeltet ud mod banen b-b' i det stærke magnetfelt. Her slukkes buen, idet magnetfeltet nærmest "blæser" elektronerne væk.

Som et eksempel på noget af afhandlingens mere teoretiserende indhold, kan vi nævne en begrebslig model for buens bevægelse i et homogent magnetfelt. Referatet gives i en lidt anderledes,

men forhåbentlig mere pædagogisk, form end originalartiklens.

Når buen tændes, vil den på grund af formen af det elektriske felt mellem elektroderne bevæge sig i en krum bane, se fig. 9a. Men buen består af en strøm af elektroner, og denne elektriske strøm, I , påvirkes på grund af mangetfeltet, H , af en kraft F_H vinkelret på strømretningen. Dette bevirker, at buen trækkes udad langs elektroderens oversider i stadig større baner, se fig 9b.

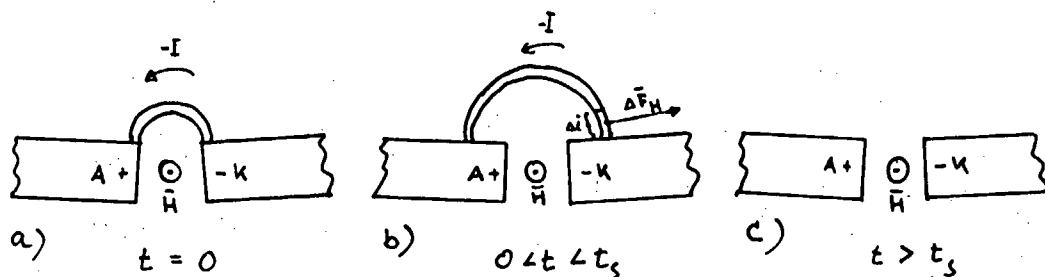


Fig 9 viser buens vandring ud langs elektroderens overside. Buen tændes til tiden $t=0$ og slukkes til tiden $t=t_s$. Kraften ΔF_H på et lille stykke af buen, Δl , står vinkelret på strømretningen.

Den grundliggende antagelse i P.O. Pedersens model for buenssvandring ud langs elektroderne er, at buen kan opfattes som en "ledning", hvori der går en strøm. Grundantagelsen indeholder en mængde delantagelser, som der senere gives eksempler på. Når grundantagelserne er gjort, kan der tages egentlig teori i anvendelse. Den teori, der inddrages er dels en sætning fra elektromagnetisk teori, som siger, at kraften, ΔF_H , på et lille stykke af lederen, Δl , med den foreliggende geometri, er givet ved

1)
$$\Delta F_H = I \cdot \Delta l \cdot H$$

og dels, en sætning fra den klassiske mekanik, som siger, at accelerationen, a , af et legeme med massen, m , under påvirkning af kraften, F , er givet ved

$$2) \quad F = m \cdot a.$$

Grundantagelsen udgør sammen med den anvendte teori modellen for buens bevægelse i magnetfeltet.

Vi forestiller os af "ledningen" er helt "blød", så den kan strækkes i alle retninger uden det kræver noget arbejde. Endvidere sidder "ledningen" ikke fast på elektroderne, men kan bevæges helt frit. Accelerationen af "ledningsstykket" Δl er da ifølge 2 givet ved

$$3) \quad a = \frac{\Delta F_H}{m_{\Delta l}},$$

hvor ΔF_H er bestemt ved 1) og $m_{\Delta l}$ er massen af "lednings"-stykket Δl . Da accelerationen ifølge den klassiske mekanik er defineret som den anden tidsligt afledede af stedet x , altså $a = \frac{d^2 x}{dt^2}$, fås ved dobbelt integration af 3), (og passende valg af grænsebetingelser)

$$4) \quad x(t) = \frac{I \cdot \Delta l \cdot H}{m_{\Delta l}} t^2,$$

$x(t)$ er det stykke "ledningen" bevæger sig ud langs elektroden i løbet af tiden t , se fig. 10.

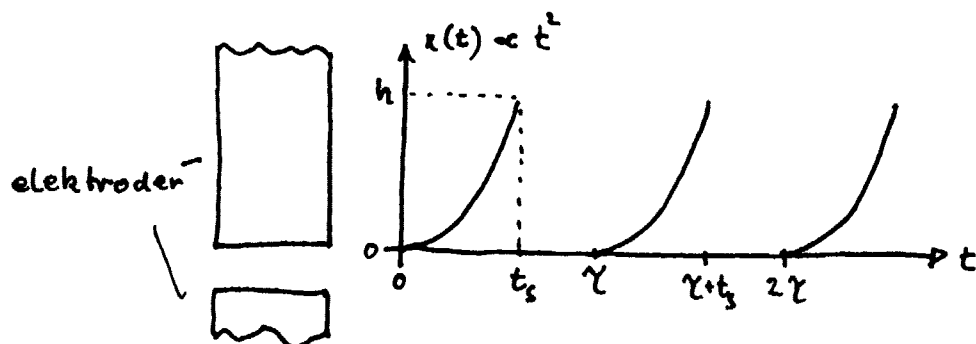


Fig. 10 viser "ledningens" bevægelse ud langs den ene elektrode. I tidsrummet $t=0$ til tidspunktet for buens slukning, $t = t_s$, bevæger "lednings"stykket Δl , sig fra elektroderanden ved $x=0$, ind på elektrodens overside til afstanden h , fra elektroderanden. Til tildspunktet, γ , begynder en ny periode for svingningskredsen og bevægelsen fra $x=0$ til $x=h$ gentages.

Som nævnt indeholder grundantagelsen om buen som en "ledning" en mængde delantagelser. Overvejelserne, om hvad massen, $m_{\Delta 1}$, af "lednings"stykket er, giver et par eksempler herpå. I dette spørgsmål, om hvad m_1 fra den idealiserede model kunne repræsentere i den virkelige bue, antog P.O. Pedersen først, at "ledningens" tværsnitsareal, A , var konstant sådan, at "lednings"stykket hele tiden havde det samme rumfang, nemlig $A \cdot \Delta l$. Hermed var problemet reduceret til at finde "ledningens" vægtfylde ρ . Her antog P. O. Pedersen, at elektronerne i "ledningen" fører luftmassen i "ledningen" med sig, sådan at ρ var givet ved summen af elektronerne og gassens massefylde, hvilket stort set er det samme som gassens massefylde alene.

Med denne antagelse, at $m_{\Delta 1} = \Delta l \cdot A \cdot \rho$, ses ved indsættelse i 4) og sammenligning med fig.10, at h er omvendt proportional med ρ :

$$5) \quad h = \text{konst.} \cdot \frac{1}{\rho} \quad , \quad \text{konst.} = \frac{I H t_f^2}{A} .$$

P.O. Pedersen var fuldt ud klar over antagelsernes begrænsede holdbarhed; om ovennævnte antagelse indleder han således sin diskussion:

"Endelig er selve forudsætningen om, at buen i hvert fald medfører en overvejende del af den i kernen værende luftmasse, ret hypotetisk. Den stemmer ikke særlig godt overens med de forestillinger, som J.S. Townsend ²⁶⁾, R.S. Willows ²⁷⁾ samt Wilson og Martyn ²⁸⁾, ganske vist under væsentlig andre betingelser, arbejder med"
(P.O. Pedersen 1917 p 261).

P.O. Pedersen målte buens vandring langs elektroden med oscillografisk fotoudstyr for forskellige gasser med forskellig ρ . De målte værdier af h stemte overens indenfor en afvigelse på 50% med de værdier, han kunne beregne ud fra formel 5 (-eller rettere formel 5 i en version, hvor flere delantagelser var indarbejdet). Og dette resultat betragtede han som en indikator for, at modellen ikke ramte helt ved siden af.

Udbyttet af det her omtalte model-"snekkeri" var, at P.O. Pedersen i sin konklusion, blandt mange andre resultater, kunne konstatere, at den optimale magnetfeltstyrke er omvendt proportional med gassens massefylde.

Eksempel på naturvidenskabelig forskning med inddirekte forbindelse til P.O. Pedersens tekniske bue-forskning.

I foregående afsnit gav vi et eksempel på højt videnskabeliggjort teknisk forskning, og som et input til diskussionen om, hvad der her adskiller teknisk forskning fra egentlig naturvidenskabelig forskning, vil vi give et eksempel fra noget af P.O. Pedersens naturvidenskabelige forskning. P.O. Pedersen, der jo var ansat på Polyteknisk læreanstalt, udførte mest teknisk forskning, noget af dette arbejde førte ham ind på videnskabelige problemstillinger.

Et eksempel herpå er hans forsøg på nøjere at forstå hvad der foregik i buen helt ned på elektronniveau (P.O. Pedersen publicerede om dette emne på et forholdsvist populært niveau i 1917: "Oversigt over den elektriske bues teori"). Det er givet at disse bestræbelser førte ham på et naturvidenskabeligt arbejde om stødionisering, der publiceredes i det internationale naturvidenskabelige tidskrift Philosophical Magazine i 1920 (P. O. Pedersen 1920). Men, som vi lige kort skal vise først, var denne forskning langt fra nogen direkte nødvendighed for bue-forskningen, forbindelsen fra den tekniske forskning og den naturvidenskabelige forsknings tekniske relevans var yderst begrænset.

Hvad angår spørgsmålet om, hvad der her adskiller teknisk forskning fra naturvidenskabelig forsk-

ning bliver svaret, som vi skal se, at de to former for forskning ligner hinanden til forveksling. Den væsentligste forskel er, at den naturvidenskabelige forskning står i forbindelse med en lang erkendelsesrettet tradition, mens den tekniske forskning forholder sig til en teknisk tradition, der i sidste ende har løsning af praktiske tekniske problemer som formål.

Fænomenet stødionisering, som P.O. Pedersens naturvidenskabelige forskning omhandlede, var et væsentligt led i at forstå, hvordan en elektrisk bue overhovedet fungerer. Man vidste, at elektronerne, der af det elektriske felt accelereres fra katoden mod anoden, på deres vej støder ind i molekyler (eller atomer) af gassen omkring de to elektroder. Er hastigheden af elektronen, og dermed dens energi, tilpas stor, vil den ved et sammenstød med et molekyle løsrive en eller flere elektroner og efterlade molekylet som en positiv ion. Dette fænomen kaldes stødionisering, og den energi elektronen behøver for at ionisere et molekyle kaldes molekylets ioniseringsenergi.

Stødionisering forklarede mindst to egenskaber ved elektriske buer. Den ene egenskab er, at den negative katode bliver varm. Grunden hertil er, at de positive ioner accelereres mod katoden, hvor deres kinetiske energi omsættes til varme. Den anden egenskab er, at der, udover den spænding som påtrykkes buen udefra, opstår en yderligere spænding i buen selv. Forklaringen herpå er, at ionerne, der på grund af deres større masse bevæger sig betydeligt langsommere end elektronerne, udgør en ladningsfordeling i rummet mellem elektroderne

I sin tekniske forskning lavede P.O. Pedersen aldrig nogen kvantitativ model for ionisering i buen, sådan som han gjorde i det foregående eksempel. Forklaringen herpå er nok tildels, at man ikke rigtigt vidste noget om ioniseringsenergier ved de meget høje temperaturer, som findes i buen. P.O. Pedersen nævnedes selv dette problem:

"I selve buen finder rimeligvis en ret intensiv stødionisering sted, og ioniseringsspændingen er vist nok her ret lav på grund af den meget høje temperatur; men noget sikkert herom vides ikke." (P.O. Pedersen 1917. "Den elektriske bues elektronteori" p. 187).

Men en yderligere del af forklaringen er sandsynligvis, at problemet var for kompliceret til, at der kunne laves en brugbar model. Eksempelvis indeholder en model-beregning af ladningsfordelingen mellem elektroderne det drilske problem, at ladningsfordelingen skal findes udfra et kendskab til feltet mellem elektroderne.

Ubehageligheden består i, at man på den anden side må kende ladningsfordelingen for at finde dette felt. For at løse det ene problem må man altså løse det andet først og omvendt.

Som det vil fremgå af følgende referat af P.O. Pedersens artikel om stødionisering, er dette arbejde en øvelse i at lave modeller for ionstrømme og også et forsøg på at bestemme ioniseringsenergien, men i en simpel eksperimentel opstilling, hvor der indgik knapt så vanskelige forhold, som de der herskede i Poulsen-buen.

I den følgende gennemgang af P.O. Pedersens forskning i stødionisering støtter vi os til den danske udgave af artiklen: "Om Townsends teori for stødionisation" (P. O. Pedersen 1918).

Gangen i det følgende skulle være

Præsentation af den eksperimentelle opstilling:



Townsend's model antagelser og anvendt teori

$$\frac{n_a}{n_0} = e^{\alpha a}$$

Andres forsøg på at komme igennem med mindre grove antagelser.

P. O. Pedersens model: Mindre grove antagelser plus anvendt samme teori som Townsend

$$\frac{M_a}{M_0} = e^{\gamma \alpha (a - l_0)}$$

På trods af POP's korrektion stadig uoverensstemmelse i forhold til andre mere direkte metoder til bestemmelse af ioniseringsenergi v_0 .

V_0 for atmosfærisk luft	
Townsend	20 volt
P. O. Pedersen	16 volt
Franch og Hertz ^{ad}	10 volt

mere direkte vej

Som det måske fremgår, adskiller de to eksempler på h.h.v. teknisk forskning og naturvidenskabelig forskning sig ikke ret meget fra hinanden, metode- og indholdsmæssigt. Begge gange opstilledes en model, hvis antagelser, eller idealiseringer, gjorde det muligt at anvende egentlig fysisk teori på problemet, og modellens troværdighed afprøvedes eksperimentelt. Denne "opskrift" skal selvfølgelig ikke opfattes som et fikst og færdigt svar på, hvad naturvidenskabelig metode er, men vi mener, at skemaet viser noget centralt.

På et punkt er de to eksempler dog forskellige: I tilfældet med Poulsenbuen var den eksperimentelle situation fastlagt af et teknisk system, nemlig Poulsen-buen, mens den mest hensigtsmæssige, d.v.s. simple, eksperimentelle opstilling frit kunne vælges i tilfældet med stødionisering.

Det væsentligste argument for at kalde forskningen i stødionisering naturvidenskabelig er dog den sammenhæng, hvori den indgår.

P.O. Pedersens artikel om stødionisering i videnskabshistorisk perspektiv.

I den danske udgave af sin artikel, der har titlen "Om Townsends teori for stødionisation" (P.O. Pedersen 1918), refererede P.O. Pedersen til samme Townsends værk: "Electricity in Gasas" (Townsend 1915). Dette var ét ud af seks bind fra forskellige forfattere, der alle havde til formål at opsummere og diskutere de sidste 20 års forskning i "gassers elektriske egenskaber og emnet stråling i almindelighed". (Townsend 1915, p. IV)(vores oversættelse).

Forskning i gassers elektriske egenskaber havde i en vis forstand eksisteret længe forinden. Studiet af elektriske udladninger i form af gnister var mindst lige så gammel som naturvidenskaben selv, og med den udstrakte brug af bue-lam-

per fra midten af 1800-tallet var man også begyndt at studere deres form for transport af elektricitet gennem en gas. En tredje form for elektrisk udladning kunne iagttages i gasser ved meget lavt tryk: I 1876 observerede W. Crookes en lysende glød, der strakte sig fra katoden mod anoden i et næsten lufttomt udladningsrør. Den syntes at bestå af en slags partikler, der blev revet ud af katoden, og han omtalte disse katodestraler som en ny stråleform af materien.

Den voksende interesse for udladningsrøret resulterede mod slutningen af 1800-tallet i en række betydningsfulde observationer. Og mange af disse observationer syntes ikke at kunne forklares i termer af den klassiske fysik, der ellers på det tidspunkt med Newtons mekanik, Maxwells elektrodynamik og Clausius' og Gibbs termodynamik virkede som en noget nær fuldstændig videnskab.

Særligt to opdagelser skulle vise sig at danne indledning- en til den moderne fysik: Elektronen og Röntgen-strålingen. I 1895 blev det påvist, at katodestralerne bestod af elektroner med negativ elektrisk ladning, og samme år opdagede K. Röntgen en anden slags stråling fra sit udladningsrør, der i modsætning til katodestralerne også befandt sig udenfor udladningsrøret (J.D. Bernal 1978, p. 731 ff.).

Disse to begivenheder blev udgangspunktet for en omfattende forskningsaktivitet med elektroner, molekyler og stråling som emne. Og heraf gjorde Townsend altså 20 år senere status over sit del-område: "...ledningsevnen i gasser ved ordinære temperaturer og ved tryk rækkende fra atmosfærisk tryk til tryk af størrelsesordenen én millimeter i hvilket udladninger kan forklares ved teorien om ionisering ved kollision" (Townsend 1915, p. IV) (vores oversættelse).

Det problem P.O. Pedersen behandlede udgjorde altså kun et lille hjørne i et langt større problemkompleks. Proble- mets begrænsede betydning fremgår af den kendsgerning, at de to forskere, hvis arbejde P.O. Pedersen lå i forlængelse af, ikke nævnedes blandt de godt 150 forfattere, som Townsend refererede til i sit oversigtsværk. Men bidragets eventuelle ubetydelighed ændrer ikke på det faktum, at det indgik i en

kollektiv proces, hvis formål var at udforske naturens inderste væsen.

Afslutning.

Vi har i dette afsnit diskutteret spørgsmålet om hvorvidt den radiotekniske forskning i begyndelsen af 1900-tallet var så videnskabeliggjort, at den var blevet lig med naturvidenskabelig forskning. Til dette formål præsenterede vi en lille bid af P.O.Pedersens radiotekniske forskning og sammenlignede den med et af hans naturvidenskabelige forskningsarbejder.

De to eksempler på henholdsvis teknisk og naturvidenskabelig forskning adskilte sig ikke ret meget fra hinanden rent metodemæssigt. Begge gange opstilledes en model, hvis antagelser gjorde det muligt at anvende egentlig fysisk teori på problemet, og modellens troværdighed afprøvedes eksperimentelt. Den eneste principielle forskel var, at den eksperimentelle situation i det første tilfælde var fastlagt af et kompliceret teknisk system, mens den mest enkle eksperimentelle opstilling frit kunne vælges i det andet tilfælde.

I denne metodemæssige forstand var den radiotekniske forskning altså nærmest identisk med naturvidenskabelig forskning. Men i selve sit formål var den radiotekniske forskning stadig vidt forskellig fra eksemplet på naturvidenskabelig forskning. P.O.Pedersens naturvidenskabelige forskning i stødionisering indgik nemlig i en langt højere grad i den naturvidenskabelige tradition, som udforskede grundlæggende sammenhænge i vekselvirkningen mellem stråling og stof, den indgik i den tekniske tradition, der søgte at forbedre radioteknikken.

5.5.4 Konklusion.

Overgangen fra den optiske telegraf til den elektriske telegraf til den elektriske telegraf markerer et første skridt i videnskabeliggørelsesprocessen fra en erfaringsbaseret telekommunikationsteknologi til en videnskabsbaseret. Herefter begynder den telekommunikationstekniske forskning i højere og højere grad at ligne naturvidenskabelig forskning i den forstand at det naturvidenskabelige vidensgrundlag forøges. Metodemæssigt får den tekniske forskning også større og større lighed med naturvidenskabelig forskning, og de institutionelle rammer omkring den telekommunikationstekniske forskning får flere og flere fællestræk med de etablerede videnskabsinstitutioner.

Vi har samtidigt argumenteret for, at denne tekniske forskning ikke blev identisk med, eller lig med, naturvidenskabelig forskning, selvom den under videnskabeliggørelsesprocessen kom til at ligne naturvidenskabelig forskning mere og mere. I sammenligningen af et eksempel på henholdsvis radioteknisk og naturvidenskabelig forskning så vi nemlig, at den tekniske forskning i sidste ende forfulgte praktiske tekniske problemer, mens naturvidenskabelig forskning i sidste instans forfulgte erkendelsesmæssige problemer.

LITTERATUR.

- J. D. Bernal: Vitenskapens historie, bd. III. Oslo 1978.
Dansk Radio Industri. Nr. 1, jan. 1947. Side 4-7.
- Inge Berg Hansen: DTH, Den Polutekniske Lærestalt. Polyteknisk undervisning og forskning i det 20. årh. Festskrift ved 150-års jubilæet. Polyteknisk Forlag 1979.
- A. Larsen: Dr. Valdemar Poulsen. 23. nov. 1869-23. juli 1942. I Ingeniøren, nr. 57, 22. aug. 1942. Side E 101-116.
- Niels Lichtenberg: Dansk teknik. Dens udvikling og indsats. Hirschsprungs Forlag. Kbh. 1942.
- S. P. Madsen: Første nordiske elektroteknikermøde i København 1920. Kbh. 1922. Side 91-96.
- P. O. Pedersen:
- Om Poulsen-buen og dens teori.
I Det Kgl. Danske Videnska. Selsk. Skrifter, Naturvidenskab og matematik Afd. 8 Række II.4. Kbh. 1917. Side 229 - 276.
 - Oversigt over den elektriske bues elektronteori.
I Fysisk Tidsskrift, Kbh. 1917. Side 177-192.
 - Om Townsends teori for stødionisation.
I Det Kgl. Vid. Selsk., Math.-fys. M I 7. Kbh. 1918.
Også:
On the Theory of Ionization by Collision.
I Phil. Mag (6), Vol. 40. 1920. Side 129-137.
 - Træk af bue-generatorens udviklingshistorie. Mødeberetning fra første nordiske Elektroteknikermeode i København 1920. Kbh. 1922. Side 33-41.
 - Tale holdt ved festen for Dr. Valdemar Poulsen den 27. okt. 1932.
I Elektrotekniken nr. 21. 7. nov. 1932. Side 493-502.
 - Miscellaneous Papers.
I Ingeniørvidenskabelige skr. B, nr. 12. Kbh. 1934.
- V. Poulsen: The International Electrical Congress. St. Louis

1904. Vol II. Trykkeår 1905. Side 963-71.

J. Townsend: Electricity in Gases. Oxford 1915.

Poul Vinding: Dansk teknik gennem hundrede aar. GEC Gads
forlag. Kbh. Anden udgave 1941. Side 224-260.

KAPITEL 6:
DISKUSSION.

6 DISKUSSION

Projektet har to hensigter. Det ene er at belyse begrebet om videnskabeliggørelse af teknologisk innovation. Den anden ambition er at give et bredere billede af videnskabeliggørelsen af teknologisk innovation i Danmark frem til 1950. Disse to mål har vi søgt opfyldt dels gennem en undersøgelse af det danske FoU-systems opkomst og etablering, dels gennem undersøgelser af konkrete innovationsforløb.

Hvad angår belysningen af begrebet om videnskabeliggørelse af teknologisk innovation, har vi i hvert fald illustreret, at der for en række tekniske områders vedkommende skete et skift fra en erfaringsbaseret fase til en fase, hvor naturvidenskabelige metoder og teorier toges i anvendelse, og hvor der skete en institutionalisering af det teknologiske innovationsarbejde som på mange måder lignede de organisatoriske former omkring naturvidenskabelig forskning.

Socialt-organisatorisk har vi skitseret, hvordan et teknisk forsknings- og udviklingssystem voksede frem i Danmark. Mange af de institutioner og virksomhedsafdelinger, som udgjorde dette system, lignede til forveksling naturvidenskabelige forskningsinstitutioner derved, at den forskning der foregik, ofte havde stor lighed med naturvidenskabelig forskning, og at de ansatte havde akademiske uddannelser med højt naturvidenskabeligt indhold.

Vi har også set eksempler på dannelsen og udviklingen af offentligheder omkring teknisk forskning, der er parallelle til videnskabelige offentligheder i den forstand, at der gennem f.eks. oprettelse af selskaber, afholdelse af konferencer, tidsskrifter og afhandlinger skete en formidling og diskussion af forskningsresultater og -problemstillinger.

Væksten af dette F&U-system er en indikator for videnskabeliggørelsen af teknologisk innovation på samfundsmæssigt plan. At der rent faktisk skete en rent omfangsmæssig udvidelse af F&U-systemet gennem f.eks. oprettelsen af hel- og halvoffentlige institutter og private virksomheds-

afdelinger og gennem en forøgelse af antallet af forskere, er helt sikkert. Lige så gevet er det, at offentlighederne omkring teknisk forskning gennem en forøgelse af antallet af personer, tidsskrifter og selskaber o.s.v. udvidedes. Vi har dog ikke brugt megen energi på rent statistisk at underbygge sådanne påstande, dels fordi de forekommer os ret uimodstridelige, og dels fordi vi har valgt at bruge kræfter på spørgsmålet om, hvad der i en mere indholdsmæssig forstand og kvalitativ forstand karakteriserer og karakteriserede videnskabeliggørelsen af teknologisk innovation.

Til belysning af hvad der karakteriserer innovation i en mere kvalitativ forstand, har vi begrænset os til at undersøge nogle få, men for dansk produktion centrale tekniske områder af ret forskellig karakter. Disse eksempler viser nogle klare forskelle i måden, hvorpå videnskabeliggørelsen fremtræder på forskellige tekniske områder, ligesom hvert eksempel i forskellig grad belyser særligt danske og internationale økonomiske og tekniske forhold.

I Tilfældet med kajmursdimensionering ytrer videnskabeliggørelsen sig først og fremmest ved at metoden til frembringelse af ny teknisk viden forandres, idet man i stigende omfang går bort fra dimensionering på grundlag af erfaringer til dimensionering på grundlag af modeller. Men forbedringerne af modellerne skyldes alene vekselvirkningen mellem modeldannelse og praktiske erfaringer med konstruktionerne. Modellernes indhold af generel naturvidenskabelig viden vedbliver at være den samme ene sætning fra klassisk mekanik om, at summen af kræfter og kraftmomenter i et system i hvile er nul.

Overfor dette eksempel, hvor videnskabeliggørelsen foregår alene på det metodemæssige plan, står eksemplet med telekommunikationsteknologien, hvor de vigtigste innovationer skyldes anvendelsen af naturvidenskabelig viden i form af Ørsteds, Maxwells og Hertz' skelsættende opdagelser.

Ørsteds opdagelse dannede grundlag for den elektriske telegraf, men hermed var den elektriske telegrafi ikke skabt en gang for alle. I det videre udviklingsforløb blev stadigt mere naturvidenskabelig viden taget i brug. Beregning af kabler var blot et eksempel herpå. Den første tekniske udnyttelse af Ørsteds opdagelse markerede derfor kun begyndelsen til et forløb hvor mere og mere naturvidenskabelig viden inddragedes. Det samme galdt Marconis første tekniske udnyttelse af Maxwells og Hertz' opdagelser.

Også på lægemiddelområdet finder der en videnskabeliggørelse sted. Den håndværksbaserede innovation inden for det feudale apoteksvæsen erstattes i det væsentlige af systematiske innovationsprocesser i en kapitalistisk lægemiddelindustri regi. Disse innovationsprocesser har et kraftigt islæt af videnskabelige forskningsarbejder og udviklingsarbejder med et højt indhold af videnskabelig viden. Dette islæt **belyses** af eksemplet med udviklingen af forskellige insulin fremstillingsmetoder.

Forskningen i henholdsvis smør og øl lignede i sin tidlige udvikling metodemæssigt kajkonstruktionernes, idet der skete en overgang fra en håndværksmæssig erfaringsbaseret feudal innovationsform til en industriel, målrettet og systematisk kapitalistisk innovationsform. Men i det videre udviklingsforløb var forskningen i smør og øl radikalt forskellig fra kaj-forskningen. Smør og øl-forskningen fik nemlig ret hurtigt et højt indhold og stadigt stigende indhold af naturvidenskabelig viden i modsætning til kaj-forskningen, hvis indhold af naturvidenskabelig viden var lavt og konstant.

Hvad angår det bredere billede af dansk teknologisk innovations videnskabeliggørelsesproces er der tydelige sammenhænge mellem på den ene side den fra omkring århundredeskiftet tiltagende vækst i antallet af færdiguddannede danske polytekniske kandidater, og gennembruddet af videnskabeliggørelsesprocessen på teknologifornyelsesområdet. Det er hovedsageligt polyteknikerne, som er videnskabeliggørelsens agenter. Dette er de, illustreret gennem deres gøren og laden i de forskellige historiske eksempler, fordi de dels behersker videnskabelig viden fra de eksakte naturvidenskaber, dels fordi de har lært noget, som kunne betegnes naturvidenskabelig metode: de har erfaret vekselspillet mellem på den ene side naturvidenskabelige teorier, modeller, begreber og hypoteser og på den anden side praksis. I sidste århundrede, hvor polyteknikerne frem for alt er naturvidenskabeligt uddannet er det vel først og fremmest den eksperimentelle praksis de kender til. Civilingeniørerne fungerer således fra deres allertidligste dage som en art brobyggere mellem, hvad man mere bredt kunne betegne som, hhv. den naturvidenskabelige tradition og en erfaringsbaseret, håndværksmæssig førindustriell tradition. Hvis man skal betegne den holdning, som polyteknikerne har i sammenligning med de håndværksmæssige producenter, som de møder fra deres allertidligste færd i 1800-tallets første halvdel, må det være med begrebet "rationel" - et begreb man ofte ser ingeniørerne selv anvende om deres teorier og fremgangsmåder i de gennemgåede historiske eksempler.

Vigtigt for den danske videnskabeliggørelse af den teknologiske innovation er, den meget forskellige opbygning, som dansk industri og landbrug har. Landbruget fungerer, som konsekvens af andelsbevægelsens samarbejde med staten fra slutningen af 1800-tallet som én stor virksomhed med tilhørende F&U-afdelinger: Her drejer det sig om Landøkon-

misk Forsøgslaboratorium, Statens Forsøgsmejeri, forskellige af KVL's laboratorier etc. Disse institutioner er rammen om videnskabeliggørelsen af den teknologiske innovationsproces i landbruget. Hvor vel først og fremmest den betydningsfulde mejeribrugssektor dominerer. Det er denne, vi har søgt belyst ud fra eksemplet med smørsyrning. Væsentlige træk ved dette landbrugs F&U-systems funktion er dels mejerikonsulent-systemet, som formidler ny teknisk viden til bønderne og andelsvæsenet, dels at landbruget har fået fritaget sig selv for patentlovgivningen, hvilket også har fremmet den frie difussion af ny teknisk viden.

Det landbrugsmæssige F&U-system dominerer fra den tidligste start pga. dansk landbrugs altdominerende position i sidste århundrede. Det industrimæssige F&U-system, som er rammen om størstedelen af den øvrige danske teknologiske innovation, vokser først senere frem: Det er faktisk først ved begyndelsen af det 20. århundrede, at man kan se en større fremvækst af virksomhedslaboratorier. Den begyndende videnskabeliggørelse af den i bred forstand industrielle teknologiske innovation er derfor tydeligt forsinket i forhold til landbrugets. Den nævnte industrielle teknologiske innovation præges fra sin start af at være splittet op på enkeltvirksomheder og en statslig institution som Polyteknisk Lærestanstalt. Senere kommer der branchemæssige laboratorier til, og udviklingen kulminerer i den betragtede periode ved at ATV etableres omkring 2. Verdenskrig. Antallet af særskilte enheder tager til i den betragtede periode op til ca. 1950. Denne lidt brogede skare har vi forsøgt at belyse ved hjælp af institutionerne Carlsberg Laboratoriet, Christiani & Nielsen (virksomhedens tegnestuer udfører arbejdet med at frembringe teknologiske innovationer), Nordisk Insulinlaboratorium, samt laboratoriet for telegrafi og telefoni på Polyteknisk Lærestanstalt. Selvsagt er en fulstændig kortlægning på detaljeret niveau en umulig opgave, så indskrænkningen til en række eksempler har været nødvendig.

LITTERATURLISTE.

- David Jens Adler: Også fremtiden skal bruge ingeniører - men nok af en ny type. Polyteknisk Lærestalt - Danmarks tekniske Højskole. Lyngby 1973.
- Peder Agger et al.: Om biologi. Hans Reitzels Forlag. Kbh. 1979.
- Esben Sloth Andersen: Eksport, teknologi og forskning. Institut for Samfundsfag ved Københavns Universitet. Kbh. maj 1976.
- Torben Peter Andersen: Produktion og samfund. Danmarks og Nordens historie. GEC Gad, Kbh. 1978.
- A. H. M. Andreasen: Den polytekniske Lærestalt. Danmarks tekniske Højskole. I kommission hos Jul. Gjellerups Forlag, Kbh. 1954.
- A/S Dansk Svovlsyre- og Superfosfat-fabrik. Efter 50 Aar. Egmont H. Petersens Kgl. Hof-bogtrykkeri, Kbh. 1942.
- A/S D.D.S.F. (De Danske Spritfabrikker). Gær- og Spiritusindustriens historie i Danmark. Kbh. 1931.
- Helle Askgaard: Danmarks industri. Gyldendal, Kbh. 1975.
- A.T.V. Meddelelser, nr. 1. 1950.
- Flemming Bergsøe (red): Fra den gamle fabrik til Glostrup. 1952.
- J. D. Bernal: Vitenskapsens historie, bd. III. Oslo 1978.
62. Beretning fra den kgl. Veterinær- og Landbohøjskoles Laboratorium for Landøkonomiske Forsøg: Bestemmelsen af vandindholdet i smør. Kbh. 1907.
- M. Bliss: The Discovery of Insulin. The University of Chicago Press, 1982.
- Per Boje: Det industrielle miljø, 1840-1940. Akademisk Forlag, Kbh. 1976.
- Ernest Braun og Stuart MacDonald: Elektronikrevolutionen. Historien om og betydningen af halvleder-elektronikken. Teknisk forlag, Kbh. 1979.

Harry Bravermann: Arbejde og monopolkapital I. Om arbejdets fornedrelse under kapitalismen. Demos, Kbh. 1978.

Bryggerierne "Carlsbergs" udvikling og "ny Carlsbergs" repræsentation paa den nordiske udstilling. Nielsen & Lydicke. Kjøbenhavn 1888.

V. Fabritius Buchvald (red): Glimt af Metallurgiens Udvikling. Dansk Metallurgisk Selskab. Kbh. 1975.

Carlsberg Bryggerierne: L. Levinsen junr. Akts. Kbh. 1927.

Medd. fra Carlsberg Laboratoriet. Laboratoriets bestyrelse i kommission hos H.Hagerup. (I uddrag)

- 1. bind. 1882

- 2. - 1888

- 3. - 1894

- 4. -

- 8. -

- 9. - 1913

- 10. - 1913

- 11. -

Christiani & Nielsen: 1904-1929. Twenty Five Years of Civil Engineering. Krohns Bogtrykkeri, Copenhagen 1929.

Christiani og Nielsen: 1904 + 8. februar + 1944. Kbh. 1944.

Eva Christeansen: Uddannelsens betydning for det industrielle gennembrud i Danmark. Københavns Universitets Økonomiske Institut. Kbh. 1966.

Niels Finn Christiansen: Denmark: End of the Idyll. New Left Review. London 1984.

Einar Cohn (for Otto Mønsted A/S): Margarineindustrien i Danmark 1883-1933. Kbh. 1933.

Nigel Cross, David Elliot og Robin Roy: Man-Made Futures: Design and Technology. A second Level Course Unit 1. Designing the Future. The Open University Press, 1975.

Nigel Cross og Robin Roy: Man-Made Futures: Design and Technology. A second Level Course Units 2 and 3. Technology and Society. The Open University Press, 1975.

Svend Dahl (red): Danmarks Kultur ved aar 1940. Det danske selskab, Det danske Forlag, Kbh. 1942.

Bind IV: V. Faaborg-Andersen: Elektrificeringen

N. E. Holmblad: Telefon, Telegraf og Radio

A. Axelsen Drejer: Andelsbevægelsen

Johs. Petersen-Dalum og V. Fog-Petersen: Landbruget i Almindelighed

H. Rosenstand Schacht: Landbrugsteknik

N. Kjærgaard-Jensen: Mejeribruget

- V: A. H. M. Andreasen: Industrien

- VII: H. C. Bendixen: Veterinær Videnskab

A. Engelund: Teknisk Videnskab.

Dansk Ingeniørforening: 75 år med dansk teknik. 1967.

Dansk Radio Industri. Nr. 1, jan. 1947.

John Danstrup og Hal Kock: Danmarks historie.

Bind 12: Vagn Dybdahl: De nye Klasser 1870-1913. Politikens Forlag 1965.

Bind 13: Erik Rasmussen: Velfærdsstaten på Vej 1913-1939
Politikens Forlag 1971.

Poul Drachmann: A/S Sadolin & Holmblad 1819-1919. Egmont H. Petersens Kgl. Hof-bogtrykkeri, Kbh. 1919.

David Elliot og Ruth Elliot: Kontrol med teknologien. Nyt Nordisk Forlag/Arnold Busk, Kbh. 1979.

M. Elmer et al.: Om medicin. Hans Reitzels Forlag, Kbh. 1979.

Anker Engelund: Akademiet for de tekniske Videnskaber, stiftelse, organisation og arbejdsmaader.

I Teknisk Ukeblad, 28. feb. 1946.

Christian Estrup: Den danske kemiske industri. Polyteknisk Forlag, Lyngby 1973.

- N. J. Fjord: 6. Beretning fra den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskoles Laboratorium for landøkonomiske Forsøg: Forløbige Forsøg over Fedmen af og Kontrol med den Fællesmejerier leverede Mælk. Kbh. 1885.
- N. J. Fjord: 8. Beretning fra den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskoles Laboratorium for landøkonomiske Forsøg: Afkøling af smør. Kbh. 1886.
- N. J. Fjord: 9. Beretning fra den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskoles Laboratorium for landøkonomiske Forsøg. Betaling af sød Mælk i Fællesmejerier efter "Forskjel i pct. fløde". Kbh. 1887.
- N. J. Fjord: 13. Beretning fra den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskolens Laboratorium for Landøkonomiske Forsøg: Foredrag ved den nordiske Landbrugs-Kongres den 12. Juli 1888. Bevægelige Forsøgsstationer i Danmark, særligt på Mejerivæsenets og dermed beslægtede Omraader. Kbh. 1888.
- Tom Forester (editor): The Microelectronics Revolution - The complete guide to the New Technology and its impact on society. Basil Blackwell, Oxford 1980.
- Forskningssekretariatet:
- Bind 1 af en planredegørelse for forskningen: Den Fremtidige Forskningspolitik. Kbh. 1984
 - Bind 2 af en planredegørelse for forskningen: Forsknings Tilrettelæggelse og Anvendelse. Kbh. 1984.
- 61a. Beretning fra den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskolens Laboratorium for Landøkonomiske Forsøg: Forsøg med Ostning af Mælk. Kbh. 1907.
- A. Fraenkel: Gamle Carlsberg 1847-1897. Et bidrag til dansk Industrihistorie og industriel Udviklingshistorie. H. Hagerups Boghandel. Kbh. 1897.
- Christopher Freeman: The Economics of Industrial Innovation. 2nd Edition. Frances Pinter (Publishers) Limited, London 1982.

- Aage Friis, Axel Linvald og M. Mackeprang (red): Schultz Danmarkshistorie. Vort Folks Historie gennem Tiderne skrevet af danske Historikere. J.H.Schultz-Forlag, Kbh. 1942. Bind V: P. Munch: Det Danske Folks Livsvilkaar 1864-1914.
- Peter Gammeltoft og Erling Jelsøe: Dansk medicinalvareindustri udviklingsmuligheder. DtH, Kbh. 1976.
- H. Q. Golder: Coulomb and Earth Pressure. I Géotechnique, Vol. I, nr. 1, jan. 1948.
- E. Gotfredsen og E. Snorrason: Medicinens historie. N.N.F. Kbh. 1969.
- H. C. Hagedorn: Protamine Insulate. I Proceedings of the Royal Medical Society, 30. sect. of Therap. and Pharmacol. 1937.
- H. C. Hagedorn: August Krogh (et mindeskrift). I Medd. fra A. T. V., nr. 1, 1949.
- A. W. Ham og D. H. Cormack: Histology. Lippincott, 1979.
- Inge Berg Hansen (red): DtH, Den polytekniske Lærestalt. Polyteknisk undervisning og forskning i det 20. århundrede. Festskrift ved 150-års junilæet. Polyteknisk Forlag 1979.
- J. Brinch Hansen: Earth Pressure Calculation. The Danish Technical Press. Copenhagen 1953.
- J. Brinch Hansen: Development of the C&N Wharf Type. Christiani & Nielsens Bulletin nr. 56. Copenhagen 1949.
- Johannes Hansen (for N.K.T.): A/S Nordiske Kabel- og Traadfabrikker, 1898-1948. Egmont H. Petersens Kgl. Hof-bogtrykkeri. Kbh. 1948.
- K. Hansen: Det danske landbrugs historie.
- 4.bind: Bygninger, mejeri, redskaber. GEC Gads forlag, Kbh. 1925-33.
- 5.bind: Danske landboforholds historie. GEC Gads forlag, Kbh. 1934-45.
- Sv. Aage Hansen: Early Industrialisation in Denmark. GEC Gads forlag, Kbh. 1970.

Sv. Aage Hansen: Økonomisk vækst i Danmark.

- Bind 1: 1720-1914. Universitetsforlaget. Kbh. 1972

- Bind 2: 1914-1970. Akademisk Forlag. Kbh. 1974.

Harremoës et al.: Lærebog i Geoteknik 2. Polyteknisk Forlag.

4. reviderede udgave 1980.

Harry Haue: Historien bag os. Gyldendal, Kbh. 1982.

Per Hedegård Andersen et al.: Centrifugalregulatorer og matematik. IMFUFA TEKST 85/84. RUC 1984.

Niels Hoffmeyer: Dansk industripolitik trænger til fornyelse: Erhvervslivet er dårligt hjulpet af mangelfuld industripolitik. Weekendavisen 13. juli 1984.

Niels Hoffmeyer: Dansk industripolitik II: Sådan kan Danmark genvinde det industrielle fodfæste. Weekendavisen 20. juli 1984.

Holm et al.: 31. Beretning fra den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskoles Laboratorium for landøkonomiske Forsøg: Forsøg med Apparater til hurtige Fedtbestemmelser i Mælk. Kbh. 1895.

Holm et al.: 46. Beretning fra den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskoles Laboratorium for landøkonomiske Forsøg: Undersøgelser over smørfedtets lysbrydningsevne. Jodtal og indhold af flygtige syrer. Kbh. 1900.

Holm et al.: 56. Beretning fra den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskoles Laboratorium for landøkonomiske Forsøg: Undersøgelser over forskellige Metoder til Fedtbestemmelser i Mælk. Kbh. 1905.

Helge Holst: Danmarks indsats i teknikkens udvikling i de sidste halvhundrede år. Særtryk af A/S Internationalt Patentbureau gennem 50 år. 1932.

Helge Holst: Danmarks indsats. Dansk Daad, bd. II. 1943.

H. Holter og K. Max Møller: The Carlsberg Laboratory 1876-1976. Rhodos, Kbh. 1976.

Ole Hyldtoft: Københavns Industrialisering 1840-1914. System, Herning 1984.

Ole Hyldtoft et al.: Det industrielle Danmark 1840-1914. System, Herning 1981.

Jens Højgaard Jensen, Bent C. Jørgensen og Mogens Niss (red): Matematik- og fysikundervisningen i det automatiserede samfund. Rapport fra et seminar afholdt i Hvidovre 25-27 april 1983. IMFUFA TEKST 82/84.

Ingeniørvidenskabelige skrifter B2: Beretning om det nordiske ingeniørmøde i København 28-31 aug. 1929. Polytekniske Lærestaltes 100-aars fest. Dansk Ingeniørforening. Kbh. 1930.

Bo Jacobsen og Peter Kemp: Brobygning. Hovedområdet 5 - 1983.

Andrew Jamieson: The historical Development of organized Knowledge in Scandinavia Up to the Second World War. Research Policy Studies Lund University: Discussion Paper Series 138. 1980.

H. M. Jensen: Dansk Mejeribrug, bd. 1: De danske mejeriforeningers fællesorganisation på forlaget Liber A/S. Kbh. 1962.

Uffe Juul Jensen: Videnskabsteori 1. Berlingske Leksikon Bibliotek. Kbh. 1973.

A. Kaarsen: Den danske Medicinindustri - Vilkaar og Virke. Kbh. 1939.

E. Keiding: Industriel fremstilling af lægemidler i Danmark. I Medicinsk Forum, nr. 6, 1951.

Søncke Knudsen: Forelæsninger over mejerikemi og mejeribakteriologi for mejeribrugsstuderende ved den kgl. Veterinær- og Landbohøjskole. Kbh. 1944.

Helge Kragh og S. A. Pedersen: Naturvidenskabsteori. Nyt Nordisk Forlag/Arnold Busch 1981.

Krarup: 61B. Beretning fra den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskoles Laboratorium for landøkonomiske Forsøg: Fortsatte Undersøgelser over Metoder til Fedtbestemmelser i Mælk. Kbh. 1907.

A. Krogh: Insulin - En opdagelse og dens betydning. Universitetsbogtrykkeriet - Schultz, Kbh. 1924.

A. Krogh: Nogle Bemærkninger om Insulin. I Svenska Läkartidningen, nr. 22, 1925.

A. Krogh: Den anden internationale konference om biologisk Standardisering af lægemidler. I Ugeskrift for Læger, nr. 45, 1925.

A. Krogh og A. M. Henningsen: The Assay of Insulin on Rabbits and Mice. I Biologiske Medd. VII 6, 1928 fra Det kgl. Danske Videnskabernes Selskab.

Laboratoriet for bygningsstatik, DtH. Medd. nr. 11: Danmarks tekniske Højskoles nye laboratorium for bygningsstatik. Kbh. 1943.

A. Larsen: Dr. Valdemar Poulsen, 23. nov. 1869-23. juli 1942 I Ingeniøren, nr. 57, 22. aug. 1942.

Johannes Lekmann: Rudolf Diesel og Burmeister & Wain. I kommission hos GEC Gads Forlag. Kbh. 1938.

André Leisewitz: Die Auswirkungen der Verwissenschaftlichung I Das Argument 73, juni 1972. Berlin 1972.

Niels Lichtenberg: Dansk teknik. Dens udvikling og indsats. Hirschsprungs Forlag. Kbh. 1942.

Göte Lindskog et al.: Geoteknik. Esselte Studium AB, 1973.

J. T. Lundbye: Den polytekniske Lærestalt 1829-1929. I kommission hos GEC Gad. Kbh. 1929.

H. P. Lunde: 32. Beretning fra den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskoles Laboratorium for landøkonomiske Forsøg: Syrningsforsøg. Kbh. 1895.

S. P. Madsen: Første nordiske elektroteknikermøde i København 1920. Kbh. 1922.

- Ernest Mandel: Explaining long waves og capitalist development. I Future 1981.
- Ernest Mandel: Långa vågor i den kapitalistiska utvecklingen Röda Bokförlaget, Göteborg 1982.
- Ernest Mandel: Senkapitalismen - et forsøg på en marxistisk forklaring. Finn Suenson Forlag. Kbh. 1976.
- Karl Marx: Kapitalen 1. bog 1-2. Bibliotek Rhodos, Kbh. 1970.
- T. Morsing (red): 75 år med dansk teknik. 1967.
- Jens Müller et al.: Samfundets teknologi - teknologiens samfund. Systime, Herning 1984.
- Chr. Nøkkentved: Beregning af pæleværker. I kommission hos GEC Gad, Kbh. 1924.
- G. Nørregård: Teknikumuddannede ingeniørers betydning for dansk industri. Kbh. 1955.
- Erling Olsen: Danmarks økonomiske historie siden 1750. Memorandum fra Københavns Universitets Økonomiske Institut, Nr. 6. Kbh. 1961.
- Adam Osborne: Uten Styring ? Mikroprocessoren i arbejdsliv og samfunn. Universitetsforlaget. Oslo-Bergen-Tromsø 1979.
- Chr. Ostenfeld: Christiani & Nielsen. Jernbetonens danske pionerer. Polyteknisk Forlag, Lyngby 1976.
- Chr. Ostenfeld: A. Ostenfeld og hans samtid. I kommission hos Teknisk Forlag, 1966.
- Johannes Pedersen: The Carlsberg Foundation. Kbh. 1956.
- P. O Pedersen:
- Om Poulsen-buen og dens teori. I Det Kgl. Danske Vidensk. Selsk. Skrifter, Naturvidenskab og matematik Afd. 8 Række II 4. Kbh. 1917.
 - Oversigt over den elektriske bue elektronteori. I Fysisk Tidsskrift, Kbh. 1917.

- Om Townsends teori for stødionisation. I Det kgl. Vid. Selsk., Math.-fys. M I 7. Kbh. 1918.
- On the Theory of Ionization by Collision. I Phil. Mag (6), Vol 40, 1920.
- Træk af bue-generatorens udviklingshistorie. Mødeberetning fra første nordiske Elektroteknikermøde i København 1920. Kbh. 1922.
- Tale holdt ved festen for Dr. Valdemar Poulsen den 27. okt. 1932. I Elektrotekniken nr. 21, 7. nov. 1932.
- Den polytekniske Læreanstalts Udvidelsesplaner. I Ingeniøren, nr. 9a, 1932.
- Miscellaneons Papers. I Ingeniørvidenskabelige Skr. B, nr. 12. Kbh. 1934.

Petersen et al.: 41. Beretning fra den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskoles Laboratorium for landøkonomiske Forsøg: Sammenlignende Undersøgelser af forskellige Apparaters Anvendelighed til kontrollering af Mælkens Fedme. Kbh. 1898.

John Poulsen: Koncentrationstendenser i dansk erhvervsliv 1890-1914. Københavns Universitets økonomiske Institut, Kbh. 1971.

V. Poulsen: The International Electrical Congress. St. Louis 1904. Vol. II. Trykkeår 1905.

Produktions- og Raastofkommissionen: Betænkning ang. Teknisk-videnskabelig Forskning. Kbh. 1942.

Program for Den polytekniske Lærestalt i København. Kbh., Schultz, 1918.

A. Ranløv og L. M. Nielsen: Fra Sadolins Farver til Sadolin & Holmblad. Egmont H. Petersens Kgl. Hof-bogtrykkeri. Kbh. 1932.

Bernt Schiller: Kildekritik. RUC, 221.

- Aage Sølver Schou (red): Fagskolen for Haandværkere og mindre Industridrivende: Teknologisk Insitut 1906-1931. Kbh. 1931.
- Dieter Senghaas: Von Europa lernen. Entwicklungsgeschichtliche Betrachtungen. Suhrkamp, Frankfurt am Main 1982.
- V. Storch: 18. Beretning fra den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskoles Laboratorium for landøkonomiske Forsøg: Nogle Undersøgelser over Flødens Syring. Kbh. 1890.
- V. Storch: 40. Beretning fra den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskoles Laboratorium for landøkonomiske Forsøg: En kemisk Prøve til at afgjøre om Mælk eller Fløde har været Opvarmet til mindst 80°C eller ikke. Kbh. 1898.
- V. Storch: 102. Beretning fra Forsøgslaboratoriet: Fortsatte Undersøgelser over Fremstillingen af Syrevækkere. Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskoles Laboratorium for landøkonomiske Forsøg i Kommission hos Aug. Bang. Kbh. 1919.
- J. Townsend: Electricity in Gases. Oxford 1915.
- Fred. Vedsø: Danmarks Industri. Martins Forlag, Kbh. 1928.
- Rich. Willerslev: Træk af den industrielle udvikling 1850-1914. I Nationaløkonomisk Tidsskrift 1945. Nordisk Forlag, Kbh. 1954.
- Poul Vinding: Dansk teknik gennem hundrede aar. GEC Gads forlag. Kbh., anden udgave 1941.
- Poul Vinding: G.A. Hageman
- Eugen Wolfson (red): Danmarks industrielle udvikling. Jul. Gjellerups forlag. Kbh. 1943.
- Holger Ærsøe: 200. Beretning fra Forsøgslaboratoriet: Husdyrbrugsforsøgsvirkomheden i Danmark. En Redegørelse for Landøkonomisk Forsøgslaboratoriums Oprettelse, udvikling og Virksomhed i Tiden 1882.1942. Statens Husdyrbrugsudvalg i Kommission hos fh. Aug. Kangs Forlag Ejvind Christensen. Kbh. 1943.

APPENDIX 1

Forsværet dato	Doktorer, som har disputeret	Retning
10. april 1918	JULIUS HARTMANN DTH »Nye Ensrettere og periodiske Afbrydere«	mag. scient.
7. april 1920	NIELS JØRGEN NIELSEN Christiani & Nielsen »Bestemmelse af Spændingen i Plader ved Anvendelse af Differensligninger«	B
23. april 1920	SIGURD SMITH De forenede Papirfabr. A/S »Dieleje-hollænderen«	M
10. maj 1924	CHR. D. N. NØKKENTVED Christiani & Nielsen »Beregning af Pæleværker«	B
21. juni 1929	A. H. M. ANDREASEN DTH »Zur Kenntnis des Mahlgutes«	K
25. april 1930	OKTAVIUS FERDINAND NIELSEN Christiani & Niel. S »Foranderlige Systemers statiske Virkemaade«	B
17. okt. 1930	CHRISTEN OSTENFELD Christiani & Nielsen »Lastverteilende Querverbände«	B
19. dec. 1930	LAURITZ TH. SCHOUBOE MADSEN Tekn. Instit. »Detergent Action and Surface Activity«	K
26. juni 1931	AKEL V. EISEN Monberg & Tohrsen »Die Methode der primären Momente zur Berechnung ebener, statisch unbestimmter Systeme«	B
3. maj 1933	POVL VINDING Kbh. Brandvæsen »Beiträge zur Lehre der Elektrizitätstarife«	E
30. maj 1934	ERIK V. MEYER Christiani & Nielsen »Undersøgelser over Cellobetons Volumenændringer samt over en Række Faktors Indflydelse paa Cementmørtlers Volumenændringer«	B
17. sept. 1935	JØRGEN MØLLER DTH »Studier over Ionbytningsprocessen med særligt Henblik paa Agrikulturkemi«	K
19. marts 1937	TORBJØRN GRENNES De forenede Gummi- og Luft- ringefabrikker A/S »The Accelerated Vulcanisation of Rubber«	K
6. april 1937	LEO A. DAMM Tekn. Instit. »Opfinderrettens Genstand«	M
20. sept. 1938	H. TRAP FRIIS Bell Telephone Lab. »A Multiple Unit Steerable Antenna for Short-Wave Reception«	E
16. febr. 1939	KAI HOFGAARD Otto Mønsted »Dilatometriske Fedtstof-Undersøgelser«	K
7. marts 1939	PAUL HENRY BENDTSEN DTH »Urban and Suburban Railways«	B
19. marts 1940	ARNE V. BRIEGHEL-MÜLLER De danske Sukkerf. »Über Filtrationsuntersuchungen«	K

Forsværet dato		Retning
28. juni 1940	IVAR HERMANN JOHAN BERTELSEN JTAS »Eksperimentelle Studier over induceret Støj i Telefon-Enkeltledninger«	E
30. juni 1940	ANDERS NIKOLAJ NEERGAARD Sadolin & Holmb. »Undersøgelser over Farvelakker af uorganiske Syre«	K
8. juli 1940	HANS GEORG KOEFOED Det foren. Oliekomp. A/S »Studier over Benzinsvind«	K
16. sept. 1940	SØREN ADOLPH EGERIIS BERG Den kgl. Porcelænf. »Studies on Particle-Size Distribution«	K
28. april 1941	VILHELM LASSEN JORDAN P & T »Elektroakustiske Undersøgelser af Materialer og Modeller«	E
25. sept. 1941	CARL WILHELM PROHASKA DTH »Lodrette Skibssvingninger med to Knuder«	M
4. nov. 1941	HOLGER JACOB RASMUS JØRGENSEN Dansk Gærings Ind. »Studier over Bromatvirkningens Natur«	K
16. dec. 1941	KAJ C. S. AASTED Bøggild & Aasted »Studier over Concheringsprocessen«	B
12. nov. 1942	JØRGEN S. BIELEFELDT FDB »Studier over Karotin med særligt Henblik paa Holdbarheden i Lucernemel«	K
25. juni 1943	MATHIAS OLUF JØRGENSEN ASEA (Sverige) »Elektrische Funkenspannungen mit besonderer Berücksichtigung der Messentladungsstrecke«	E
9. sept. 1943	BIRGER TROLLE Carlsberg »Studier over Attenuationsforholdene ved Øl- gæringen med særligt Henblik paa en Revision af Ballings Formel«	K
30. nov. 1943	KNUD WINSTRUP JOHANSEN DTH »Brudlinieteorier«	B
8. juni 1944	SVEND HARTZACK HARTMANN Statens Forsøgsmejeri »Eksperimentelle Studier over de oxydative Virkninger i Smør og Mælk«	K
1. dec. 1944	BØRGE JOHS. RAMBØLL DTH »Stabilitets- og Spændingsberegning af Ram- mesystemer«	B
23. febr. 1945	GUNNAR R. FAGERHOLT F.L.Smidt »Particle Size Distribution of Products Ground in Tube Mill«	K
5. marts 1945	ERIK KÆMPE Helsingør Skibsværft og Maskinbyg. »Nogle systematiske Rulningsforsøg med nor- male Handelsskibsmodeller«	M
8. marts 1945	JOHAN ALFRED BROGE Aarhus Oliefabrik A/S »Om Carotinbestemmelsen«	K
19. april 1945	PER BRÜEL Høgenes- Billesholm »Rørmetodens Anvendelse i Akustik«	E

6. sept. 1945	POUL EMIL MADSEN Det danske Petroliums A/S »Studier over Bankning i Forbrændingsmotorer«	K
25. okt. 1945	CARL JOHAN T. HØEGH B & W norsk ingeniør »An Analysis of the Factors which influence the Cylinder Wear in Diesel Engines with a special view to large marine units«	
9. nov. 1945	JOHAN GEORG HANNEMANN DTH »Den usymmetriske Mellempunktmetode«	B
27. juni 1946	JENS HANSEN JENSEN Dansk Tekstil forskn. ATV »Oxycellulosestudier«	K
4. juli 1946	EIGIL LEONHARDT ETTRUP PETERSEN Atlas A/S Studier over C-Vitaminets Nedbrydning ved Tørring og Lågring af Vegetabilier«	K
10. april 1947	PER DRAMINSKY B & W »Dæmpningen ved Torsionssvingninger i Krumtapaksler«	M
13. nov. 1947	PER SØLTOFT Dansk Sojakagefabrik »On the Consistency of Mixtures of Hardened Fats«	K
1. juni 1948	KRISTEN BO A/S Jacob Holm & sønner »Studier over Sæbeudnyttelsen ved Vask med Sæbe og Alkali i haardt eller delvis afhærdet Vand«	K
6. juli 1948	KARL ERIK JENSEN Dansk Tekstilforsk. lab ATV »Undersøgelser over Forekomst og Uskadeliggørelse af virulente Tuberkelbakterier i Spildevand«	K
17. febr. 1949	ASGER KIERBYE NIELSEN Telefon Fabrikken Automatic »Mikrofonmaalinger med særlig Henblik paa Reciprocitetsmetoden«	E
21. april 1949	POUL BECHER Statens byggeforsk. Institut »Om Beregning af Indblæsningsåbninger«	M
3. maj 1949	FLEMMING JUUL Dansk Gærings Industri »Studier over Kartofflens Mørkfarvning efter Kogning«	K
9. dec. 1949	HELGE LUNDGREN Christiani & Nielsen »Cylindrical Shells«	B
12. dec. 1949	ULRIK KRABBE Thomas B. Thrige »The Transducer Amplifier«	E
2. juni 1950	ANDREAS LOUIS KORNERUP Sedolin & Holmblad »Subtraktiv Farveblanding med særligt Henblik paa Blanding af Pigmenter«	K
27. juni 1950	BENT BUCHMANN-OLSEN Kbh. Univ bio-fys lab cand. mag. »The Objective Measurement of Colour and Colour Changes«	
27. okt. 1950	JOHAN GEORG CHRISTIAN WEBER DTH »Some Investigations on the Illumination of Photographic Darkrooms and the Determination of the Spectral Sensitivity of Photographic Material«	E
16. dec. 1950	SVEND AAGE HARVALD DTH »Wake of Merchant Ships«	M

Appendix 2. Manuskripter til de mundtlige eksamensoplæg.

Spørgsmål: DER ØNSKES EN KRITISK FREMLÆGGELSE AF C.FREEMAN:
THE ECONOMICS OF INDUSTRIAL INNOVATION MED SÆRLIGT HENBLIK
PÅ FREEMANS BEGREBSAPPARAT I FORHOLD TIL PROJEKTETS.

Udover at være inspireret af diskussionerne i IMFUFA er vi inspireret af C.Freemans bog om "The economics of industrial innovation ". I det følgende vil jeg fortælle hvem Freeman er, hans begrundelse for at lave det han gør og endelig om vores analyseapparat i forhold til Freemans.

Freeman er professor i science policy ved universitetet i Sussex. Det forhold, at "science" idag er genstand for politisk opmærksomhed og, at sciencs policy samtidig er en akademisk diciplin vidner om den udvikling, som Freeman selv kalder forskningsrevolutionen.

Forskningsrevolutionen foregår efter 2. verdenskrig og er kendetegnet ved i hvert fald to ting: For det første, en drastisk forøgelse af den erhvervsmæssige forskning og, for det andet, udviklingen af et kvalitativt nyt forhold mellem naturvidenskab og teknologi, nemlig sammensmeltningen af naturvidenskab og teknologi.

Teknisk set er baggrunden for forskningsrevolutionen, at teknologien er blevet langt mere kompleks og integreret (tænk f.eks. på automatiserede produktionssystemer) samtidigt med, at stadigt mere avancerede naturprocesser tages i anvendelse (tænk f.eks. på elektroniske, kernefysiske, nyere kemiske og biokemiske processer). Sådanne forhold har nemlig indebåret, at frembringelsen af ny teknologi er skiftet fra at foregå i umiddelbar tilknytning til produktionen til at foregå i institutioner adskilt fra produktionen.

Disse institutioner kalder Freeman forsknings- og ud-

viklingssystemet (FoU-systemet), og han anser fremvæksten af FoU-systemet for at være den måske vigtigste sociale og økonomiske forandring i vort århundrede. Synspunktet illustrerer han med Bernals vision af den historiske udvikling i arbejdets fordeling på erhverv, se figur. Som det frem-

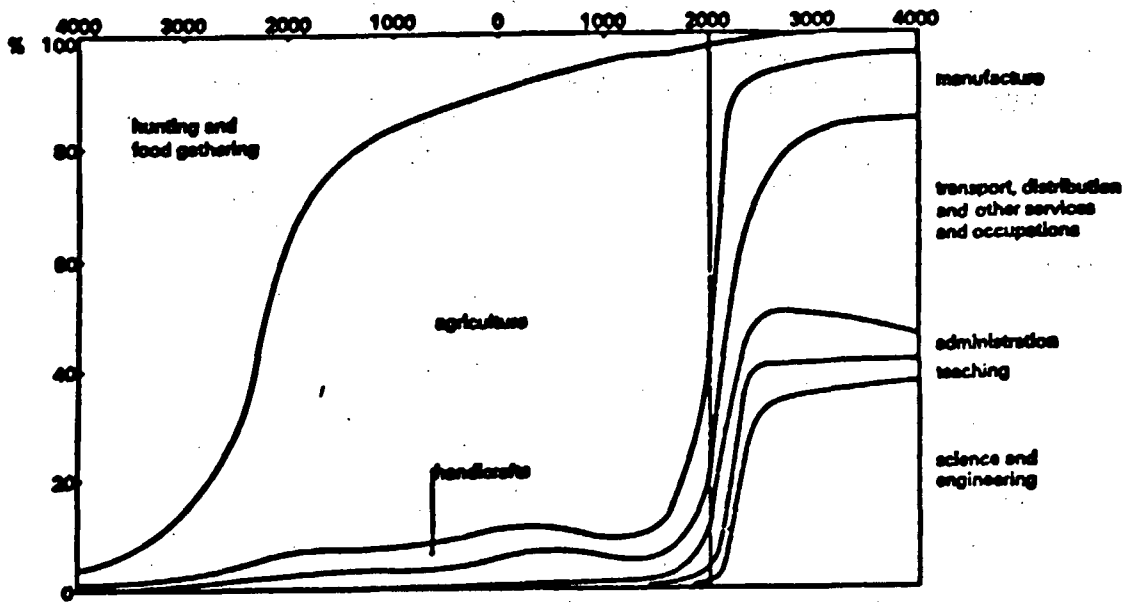


Fig. L1 Changes in occupation in the past and the future
Source: Bernal (1958)

går spår Bernal, at science og ingeneering i løbet af de næste par århundreder vil vokse til en andel på knap 40% af det samlede erhvervsarbejde.

Teknologiens stadigt mere videnskabelige karakter og specialiseringen medfører store vanskeligheder i kommunikationen mellem specialist og ikke-specialist. I undervisningssystemet afspejles denne udvikling som en stadig forgrening i dicipliner samtidigt med, at skellet mellem de naturvidenskabelige, tekniske fag og de humanistiske, samfundsvidenskabelige fag øges. Sådanne tendenser bevirker/sammen med andre ubehagelige sider af moderne industrialisering, at mange mennesker føler sig stadigt mere fremmedgjorte overfor moderne teknologi.

Kontrol med teknologisk innovation bliver altså på en gang nødvendiggere og vanskeligere. Derfor er der idag noget der hedder science policy, og derfor er det nødven-

digt med forskning bag science policy.

Freemans forskning er først og fremmest økonomisk orienteret. Det centrale problem er for ham økonomisk optimering af FoU-systemet. Altså: Hvordan kan man med mindst mulige input af ressourcer opnå det størst mulige output af ny viden og innovationer?

Sådanne undersøgelser kræver blaldt andet, at man kan skelne forskellige former for FoU-aktiviteter fra hinanden, og hertil tjener OECD-begreberne om grundforskning, anvendt forskning og eksperimentel udvikling.

Vi bruger ikke OECD-begreberne, fordi vi er ude i et andet ærinde. Vores problem er ikke innovationsøkonomi af i dag, men derimod sammensmeltningen af naturvidenskab og teknologi som historisk proces. Derfor taler vi om "naturvidenskabelig forskning" istedet for "grundforskning" og om "teknisk forskning og -udvikling" istedet for "anvendt forskning og eksperimentel udvikling".

Men vores definitioner er stort set identiske med OECD's abstrakte definitioner, så der skulle ikke umiddelbart være noget i vejen for at udskifte det ene sæt begreber med det andet. Jeg kan dog se to mulige invendinger herimod.

For det første kan man invende, at OECD-begreberne er udviklet i perioden efter andenverdenskrig, og derfor måske er bundet til en bestemt historisk tid. Problemet er næppe særligt stort. For eksempel kunne det nok gå an at kalde forskningen bag Newtons mekanik for grundforskning og at betegne Coulombs jordtryksteori som et resultat af anvendt forskning.

Problemet ligger nok snarere i den anden invending, at OECD-begreberne tjener som kategorier til rubricering af FoU-aktiviteter. Når en given FoU-aktivitet skal rubriceres i forskningsstatistikken, er det nødvendigt med en ret entydig foreskrift. Den abstrakte definition af OECD-be-

greberne er derfor ledsaget af paragraffer med retningslinjer for tvivlstilfælde. Til vores formål er der ikke brug for strikt at kunne afgøre om et givent forskningsarbejde er enten grundforskning eller anvendt forskning. Når vi vil beskrive sammensmeltningen af naturvidenskab og teknologi, har vi tvært imod brug for at kunne betragte et forskningsarbejde som både naturvidenskabeligt og teknisk.

Vores analyse tager udgangspunkt i den opfattelse, at sammensmeltningen af naturvidenskab og teknologi kan betragtes under to synsvinkler: Man kan betragte den ud fra naturvidenskabens side, og man kan betragte den ud fra teknologiens side.

Ser man udviklingen fra naturvidenskabens side, så sker der, hvad man kunne kalde en teknificering af den naturvidenskabelige forskning. Det vil sige, at forskere indenfor den naturvidenskabelige tradition i stigende grad begynder at interessere sig for tekniske systemer og problemstillinger. Ser man udviklingen fra teknologiens side, så sker der en videnskabeliggørelse af teknologisk innovation. Det vil sige, at de teknologiske innovationsprocesser ændrer karakter fra oprindeligt at have været udelukkende erfaringsbaserede til i højere og højere grad at være præget af naturvidenskaberne både videnskabeligt, metodisk og socialt-organisatorisk.

Vi har valgt at beskæftige os med videnskabeliggørelse af teknologisk innovation. Ved videnskabeliggørelse forstår vi nærmere, at teknologisk innovation bliver indholdsmæssigt præget af naturvidenskaben og, at teknologisk innovation organisatorisk får forbindelse med naturvidenskaben. Den indholdsmæssige prægning af teknologien er, som nævnt, kendetegnet ved, at naturvidenskabelig viden og "metode" inddrages i de teknologiske innovationsprocesser og, at teknologisk innovation antager socialt-organisatoriske former, som er analoge til naturvidenskabelig forskning.

EN REDEGØRELSE FOR KILDEGRUNDLAGET OG BRUGEN AF KILDER I
PROJEKTET (PROJEKTRAPPORTEN)

De væsentligste kilder for vort projektarbejde kan deles op i tre typer:

1. De samfundsteoretiske værker.
2. Oversigtsprægede historiske værker.
3. Forskellige værker til konkrete beskrivelser og vurderinger af teknologiske innovationsprocesser.

Blandt de teoretiske værker har vi fortrinsvis anvendt Freemans samfundsvidenskabelige værk "The Economics of Industrial Innovation" fra University of Sussex og E.S.Anderdens samfundsfagsspecialerapport fra Københavns Universitet "Eksport, teknologi og forskning". Disse er blevet benyttet som inspirationskilder til vores behandling af videnskabeliggørelse af teknologisk innovation.

Hvad angår de oversigtsprægede historiske værker, der har været anvendt til at fremskaffe konkrete Danmarks-historiske oplysninger, så er det især S.A.Hansens Danmarkshistorie for statsvidenskabelige studenter "Økonomisk vækst i Danmark" og Dahls kulturhistoriske Danmarkshistorie "Danmarks Kultur ved Aar 1940" og andre lignende beretninger, vi har anvendt. Det er temmeligt formidlede beretninger, d.v.s. den historiske virkelighed, der beskrives i disse beretninger, har passeret et flertal af formidlingsled, inden den når os. Begrundelsen for alligevel at anvende disse relativt formidlede beretninger er, at det ikke har været vores intention at skulle revidere eller bearbejde denne form for Danmarkshistorie. Vi har derimod skullet have et Danmarks-historisk overblik og har villet koncentrere os om behandlingen af FoU-systemet og videnskabeliggørelse af teknologisk innovation. Og så har vi iøvrigt bestræbt os på at anvende et flertal af forskellige rimeligt uafhængige formidlede Danmarkshistoriske beretninger.

Endelig har vi til vurderingen af forskellige teknologiske innovationsprocesser gjort en del ud af at finde frem til innovatorernes egne beretninger i form af bl.a. videnskabelige og teknisk-videnskabelige artikler om de konkrete innovationsprocesser. Styrken ved at anvende kilder på denne måde kan være, at man anvender dem som levn fra den historiske virkelighed, d.v.s. kilderne sættes i relation til deres tilblivelsessituation. Når vi eksempelvis benytter Nøkkentveds doktordisputats, der bl.a. giver den første beskrivelse af en ny beregningsmetode for pæleværker, som kilde til oplysninger om beregningsmetoden, så benytter vi kilden som et historisk levn.

I flere tilfælde i vores innovationseksempler i rapporten ville det muligvis være muligt at komme endnu nærmere den beskrevne virkelighed gennem førstehåndskildemateriale så som laboratoriejournaler, notesbøger o.l., men vi er overbeviste om, at det ville have været meget tidskrævende, og måske ville det have ødelagt overblikket hos os over den enkelte innovationsproces. Det har sikkert netop været en fordel for os i vores situation at anvende innovatorernes offentliggjorte publikationer over innovationsarbejder, da der i sådanne skrifter findes en del evaluerende og overbliksskabende betragtninger over arbejdet. Noget der af naturlige årsager ikke kan optræde i en laboratoriejournal.

EN REDEGØRELSE FOR FORSKELLEN PÅ UDVIKLINGEN AF LANDBRUGS-
FOU-SYSTEMET OG INDUSTRI-FOU-SYSTEMET I DANMARK

M.h.t. ordet "udvikling" så har jeg valgt at tolke det som både "opkomst og udvikling".

Der er nogle væsentligt forskellige træk ved landbrugs-FoU-systemet og industri-FoU-systemet. Disse træk kan begrundes i landbrugets henholdsvis industriens forskellige struktur og betydning i det danske samfund.

Tidsmæssigt så opkommer landbrugs-FoU-systemet betydeligt før industri-FoU-systemet.

Det kan kort siges, at et FoU-system opkommer når det bliver nødvendigt for at overleve i konkurrencen.

I forrige århundrede var Danmark placeret i den internationale arbejdsdeling som et landbrugsland; - og kapitalismen brød i Danmark først igennem i eksporterhvervet: landbrug, som følge af afsætningsmulighederne/konkurrencen på verdensmarkedet.

Landbrugs-FoU-systemet opkommer allerede i slutningen af forrige århundrede som følge af landbrugets orientering mod et stort marked - eksportmarkedet og den hårde konkurrence her.

Heroverfor står industrien. Den kapitalistiske industri opkom i forskellige bølger bl.a. i 1870'erne og fra 1890'erne og frem, men frem til omkring 2. verdenskrig var størstedelen af industrien hjemmemarkedsorienteret. (Der begyndte en eksport af industriprodukter i 1920'erne. Den udgjorde dog kun en lille del af produktionen.) Dette forhold - industriens hjemmemarkedsorientering - har utvivlsomt været med til at begrænse produktivitetens fremskridtene indenfor industrien, - og har været medvirkende til at industri-FoU-systemet i det væsentligste først er opkommet fra 1930'erne og fremad.

M.h.t. de organisatoriske og finansielle forhold, så er det karakteristisk for dansk landbrug, at det består af

mange små bedrifter, der gennem et omfattende organisatorisk net, der bl.a. består af andels- og landboorganisationer, er knyttet sammen. Dette forhold samt orienteringen mod eksportmarkedet har betydet, at ensartethed i produktionen er blevet tilstræbt. Hermed er den enkelte enheds muligheder og motivation for selvstændig teknologi udvikling afgørende begrænset.

Det har betydet, at det var karakteristisk for landbruget m.v., at der ikke foregik selvstændig forskning på de enkelte bedrifter/mejerier/slagterier.

Landbrugs-FoU-systemet er derimod kommet til at bestå af en række institutioner, hvis forskning har været søgt formidlet ud til alle dele af landbrugserhvervet.

Som følge af landbrugets store nationaløkonomiske betydning og de tætte forbindelser fra landbrugserhvervet til staten, dvs. rigsdagen, har staten tidligt kunnet formås til at støtte landbruget - også i ophjælpsningen af et landbrugs-FoU-system.

Allerede de forsøg, der var forløbere for oprettelsen af den kgl. Veterinær- og Landbohøjskoles Laboratorium for landøkonomiske Forsøg i 1882/83, blev støttet af staten, ligesom landøkonomisk forsøgslaboratorium blev fuldt og helt statsligt finansieret.

Landøkonomisk forsøgslaboratorium var den første og blev også i en lang årrække den vigtigste del af landbrugs-FoU-systemet. Siden kom andre institutioner og organer til - hvilke fremgår af skemaet i afsnit 4.2.11. i projektrapporten.

M.h.t. industrien er det karakteristisk, at den producerede et uoverskueligt antal produkter, og at den bestod af en lang række selvstændige enheder. Den havde i forhold til landbruget kun ringe nationaløkonomisk betydning.

I 1920'erne foregik der en del rationaliseringer af industrien - ikke blot indenfor den enkelte virksomhed, men det førte også til et større samarbejde mellem virksomheder i samme branche.

Det var især fra 1925 til 1940 at dele af storindustrien startede opbygningen af egne FoU-laboratorier. Det var særlig indenfor den kemiske industri og på virksomheder, hvor der foregik en forarbejdning af landbrugets produktion, at denne udvikling foregik.

Samtidig blev der også skabt forståelse for, at mange teknologiske problemer ville kunne løses i bredere sammenhænge, så som serviceinstitutter og læreanstalter m.v..

I 1930'erne oprettede en del store industrivirksomheder en række store fonde, der skulle støtte FoU-aktiviteter. (Pengene hertil kom fra en gunstig udvikling for storindustrien med relative monopolprofitter.)

Det viste sig dog snart, at disse fonde ikke var tilstrækkelige m.h.p. en øgning af FoU-arbejdet; og i 1937 oprettedes Akademiet for de Tekniske Videnskaber som en privat organisation af ledende erhvervsfolk og erhvervsorienterede forskere. ATV skulle være en koordinerende instans for teknisk-videnskabelig forskning. Hovedårsagen til dets oprettelse var den skærpede internationale konkurrence.

Industri-FoU-systemet har altså fra starten - i langt højere grad end hvad der gælder for landbruget - været privat finansieret. Statsstøtte var dog ønsket, og der blev skabt muligheder herfor med de erhvervspolitiske foranstaltninger under 2. verdenskrig. I 1946 blev det besluttet, at staten skulle yde bevillinger til Det teknisk-videnskabelige Forskningsråd under ATV. Dette råd skulle uddele støtte til teknisk-videnskabelig og erhvervsøkonomisk forskning og forestå en samordning af forskningen på disse områder.

PÅ BASIS AF PROJEKTETS ANALYSE ØNSKES EN REDEGØRELSE FOR PERSPEKTIVERNE OP TIL I DAG. - Hvilket billede tegner der sig af videnskabeliggørelsen af dansk teknologisk innovation fra 1950 og frem til i dag?

Siden den skitserede grundlæggende struktur af landbrugs-Fou-systemet blev skabt, er der fortsat sket en udbygning, hvilket er foregået ad to veje. Der er dels sket en udbygning indenfor den givne struktur, og dels er der hertil kommet træk, som ikke mindst beror på de aktiekapitalistiske koncerners øgede rolle på området.

En særlig afgørende nyudvikling beror på, at den aktiekapitalistiske levnedsmiddelindustri har opbygget en betydelig selvstændig FoU-indsats af jordbrugsvidenskabelig og teknisk-videnskabelig karakter. Hertil kommer FoU-indsatsen i de industrivirksomheder, der producerer produktionsmidler (maskiner, gødning) til landbrug og levnedsmiddelindustrien.

Efter 2. verdenskrig er der i forhold til industrien sket en kraftig udvikling af forskningen indenfor såvel den private som den offentlige sektor.

Den statsstøttede industrirelaterede forskning fik allerede før/under krigen et skub fremad, bl.a. med Produktions- og Råstofkommissionens rapport, hvori det anbefales at oprette Det teknisk-videnskabelige Forskningsråd, hvilket sker i 1946 under ATV regi - hvis opgave var at iværksætte og støtte teknisk-videnskabelig forskning, samt at søge at samordne dansk teknisk og erhvervsøkonomisk forskning for at fremme danske erhvervsvirksomheders muligheder.

Der sker yderst kraftig ekspansion af den statsstøttede industrirelaterede forskning især i 1960'erne og da der ikke på noget tidspunkt fandtes en forskningspolitik her i landet, er dette system vokset til et stort uoverskueligt, komplekst system

Overordnet kan man sige, at der er sket en opdeling,

hvor industriministeriet står for støtte til den mere målrettede forskning og produktudvikling i erhvervslivet, og de teknologiske serviceinstitutter står for dækning af de mere mellemlangfristede forskningsbehov, og undervisningsministeriet tager sig af grundforskningen, de højere teknologiske uddannelser samt i visse tilfælde af produktudvikling i forbindelse med forskningskontrakter på tekniske læreanstalter.

	Mellemsigtede forskningsformål		Teknologiske forskningsformål
	Teknologiske institutter (8 institutter)	Akademiet for De tekniske Videnskaber	Undervisningsministeriet (tekniske uddannelser og grundforskning)
Kommerciel og konsiglet forskning Industriministeriet (Teknologistyrelsen el. Teknologirådet)	Jysk Teknologisk Institut	Elektronikcentralen	Plantægningsrådet for forskningen
EDB-Fonden	Teknologisk Institut	Skibsteknisk Laboratorium	Forskningssekretariatet
Produktudvikling			Dansk Rumforskningsinstitut
Udviklingsfonden			Statens teknisk-videnskabelige Forskningsråd
Teknologirådet			5 andre forskningsråd
Teknologisk udviklingsprogram			Direktoratet for videregående Uddannelser
FIH udviklingsstøtte	Patentdirektoratet		Danmarks tekniske Højskole Institut for produktudvikling
Esprit	12 teknologiske infocentre	Erhvervsforskeruddannelse	Ålborg Universitetscenter Nordisk Udviklingscenter

ILL.: HANS FÆRCH-JENSEN

I Danmark foregår størsteparten af grundforskningen ved universiteter og højere læreanstalter i modsætning til forholdene i lang række andre lande.

Af de ca. 16.600 forskningsårsværk, der blev udført i 1981/82 i Danmark, hvilket også svarer til 4 mia. kr., blev ca. 47% udført i den offentlige sektor (og heraf var 54% (~ 1 mia.) på universiteterne og andre uddannelsesinstitutioner). Resten, dvs. 53%, blev udført i den private sektor.

FoU-opbygningen var fortsat efter krigen indenfor de

store og mellemstore virksomheder (kemiske branche), men der var også en række nye virksomheder, der havde optaget FoU-aktiviteter. Dette var især indenfor maskin- og den elektriske industri. Af de ca. 2 mia. kr, der blev anvendt til FoU-aktiviteter indenfor dansk industri i 1981/82, fandt 27% sted i de 10 største virksomheder m.h.t. FoU-udførelse: Novo Industri A/S, Brüel og Kjær Industri, B&W Diesel A/S, Danfoss A/S, B&O A/S, Løvens Kemiske Fabrikker, De danske Sukkerfabrikker, Storno A/S, Haldor Topsøe A/S, F.L. Smidth & Co A/S. Den største FoU-indsats finder således sted i de højteknologiske virksomheder med stor eksport.

Det næste problem er så at karakterisere denne FoU-aktivitet. - Dvs. er der tale om en videnskabeliggørelse af den teknologiske innovation?

Handelsministeriet lavede i 1972 en undersøgelse af industriforskningens fordeling:

- 80% af virksomhedernes FoU-indsats drejede sig om udviklingsarbejde.
- En række virksomheder satsede en del på "målforskning" (anvendt forskning) til sikring af deres positioner på lidt længere sigt.
- Så godt som ingen grundforskning (1% af den samlede FoU-indsats).

En indikator for indenfor hvilke brancher, der foregår en videnskabeliggørelse af innovationsprocessen, fås ved at se på udviklingen på DtH. Her var forskningen i 1950'erne (og 1960'erne) stadig koncentreret om kemiområdet, og i 1960'erne og 1970'erne var der tale om en udbygning af fysikområdet og med en eksplosiv udvikling indenfor nye områder som faststoffysik og halvlederforskning. Dvs. der var en udvikling indenfor det kemiske og det fysiske område. At dette kan være en indikator for, hvor der foregår en videnskabeliggørelse af innovationsprocessen, kan også ses af fordelingen af dr. techn. og licentiat,

Dr. techn. 1954-1977:

Kemi: 23; Maskin: 4; Bygnings-: 16; Elektro: 8; Andre: 5.

Licentiat 1963-75:

Kemi: 88; Maskin: 53; Bygnings-: 60; Elektro: 152.

En anden indikator, for at der foregår en videnskabeliggørelse af den teknologiske innovation indenfor kemi- og den elektriske (elektronik) industri, er, at det ikke længere er tilstrækkeligt med traditionel ingeniør-kunnen, men at biokemikere og fysikere - universitetsuddannede egentlige videnskabsfolk - må inddrages i processen.

En fuldstændig kortlægning af hvor der sker en videnskabeliggørelse af den teknologiske innovation, vil selvfølgelig kræve en dybere analyse; men vores umiddelbare konklusion for tiden efter 2. verdenskrig er, som jeg også har antydnet, at der finder en øget videnskabeliggørelse af innovationsprocessen sted.

Redegørelse for hhv. fordele og vanskeligheder ved en tværvidenskabelig tilgang til emnet "videnskabeliggørelse af den teknologiske innovationsproces".

En historisk forståelse af den fremadskridende videnskabeliggørelse af teknologisk innovation ind i det 20. århundrede og frem til i dag kræver en tværvidenskabelig tilgang pga. emnets komplekse karakter. Komplexiteten består kort fortalt i, at naturvidenskab og teknologi i stadig stigende grad væves ind i hinanden på en stadig mere uigennemskuelig måde, således at det i stigende grad bliver vanskeligt at skelne mellem, hvad der er teknologi, og hvad der er naturvidenskab. Hvilke tilgange skal man tage i anvendelse for at kunne gennemskue denne komplekse udvikling?

Helt grundlæggende er der de tilgange, som muliggør, at man på et fænomenologisk niveau kan sætte sig ind i, hvad der foregår i innovationsprocessen.

Her kan man for det første nævne den tekniske tilgang, som er nødvendig for at man kan forstå det teknik-faglige indhold i den teknologiske innovationsproces. I lighed med de fleste andre professioner har ingeniørfagene deres eget fagsprog. Som eksempel fra kajingeniørernes fagsprog kan nævnes begrebet "spunsvæg", der er frontpladen i en kajkonstruktion.

For det andet kan man nævne den naturvidenskabelige tilgang, som er nødvendig for i det hele taget at forstå det faglige indhold i størstedelen af den videnskabeliggørelse, der finder sted. F. eks. er det i aller højeste grad nødvendigt at kende til den klassiske mekaniske fysik, hvis man vil forstå videnskabeliggørelsen af traditionelle ingeniørfag som maskin- og bygningsområdet, der i den grad baserer sig på anvendelse af klassisk mekanik.

Ud over de nævnte tilgange til hvad jeg betegner som det fænomenologiske niveau ved videnskabeliggørelsen af den teknologiske innovationsproces, eksisterer der også faglige tilgange, som er nødvendige, for at man på et mere generelt plan kan forstå, hvad der karakteriserer videnskabeliggørelsen og de mekanismer, der ligger bag denne.

Her kan man for det første nævne den videnskabsteoretiske til-

gang. Denne er nødvendig for at identificere og beskrive træk ved den teknologiske innovationsproces, som har videnskabeligt præg. Som eksempel kan nævnes vekselspillet mellem matematiske modeller og praksis i konstruktionen af kajmure. For at identificere naturvidenskabelig forskning i en teknologisk innovationsproces er det imidlertid ikke nok at have en videnskabsteoretisk tilgang. Denne må suppleres med en videnskabshistorisk tilgang i form af et overblik over den betragtede disciplin på det pågældende tidspunkt. Som et eksempel kan nævnes Emil Christian Hansens forskning i ølgør, som kun kan ses i det rette perspektiv, hvis den sættes i relation til den videnskabelige tradition på området, først og fremmest repræsenteret ved Pasteur.

Dernæst skal nævnes en historisk-samfundsfaglig tilgang. Denne er ligeledes nødvendig for at kunne beskrive og forstå 1) innovationsprocessens aktiviteter og elementer og 2) de sammenhænge af social og økonomisk art, som den teknologiske innovationsproces indgår i i historisk perspektiv. Som et eksempel på en samfundsfaglig tilgang til innovationsprocessens aktiviteter og relationer til virksomhedens og samfundets økonomi kan nævnes Freeman's. Endelig kan man som eksempel nævne Marx'es tilgang, som angiver sammenhænge mellem den teknologiske udvikling og samfundsudviklingen.

Konklusionen på denne opremsning af forskellige faglige tilgange til emnet "videnskabeliggørelse af den teknologiske innovationsproces" må da være, at en tværvideenskabelig tilgang ikke kun er en fordel i den henseende - den er en klar nødvendighed. Fordelen ved en tværfaglig tilgang til emnet er imidlertid ikke gratis, idet den indebærer flere vanskeligheder.

For det første eksisterer der ifølge vores kendskab til området ingen ^{tværfaglig} forskningstradition, man kan knytte an til. Så vi har ikke kunnet overtage nogen metode fra nogen. Vi har således selv måttet bygge noget op.

For det andet betyder den tværfaglige tilgang den vanskelighed at man skal mestre relativt mange faglige discipliner i fht. mange andre forskningsfelter. Faglige discipliner der for en dels ved-

kommande er svært tilgængelige.

Dette betyder ikke bare, at man skal leve op til de gældende faglige krav inden for en disciplin, men inden for flere discipliner. Det er ikke nok at være en hæderlig videnskabsteoretiker med videnskabshistorisk kendskab. Man skal også være en hæderlig historiker med samfundsteoretisk forståelse. For ikke at tale om at man skal være både naturvidenskabeligt og teknisk kvalificeret, således at man kan sætte sig ind i, hvad specialisterne laver og ^{derudover} samtidigt videreformidle det på en forståelig måde. Dette udgør en betydelig forskel i fht. enkeltfagligt arbejde, hvor man kun konfronteres med sin egen disciplins faglige krav, og så oven i købet kun behøver at gøre sig forståelig overfor fagfæller.

For det tredje er det ikke nok, at man mestrer de nødvendige enkeltdiscipliner. Man skal også mestre den kunst at få dem til at fungere i en helhed - man skal bringe fagene til at samarbejde i behandlingen af emnet. Det er her vi som projektgruppe har en fordel af at hver af gruppemedlemmerne er dobbeltkvalificeret, frem for at vi var en gruppe af specialister tilhørende hver sin fagdisciplin. Som specialister ville vi nok i endnu højere grad være hæmmet af den barriere, der er mellem den humanistisk-samfundsfaglige kultur på den ene side og den naturvidenskabeligt-tekniske kultur på den anden side. Barrieren er imidlertid et reelt eksisterende faktum. Der er meget langt fra det historisk-samfundsfaglige makroniveau til det naturvidenskabeligt-tekniske mikroniveau. Afstanden er faktisk så stor, at samtidig fordybelse og indlevelse på de to niveauer i den grad besværliggøres og i nogen tilfælde udelukkes. Dette gælder især når det naturvidenskabeligt-tekniske er af matematisk-fysisk karakter.

Endelig må man konkludere at den tværfaglige tilgang er nødvendig, men svær, og at de beskrevne vanskeligheder ved den tværfaglige tilgang må være en væsentlig baggrund for, at projektets emneområde er så uopdyrket, som det er.

FAGLIGE TILGANGE TIL PROJEKTETS EMNEOMRÅDE.

DET FÆNOMENOLOGISKE NIVEAU:

- TEKNISK
- NATURVIDENSKABELIG

GENERELLE TRÆK:

- VIDENSKABSTEORETISK
- VIDENSKABSHISTORISK
- HISTORISK-SAMFUNDSFAGLIG

VANSKELIGHEDER VED DEN TVÆRFAGLIGE TILGANG.

- INGEN FORSKNINGSTRADITION
- LEVE OP TIL MANGE DISCIPLINERS
FAGLIGE KRAV
- BRINGE MANGE FORSKELLIGE DISCIPLINER
TIL AT SAMARBEJDE
- BARRIEREN MELLEM DE "TO KULTURER"

Kommentar til projektets undersøgelse.

Til sidst skal der siges noget om, hvilke naturvidenskaber, som dominerede den fremadskridende videnskabeliggørelse af dansk teknologisk innovation i den betragtede periode og hvorfor.

I den betragtede periode støder man først og fremmest på biologi og biokemi. Hvorimod kemi og fysik optrådte i mindre omfang. Dette beror for det første på, at i datidens danske erhvervsstruktur dominerede landbruget, samt nærings- og nydelsesmiddelindustrierne - disse erhvervs tekniske problemer befandt sig for en stor del inden for bio-området. For det andet var ingeniørvidenskabelige fagområder som maskin og elektro ikke udviklet synderligt meget på internationalt plan før efter 2. verdenskrig.

- 1/78 "TANKER OM EN PRAKSIS" - et matematikprojekt.
Projektrapport af Anne Jensen, Lena Lindenskov, Marianne Kesselhahn og Nicolai Lomholt.
Vejleder: Anders Madsen.
- 2/78 "OPTIMERING" - Menneskets forøgede beherskelsesmuligheder af natur og samfund.
Projektrapport af Tom J. Andersen, Tommy R. Andersen, Gert Kreinøe og Peter H. Lassen.
Vejleder: Bernhelm Booss.
- 3/78 "OPGAVESAMLING", breddekursus i fysik. Nr. 3 er a jour ført i marts 1984
Lasse Rasmussen, Aage Bonde Kræmmer, Jens Højgaard Jensen.
- 4/78 "TRE ESSAYS" - om matematikundervisning, matematiklæreruddannelsen og videnskabsrindalismen. Nr. 4 er p.t. udgået.
Mogens Niss.
- 5/78 "BIBLIOGRAFISK VEJLEDNING til studiet af DEN MODERNE FYSIKS HISTORIE". Nr. 5 er p.t. udgået.
Helge Kragh.
- 6/78 "NOGLE ARTIKLER OG DEBATINDLÆG OM - læreruddannelse og undervisning i fysik, og - de naturvidenskabelige fags situation efter studenteroprøret".
Karin Beyer, Jens Højgaard Jensen og Bent C. Jørgensen.
- 7/78 "MATEMATIKKENS FORHOLD TIL SAMFUNDSØKONOMIEN". Nr. 7 er udgået.
B.V. Gnedenko.
- 8/78 "DYNAMIK OG DIAGRAMMER". Introduktion til energy-bond-graph formalismen.
Peder Voetmann Christiansen.
- 9/78 "OM PRAKSIS' INDFLYDELSE PÅ MATEMATIKKENS UDVIKLING". - Motiver til Kepler's: "Nova Stereometria Doliorum Vinarium".
Projektrapport af Lasse Rasmussen.
Vejleder: Anders Madsen.
-
- 10/79 "TERMODYNAMIK I GYMNASIET".
Projektrapport af Jan Christensen og Jeanne Mortensen.
Vejledere: Karin Beyer og Peder Voetmann Christiansen.
- 11/79 "STATISTISKE MATERIALER"
red. Jørgen Larsen
- 12/79 "LINEÆRE DIFFERENTIALLIGNINGER OG DIFFERENTIALLIGNINGSSYSTEMER". Nr. 12 er udgået
Mogens Brun Heefelt
- 13/79 "CAVENDISH'S FORSØG I GYMNASIET".
Projektrapport af Gert Kreinøe.
Vejleder: Albert Chr. Paulsen

- 14/79 "BOOKS ABOUT MATHEMATICS: History, Philosophy, Education, Models, System Theory, and Works of Reference etc. A Bibliography".
Else Høyrup.
Nr. 14 er p.t. udgået.
- 15/79 "STRUKTUREL STABILITET OG KATASTROFER i systemer i og udenfor termodynamisk ligevægt".
Specialeopgave af Leif S. Striegler.
Vejleder: Peder Voetmann Christiansen.
- 16/79 "STATISTIK I KRÆFTFORSKNINGEN".
Projektrapport af Michael Olsen og Jørn Jensen.
Vejleder: Jørgen Larsen.
- 17/79 "AT SPØRGE OG AT SVARE i fysikundervisningen".
Albert Christian Paulsen.
- 18/79 "MATHEMATICS AND THE REAL WORLD", Proceedings of an International Workshop, Roskilde University Centre, Denmark, 1978. Preprint.
Bernhelm Booss & Mogens Niss (eds.).
- 19/79 "GEOMETRI, SKOLE OG VIRKELIGHED".
Projektrapport af Tom J. Andersen, Tommy R. Andersen og Per H.H. Larsen.
Vejleder: Mogens Niss.
- 20/79 "STATISTISKE MODELLER TIL BESTEMMELSE AF SIKRE DOSER FOR CARCINOGENE STOFFER".
Projektrapport af Michael Olsen og Jørn Jensen.
Vejleder: Jørgen Larsen.
- 21/79 "KONTROL I GYMNASIET - FORMAL OG KONSEKVENSER".
Projektrapport af Crilles Bacher, Per S. Jensen, Preben Jensen og Torben Nysteen.
- 22/79 "SEMIOTIK OG SYSTEMEGENSKABER (1)".
I-port lineært response og støj i fysikken.
Peder Voetmann Christiansen.
- 23/79 "ON THE HISTORY OF EARLY WAVE MECHANICS - with special emphasis on the role of reality".

-
- 24/80 "MATEMATIKOPFATTELSER HOS 2.G'ERE".
a+b 1. En analyse. 2. Interviewmateriale.
Projektrapport af Jan Christensen og Knud Lindhardt Rasmussen.
Vejleder: Mogens Niss.
Nr. 24 a+b er p.t. udgået.
- 25/80 "EKSAMENSOPGAVER", Dybdemodulet/fysik 1974-79.
- 26/80 "OM MATEMATISKE MODELLER".
En projektrapport og to artikler.
Jens Højgaard Jensen m.fl.
- 27/80 "METHODOLOGY AND PHILOSOPHY OF SCIENCE IN PAUL DIRAC'S PHYSICS".
Helge Kragh.
- 28/80 "DIELEKTRISK RELAXATION - et forslag til en ny model bygget på væskernes viscoelastiske egenskaber".
Projektrapport, speciale i fysik, af Gert Kreinøe.
Vejleder: Niels Boye Olsen.

- 29/80 "ODIN - undervisningsmateriale til et kursus i differentiaalligningsmodeller".
 Projekt rapport af Tommy R. Andersen, Per H.H. Larsen og Peter H. Lassen.
 Vejleder: Mogens Brun Heefelt
- 30/80 "FUSIONSENERGIEN - - - ATOMSAMFUNDETS ENDESTATION".
 Oluf Danielsen. Nr. 30 er udgået.
 Udkommer medio 1982 på Fysik-, Matematik- og Kemilærer-
 nes forlag.
- 31/80 "VIDENSKABSTEORETISKE PROBLEMER VED UNDERVISNINGSSY-
 STEMER BASERET PÅ MÆNGDELÆRE". Nr. 31 er p.t. udgået
 Projekt rapport af Troels Lange og Jørgen Karrebæk.
 Vejleder: Stig Andur Pedersen.
- 32/80 "POLYMERE STOFFERS VISCOELASTISKE EGENSKABER - BELYST
 VED HJÆLP AF MEKANISKE IMPEDANSMÅLINGER OG MOSSBAUER-
 EFFEKTMÅLINGER".
 Projekt rapport, speciale i fysik, af Crilles Bacher og
 Preben Jensen.
 Vejledere: Niels Boye Olsen og Peder Voetmann Chri-
 stiansen.
- 33/80 "KONSTITUERING AF FAG INDEN FOR TEKNISK-NATURVIDENSKA-
 BELIGE UDDANNELSER. I-II".
 Arne Jakobsen.
- 34/80 "ENVIRONMENTAL IMPACT OF WIND ENERGY UTILIZATION".
 ENERGY SERIES NO.1. Nr. 34 er udgået.
 Bent Sørensen. Publ. i "Renewable Sources of Energy and the Environment",
 Tycooli International Press, Dublin, 1981.
- 35/80 "HISTORISKE STUDIER I DEN NYERE ATOMFYSIKS UDVIKLING".
 Helge Kragh.
- 36/80 "HVAD ER MENINGEN MED MATEMATIKUNDERVISNINGEN ?".
 Fire artikler.
 Mogens Niss.
- 37/80 "RENEWABLE ENERGY AND ENERGY STORAGE".
 ENERGY SERIES NO.2.
 Bent Sørensen.
-
- 38/81 "TIL EN HISTORIE TEORI OM NATURERKENDELSE, TEKNOLOGI
 OG SAMFUND". Nr. 38 er p.t. udgået
 Projekt rapport af Erik Gade, Hans Hedal, Henrik Lau
 og Finn Physant.
 Vejledere: Stig Andur Pedersen, Helge Kragh og
 Ib Thiersen.
- 39/81 "TIL KRITIKKEN AF VÆKSTØKONOMIEN".
 Jens Højgaard Jensen.
- 40/81 "TELEKOMMUNIKATION I DANMARK - oplæg til en teknolo-
 givurdering". Nr. 40 er p.t. udgået
 Projekt rapport af Arne Jørgensen, Bruno Petersen og
 Jan Vedde.
 Vejleder: Per Nørgaard.
- 41/81 "PLANNING AND POLICY CONSIDERATIONS RELATED TO THE
 INTRODUCTION OF RENEWABLE ENERGY SOURCES INTO ENERGY
 SUPPLY SYSTEMS".
 ENERGY SERIES NO.3.
 Bent Sørensen.

- 42/81 "VIDENSKAB TEORI SAMFUND - En introduktion til materialistiske videnskabsopfattelser".
Helge Kragh og Stig Andur Pedersen.
- 43/81 1. "COMPARATIVE RISK ASSESSMENT OF TOTAL ENERGY SYSTEMS".
2. "ADVANTAGES AND DISADVANTAGES OF DECENTRALIZATION".
ENERGY SERIES NO.4.
Bent Sørensen.
- 44/81 "HISTORISK UNDERSØGELSE AF DE EKSPERIMENTELLE FORUDSÆTNINGER FOR RUTHERFORDS ATOMMODEL".
Projektrapport af Niels Thor Nielsen.
Vejleder: Bent C. Jørgensen.
-
- 45/82
- 46/82 "EKSEMPLARISK UNDERVISNING OG FYSISK ERKENDELSE - I+II ILLUSTRERET VED TO EKSEMPLER".
Projektrapport af Torben O. Olsen, Lasse Rasmussen og Niels Dreyer Sørensen.
Vejleder: Bent C. Jørgensen.
- 47/82 "BARSEBACK OG DET VÆRST OFFICIELT-TÆNKELIGE UHELD".
ENERGY SERIES NO.5.
Bent Sørensen.
- 48/82 "EN UNDERSØGELSE AF MATEMATIKUNDERVISNINGEN PÅ ADGANGSKURSUS TIL KØBENHAVNS TEKNIKUM".
Projektrapport af Lis Eilertzen, Jørgen Karrebæk, Troels Lange, Preben Nørregaard, Lissi Pedersen, Laust Rishøj, Lill Røn, Isac Showiki.
Vejleder: Mogens Niss.
- 49/82 "ANALYSE AF MULTISPEKTRALE SATELLITBILLEDER".
Projektrapport af Preben Nørregaard.
Vejledere: Jørgen Larsen & Rasmus Ole Rasmussen.
- 50/82 "HERSLEV - MULIGHEDER FOR VEDVARENDE ENERGI I EN LANDSBY". ENERGY SERIES NO.6.
Rapport af Bent Christensen, Bent Hove Jensen, Dennis B. Møller, Bjarne Laursen, Bjarne Lillethorup og Jacob Mørch Pedersen.
Vejleder: Bent Sørensen.
- 51/82 "HVAD KAN DER GØRES FOR AT AFHJÆLPE PIGERS BLOKERING OVERFOR MATEMATIK?"
Projektrapport af Lis Eilertzen, Lissi Pedersen, Lill Røn og Susanne Stender.
- 52/82 "DESUSPENSION OF SPLITTING ELLIPTIC SYMBOLS"
Bernhelm Booss & Krzysztof Wojciechowski.
- 53/82 "THE CONSTITUTION OF SUBJECTS IN ENGINEERING EDUCATION".
Arne Jakobsen & Stig Andur Pedersen.
- 54/82 "FUTURES RESEARCH" - A Philosophical Analysis of Its Subject-Matter and Methods.
Stig Andur Pedersen & Johannes Witt-Hansen.

55/82 "MATEMATISKE MODELLER" - Litteratur på Roskilde
Universitetsbibliotek.
En bibliografi.
Else Høyrup.

Vedr. tekst nr. 55/82:
Se også tekst 62/83.

56/82 "ÉN - TO - MANGE" -
En undersøgelse af matematisk økologi.
Projektrapport af Troels Lange.
Vejleder: Anders Madsen.

57/83 "ASPECT EKSPERIMENTET" -
Skjulte variable i kvantemekanikken?
Projektrapport af Tom Juul Andersen.
Vejleder: Peder Voetmann Christiansen.

Nr. 57 er udgået.

58/83 "MATEMATISKE VANDRINGER" - Modelbetragtninger
over spredning af dyr mellem småbiotoper i
agerlandet.
Projektrapport af Per Hammershøj Jensen &
Lene Vagn Rasmussen.
Vejleder: Jørgen Larsen.

59/83 "THE METHODOLOGY OF ENERGY PLANNING".
ENERGY SERIES NO. 7.
Bent Sørensen.

60/83 "MATEMATISK MODEKSPERTISE" - et eksempel.
Projektrapport af Erik O. Gade, Jørgen Karrebæk og
Preben Nørregaard.
Vejleder: Anders Madsen.

61/83 "FYSIKS IDEOLOGISKE FUNKTION", som et eksempel på
en naturvidenskab - historisk set.
Projektrapport af Annette Post Nielsen.
Vejledere: Jens Høyrup, Jens Højgaard Jensen og
Jørgen Vogelius.

62/83 "MATEMATISKE MODELLER" - Litteratur på Roskilde
Universitetsbibliotek.
En bibliografi. 2. rev. udgave
Else Høyrup

63/83 "CREATING ENERGY FUTURES: A SHORT GUIDE TO
ENERGY PLANNING".
ENERGY SERIES No. 8
David Crossley & Bent Sørensen

64/83 "VON MATHEMATIK UND KRIEG".
Bernhelm Booss og Jens Høyrup

65/83 "ANVENDT MATEMATIK - TEORI ELLER PRAKSIS".
Projektrapport af Per Hedegård Andersen, Kirsten
Habekost, Carsten Holst-Jensen, Annelise von Moos,
Else Marie Pedersen, Erling Møller Pedersen.
Vejledere: Bernhelm Booss & Klaus Grünbaum

66/83 "MATEMATISKE MODELLER FOR PERIODISK SELEKTION I
ESCHERICHIA COLI".
Projektrapport af Hanne Lisbet Andersen, Ole
Richard Jensen og Klavs Frisdahl.
Vejledere: Jørgen Larsen og Anders Hede Madsen

- 67/83 "ELIPSOIDE METODEN - EN NY METODE TIL LINEÆR PROGRAMMERING?"
Projektrapport af Loné Biilmann og Lars Boye
Vejleder: Mogens Brun Heefelt
- 68/83 "STOKASTISKE MODELLER I POPULATIONSGENETIK"
- til kritikken af teoriladede modeller.
Projektrapport af Lise Odgård Gade, Susanne Hansen, Michael Hviid, Frank Mølgård Olsen.
Vejleder: Jørgen Larsen.
- 69/83 "ELEVFORUDSÆTNINGER I FYSIK"
- en test i 1.g med kommentarer
Albert Chr. Paulsen
- 70/83 "INDLÆRINGS- OG FORMIDLINGSPROBLEMER I MATEMATIK PÅ VOKSEUNDERVISNINGSNIVEAU"
Projektrapport af Hanne Lisbet Andersen, Torben J. Andreasen, Svend Age Houmann, Helle Glerup Jensen, Keld Fl. Nielsen, Lene Vagn Rasmussen.
Vejleder: Klaus Grünbaum & Anders H. Madsen
- 71/83 "PIGER OG FYSIK"
- et problem og en udfordring for skolen?
Karin Beyer, Sussanne Blegaa, Birthe Olsen, Jette Reich & Mette Vedelsby
- 72/83 "VERDEN IFØLGE PEIRCE". - to metafysiske essays, om og af C.S. Peirce.
Peder Voetmann Christiansen
- 73/83 "EN ENERGIANALYSE AF LANDBRUG"
- økologisk contra traditionelt
ENERGY SERIES No. 9
Specialeopgave i fysik af Bent Hove Jensen
Vejleder: Bent Sørensen
-
- 74/84 "MINIATURISERING AF MIKROELEKTRONIK" - om videnskabeliggjort teknologi og nytten af at lære fysik
Projektrapport af Bodil Harder og Linda Szkotak Jensen.
Vejledere: Jens Højgaard Jensen og Bent C. Jørgensen
- 75/84 "MATEMATIKUNDERVISNINGEN I FREMTIDENS GYMNASIUM"
- Case: Lineær programmering
Projektrapport af Morten Blomhøj, Klavs Frisdahl, Frank Mølgård Olsen
Vejledere: Mogens Brun Heefelt & Jens Bjørneboe
- 76/84 "KERNEKRAFT I DANMARK?" - Et høringssvar indkaldt af miljøministeriet, med kritik af miljøstyrelsens rapporter af 15. marts 1984.
ENERGY SERIES No. 10
Af Niels Boye Olsen og Bent Sørensen
- 77/84 "POLITISKE INDEKS - FUP ELLER FAKTA?"
Opinionsundersøgelser belyst ved statistiske modeller
Projektrapport af Svend Age Houmann, Keld Nielsen, Susanne Stender
Vejledere: Jørgen Larsen & Jens Bjørneboe

- 78/84 "JÆVNSTRØMSLEDNINGSEVNE OG GITTERSTRUKTUR I AMORFT GERMANIUM"
Specialerapport af Hans Hedal, Frank C. Ludvigsen og Finn C. Physant
Vejleder: Niels Boye Olsen
- 79/84 "MATEMATIK OG ALMENDANNELSE"
Projektrapport af Henrik Coster, Mikael Wennerberg Johansen, Povl Kattler, Birgitte Lydholm og Morten Overgaard Nielsen.
Vejleder: Bernhelm Booss
- 80/84 "KURSUSMATERIALE TIL MATEMATIK B"
Mogens Brun Heefelt
- 81/84 "FREKVENSafhængig LEDNINGSEVNE I AMORFT GERMANIUM"
Specialerapport af Jørgen Wind Petersen og Jan Christensen
Vejleder: Niels Boye Olsen
- 82/84 "MATEMATIK- OG FYSIKUNDERVISNINGEN I DET AUTOMATISEREDE SAMFUND"
Rapport fra et seminar afholdt i Hvidovre 25-27 april 1983
Red.: Jens Højgaard Jensen, Bent C. Jørgensen og Mogens Niss
- 83/84 "ON THE QUANTIFICATION OF SECURITY" nr. 83 er p.t. udgået
PEACE RESEARCH SERIES NO. 1
af Bent Sørensen
- 84/84 " NOGLE ARTIKLER OM MATEMATIK, FYSIK OG ALMENDANNELSE".
Jens Højgaard Jensen, Mogens Niss m. fl.
- 85/84 "CENTRIFUGALREGULATORER OG MATEMATIK"
Specialerapport af Per Hedegård Andersen, Carsten Holst-Jensen, Else Marie Pedersen og Erling Møller Pedersen
Vejleder: Stig Andur Pedersen
- 86/84 "SECURITY IMPLICATIONS OF ALTERNATIVE DEFENSE OPTIONS FOR WESTERN EUROPE"
PEACE RESEARCH SERIES NO. 2
af Bent Sørensen
- 87/84 "A SIMPLE MODEL OF AC HOPPING CONDUCTIVITY IN DISORDERED SOLIDS"
af Jeppe C. Dyre
- 88/84 "RISE, FALL AND RESURRECTION OF INFINITESIMALS"
af Detlef Laugwitz
- 89/84 "FJERNVARMEOPTIMERING"
af Bjarne Lillethorup & Jacob Mørch Pedersen
- 90/84 "ENERGI I 1.G- .en teori for tilrettelæggelse"
af Albert Chr. Paulsen
-
- 91/85 "KVANTETEORI FOR GYMNASIET"
1. Lærervejledning
Projektrapport af: Birger Lundgren, Henning Sten Hansen og John Johansson
Vejleder: Torsten Meyer

- 92/85 "KVANTETEORI FOR GYMNASIET
2. Materiale
Projektrapport af: Birger Lundgren, Henning
Sten Hansen og John Johansson
Vejleder: Torsten Meyer
- 93/85 "THE SEMIOTICS OF QUANTUM-NON-LOCALITY"
af Peder Voetmann Christiansen
- 94/85 "TREENIGHEDEN BOURBAKI - generalen, matematikeren
og ånden"
Projektrapport af: Morten Blomhøj, Klavs Frisdahl
og Frank M. Olsen
Vejleder: Mogens Niss
- 95/85 "AN ALTERNATIV DEFENSE PLAN FOR WESTERN EUROPE"
Peace research series no. 3
af Bent Sørensen
- 96/85 "ASPEKTER VED KRAFTVARMEFORSYNING"
af Bjarne Lillethorup
Vejleder: Bent Sørensen
- 97/85 "ON THE PHYSICS OF A.C. HOPPING CONDUCTIVITY"
Jeppe C. Dyre
- 98/85 "VALGMULIGHEDER I INFORMATIONSSALDEREN"
af Bent Sørensen
- 99/85 "Der er langt fra Q til R"
Projektrapport af: Niels Jørgensen og Mikael Klintorp
Vejleder: Andur Pedersen
- 100/85 "TALSYSTEMETS OPBYGNING"
af Mogens Niss
- 101/85 "EXTENDED MOMENTUM THEORY FOR WINDMILLS
IN PERTURBATIVE FORM"
af Ganesh Sengupta
- 102/85 "OPSTILLING OG ANALYSE AF MATEMATISKE MODELLER, BELYST VED
MODELLER OVER KØERS FODEROPTAGELSE OG - OMSETNING"
Projektrapport af: Lis Eilertzen, Kirsten Habekost, Lill Røn
og Susanne Stender
Vejleder: Klaus Grünbaum
- 103/85 "ØDSLE KOLDKRIGERE & VIDENSKABENS LYSE IDEER"
Projektrapport af: Niels Ole Dam og Kurt Jensen
Vejleder: Bent Sørensen
- 104/85 "ANALOGREGNEMASKINEN OG LORENZLIGNINGER"
af: Jens Jæger
- 105/85 "THE FREQUENCY DEPENDENCE OF THE SPECIFIC HEAT AT THE GLASS
TRANSITION"
af Tage Christensen
"A SIMPLE MODEL OF AC HOPPING CONDUCTIVITY"
af Jeppe C. Dyre
Contributions to the Third International Conference on the
Structure of Non-Crystalline Materials held in Grenoble
July 1985
- 106/85 "QUANTUM THEORY OF EXTENDED PARTICLES"
af Bent Sørensen
- 107/85 "ÉN MYG GØR INGEN EPIDEMI"
- flodblindhed som eksempel på matematisk modellering af et
epidemiologisk problem.
Projektrapport af: Per Hedegård Andersen, Lars Boye, Carsten

Holst Jensen, Else Marie Pedersen og Erling Møller Pedersen
Vejleder: Jesper Larsen

108/85 "APPLICATIONS AND MODELLING IN THE MATHEMATICS CURRICULUM"

- state and trends -
af Mogens Niss

109/85 "COX I STUDIETIDEN"

- Cox's regressionsmodel anvendt på studenteroplysninger
fra RUC
Projektrapport af: Mikael Wennerberg Johansen, Poul Kattler
og Torben J. Andreasen
Vejleder: Jørgen Larsen

110/85 " PLANNING FOR SECURITY "

af Bent Sørensen