



## Dette værk er downloadet fra Danskernes Historie Online

**Danskernes Historie Online** er Danmarks største digitaliseringsprojekt af litteratur inden for emner som personalhistorie, lokalhistorie og slægtsforskning. Biblioteket hører under den almennyttige forening Danske Slægtsforskere. Vi bevarer vores fælles kulturarv, digitaliserer den og stiller den til rådighed for alle interesserede.

### Støt Danskernes Historie Online - Bliv sponsor

Som sponsor i biblioteket opnår du en række fordele. Læs mere om fordele og sponsorat her: <https://slaegtsbibliotek.dk/sponsorat>

### Ophavsret

Biblioteket indeholder værker både med og uden ophavsret. For værker, som er omfattet af ophavsret, må PDF-filen kun benyttes til personligt brug.

### Links

Slægtsforskeres Bibliotek: <https://slaegtsbibliotek.dk>

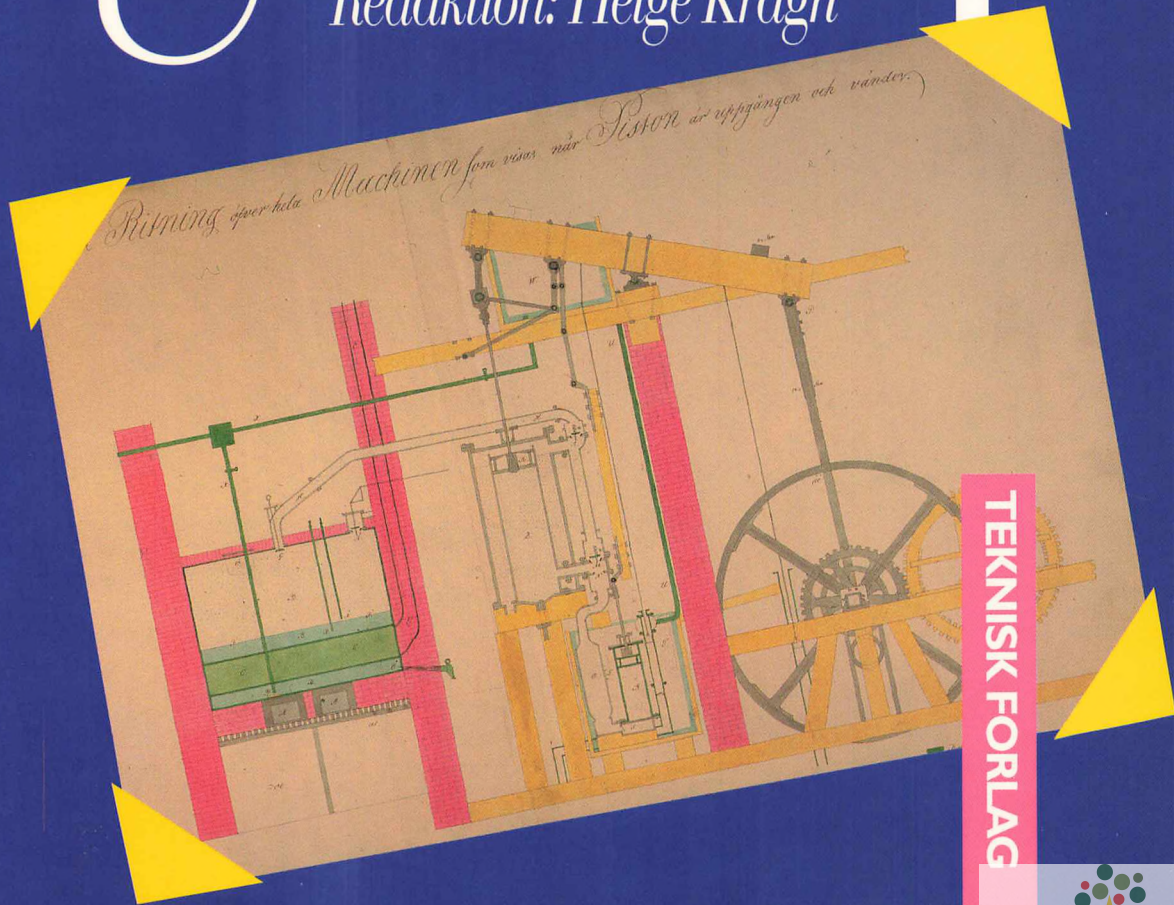
Danske Slægtsforskere: <https://slaegt.dk>

# I røg

DAMPMASKINENS INDFØRELSE I DANMARK 1760-1840

# og damp

Redaktion: Helge Kragh



TEKNISK FORLAG

# I røg og damp

Dampmaskinens indførelse i  
Danmark 1760-1840

Redaktion: Helge Kragh

Teknisk Forlag

# Indhold

- 4 Indledning
- 7 Kap. 1 Dampteknologi og varmeteori:  
Oversigt over dampmaskinens tidlige historie,  
af Helge Kragh
- 22 Kap. 2 Teknologi og oplysningsutopi:  
Jens Kraft og Newcomens dampmaskine,  
af Keld Nielsen
- 35 Kap. 3 Ildmaskinen på Gammelholm,  
af Flemming Steen Nielsen
- 54 Kap. 4 Fra Birmingham til København:  
Overførsel af Boulton & Watt teknologi  
ca. 1800-1810, af Frank Allan Rasmussen
- 72 Kap. 5 Danske dampmaskiner: Produktion  
og anvendelse, af Dan Ch. Christensen
- 95 Noter
- 105 Litteratur
- 108 Personregister
- 110 Sagregister



# Indledning

Denne bog har sin oprindelse i et seminar som TISK projektet – et teknologihistorisk forskningsprojekt under Statens Humanistiske Forskningsråd – afholdt i Domus Technica i december 1990 i anledning af 200-året for Danmarks første dampmaskine. I forbindelse med dette arrangement blev det klart, at den tidlige fase af dampkraften i Danmark var et pinligt dårligt beskrevet kapitel i historien, ikke mindst i forhold til det meget omfattende og i det væsentlige ubrugte kildemateriale, der findes.

Den ringe historiske interesse for dampkraftens historie op til ca. 1840 afspejler utvivlsomt en lang tradition i dansk historie for fokusering på industriel og økonomisk historie og en tilsvarende mangel på interesse for de teknologiske innovationer, der i mange tilfælde har været den umiddelbare årsag til det økonomiske fremskridt. Det er vores opfattelse, at teknologihistorien er en selvstændig og vigtig del af historien, og at den ikke bør fremstå som blot et appendiks til den økonomiske eller politiske historie.

Dette synspunkt er relevant m.h.t. det her behandlede emne, idet det netop begrænser sig til den fase, hvori dampkraften endnu ikke havde opnået karakter af produktivkraft i Danmark. En stor del af de følgende sider drejer sig om spekulationer, misforståelser, inkompetence og forfejlede investeringer. Man kan mene, at vi også burde have inkluderet undersøgelser af dampmaskinens industrielle gennemslag, sådan som den fandt sted efter 1840erne. Men dette er et ganske anderledes område, der ville kræve en særskilt publikation og hvorom der allerede findes flere undersøgelser. Og under alle omstændigheder startede den industrielle dampkraft ikke fra bar bund, men var et resultat af de erfaringer og overvejelser, der havde fundet

sted i den første, eksperimentelle periode. For at forstå dampkraftens betydning i Danmarks industrialisering, må man starte med begyndelsen. Det er denne begyndelse, der er emnet for denne bog. Vi har med fortsæt begrænset os til de stationære dampmaskiners historie, idet anvendelsen af dampkraft til skibsfart og jernbaner i det væsentligste hører til en senere periode og under alle omstændigheder ikke var snævert knyttet til de stationære maskiners historie.

Den første danske beskrivelse af dampmaskinen (i Newcomens udgave) stammer fra 1760erne, men var rent akademisk; den afspejler en for oplysningstiden karakteristisk tro på videnskabens direkte anvendelighed og fik ingen tekniske konsekvenser. Markedet i Danmark var på grund af den manglende betydning af minedrift i det væsentligste begrænset til flådens værft på Holmen, og det var da også i dette militære regi, de første famlende forsøg med dampkraften fandt sted, og "ildmaskinen", som man kaldte de tidlige dampmaskiner, først blev etableret.

Hele historien om denne overførsel af en udviklet engelsk teknologi til det i teknisk henseende underudviklede Danmark er instruktiv ved at illustrere de mange problemer, der knytter sig til teknologioverførsel. Omend mange af de konkrete problemer var historisk specifikke og af lokal art, har historien en vis almen karakter; mange af dens elementer kan genfindes i senere eksempler på teknologioverførsel både i Danmark og i udlandet. Historien om Danmarks møde med dampkraften er først og fremmest beretningen om bestemte hændelser i Danmarks-historien omkring 1800, men den er også et stykke eksemplarisk historie, hvis relevans overskrider det sted- og tidstypiske perspektiv. Der er f.eks. klare strukturelle paralleller

mellem dampkraftens indførelse og den senere indførelse af jernbaner, telegrafi og elektrisk kraft.

Ny, avanceret teknologi virker sjældent tilfredsstillende i første omgang, og selv om den måske er afprøvet med succes i udlandet, vil dens omplantning til andre forhold uvægerligt medføre problemer. For overhovedet at indføre en sådan teknologi, hvis økonomiske berettigelse er tvivlsom, kræves i første omgang en igangsætter, der ikke er bundet af snævre kommercielle hensyn. Denne igangsætter har ofte været militæret, sådan som det var tilfældet med den første danske dampmaskine. Ikke blot kunne Marinen ignorere markedsmekanismernes, men den rådede over tidens mest avancerede tekniske viden og så en fordel i at bruge dampkraft til isolerede formål (smedning af ankre).

Motiverne for at indføre de første dampmaskiner var dog ikke synderligt rationelle og ikke udtryk for et økonomisk eller militært behov, endside en formuleret teknologipolitik. I det hele taget kan historien om de tidlige dampmaskiner i Danmark ikke reduceres til et spørgsmål om behov og økonomisk rationalitet. Som ved andre historiske hændelser spillede tilfældigheder og personlige modsætninger og karaktertræk en betydelig rolle; teknikbegejstring, jalousi og ideologiske faktorer var af større betydning end økonomisk behov i den første fase af dansk dampkraft. I denne fase var det afgørende at trække på udenlandske erfaringer, enten direkte, i form af engelske eksperter, eller indirekte, i form af teknologiske dannelsesrejser.

Når dampkraften i første omgang blev en fiasko, skyldtes det især at man havde etableret en teknologi efter udenlandsk forbillede uden at de nødvendige tekniske færdigheder var til stede i landet. Det er måske banalt at påpege, at en avanceret teknologi ikke vil fungere i praksis, hvis ikke der er en række tekniske færdigheder til stede til f.eks. afhjælpning af fejl; men det var ikke banalt anno 1800.

At tale om 'dampmaskinen' som var den en

enkelt konstruktion, der isoleret kunne overføres og anvendes, er uheldigt. Som megen anden teknologi var dampmaskinen afhængig af en lang række andre tekniske faktorer for at kunne fungere tilfredsstillende; uden disse faktorer ville maskinen enten ikke kunne bygges eller den ville være nytteløs. Selve konstruktionen og vedligeholdelsen krævede en række serviceteknikker i form af bl.a. præcisionsværktøj, der enten måtte udvikles til formålet eller overføres fra andre teknologier; derfor bliver udviklingen af værktøjsmaskiner til f.eks. kanonborring en integreret del af dampmaskinens teknologihistorie. Er maskinen først konstrueret, er den dog stadig en nytteløs torso uden de maskiner, den skal trække. Dampmaskinen er hjertet i et teknisk system, hvor andre teknologier (hamre, møller, valsemaskiner, o.s.v.) er lige så vigtige som hjertet. Omend dampkraften ikke er en systemteknologi af samme art som f.eks. det elektrotekniske system, har den en begrænset systemkarakter, der må reflekteres i historieskrivningen.

Dampkraften kom sent til Danmark, forsvandt i en kort periode, og var indtil 1840 uden samfundsmæssig betydning og kun af meget beskeden privatøkonomisk betydning. Når denne første moderne energiteknologi ikke var nogen øjeblikkelig succes, skyldes det et andet fundamentalt (men også trivielt) træk i den teknologiske proces; nemlig at en ny teknologi ikke optræder i et vacuum, men må konkurrere med eksisterende, traditionelle teknologier. Vand-, vind- og hestekraft var dampens alternativer, og også disse traditionelle teknologier blev udviklet teknisk i perioden, således at det anno 1825 langt fra var klart, at fremtiden hørte til dampkraften. Det tekniske system, dampmaskinen var en del af, var ikke blot en dampteknologi, men et mere omfattende energiteknologisk kompleks.

Dampkraften kom til Danmark som overført teknologi uden selvstændige, nationale bidrag. I dampmaskinens internationale historie er Danmarks rolle måske højst en paren-

tes eller fodnote værd. Men dels signalerede den ny teknologi en ny tid i dansk historie, den spæde begyndelse til en omfattende modernisering af samfundet; og dels repræsenterer overførslen af dampkraften til Danmark nogle almene mekanismer og problemer, der her fremtræder klart. Hvis man ønsker at studere den 'typiske' måde på hvilken en avanceret maskinteknologi blev overført omkring 1800, er Danmark ikke det dårligste eksempel.

I teksten indgår en række enheder for mål og vægt, der knytter sig til den særlige periode. Flg. oversigt giver omsætninger mellem disse mål og moderne standardenheder:

1 (eng.) inch	= 2,54 cm = 0,97 tomme
1 (da.) fod	= 12 tommer = 0,314 m = 1,03 (eng.) fod
1 kubikfod	= 30,9 liter
1 kande	= 1,93 liter
1 (eng.) chaldron	= 1308,2 liter
1 tønde (kul)	= 170,04 liter
1 tønde (korn)	= 139, 12 liter
1 (eng.) pound	= 0,453 kg = 0,91 (da.) pund

1 lispund	= 8 kg
1 ris (papir)	= 0,1 balle = 5000 ark trykpapir
1 fodpund	= arbejdet til at hæve et pund en fod = 1,539 Joule i danske mål og 1,490 Joule i engelske mål
1 hk (hestekraft)	= 735,5 Watt = 1,014 hp (eng. horsepower)

M.h.t. de i artiklen nævnte pengebeløb kan det nævnes, at et engelsk pund (= 20 shillings = 0,953 guineas) i starten af det 19. århundrede svarede til ca. 10 Rbdl (danske rigsbankdaler). Møntfoden før statsbankerotten i 1813 var courant rigsdaler (Rdl), der indløstes efter forholdet 1 Rbdl = 6 Rdl. Både rigs- og rigsbankdaleren inddeltes i 6 mark à 16 skilling.

Ved udgivelsen af denne bog har Statens Humanistiske Forskningsråd bidraget med økonomisk støtte, for hvilket takkes.

Helge Kragh  
Januar 1992

# Dampteknologi og varmeteori: Oversigt over dampmaskinens tidlige historie

*Helge Kragh*

Dampmaskinen var en engelsk teknologi, der i sidste halvdel af det 18. århundrede blev overført til andre europæiske lande, heriblandt Danmark. Selvom indførelsen og udviklingen af den tidlige dampkraft var forskellig fra land til land, var der tale om en i sig væsen international teknologi, hvis nationale historier kun kan forstås i lyset af den udvikling, der fandt sted internationalt og som havde sine rødder i England. I dette kapitel gives en kort introduktion til de vigtigste faser af ild- og dampmaskinernes historie i perioden fra ca. 1700 til ca. 1840, d.v.s. fra de første egentlige dampmaskiner til begyndelsen af den rationelle formulering af termodynamikken.<sup>1</sup> Denne historie er i al væsentlighed en engelsk historie med enkelte franske bidrag, men uden markante danske innovationer. Udover at give en opsummering af den internationale udvikling til perspektivering af den forsinkede danske modtagelse af dampkraften, vil jeg fokusere på de eksemplariske træk ved dampmaskinens historie, der kan illustrere udviklingen af teknologi i almindelighed. Et af disse er forholdet mellem videnskab og håndværksmæssigt baserede erfaringer, hvor jeg vil argumentere for det synspunkt, at dampteknologien udviklede sig og kun kunne udvikle sig i snæver vekselvirkning med videnskabelige fremskridt.

## Dampkraftens fremkomst i England

Der er almindelig enighed om at datere den

første egentlige dampmaskine, d.v.s. en praktisk fungerende maskine i fuld målestok, til 1698, da den engelske ingeniør Thomas Savery opfandt en "ildmaskine" til at dræne mineskakter for vand. Savery stillede i udsigt, at

*"i løbet af få år vil den blive en måde hvorpå vor minedrift, der udgør en ikke ubetydelig del af dette kongedømmes rigdom, vil fordobles eller endog tredobles i forhold til hvad den er nu"* (cit. Bernal 1969, 577).

Virkeligheden var en anden og selv om Saverys maskine blev opstillet i nogle få eksemplarer, så var det ikke disse, der fik den engelske minedrift til at ekspandere i det 18. århundrede. Det var først med Thomas Newcomens langt vigtigere konstruktion fra 1712 at dampkraften for alvor blev implementeret i en økonomisk praksis.

Saverys maskine var den tekniske kulmination af en ældre s.k. pneumatisk tradition, hvor man eksperimenterede med metoder til at udnytte forskellen mellem atmosfærens tryk og et vacuum produceret af fortættet damp til at flytte et stempel i en cylinder. Sådanne eksperimenter blev udført og diskuteret af fremtrædende videnskabsmænd omkring 1690, heriblandt Christian Huygens og Denis Papin. I overensstemmelse med denne traditions visioner var Saverys opfindelse en vacuummaskine, hvor vandet blev *suget* op via atmosfærens tryk på det omgivende vand. Den cylinder, hvori dampen

fortættedes og hvori det opsugede vand i første omgang havnede, måtte derfor maksimalt placeres 10 m over minegangens vand (10 m vand = 1 atm). Mere alvorligt for maskinens praktiske anvendelighed var, at drænvandet i cylinderen dernæst blev pumpet ud via dampens tryk, og at maskinen i denne fase således opererede med damp ved højt tryk og temperatur, en situation datidens rør- og kedelteknik ikke var udviklet til at kunne klare. Hertil kom, at Savery-maskinen var ekstremt ineffektiv, idet den med en effekt på omkring 1 hk kun havde en nyttevirkning på måske 0.5% (d.v.s. at den kun udnyttede ca. 0.5% af kullet energi).

De tidlige Newcomen-maskiner var næppe meget mere effektive end Saverys, men byggede på nye koncepter, der kunne udvikles til en driftsikker teknologi i overensstemmelse med daværende teknisk kunnen. Først og fremmest var maskinen forsynet med et bevægeligt stempel, der i neutral stilling blev holdt oppe af en vippebom forsynet med kontravægt. Mens Saverys maskine i det væsentligste var en pumpe, og kun en pumpe, var pumpefunktionen hos Newcomen adskilt fra selve maskinen, hvis vippende bevægelse i princippet kunne bruges til andet end netop en pumpe; faktisk blev flere Newcomen-maskiner konstrueret med roterende funktion. Som hos Savery lod Newcomen cylinderen fylde med vanddamp, der danner et undertryk ved indsprøjtning af koldt vand i en situation, hvor stemplet er trukket op i cylinderen af vippebommen (fig. I.1). I den aktive fase vil atmosfæren trykke stemplet ned, så pumpestangen hæves. Med stemplet næsten i bund lukkes for kølevandet og der ledes igen damp ind i cylinderen så vippebommen kan trække stemplet op. Herefter fortsætter processen cyklisk. Det bemærkes, at Newcomen-maskinen således opererede ved harmløst atmosfæretryk, hvilket ikke blot gjorde den sikker, men også holdbar. Af denne grund betegnes den ofte som Newcomens "atmosfæriske maskine." Det grundlæggende koncept i Newcomens maskine forblev uforan-

dret gennem 80 år, men der indførtes en række praktiske forbedringer og finesser – især automatisk regulering af ventilerne – således at maskinen anno 1770 var et stykke imponerende højteknologi. Specielt effektiv i energimæssig henseende var den ikke (nyttvirkning omkring 1%), men dette var også mindre væsentligt til det formål, hvortil den næsten udelukkende blev anvendt, nemlig oppumpning af vand fra især gange i kulminer. Til dette formål var den eminent godt tilpasset, ikke mindst da den i kraft af sin robusthed og pålidelighed ikke krævede videnskabelig eller ingeniørmæssig kompetence til at kunne drives.

Under alle omstændigheder blev Newcomens dampmaskine en stor succes og hovedansvarlig for den vækst i engelsk minedrift som Savery optimistisk havde drømt om og som var en vigtig komponent af den tidlige industrielle revolution. F.eks. blev den engelske produktion af råjern forøget fra 25.000 til 368.000 tons mellem 1720 og 1820. I 1760erne var Newcomen-maskinen så almindelig i England, at den på sit specielle område havde opnået en næsten paradigmatisk status; nemlig i den forstand, at det blandt ingeniører var almindeligt accepteret, at Newcomen-maskinens princip var det eneste 'naturlige' for en dampmaskine og at maskinen vel kunne forbedres, men kun indenfor konceptets rammer. Blandt de ingeniører, der virkede indenfor dette paradigme, var John Smeaton, måske tidens mest fremtrædende ingeniør indenfor både vand- og dampkraft. Smeaton fordoblede effektiviteten af eksisterende Newcomen-maskiner ved at teste deres komponenter systematisk, men en yderligere og mere radikal forbedring krævede ideer, der brød med den atmosfæriske maskines grundlag.

## James Watts dampmaskine

Skotten James Watt var netop ikke bundet eller blot påvirket af den eksisterende tradition, idet han som "matematisk instrument-



mager" var isoleret fra ingeniørernes arbejde og tankegange. Watts inspiration til en ny type dampmaskine fik han i vinteren 1763-64, hvor han for første gang gennemtænkte virkemåde og effektivitet for en Newcomen-maskine, idet han var stødt på problemer med en demonstrationsmodel, han som instrumentmager skulle reparere. Han nåede til den konklusion, at modellen specielt og Newcomen-maskinen generelt spildte en urimelig mængde varme ved den successive opvarmning og afkøling af metalcylinderen. Dette var problemet, men hvordan løse det? Forsøget herpå førte Watt ind på en række videnskabelige undersøgelser over stoffers varmekapacitet, vandets fordampningsvarme og damptrykkets variation med temperaturen; undersøgelser, der var fremmede for den mere ingeniørmæssigt baserede Newcomen tradition og ikke i sig selv gav Watt en løsning på problemet. Men de overbeviste ham om, at det ikke kunne løses ved blot en forbedring af Newcomens maskine, f.eks. alene ved at varmeisolere cylinderen. Ved begrebsmæssigt at reducere problemet til et dilemma, hvorefter cylinderens temperatur både skulle være konstant høj (for at forhøje virkningsgraden) og skifte mellem høj og lav (for at forhøje effekten), konkluderede Watt at denne tilsyneladende modsætning kunne opløses gennem brug af en ekstra cylinder: med to forbundne cylindre, den ene konstant varm og den anden konstant kold, ville problemet være løst – i det mindste i teorien. Den ekstra cylinder, der anbragtes i et reservoir med kølevand, var Watts separate kondensator, kernen i hans nye maskine og udgangspunktet for en række nye innovationer, der tilsammen udgjorde Watts alternativ til Newcomens maskine.

Ifølge Watts erindringer oplevede han sin vision til et alternativ i maj 1765, hvor

*"jeg spadserede ... [og] hele tiden tænkte på maskinen ... Jeg var ikke nået længere end til golfhuset, da det hele stod klart for mig"* (cit. Hills 1989, 53).

Hvorvidt nu denne erindring om en aha-oplevelse er troværdig eller ej, så patenterede han sin ide fire år senere, tilskyndet af sin daværende forretningsforbindelse, industrimanden John Roebuck. Året 1769 angives derfor ofte som året for 'dampmaskinens opfindelse,' hvilket naturligvis kun har en symbolsk eller mnemoteknisk betydning; ikke blot eksisterede dampmaskinen allerede i Newcomens version, men en opfindelse af Watts kaliber var ikke, og kunne ikke være, en momentan begivenhed, men var en langstrakt, kreativ proces. Ikke desto mindre var 1769 et stort år, ligesom 1774 og 1789 af andre grunde var det. Det er endda blevet betegnet som den industrielle teknologis *annus mirabilis*, "det vigtigste år i engelsk historie siden kristendommens indførelse" (Cardwell 1972, 85), fordi det både var året for Watts patent og for Richard Arkwrights patentering af sin spindemaskine. Hvis to enkelte opfindelser skal udvælges som både repræsentative og determinerende for den industrielle revolution, må det være disse.

I Watts patentbeskrivelse indgik princippet om at

*"dampen kondenseres i andre beholdere end dampbeholderne eller cylindrene, selv om de nu og da skal være forbundne,"*

d.v.s. den separate kondensator; samt ideen om det ekspansive princip, nemlig

*"at gøre brug af dampens ekspansive kraft til at udøve tryk på stempler ... på samme måde som atmosfærens tryk nu anvendes i den almindelige ildmaskine"* (cit. Nielsen 1987, 120).

Watts opfindelse var på mange måder 'blot' en forbedret Newcomen-maskine, men udnyttede dampens udvidelse aktivt og lod kondenseringen ske adskilt fra cylinderen. Selv om den nye konstruktion fungerede ved atmosfærisk tryk eller svagt overtryk (typisk 1.4 atm), var den ikke en 'atmosfærisk ma-

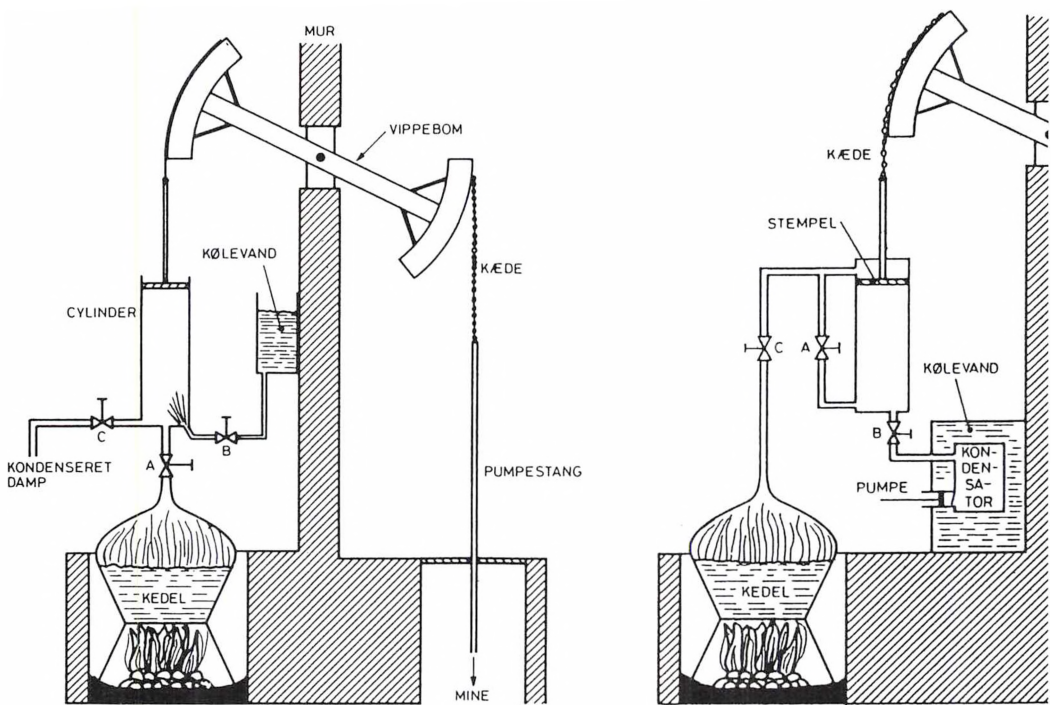


Fig. I.1. Principskitser for Newcomens maskine (til venstre) og Watts enkeltvirkende dampmaskine (til højre). Arrangementet til højre for muren er det samme for Watt-maskinen som for Newcomen-maskinen. Kilde: Nielsen 1987.

skine'. Både hos Newcomen og Watt var skabelsen af et vacuum en central del af processen, men hos Watt var kondensatorens vigtigste rolle at fortætte overskuddsdamp under bibeholdelse af en temperaturforskel; størrelsen af det skabte undertryk var af sekundær betydning. Princippet i den enkeltvirkende Wattske dampmaskine fremgår af figur I.1 og af de senere beskrivelser af konkrete maskiner.

Det patent Watt udtog i 1769 blev forlænget flere gange og varede lige til 1800. I denne periode omformedes dampmaskinen (hvormed her og i det følgende menes maskiner af den Wattske type) fra en prototype til en succesrig, praktisk innovation, der i stigende grad udkonkurrerede Newcomen teknologien. Selv om denne periode, hvor firmaet Boulton & Watt havde et de jure (omend ikke et de facto) monopol på den nye teknologi,

var præget af ekspansion og konsolidering snarere end radikale tekniske nyskabelser, var Watts maskine i stadig teknisk udvikling. Den vigtigste af disse forbedringer var udviklingen af den dobbeltvirkende maskine (patenteret 1781), hvor damptrykket skiftevist virkede på begge sider af stemplet. Hermed blev vippebommen – den sidste reminiscens fra Newcomen-maskinen og den pneumatiske tradition – overflødig som selvstændig komponent og en effektiv overførsel af kraften til en roterende bevægelse mulig; denne overførsel skete gennem en stiv forbindelse fra vippebommen til et specielt gearsystem bestående af to gearhjul (planethjuls- eller "sun and planet" gear). Watt havde oprindeligt tænkt sig en krumtapmekanisme, men blev forhindret i at realisere denne, da en konkurrent, James Pickard, udtog patent på ideen i 1780.

Da stemplet i den dobbeltvirkende maskine både trak og skubbede, kunne den traditionelle vippebom med kæde ikke bruges, og der måtte udvikles en ny metode til at overføre stemplets bevægelse. Watts svar på dette problem var opfindelsen i 1784 af den s.k. parallelogram-forbindelse, der overførte stemplets op- og nedadgående bevægelse til en hermed parallel, retlinet bevægelse. Som umiddelbar konsekvens af den opnåede rotation, hvad enten den skete gennem en krumtap eller et planethjulsgear, øgedes fleksibiliteten og anvendelsesområdet for dampmaskinen. Mens Newcomen-maskinen og den tidlige Watt-maskine i det væsentlige var begrænset til at fungere som pumpemaskiner (eller ved andre funktioner med op- og nedadgående bevægelser), var Boulton & Watt-maskinerne omkring 1800 i brug ved en lang række andre industrielle funktioner. Det var dog ikke Watt, som opfandt den roterende dampmaskine; enkelte sådanne maskiner var blevet konstrueret af andre ingeniører omkring 1780. Som yderligere innovationer fra Watts værksted kom den snilde centrifugalregulator, der automatisk regulerede damptilførslen, og den ikke mindre snilde indikator, der grafisk angav maskinens effekt og sundhedstilstand. Sidstnævnte opfindelse blev gjort i 1796 af John Southern, der arbejdede i firmaet Boulton & Watt. Ideen til et indikator-diagram, der angiver damptrykkets variation med rumfanget, går tilbage til 1782, da Watt i en patentbeskrivelse fremlagde et sådant (beregnet) diagram. Overhovedet at fremstille fysiske og tekniske forhold grafisk var på dette tidspunkt usædvanligt, og Watt var en af pionererne for denne metode, der senere skulle blive repræsentativ netop for ingeniørmæssig viden. Indikator-diagrammet og andre metoder til at måle maskiners effekt blev udviklet i relation til Boulton & Watt-maskinerne, men viste sig at have en langt mere generel anvendelse (for den tidlige brug af indikator-diagrammet, se Hills og Pacey 1972).

Ved udløbet af Watts patent i 1800 var dampkraften en etableret storindustri i Eng-

land. Ifølge nyeste opgørelser var der i århundredet blevet bygget omkring 2200 maskiner, heraf halvdelen i det sidste årti (se figur I.2). På trods af Boulton & Watt's patenter og afgørende innovationer, og på trods af den traditionelle fokusering netop på Watt-maskinerne, havde dette firma dog langt fra et monopol i branchen. Med en samlet produktion på ca. 450 maskiner var Boulton & Watt langt det største firma, men på intet tidspunkt i århundredet havde det en markedsandel på mere end 40%. Det er bl.a. bemærkelsesværdigt, at der blev bygget ca. dobbelt så mange Newcomen som Watt-maskiner, selv om man medregner de ca. 60 Watt-maskiner, der blev bygget som piratkopier (Kanefsky og Robey 1980).

## Dampmaskinens rødder i videnskaben

Netop Newcomens og Watts perspektivrige opfindelser er ofte blevet opfattet som eksempler på teknologier, der ikke var videnskabsbaserede, men opstået ud fra en ren empirisk-håndværksmæssig basis; disse teknologier udviklede sig til vigtige produktivkræfter uden at være forstået videnskabeligt, og videnskaben – her termodynamikken – skyldte dampmaskinen langt mere end omvendt. Som vi skal se nedenfor, er det utvivlsomt, at den videnskabelige teori for varmen (og i bredere forstand energien) i høj grad inspireredes af og direkte byggede på erfaringer fra dampteknologien. Men er det også rigtigt at dampmaskinen var produktet af praktiske erfaringer uden et nødvendigt videnskabeligt element?

Den første pioner i dampmaskinens udvikling, Savery, var militær ingeniør, medlem af Royal Society og flittig amatørforsker af den type, som netop karakteriserede tidens videnskabelige miljø. Det grundlæggende princip for både hans og Newcomens maskiner, etableringen af et vacuum via vanddamps fortætning, var fastslået af den fremtrædende videnskabsmand Papin. Newcomens karriere

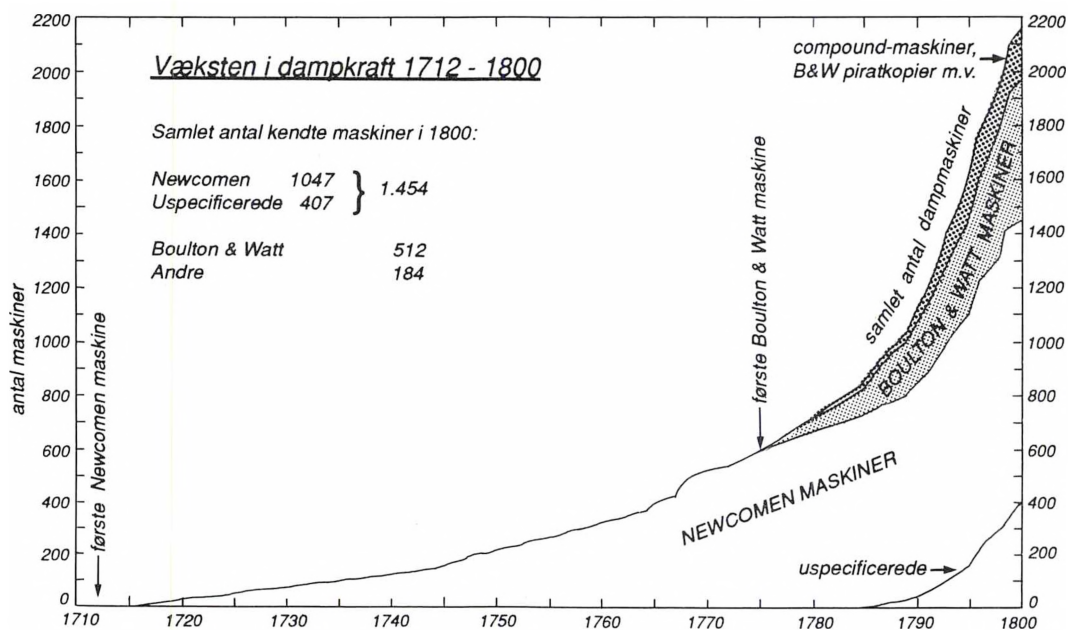


Fig. 1.2. Fordeling og vækst i det samlede antal kendte dampmaskiner i Storbritannien indtil 1800. Da Newcomen-maskinernes eksistens er vanskelig at dokumentere, har deres antal formentligt været større end her angivet. De fleste af de uspecificerede maskiner menes at have været af Newcomen typen. Kilde: Rolt og Allen 1977.

synes umiddelbart fjernt fra det videnskabelige miljø, idet han var uden akademisk uddannelse og ernærede sig som handlende og håndværker i metalvarer. Og dog var denne 'isenkræmmer' påvirket af og selv en del af det engelske videnskabelige miljø, der jo i henseende til forholdet mellem teori og praksis såvel som til social rekruttering adskilte sig stærkt fra senere tiders mere rigide forhold. Praktisk håndværker og forretningsmand som han var, kan han dog efter tidens standarder med nogen ret også regnes som en *natural philosopher*. Han har formentligt kendt Savery og dennes maskine, men hans nye konstruktion har næppe stået i gæld til hverken Savery eller videnskabsmænd indenfor den pneumatiske tradition. Den synes i det væsentligste at have været resultatet af praktisk-teknisk arbejde.<sup>2</sup> Fraværet af naturfilosofiske eller teoretiske elementer i Newcomens opfindelse gør den dog ikke dermed

ikke-videnskabelig. Praktisk empiri var specielt på Newcomens tid en højt anset og integreret del af den videnskabelige metode.

Var Newcomen en empirisk-teknisk arbejdende håndværker, var Watt – igen ud fra tidens standarder – en videnskabeligt arbejdende tekniker. Som instrumentmager ved universitetet i Glasgow var han en del af den blomstrende skotske videnskab, der bl.a. omfattede kemikeren Joseph Black, tidens største autoritet inden for varmelæren og opdageren af at stoffer har en bestemt varmeynde (specifik varmekapacitet). I Edinburgh miljøets praktisk orienterede naturfilosofi var varme et centralt begreb, hvis vigtighed Watt kendte fra Black og andre. Det var naturligt for Watt at tænke på dampmaskinen netop som en varmemaskine; og det var denne nytænkning, der reflekterede det intellektuelle miljø, der blev nøglen til hans senere innovation (Donovan 1979).

Det for dampmaskinen så centrale begreb om fortætnings- og fordampningsvarme ("latent varme") blev genopdaget af Watt, der især i den første fase af sin opfindelse arbejdede udpræget videnskabeligt. Ikke blot undersøgte han forskellige materialers varmeylder og fordampningsvarmer, han foretog også som den første systematiske målinger af kogepunktets og rumfangets variation med damptrykket. Da Watt i 1764 konkluderede at Newcomen-maskinen var håbløst ineffektiv p.g. af varmetabet i cylinderen – og dette var som nævnt udgangspunktet for hans opfindelse – skete det ved at måle vands fordampningsvarme og beregne den nødvendige mængde af indsprøjet kondensvand. Dette var en ægte videnskabelig procedure. Tilsvarende må hans erkendelse af, at cylinderen konstant må holdes på dampens temperatur, sådan som han formulerede det i sin patentansøgning i 1769, regnes som en fundamental videnskabelig indsigt. Den kunne ikke endnu begrundes i termer af en varmeteorier, men viste en intuitiv forståelse af den termodynamik, der først fremkom en menneskealder senere. Hvis man vil hævde, at Watts indsigt er en selvfølgelighed, vil man få svært ved at forklare, hvorfor den ikke var blevet formuleret af ingeniører mange år tidligere. Disse og andre arbejder i direkte relation til dampmaskinen var klart videnskabelige, omend naturligvis af empirisk art. Hverken Watt eller andre havde nogen matematisk formuleret *teori* for hvorfor dampmaskinen fungerede, som den gjorde, eller for en ideel maskines maksimale effekt. Dette kom først senere. Men fremkomsten af effektive dampmaskiner i mangel af en sådan abstrakt teori betyder naturligvis ikke at dampmaskinen var en ikke-videnskabelig teknologi. I et diakronisk perspektiv var dampmaskinen i det 18. århundrede et produkt af tidens videnskabeligt-tekniske bestræbelser og var i langt højere grad 'videnskabsbaseret' end hvad tilfældet var med f.eks. innovationer inden for vandkraft eller tekstilindustri.

Medvirkende til misforståelser om dette

forhold har været det faktum, at dampmaskinens udvikling var baseret på en grundlæggende forkert opfattelse af varmens natur. Lad os kort skitsere denne, idet vi for en mere udførlig behandling henviser til Fox 1971. Ifl. *caloricteorien* var varme en immateriel substans (et imponderabilium, d.v.s. vægtløs), der f.eks. blev opfattet som en 'elastisk væske' omgivende de materielle atomer. Caloric (eller calorique) antoges at være bevaret; den kunne tilføres og afgives, men dens samlede mængde måtte være konstant. Denne opfattelse af varmen var almindeligt accepteret især i århundredets sidste halvdel, hvor den blev udbygget til en kvantitativ og empirisk stærk teori af især Antoine Lavoisier og Pierre Simon de Laplace i Frankrig. Caloricteorien kunne relativt utvungent forklare de fleste termiske fænomener, herunder stoffers varmeylder og fordampningsvarme, og var i overensstemmelse med tidens newtonianske videnskabsopfattelse. Watt og andre af dampkraftens pionerer arbejdede da også ud fra caloricteoriens grundlag, men uden at dette havde nogen afgørende indflydelse på deres produkt. Den skotske oplysningstid, hvortil Watt hørte, var præget af empirisk-positivistiske idealer, hvor spørgsmål om de fysiske størrelses *natur* for så vidt muligt blev undgået. F.eks. formulerede Black sine begreber om varmeylder og latent varme rent operationelt, således at de kunne benyttes uafhængigt af teorier om varmens sande natur. Dette forhold bidrager til forståelsen af hvordan en videnskabeligt funderet teknologi kunne fungere så fortræffeligt på et forkert fundament.<sup>3</sup>

## Højtryksmaskiner

De enkelt- og dobbeltvirkende Watt-maskiner udgjorde kun en mulighed for at realisere dampens bevægende kraft. Der var, ud over de stadig levedygtige Newcomen-maskiner, mange andre muligheder. De fleste af disse kom frem i begyndelsen af det 19. århundrede, der oplevede en fornyet række af



innovationer indenfor området, idet sådanne indtil 1800 var blevet bremset af Watts meget vidtgående patenter. En enkelt af de nye maskintyper stammede dog allerede fra 1781, nemlig den s.k. compound maskine, først udviklet af en ingeniør fra minedistriktet i Cornwall, Jonathan Hornblower. Compound maskinen i Hornblowers udgave var en hybrid mellem en højtryks- og lavtryksmaskine, idet dampen først pressede et stempel ved højt tryk og dernæst udvidede sig i en lavtrykscylinder. Da Hornblowers maskine, der i det væsentlige var udviklet uafhængig af Watts, imidlertid måtte bruge et af Watts patenter (kondensatoren) for at virke effektivt, blev dens udvikling hæmmet af Boulton & Watts restriktive hævde af deres patentrettigheder. Bl.a. af denne grund blev denne maskintype kun bygget i ret få eksemplarer (ca. 30) og måtte vente på sit gennembrud til efter 1800.

Anvendelsen af damp ved højt tryk var naturligvis ikke en fremmed ide for Watt, der jo netop selv havde overbevist sig om trykkets vækst med temperaturen i sine tidlige eksperimenter. Men han var samtidig overbevist om, at en højtryksmaskine ville være farlig og upålidelig, og forblev skeptisk over for denne teknologi. Denne skepsis var velbegrundet anno 1780, men 20 år senere havde fremskridt i konstruktionen af kedler, ventiler og rør gjort damp ved højt tryk til en mindre risikabel mulighed. Watt fortsatte dog med at advare mod de farer, han mente var forbundet med højtryksmaskinerne, og satte på sit eget system. Pioneren var i denne henseende konservativ og ude af stand til at erkende det fremskridt, de nye højtryksmaskiner var.<sup>4</sup>

De første patenter på højtryksmaskiner blev udtaget omkring 1804 af Oliver Evans i USA og Richard Trevithick og Arthur Woolf, der begge (ligesom Hornblower) var ingeniører i Cornwall distriktet. Mens Trevithick konstruerede en ren højtryksmaskine uden brug af kondensator – dampen blev blot ledt ud i luften – var Woolfs maskine en videreudvik-

ling af Hornblowers compound maskine, med eller uden kondensator. Trevithick udviklede sin dampmaskine til en let og kompakt maskine, der særligt fandt anvendelse på det nye transportområde, som motor i lokomotiver og dampskibe.

Men det var maskiner af Woolfs type, der fra århundredets andet tiår blev den store succes som stationær kraftkilde til industrielle formål. Fordelen ved højtryksmaskinerne, der typisk opererede ved 3 atm tryk, var især af økonomisk art, idet de både havde en stærkt forbedret effekt og brændselsøkonomi. Allerede Woolfs første store maskine fra 1815 havde en nyttevirkning, der var det dobbelte af den mest effektive af de traditionelle Wattmaskiner.

Brændselsøkonomien havde ikke været et stort problem i England, hvor kullene var billige, men på kontinentet, hvortil eksporten af dampmaskiner tog fart efter Napoleonskrigenes ophør, var dette en afgørende faktor. Og senere i perioden, da den kapitalistiske konkurrence skærpedes, måtte man også i England regne med virkningsgraden som økonomisk faktor, hvilket favoriserede højtryksmaskinerne, der omkring 1840 på det nærmeste havde udkonkurreret den traditionelle dampmaskine.

Karl Marx, der var stærkt interesseret i dampmaskinens udvikling, citerer i *Kapitalen* et brev af 1852 fra James Nasmyth, opfinderen af damphammeren, hvori Woolfs maskine vurderes således (Marx 1972, 127-28):

*"Størstedelen af vore fabrikker, der er bygget i de senere år, drives med Woolfs maskiner, nemlig de maskiner, hvor der findes to cylindre på hver; i den ene cylinder frembringer højtryksdampen fra kedlen kraft ved hjælp af det overskydende tryk, dampen har i forbold til atmosfæren, hvorefter den ikke som tidligere får lov at slippe ud i atmosfæren efter hvert stempelslag, men ledes ind i en lavtryks-cylinder, der har et rumindhold, der er ca. fire gange så stort som den første, hvorefter dampen, efter behørig ekspansion, ledes til*

*kondensatoren. Det økonomiske resultat, der opnås fra maskiner af denne art, er af en sådan art, at kulforbruget ligger omkring 3.5 til 4 pund pr. hestekraft pr. time; mens forbruget ved maskiner med det gamle system plejede at ligge i gennemsnit fra 12 til 14 pund pr. hestekraft pr. time."*

Allerede i 1804 havde Trevithick demonstreret sin maskine fungerende som et lokomotiv på skinner og fra ca. 1830, da jernbanefebren startede, blev en stor del af dampmaskinens udvikling præget af jernbanen. Selv om effektiviteten både for stationære og mobile maskiner øgedes støt og selv om maskinerne blev udstyret med mange nye finesser, var der ikke tale om radikale innovationer i forhold til Woolf-maskinen. Omkring 1840 var dampmaskinen forlængst blevet en midaldrende, anerkendt teknologi.

## Dampmaskinens betydning for andre teknologier

Vi har her fokuseret på udviklingens vigtigste træk og indirekte præsenteret den som en succession af opfindelser og maskintyper: Savery, Newcomen, Watt, Hornblower, Trevithick, Woolf, ... Dette er af to grunde en forvrængning af den virkelige historie. For det første var der ikke tale om en succession, hvor den ene opfindelse blot afløste den anden. Som i andre tilfælde fra teknologihistorien var markedet på samme tidspunkt opfyldt af forskellige typer maskiner, der appellerede til forskellige typer af behov. Newcomen teknologien levede videre under Watt-maskinens fremmarch og Watts lavtryksmaskiner blev produceret i stort tal også efter højtryksmaskinen havde vist sin overlegenhed på mange områder. For det andet var de nævnte typer af maskiner kun de vigtigste og de, der overlevede og prægede konkurrencen.

I begyndelsen af det 19. århundrede var der en rigdom af andre maskintyper, hvoraf de færreste dog opnåede nogen kommerciel

anvendelse. F.eks. vedblev ingeniører at arbejde med planer om damphjul, primitive dampturbiner, uden at disse nåede ud over det eksperimentelle stadium. Damphjulet havde den fordel, at bevægelsen var direkte roterende, og mangfoldige forsøg blev gjort på at lave en rotationsmaskine, der kombinerede stempelmaskinens principper med en direkte roterende bevægelse. Watt selv havde patenteret en sådan maskine i 1782, men hverken hans eller andres ideer slog an. En blandt mange opfindelser af rotatoriske maskiner blev gjort i Danmark, hvor Søren Hjorth i 1831 konstruerede en 2 hk modelmaskine, der blev fremstillet af mekanikus Carl Frederik Schiött. Maskinen, der blev brugt som demonstrationsmodel ved Polyteknisk Lærestanstalt, var dog dårligt udført og blev i forbindelse med Schiøtts fallit i 1833 kritiseret af Ørsted.<sup>5</sup> Omkring 1835 forbedrede Hjorth konstruktionen ved et sindrigt system af elastiske ventiler, uden at dette dog førte til en praktisk virkende maskine.<sup>6</sup> Hjorths bestræbelser delte skæbne med andre forsøg i genre.

Endelig kan som en mere uortodoks variant nævnes den s.k. opdriftsmaskine (buoyancy engine), der f.eks. fungerede ved at damp- eller luftbobler boblede op gennem vandet og ved deres opdrift drev et skovlhjul rundt (Cardwell 1989, 73-77). Både rotations- og opdriftsmaskiner var populære, men mere hos opfindsomme ingeniører end hos af-tagere af dampkraft. Senere i århundredet, fra omkring 1830, blev der foretaget mange forsøg med at erstatte vand med en anden væske med lavere kogepunkt og fordampningsvarme, f.eks. æter eller chloroform; da damptrykket groft set er uafhængigt af væsken, synes dette umiddelbart at ville føre til en bedre brændselsøkonomi, men maskinerne blev ingen succes. Når disse og andre maskintyper (f.eks. gastryks- og eksplosionsmotorer), på trods af deres manglende gennemslagskraft, alligevel er værd at nævne, er det for at minde om et karakteristisk træk i teknologiuudviklingen i almindelighed; nemlig at

tekniske genstande (artefakter) typisk udvikles i et stort antal varianter med en bestemt indre struktur eller morfologi, og at artsrigdommen først reduceres via den indbyrdes konkurrence, hvorigennem et forbedret produkt opstår (Basalla 1988, 35-40).

På sin vis er det urimeligt at beskrive dampmaskinens historie i isolation fra andre, samtidige kraftteknologiers. På Newcomens og Watts tid blev traditionelle kraftkilder som møller drevet af heste (eller hunde!) stadig benyttet i stort omfang; og vandkraften, ikke dampkraften, var den dominerende kraftkilde. Man kunne derfor forvente, at erfaringer fra den højtudviklede vandkraftteknik må have påvirket udviklingen af dampmaskinen, ligesom den udviklede dampkraft må have inspireret til udviklinger i vandkraftens teknologi. Dette var da også tilfældet. F.eks. var Newcomen-maskinen uegnet til at levere den jævne rotatoriske bevægelse, en fabriksmaskine krævede, mens fabrikkerne ofte befandt sig langt fra de vandløb, der via møller kunne levere den ønskede type bevægelse. I en række tilfælde løste man dette problem ved at kombinere de to kraftteknologier; nemlig ved at anvende dampmaskinen til at løfte vand, der så drev et vandhjul. Som bl.a. Cardwell har vist, var der en tæt vekselvirkning mellem de to teknologier, både i deres design og funktion (Cardwell 1965). Denne viste sig på det begrebsmæssige plan ved at dampmaskinens mekanisme blev opfattet som analog til vandkraftens; en analogi, der var forførelig nærliggende indenfor calorictoriens rammer: Som vandet afgiver energi ved sit fald i tyngdefeltet, afgiver calorice sin energi ved sit tilsvarende fald i temperaturfeltet.

Teknologisk set gik inspirationen dog især den modsatte vej, fra damp- til vandkraften. Specielt er der grund til at fremhæve den betydning som dampmaskinen havde for udviklingen af avancerede *vandmaskiner*. Hvis man tror, at vandkraft anno 1820 var identisk med vandmøller, tror man forkert. I perioden fra ca. 1750 til 1840 udvikledes en række avancerede hydrauliske maskiner

(vand- eller vandtryksmaskiner), der udnyttede vandets tryk til at flytte stempler på ganske samme måde som i dampmaskinen. Disse maskiner, der udnyttede vandets kraft mere effektivt end de traditionelle møller, fandt stor anvendelse ved bl.a. minedrift både i England og på kontinentet. De repræsenterer et interessant eksempel på analogitænkning og *imitation* i teknologiudviklingen, idet de var inspireret af dampmeknologien ned til de mindste detaljer (se fig. I.3). De hydrauliske maskiner udvikledes som enkelt- og dobbeltvirkende, som lavtryks- og højtryksmaskiner, og benyttede samme hjælpeteknikker (cylindre, stempler, ventiler, vippebomme m.v.) som dampmaskinerne; og de udvikledes i flere tilfælde af de samme ingeniører, der var ansvarlige for bygningen af dampmaskiner. Som et yderligere eksempel på teknologisk imitation kan nævnes, at da en tredje kraftteknologi kom til verden i 1830'erne – den elektriske motor – blev denne ofte designet i nøje analogi med den velkendte dampmaskine.<sup>7</sup> Søren Hjorths elektriske stempel-motor fra 1849 fulgte i denne henseende blot traditionen (Bang 1982, 59-63).

## Carnot og teorien for varmekraftmaskiner

Omkring 1820 var dampkraften en gennemprøvet teknologi og den højere effektivitet af højtryksmaskinen en etableret kendsgerning. Men hvorfor var denne maskintype egentlig overlegen, og hvornår var en maskine høj-effektiv i absolut forstand? Disse spørgsmål var blevet stillet og søgt løst af engelske og franske ingeniører, men det var ud fra datidens videnskab ikke muligt at besvare dem i termer af fundamentale fysiske principper. Eksempelvis undersøgte Alexis-Thérèse Petit ved École Polytechnique i Paris i 1818 dampmaskiners effektivitet teoretisk og beregnede den maksimale effektivitet af en perfekt maskine. Beklageligvis for Petits teori opererede de bedste engelske højtryksmaskiner allerede

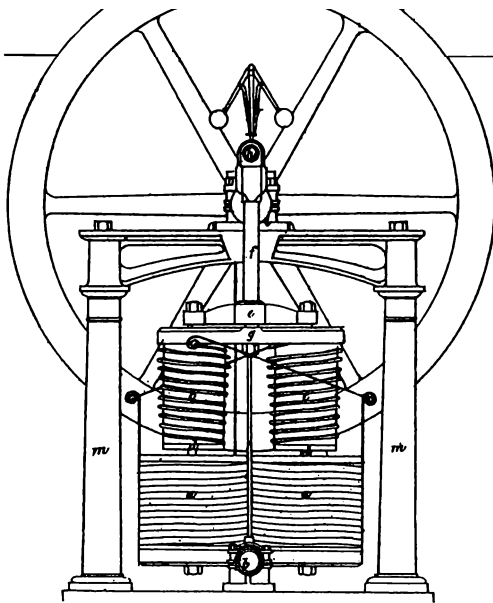
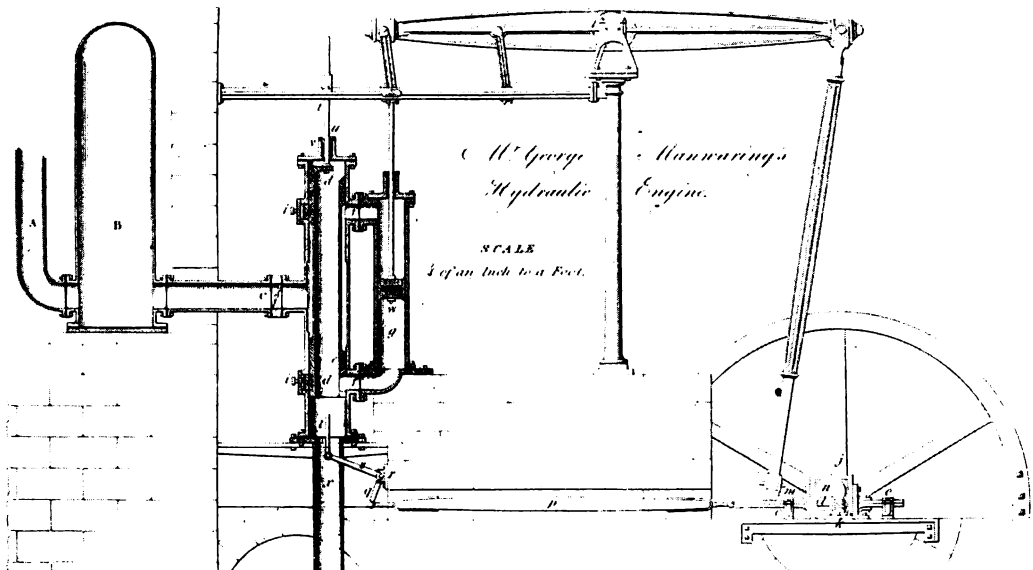


Fig. 1.3. To eksempler på teknologisk imitation af dampmaskinens design. Den øverste figur viser den af Søren Hjørb i 1849 konstruerede stempeldrevne elektromotor, forsynet med bl.a. svinghjul og centrifugalregulator. Figuren nedenfor viser en dobbeltvirkende hydraulisk maskine fra 1812, udformet i nøje analogi med datidens dampmaskiner. Kilder: Bang 1982 og Cardwell 1965.



med en effektivitet, der var større end den 'teoretisk maksimale' ...<sup>8</sup>

På denne tid havde varmelæren udviklet sig stærkt, hovedsageligt i forbindelse med studiet af gassers opførsel og i det væsentlige på et eksperimentelt-fænomenologisk grundlag. Selve spørgsmålet om varmets natur var ikke af central betydning. I takt med indvundne erfaringer mistede den ortodokse caloricteori gradvis sin troværdighed, men uden at dens 'naturlige alternativ', den dynamiske eller kinetiske teori, overtog dens position. Mens England fortsat var dampteknologiens fore-

gangsland, foregik det videnskabelige studium af dampmaskinens funktion især i Frankrig, der i forbindelse med École Polytechnique og lignende institutioner rådede over en enestående ekspertise i avanceret ingeniørvidenskab. Det var da også fra denne skole at løsningen kom, nemlig med Sadi Carnots *Réflexions sur la Puissance Motrice du Feu* fra 1824, et af den fysiske videnskabs mest originale og vidtrækkende arbejder.

Der kan ikke her være tale om at analysere Carnots teori (se f.eks. Nielsen 1987, 59-66 og Lervig 1976), men kun at nævne dens vigtigste

resultater. At kalde teorien en teori for dampmaskiner vil være en underdrivelse, for Carnots arbejde var meget generelt og behandlede en større klasse af abstrakte og virkelige maskiner, der blot har til fælles, at de producerer bevægelse ved varme. Men det var tydeligt nok netop dampmaskinen, der var både inspiration og mål for Carnot, der som ingeniør var stærkt optaget ikke blot af denne teknologiske teori, men også af dens økonomi og sociale virkninger.

*Réflexions* er et stykke teoretisk ingeniørvidenskab, men også en lovprisning af varmen som naturens inderste mekanisme og som drivkraft for den ny industrielle epoke. Bevidst om manglen på en tilfredsstillende teori for dampmaskinen stillede Carnot sig en mere ambitiøs opgave, som han formulerede sådan:

*"For på den mest generelle måde at studere det princip, hvorved bevægelse produceres af varme, må det betragtes uafhængigt af enhver mekanisme eller bestemt stof. Det er nødvendigt at formulere principper, der ikke blot er anvendelige for dampmaskiner, men for enhver tænkelig varmekraftmaskine, uanset dens arbejdsstof og uanset dens funktionsmåde"* (Carnot 1986, 64).

Carnot indløste dette program ved at indse, at mekanisk arbejde kun kan vindes af varme (caloric), der passerer fra et varmere til et koldere sted, d.v.s. gennemgår et temperaturfald. Dette princip er helt alment, hvorfor det, som Carnot understregede, implicerer at en varmekraftmaskines virkemåde er uafhængig af hvilket "arbejdsstof" (f.eks. vanddamp eller luft) den bruger.

Carnots arbejde var i det væsentlige en abstrakt, logisk analyse baseret på kendt fysik. Han konkluderede, at den maksimale effektivitet i en mekanisk og termisk ideel maskine (ingen gnidning, perfekt isolation, o.s.v.) må foregå ved en reversibel kredsproces, d.v.s. hvor processen kan gennemløbes i modsat retning. I en sådan proces kan en varme-

mængde producere et vist arbejde ved at passere et temperaturfald, og hvis det samme arbejde anvendes, vil den samme varmemængde få den oprindelige, høje temperatur. Carnot benyttede et kontrafaktisk bevis, idet han viste, at hvis hans sætning ikke var gyldig, så ville det medføre muligheden af en evighedsmaskine; og selv i 1824, mange år før sætningen om energiens konstans, blev evighedsmaskiner betragtet som principielt absurde. Hovedsagen er, at Carnot angav betingelserne for ideelt virkende varmekraftmaskiner, nemlig maksimal temperaturforskel og reversibel funktion. Disse sætninger var formuleret i caloricteoriens rammer og sprog, men var uafhængige af hvorvidt varme var af stofflig eller dynamisk natur.

Selvom kernen i *Réflexions* var abstrakt, var den lille bog henvendt til ingeniører, og Carnot selv gjorde sig umage med at holde matematikken på et minimum og illustrere dens pointer empirisk.<sup>9</sup> Han gav almene råd om den optimale konstruktion af dampmaskiner og forklarede overlegenheden af Woolfs højtryksmaskine som et resultat af dens evne til at nyttiggøre et større fald i caloric; for dampen, der produceres under et højere tryk, har også en højere temperatur, hvorved effektiviteten bliver højere ifl. Carnots teori. F.eks. vil damp i en lavtryksmaskine (1 atm) underkastes et temperaturfald på ca.  $100 - 20 = 80^\circ\text{C}$ , hvor kondensvandets temperatur er regnet til  $20^\circ\text{C}$ . I en maskine ved f.eks. 10 atm vil dampen have en temperatur på ca.  $180^\circ\text{C}$  og således udnytte omtrent det dobbelte af den energi, der er til rådighed, nemlig  $(180 - 20)/80$  så meget. Men som Carnot fortsatte med at påpege, så er damp ved højt tryk og temperatur ikke nok:

*"Det er også nødvendigt, at temperaturen af dampen under dens udvidelse skal blive tilstrækkelig lav. En god dampmaskine skal derfor ikke blot anvende damp ved højtryk, men ved hinanden følgende og meget forskellige tryk, der adskiller sig meget fra hinanden og gradvist aftager"* (Carnot 1986, 104).



Betydningen af dette princip var intuitivt blevet forstået allerede af Watt, der havde indrettet sine maskiner således, at damptrykket gradvist aftog, nemlig ved at stoppe damptilførslen, når stemplet havde bevæget sig en brøkdel ( $1/2$ ,  $1/3$  eller  $1/4$ ) af sin fulde slaglængde. Selv om Watt benyttede damp ved lavtryk, opnåede han på denne måde en betydelig besparelse i brændstof. Watt havde bygget sin første maskine efter dette princip i 1778 og inkluderet det i sit patent af 1782. Ved dette s.k. ekspansive princip fortsætter dampen med at drive stemplet nedad, men med et aftagende tryk, således at den ved en halv cyklus har opbrugt det meste af sin ekspansive kraft.

Som bl.a. dette eksempel viser, var Carnots teori, for så vidt den (fejlagtigt) opfattes som blot en teori for analyse og konstruktion af virkelige dampmaskiner, i det væsentligste en a posteriori rationalisering af eksisterende ingeniørviden. Carnot beregnede nyttevirkningen for tidens bedste maskiner og fandt at den kun var ca. 5%, således at der var god grund til at forbedre selv disse maskiner. Men hvordan det skulle gøres i praksis, udsagde teorien intet om. Ligeledes forudsagde han at luft- eller gasmaskiner teoretisk ville have fordele i stedet for dampmaskiner, *hvis* de praktiske problemer ved konstruktionen af sådanne maskiner kunne overvindes. Men hvordan de skulle løses, kunne han naturligvis ikke sige. Dette forhold – at teorien ikke umiddelbart var anvendelig til konstruktion af bedre maskiner – var utvivlsomt medvirkende til teoriens manglende gennemslagskraft.

## Carnots teori uden praktisk betydning

Sadi Carnots vigtige arbejde blev godt og grundigt negligeret i et kvart århundrede. I 1834 udgav Benoit-Pierre-Émile Clayperon – endnu et af École Polytechnique's fremragende produkter – et detaljeret studium af Carnots arbejde, der blev oversat til engelsk og tysk, men uden at dette førte til, at det blev

'opdaget' af ingeniørerne. Selv om Carnots teori, hverken i dens oprindelige formulering eller i Clayperons version, kunne give specifikke anvisninger på forbedringer af dampmaskinen, var den langt fra blottet for teknologisk kraft. Som en generel teori for varmekraftmaskiner kunne den angive, hvad der *ikke* er muligt; f.eks. at konstruere maskiner, der virkede uden et temperaturfald, eller med en effektivitet større end den ideale Carnot-maskines.<sup>10</sup> Den kunne fortælle, og fortalte faktisk, at vanddamp *ikke* var den optimale substans for en varmekraftmaskine, idet en forøgelse af vanddampens temperatur kræver en voldsom forøgelse af trykket. Derimod vil luft eller gasser i almindelighed ikke have denne ulempe, hvorfor Carnot forudsagde en fremtidig kraftteknologi baseret på gasmaskiner. *Hvis* de praktiske vanskeligheder kunne overkommes ... Og den kunne fortælle ingeniørerne, at forsøg med at erstatte vand med f.eks. æter ville være frugteløse. Teorien kunne have haft betydning for den teknologiske udvikling. Men den havde det ikke (Kerker 1960; Cardwell 1989, 211-24).

Stadig i 1830'erne var dampmaskinen en teknologi, hvis praksis og principper kunne forstås af begavede amatører og som derfor appellerede til deres kreative fantasi. "Disse beundringsværdige Opfindelser," skrev Søren Hjorth, der var en sådan amatør,

*"have ogsaa den Egenhed, at ikkun faa Forkundskaber udfordres til at forstaae og vurdere deres Fortreffelighed. En simpel og tydelig Fremstilling ... er tilstrækkelig til at gjøre de Grundsætninger forstaaelige, paa hvilke Indretningen og Virkningerne af Dampmaskinen beroe"* (Lardner 1838, 3).

Men Hjorth havde heller ikke læst Carnot. Og havde han læst ham, ville han næppe have forstået ham.

Den teoretiske forståelse af varmekraftmaskiners funktion gik en anden og mere kringlet vej, nemlig via udviklingen af energi-begrebet og formuleringen af lovene om

energiens konstans (ca. 1845) og dens s.k. degradering (entropisætningen, ca. 1855). I 1860'erne var der udviklet en rationel termodynamik, der kunne bruges og blev brugt af ingeniører. Vi skal ikke forfølge denne udvikling, der dels er både teknisk og historisk kompliceret og dels ligger uden for vor periode, men dog nævne, at udviklingen af energiloven stod i gæld til dampmeknologien (uden dog på nogen måde at være afledt af denne).

Som nævnt byggede Carnots teori på opfattelsen af caloric som en bevaret substans og ikke på den mere generelle ide om en bevaret og transformerbar energi. I en vis forstand kan man derfor sige, at teorien var forkert, idet den faktisk strider mod energisætningen: Ifl. Carnot vil al den varme, der optages i kedelen, afgives i kondensatoren, hvorfor der ifl. energisætningen ikke vil blive produceret noget arbejde! Denne inkonsistens blev erkendt af Carnot selv, der i upublicerede noter fra omkring 1825 gjorde op med caloricteorien, tilbageviste sætningen om varmens konstans, formulerede ideen om ækvivalensen mellem arbejde og varme, og endda beregnede en værdi for denne ækvivalensfaktor (Carnot 1986, 80-89; Lervig 1976). Men da Carnots noter først blev opdaget i 1878, kom de ikke til at spille nogen rolle i energilærens virkelige historie. Carnot døde allerede som 36-årig, under en koleraepidemi. De mænd, der først formulerede sætningen om energiens konstans, deducerede den ikke fra dampmaskinens teori eller praksis, men det var en af de faktorer, der udgjorde baggrunden for deres iøvrigt meget forskelligartede overvejelser (se f.eks. Elkana 1974).

## Et dansk bidrag til dampmaskinens teori

Specielt kan der her være grund til at nævne Colding's bidrag til denne historie. Som ung mand kom Ludvig August Colding til København, hvor han efter råd fra H. C. Ørsted blev

udlært som snedkersvend hos mekanikus A. C. Olsen i 1836. Som Olsens assistent fik han til opgave at udarbejde tekniske tegninger af den Kongelige Mønts dampmaskiner, hvilket gjorde ham interesseret i disse maskiners virkemåde og mere generelt i omsætningen mellem naturkræfterne. Under sit følgende studium ved Polyteknisk Læreanstalt fik han nær kontakt med Ørsted og arbejdede som dennes assistent (Marstrand 1929).

Colding var Ørsteds opfindelse og dybt påvirket af dennes naturromantiske forestillinger om en grundlæggende enhed blandt naturkræfterne, som hos Colding fik en ekstra drejning mod det metafysiske og religiøse. I 1840 forfattede han et essay, der på et delvist spekulativt grundlag 'beviste' at "kraften" måtte være bevaret ved enhver type af fysisk-kemiske processer. Den umiddelbare inspiration synes at være kommet via hans arbejde som Ørsteds assistent ved dennes eksperimenter over vands sammentrykkelighed og den derved udviklede varme. Det er ikke uden interesse, at Ørsted, på trods af sin umiddelbare sympati for sin elevs ide, fandt den *for* metafysisk og for lidt baseret på eksperimentelle data. På opfordring af Ørsted reviderede Colding sin afhandling og foretog egne målinger af omsætningsforholdet mellem tabt gnidningsenergi og vundet varme, hvilket resulterede i en værdi for varmeenhedens mekaniske ækvivalent.

Colding's afhandling fra 1843 blev ikke publiceret, og det var først i 1850, at en forbedret version forelå i Videnskabernes Selskabs skriftserie.<sup>11</sup> På dette tidspunkt havde Colding læst Clayperons arbejde fra 1834 og var derigennem blevet bekendt med Carnot's teori, der her for første gang introduceres i Danmark. Hans formulering af energisætningen, der altså stammede fra 1843, var, at

*"Kræfterne, uden Undtagelse, kun undergaae en Formforandring, naar de synes at forsvinde, og fremtræde derpaa igjen som virkende Aarsager i samme Størrelse, men i forandrede Former"* (Colding 1850, 130).

I 1850 var dette dog ikke nogen ny erkendelse, specielt ikke efter Helmholtz i 1847 havde givet sin mere omfattende og præcise behandling af emnet.

Det er iøvrigt værd at bemærke, at Colding var en kapabel matematiker, og at han formulerede sin varmeteori i abstrakte, termodynamiske termer, der repræsenterede den internationale standard i fysikken, men ikke Ørstedes mere kvalitative idealer. Selvom Colding var dybt præget af Ørsted, var han ikke så dybt præget, at han ikke kunne løsrive sig fra dele af det Ørsted'ske paradigme. Dette galdt ikke blot hans matematisk prægede præsentation, men også hans opfattelse af varmens natur. Mens Ørsted til sin død afviste atomteorien og opfattede varmen 'dynamisk', som vibrationer i æteren, gjorde Colding sig til talsmand for den mekaniske varmeteori, ifl. hvilken varmen er en manifestation af atomernes uophørlige bevægelser (se Colding 1850b, 172).

I 1853 anvendte Colding energisætningen direkte på dampmaskiner, idet han beregnede omsætningen mellem termisk og mekanisk energi både for eksisterende og ideelle maskiner. Coldings teori for dampmaskiner var en forbedring af den teori, som den fremtrædende franske ingeniør François Pambour havde formuleret i 1837, og var som dennes en fuldt udviklet, matematisk formuleret termodynamisk analyse (Colding 1853; Dahl 1972, 68-104). Et engelsk resume var fremkommet allerede i 1851, tildels – omend forgæves – med det formål at hævde Coldings prioritet til energiloven (Colding 1851).

På basis af sin teori forudsagde Colding en forøgelse i effektiviteten af dampmaskiner på 25-50% hvis cylinderen blev omgivet med en dampfyldt kedel forsynet med ventiler til cylinderen. Så vidt vides blev denne ide ikke testet eller ført ud i livet. Teorien var på mange måder ækvivalent med William Thomsons arbejde fra 1849, med hvilket Carnot blev

genopdaget internationalt. Men mens Colding allerede var bekendt med Carnots teori, og også med Clausius' klassiske arbejde fra 1850, var han tilsyneladende ukendt med Thomsons artikel, der byggede mere direkte på Carnots teori (Thomson 1849). Under alle omstændigheder, i midten af det 19. århundrede rådede Danmark i det mindste over én ingeniør, der var fuldt på højde med det internationale niveau inden for dampmaskinens teori. Men måske heller ikke over flere.

Selv om Coldings indsats var original, og han retrospektivt hører til den prominente kvartet, der kan gøre krav på at have opdaget energiloven (de tre andre var Robert Mayer, James P. Joule og Hermann von Helmholtz), fik hans indsats ingen direkte betydning. Den synes ikke at være blevet værdsat eller forstået i Danmark. En af de få, der dog værdsatte Coldings arbejde, var hans lidt yngre kollega Julius Thomsen, der ligesom Colding var Ørstedes protegé og ansat ved Polyteknisk Læreanstalt. Thomsen er relevant i denne forbindelse, fordi han som den første gjorde brug af energisætningen indenfor kemien og derved grundlagde en ny termokemi.<sup>12</sup> Men samtidig markerer Thomsons vigtige bidrag afslutningen på den Ørsted'ske epoke i dansk videnskab, for selv om Thomsen formentlig var inspireret af Ørstedes og Coldings naturromantik, var hans strengt mekaniske opfattelse af de kemiske processer i radikal modsætning til de synspunkter, der havde domineret dansk videnskab under Ørsted.

Colding var en af den Polytekniske Læreanstalts første og mest betydningsfulde kandidater. Han blev senere stadsingeniør i København og ansvarlig for bl.a. byens kloakering og vand- og gasforsyning. Naturromantisk metafysik og kloakering kan synes at være uforenelige modpoler i en persons professionelle karriere, men hverken dengang eller senere var ingeniørens fantasi nødvendigvis begrænset til den tekniske rationalitet.

# Teknologi og oplysningsutopi: Jens Kraft og Newcomens dampmaskine

*Keld Nielsen*

Den første beskrivelse på dansk af en dampmaskine blev udgivet i 1764, mere end halvtreds år efter at dampmaskiner var blevet taget i brug, og femogtyve år før den første dampmaskine blev bygget i Danmark.

Man støder ofte på den misforståelse, at dampmaskinen blev opfundet af James Watt i 1760erne, men i 1764 var der allerede omkring 500 dampmaskiner af den såkaldte Newcomen type i brug i Europa og USA, heraf langt de fleste i England. Maskinen blev udviklet i England tidligt i 1700-tallet af Thomas Newcomen, der fremstillede og solgte jernredskaber, og hans medhjælper John Calley, en blikkenslager og glarmester. Den først af deres maskiner, som man med sikkerhed ved fungerede i praksis, blev bygget i 1712 og pumpede i mange år vand op af en kulmine ca. 10 km syd for Wolverhampton. (Angående Newcomen-maskinens virkemåde, se fig. I.1).

I teknologisk henseende repræsenterede Newcomen-maskinen noget afgørende nyt. Traditionel teknisk viden vundet gennem århundreders erfaringer med kraftmaskiner, der var bygget af træ og udnyttede vandets eller vindens kraft, var ikke anvendelig i forbindelse med denne maskine, hvis vigtigste dele var lavet af metal og som fungerede efter nye principper. Når en sådan radikalt ny teknologi breder sig geografisk, bort fra de teknologiske og sociale sammenhænge hvori den er udviklet, opstår altid vanskeligheder – ofte af helt uventet karakter – men alligevel spredte Newcomen-maskinen sig relativt hurtigt. I 1721 blev den første maskine bygget

på kontinentet, nær Liège i Belgien og snart fulgte flere efter: Ungarn (1722), Spanien (1722), Østrig (1723), Frankrig (1726) og Sverige (1727). I 1755 blev den første maskine på den anden side af Atlanterhavet opstillet i North Arlington, New Jersey, efter at alle dens dele samt en mand, der kunne samle den og få den til at fungere, var sejlet over fra England (Rolt og Alløn 1974, 146-154).

Men til Danmark kom Newcomen-maskinen aldrig. Her blev den først og fremmest kendt i form af en kort beskrivelse og nogle skematiske tegninger. I det følgende vil denne beskrivelse, der repræsenterer en særlig form for teknologisk viden, blive præsenteret, og nogle mulige grunde til at den nye teknologi ikke blev indført i Danmark, vil blive diskuteret.

## Jens Kraft og hans ”Forelæsninger over Mekanik”

Den omtalte danske beskrivelse af Newcomens maskine blev givet af Jens Kraft, der fra 1747 til sin død var professor i matematik og filosofi ved ”Det Ridderlige Academie paa Sorøe”. I 1763 og 1764 udgav han et stort værk i to bind om mekanik – i betydningen matematisk bevægelseslære – og teknik (Kraft 1763 og 1764). I det sidste bind, der for en stor del handler om, hvorledes forskellige maskiner virker og er indrettet, står en kort beskrivelse af Newcomens ”Ildmaskine”, som vi skal vende tilbage til.

I værkets første bind gav Kraft en kompe-



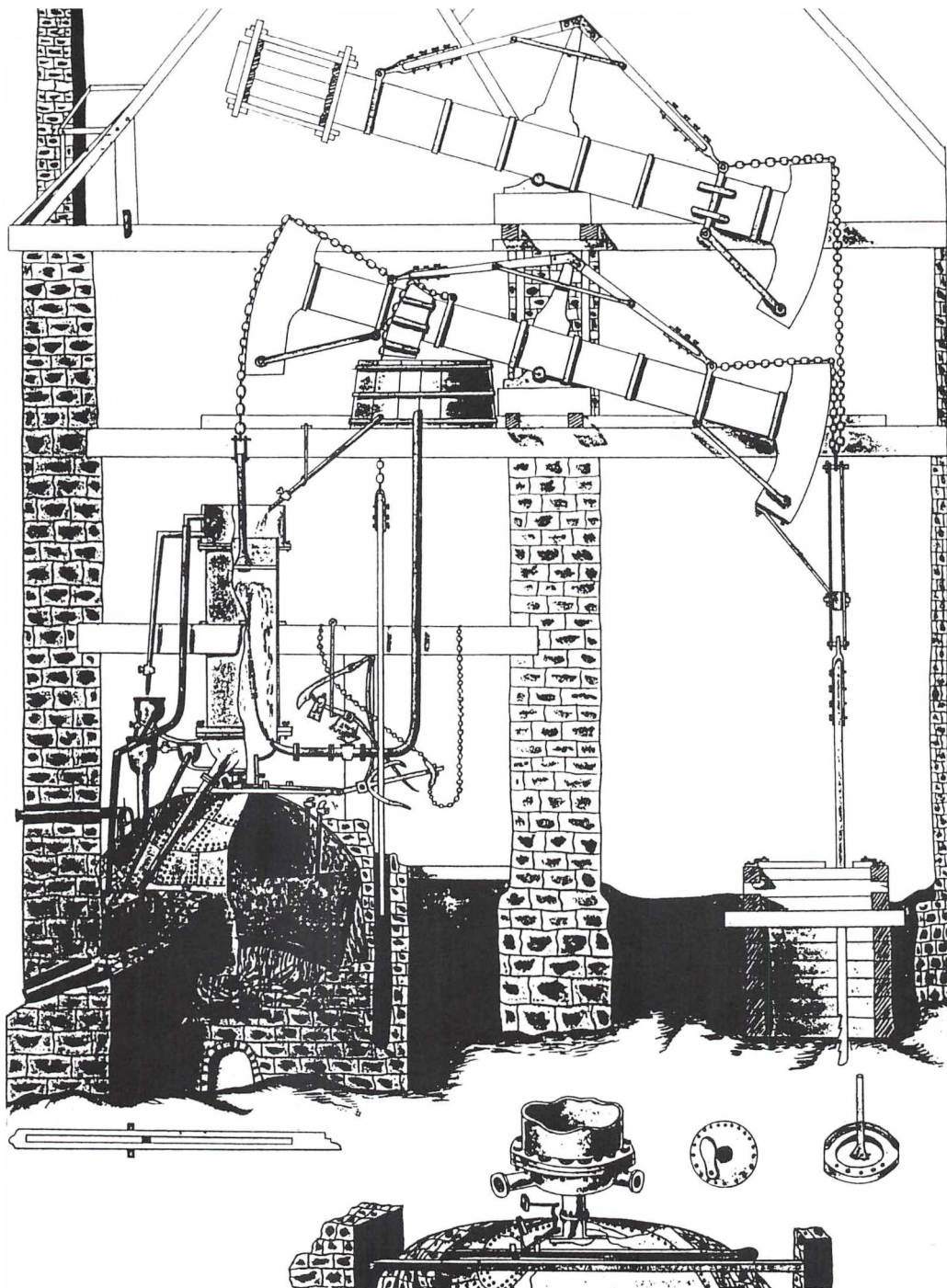


Fig. II.1. Denne imponerende tegning af en Newcomen-maskine findes på Rigsarkivet blandt Søetatens papirer. Maskinen er usædvanlig ved at have en ekstra bom for oven, hvis opgave er at balancere trækket fra de tunge pumpestænger. I alle detaljer stemmer tegningen overens med et kobberstik af en maskine fra Schemnitz i Ungarn, som blev publiceret i 1773 (se Rolt og Allen 1977, 76). Man må antage, at den viste tegning er tegnet af efter kobberstikket, men årstal, formål og opbavsmand er ukendt.



tent og grundig indføring i den matematiske bevægelseslære, som den så ud ved midten af 1700-tallet. Bogen er moderne i den forstand, at størstedelen af emnerne også i vore dage behandles i et videregående kursus i mekanisk fysik, og omtrent efter de samme principper. Sproget, og den måde matematikken er formuleret på, virker ubekendt, men udtrykt i moderne terminologi behandles emner som tyngdekraften og teorien for det frie fald, læren om tyngdepunkter, Newtons bevægelseslove, penduler, cirkelbevægelsen, centralkræfter og planeternes bevægelser, stødteori, relativ bevægelse, kinetisk energi og mindstevirkningsprincippet, den svingende streng o.s.v.

Kigger man tilbage på 1700-tallets danske naturvidenskab, ser man, at denne store bog om matematisk fysik står alene; den havde ingen forløbere og dannede ikke starten på en tradition. Derimod var den solidt plantet i internationale filosofiske og videnskabelige strømninger. For det første fordi Kraft med ildhu bekendte sig til oplysningstidens ideal om "fornuften" som den store drivkraft for menneskelig fremgang, og for det andet fordi han her samlede alle de vigtigste resultater fra den matematiske fysik, der udviklede sig kraftigt igennem hele 1700-tallet, og hvis inspirationskilde var Isaac Newtons berømte *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica* fra 1687.

For Kraft var matematikken først og fremmest nyttig. Den var nyttig for mennesket "betragtet som fornuftig"; som erkendende væsen, udstyret med evnen til at bearbejde sine sanseindtryk efter logikkens regler. Og den var nyttig for mennesket "betragtet som borger"; som deltager i samfundslivet. Om geometrien og algebraen spørger han retorisk: "Skærpe de virkelig Forstanden? Giv de den nyt Lys?" og svaret er et utvetydigt "Ja" (Kraft 1763, Fortalen). Tydelighed og orden i tankerne er sjælen i matematik, og derfor er den i stand til at gøre store genier større og middelmådige store. Matematikkens største betydning for Kraft ligger dog i, at den gør

det muligt at skelne mellem det falske og det sande (Kraft 1763, Fortalen):

*"Kan den [matematikken] skaffe Forstanden en Færdighed i at afskaffe forudfattede Meninger; denne Menneskets sande Pest og de Fornuftiges Vanære: Skulde den da ikke kunde anses som almindelig nyttig, og som fast nødvendig for Mennesket."*

I denne sidste forbindelse fremhæver Kraft især astronomien som den videnskab, der har afskaffet alskens former for overtro om at solen, månen og stjernerne er guder, og at der er gode og onde ånder i naturen. Der er ingen tvivl om, at det specielt er Newtons astronomi, med dens tyngdelov og de tre kraftlove, der gjorde det muligt at give en præcis, matematisk beskrivelse af månens, jordens og planeternes bevægelser i verdensrummet, som Kraft tænker på i sin fortale:

*"Tanken om Verden, saaledes som Astronomien lærer os den, er noget af det Lykkeligste og Største i Menneskets Kundskab."*

Med hensyn til matematikkens nytte i samfundslivet – i "det borgerlige" – fremfører han:

*"Hvad Mængde Arme hvile ikke i vor Tid eller bruges til andet, imidlertid at vi overlade Vind og Vand de Forretninger, som kostede vore Forfædre deres egne Kræfter og en ubeskrivelig Møje?"*

Her havde han ret i den forstand, at man i 1700-tallet havde en velfunderet energiteknologi med udbredt brug af vind- og vandmøller. Men når han fremhæver matematikkens betydning for eksistensen af denne teknologi, er han ude på tynd is, idet de bidrag, som den teoretiske fysik før midten af 1700-tallet havde leveret til at forbedre vind- og vandmøller var uden betydning. Mere berettiget var hans fremhævelse af, at landmålingen og navigationen stod i gæld til den

anvendte matematik, idet brugen af geometri og astronomi i disse discipliner var veletableret på Krafts tid.

Men hans respekt for den almindelige håndværker, arkitekt eller bonde, der arbejdede på et traditionelt, praktisk grundlag, var ikke stor. Kun den, der forener praktisk arbejde med teoretisk indsigt, siger Kraft, fortjener navn af en virkelig praktiker:

*"Alle andre arbeide i blinde, hvad der lykkes, lykkes; hvad der vanlykkes, gaaer galt."*

På den mest paradoksale måde var han blind for, at langt den største del af den teknologi, han var omgivet af, var udviklet helt empirisk og uden brug af nogen form for matematisk teori. I hvert fald gav han ingen plads til dette vigtige aspekt i sin højstemte fremskridtsretorik. At udviklingen senere skulle komme til at give ham ret ved at gøre matematikken og den teoretiske videnskab til et vigtigt redskab for teknologien, er en anden sag.

## For Newton – imod Descartes

I 1763 var Krafts måde at behandle matematiske og fysiske problemer på stort set ukendt i Danmark. Ved Københavns Universitet blev der stadig undervist i fysik på det grundlag, Descartes havde lagt mere en 100 år forinden. Til trods for at Descartes var en betydningsfuld matematiker, var hans behandling af mekanik, herunder planeternes bevægelser, helt kvalitativ; der var ingen plads til matematik. Ifølge de cartesianske forestillinger bevægede planeterne sig omkring solen, fordi de blev skubbet rundt af et fint æterstof, som i en stor hvirvel fyldte hele det kendte planetsystem. Umiddelbart var Descartes' ideer langt nemmere at forstå end Newtons, hvilket for eksempel fik den velorienterede Holberg til at foretrække Descartes.<sup>1</sup>

Kraft havde mødt de nye ideer på en treårig udenlandsrejse, han tog ud på i 1744, to år efter at han var blevet færdig ved Københavns Universitet. På rejsen kom han i kontakt med

nogle af kontinentets førende matematikere. I Basel lærte han Daniel Bernoulli at kende, og i Paris mødte han flere unge, dygtige matematikere, især d'Alembert og Clairaut. I Basel havde striden mellem den cartesianske og den newtonianske opfattelse været tydelig i modsætningen mellem Daniel Bernoulli, der var newtonianer, og hans far, den aldrende Johann Bernoulli, en af Descartes' skarpsindigste fortalere. I Paris var den samme strid også levende, men dog således at der i årene før Krafts ankomst var sket et skred, efter at Maupertuis i 1732 som den første havde vovet at fremsætte newtonianske synspunkter i Det franske Videnskabsakademi, indtil da cartesiansk højborg. Både Clairaut og d'Alembert havde været kraftigt involverede i den efterfølgende kontrovers, der dog i det store hele var afgjort da Kraft kom til Paris, med de unge newtonianske matematikere som det vindende parti. Lektien har altså været indlysende for den unge Kraft: fremtidens videnskab var den matematiske mekanik, bygget på det fundament, Newton havde lagt.<sup>2</sup>

Allerede i 1747 havde Kraft forsøgt at fremme interessen for Newtons opfattelse, idet han i det nystartede Videnskabernes Selskab havde fået oplæst en længere afhandling (Kraft 1747), hvori han sammenlignede Descartes' og Newtons forklaringer af planetsystemet og deres lysteorier. Han udsatte Descartes' forklaring af planeternes bevægelser for en sønderlemmende kritik, og Newtons teori blev gennemgået med fuld musik og tilhørende stringent matematik. Kraft blev medlem af selskabet, men fik ikke en stilling ved universitetet og kom i stedet til Akademiet i Sorø. Kraft var således den første "Newtonianer" i Danmark og vedblev i akademisk sammenhæng at være den eneste, indtil Thomas Bugge i 1770'erne begyndte at forelæse ved Københavns Universitet på grundlag af Newtons ideer (Pedersen 1987, 146-150).

## Om "Maskin-Væsenets Theorier"

Mens Krafts første bind bygger på værker af

nogle af samtidens mest fremragende matematikere, forholder det sig anderledes med andet bind, der ud over nogle lange afsnit om hydrodynamik – teorien om væskers bevægelser – handler om "Maskin-Væsenets Theorier".

Krafts vigtigste kilder og forbilleder var her Jacob Leupold og Bernard F. de Belidor, som begge skrev banebrydende værker om teknologi. Leupolds store værk, kendt som *Theatrum machinarum* (Leupold 1724-39), satte nye standarder, både ved sit umådelige omfang og ved sin tilgang til emnet. Hvert af de ti bind fylder over 200 sider i stort format (36 cm x 23 cm) og hvert har omkring 50 kobberstik i samme størrelse. Leupold gav ikke blot en detaljeret oversigt over den mest avancerede maskinteknik ved århundredets begyndelse, han gav også en grundig oversigt over den allerede eksisterende litteratur om emnet. Vigtigst var det dog, at han forsøgte en systematisk og analytisk tilgang til emnet. I tidligere bøger af denne art var et stort antal maskiner blevet beskrevet i deres helhed, dele som var fælles for forskellige maskiner blev beskrevet igen og igen, og der blev ikke gjort noget systematisk forsøg på at udpege ligheder og fælles principper. Leupold beskrev også eksisterende maskiner i deres helhed, men samtidig "analyserede" han maskinkonstruktioner og gav selvstændige beskrivelser af gearudvekslinger, kraftmaskiner – det være sig trædehjul, hestegange, vindmøller eller vandhjul – pumpetyper, stempeltyper, ventiltyper, forskellige hæverter o.s.v. (Ferguson 1971).

Men selv om Leupold på titelbladet står omtalt som "Mathematico & Mechanico", er der så godt som ingen matematik i hans bøger, kun simpel geometri, regning med forhold og nogle tabeloversigter.<sup>3</sup> En smule anderledes forholder det sig med Belidors tobindsværk *Architecture hydraulique* (Belidor 1737-39). Værket omhandler ingeniørkunst i forbindelse med kanalanlæg, skibsbygning, vandforsyning, vandhjul og anlæg af springvand, og i første bind gav Belidor en

indføring i mekanikkens og hydraulikkens generelle principper. Men matematisk set var hans behandling af emnet helt elementær, og i beskrivelsen af maskinerne blev teorien så godt som ikke anvendt. Belidors bøger er endnu et eksempel på, at

*"det formodede ægteskab mellem matematik og mekanisk teori var et ritual, som ofte blev fejret i 1700-tallets første halvdel, men kun sjældent fuldbyrdet"* (Gillispie 1970, 582).

I andet bind af *Forelæsninger over Mekanik* blev Kraft fanget i samme problem som Belidor. I første bind var der megen god og solid matematik, men Krafts hjemmelsmænd var netop matematiske fysikere; med størst vægt på matematikken. I følge d'Alembert var fremgangsmåden i "physico-matematikken", at "man matematisk udviklede en simpel generalisation, der havde rod i erfaringen."<sup>4</sup> Som eksempel gav d'Alembert, at det generelle udgangspunkt for behandling af hydrostatik – at væsketrykket i en given dybde er uafhængigt af retningen – var tilstrækkeligt som udgangspunkt for en matematisk teori. Når først det rigtige princip var fundet og den korrekte matematik formuleret, mente d'Alembert, at problemet var løst, og der var så ingen grund til at gå tilbage til laboratoriet for at eksperimentere yderligere. Men indsigt i naturen og maskiners opførsel, udviklet efter denne metode, måtte nødvendigvis blive umådelig generel og abstrakt, og trods Krafts programmerklæring om matematikkens nytte i det borgerlige var det kun sjældent muligt at forbinde teorierne med hverdagens mere ufuldkomne maskiner.

Dette kommer klart til udtryk i Krafts behandling af vandhjul. På grundlag af hydrodynamiske teorier kom Kraft frem til, at den maksimale nyttevirkning for et vandhjul, ligegyldigt af hvilket type, er 15%, forstået på den måde, at højst 15% af vandets bevægelsesenergi kan udnyttes af hjulet. Da Kraft skrev, var dette resultat 60 år gammelt, men ikke desto mindre forkert.<sup>5</sup> Kraft nævnte da også,

at "man" kan argumentere for, at resultatet burde være 30%. Han må her have tænkt på Daniel Bernoulli, som var den første, der fik dette mere rimelige resultat, der dog, i følge Kraft, kun gælder, hvis arealet af vandhøjlets fjælle er mere end det dobbelte af tværsnittet af den vandstråle, der driver hjulet rundt (Kraft 1764, 686):

*"Men da det i Praxi fører mange Vanskeligheder med sig, at give Fiellene paa Vand=Hiulene en saadan Størrelse, maa man sædvanlig tage til Takke med den mindre Virkning, i Steden for den større."*

Også denne sidste betragtning er forkert, og det er åbenbart at Kraft, til trods for at han nogle steder refererede til resultater, der havde været offentliggjort i *Philosophical Transactions*, ikke var bekendt med John Smeatons afhandling fra 1759 i dette tidsskrift. Smeaton efterviste her *eksperimentelt*, at der kan opnås en nyttevirkning på 30% med almindelige underfaldshjul.

På dette væsentlige punkt var Krafts teori altså ikke til megen nytte. At Kraft havde 15% i stedet for 30%, kan se uskyldigt ud, men havde en møllebygger taget udgangspunkt i Krafts teori, ville han være endt med et vandkraftanlæg der, alt andet lige, var dobbelt så stort som påkrævet. Men af flere grunde eksisterede denne mulighed slet ikke for 1700-tallets møllebyggere, og her er vi ved sagens kerne.

Efter at have angivet praktiske metoder til at anslå, hvor store vandmængder, der strømmer i et givet vandløb, skrev Kraft (Kraft 1764, 753):

*"I øvrigt forstaaes det af sig selv, at Vandets Mængde, som saaledes behøves, kommer altid an paa den Modstand, som ved Vand=Hiulets Omveltning [omdrejning] skal overvindes; saa denne maa forud være nogenlunde bekiendt. Man kan dertil anseelig nærme sig ved Udregning."*

Men Kraft gav ikke en eneste anvisning på, hvorledes man kan regne sig frem til den effekt eller det drejningsmoment, der kræves for at drive en kornmølle eller en savmølle af en given størrelse; det blev kun til en helt uforståelig tommelfingerregel for, hvor meget vand, der skal til at drive et stort, et middelstort og et lille vandhjul.<sup>6</sup> Og han fortsatte:

*"Desuagtet gjør man bestandig vel i at gjøre Proportionerne i de Machiner af samme Slags bekiendte, som i Brugene ere virkelig bleuene anvendte, og som have giort ønskelig Virkning."*

Trods al snak om det modsatte var møllebyggeren altså henvist til at gøre det, som møllebyggere og andre teknologer havde gjort i hundredvis af år, nemlig lægge mærke til de "proportioner", som lignende, velfungerende anlæg havde, og på den måde opsamle en fond af erfaringer, som han kunne trække på ved opførelsen af nye anlæg.

## Kraft som teknolog: Teoretiker i tidens ånd

Blandt Krafts elever på Sorø, var der da heller ingen håndværkere, idet man skulle være adelig eller på anden vis privilegeret og bemidlet for at blive optaget. Eleverne på Sorø var først og fremmest unge adelige, der skulle uddannes til at være administratorer og embedsmænd, og for dem kunne meget af bogens øvrige stof være relevant nok. Ser man nemlig bort fra de teoretiske afsnit, kan bogens tekniske niveau sammenlignes med det, der findes i en moderne indkøbsguide. Kraft klassificerede forskellige typer af ny teknologi, gav relevant terminologi, præsenterede tidssvarende løsninger og gav overfladiske forklaringer; alt sammen nyttigt for den, der skulle tage overordnede beslutninger om opførelsen af et nyt teknisk anlæg, eller investere i det, eller blot gerne ville være orienteret om det sidste nye.

Tager vi igen Krafts behandling af vand-

møller som eksempel, er den rent beskrivende del fyldig. Den matematisk-teoretiske gennemgang følges op af lange afsnit helt uden matematik. Han inddeler vandhjul efter type i overfaldshjul og underfaldshjul, og underinddeler denne sidste kategori – idet han bruger en tysk terminologi – i de små hurtige straubler-hjul, hvor fjællene sidder på en enkelt midtstillet ring, de lidt større staberhjul, hvor fjællene sidder mellem to ringe, og endelig de store panster-hjul, der eventuelt har flere ringe. I sin gennemgang af hvorledes et anlæg kan bygges op, forklarer han, hvordan møllehuset kan funderes og bygges i forhold til vandløbet; på hvilke måder man kan anlægge mølledamme og vandrender; hvorledes man kan ændre på vandløbet; hvorledes man anlægger dæmninger; hvor det er nødvendigt med egepæle eller kobberforhudning o.s.v. Endelig gennemgår han de elementer, der indgår i typiske anlæg: kornmøller, rense- og sigtemøller, stampemøller og savmøller. Det meste illustreret med kobberstik, og hele tiden på et plan, hvor det stiltiende forudsættes, at en detaljeret teknisk kunnen – hvor stort vandhjulet skal være, hvorledes man udfører samlingerne, hvordan man får en stensætning til at holde o.s.v – er til stede i byggesituationen.

Krafts bog er altså ikke at sammenligne med en moderne lærebog for ingeniører, hvor læseren indføres i praktisk anvendelige teorier for virkemåde, konstruktion og optimering af en given type maskineri. Dette er dog ikke underligt, idet matematiske teorier af den type, der er nyttige for ingeniører, slet ikke var udviklet i midten af 1700-tallet. Desuden var der endnu ikke opstået en klasse af halvt praktisk, halvt teoretisk uddannede personer, som i teknologisk sammenhæng kunne operere i området mellem investorer og håndværkere. Det er derfor ikke så underligt endda, at Kraft garnerede sine maskinbeskrivelser med teorier, der for det meste var uanvendelige for praktikerne. Derved placerede han sig i en tradition, som var karakteristisk for oplysningsstiden. Inden for denne

tradition var det nærmest et dogme, at matematikken er nyttig for den, der vil forstå de principper, hvorefter naturen og maskiner fungerer.

Mere usædvanligt er det, at Kraft valgte at udgive sin maskinbeskrivende bog sammen med en bog om avanceret matematisk fysik. Han kunne, som Belidor, have valgt at gøre den matematiske behandling mere elementær, eller han kunne have valgt at placere sig i en mere tilgængelig tradition, som han udmærket kendte, idet han for eksempel flere steder henviser til John Desaguliers' værk om "Experimental Philosophy."<sup>7</sup> Desaguliers virkede i London som ivrig fortaler for den newtonianske verdensopfattelse. Hans erklærede hensigt var at støtte Newton, hvis arbejde

*"vi skylder udgivelsen af denne [cartesianske] hæf af Goter og Vandaler fra filosofiens verden"* (Desaguliers 1745, vi).

Men Desaguliers havde indset, at den avancerede matematik "har skræmt mange væk fra Newtons filosofi." Om sin egen fremgangsmåde skrev han (Desaguliers 1745, vii):

*"Jeg forbigår Sir Isaac Newtons ædle opdagelser i den rene matematik, som retfærdigvis beundres her og i udlandet, fordi disse, skønt de har været af stor betydning for opdagelsen af naturfænomenernes årsager, er fremmede for mit nuværende emne, som er fysik, hvis viden jeg i dette værk tilstræber at videregive ved eksperimenter; ikke blot hvor tingene er blevet opdaget på denne måde, men også hvor de er blevet udledt ved en lang kæde af matematiske konklusioner; idet jeg har udtænkt eksperimenter, som skridt for skridt leder os til de samme konklusioner."*

Men Desaguliers' bøger var ikke bare en pædagogisk gennemgang af den nye eksperimentalfysiks resultater, de indeholdt også talrige beskrivelser af maskiner, der i mangt og meget minder om Krafts. Havde Kraft set



det som sin egentlige opgave at skrive om teknologi, kunne han altså have gjort det uden de mange differentialligninger.

I Sorø var det Krafts opgave at uddanne administratorer, ikke videnskabsmænd. Blandt hans elever var

*"adskillige ... mere interesserede i de såkaldte 'ridderlige idrætter' (dans, fægtning, boldspil og ridning)"*

end i tilegnelsen af teoretiske kundskaber (Christensen 1988, 56), og der er noget urimeligt i, at Kraft valgte at præsentere dem for tidens mest avancerede matematik. Han fik da heller ikke en eneste elev på Sorø, der tog hans videnskabelige arbejde op og videreførte det.<sup>8</sup> Den mangel på indre sammenhæng i Krafts store værk er kun forståelig, hvis man dels holder sig hans baggrund i oplysnings-tidens optimistiske tillid til matematikkens muligheder for øje, dels overvejer hans situation i Sorø.

Kraft var først og fremmest teoretiker. Den høje kvalitet i det første bind af *Forelæsninger over Mekanik* og hans ofte noget forhastede stil i det andet bind demonstrerer dette direkte. Det er blevet påpeget, at det havde været naturligt at oprette et professorat til ham ved Københavns Universitet, da han vendte hjem fra sin udenlandsrejse i 1747, men viljen var ikke til stede (Pedersen 1987, 147). Var Kraft blevet ansat her, havde det været muligt for ham at udvikle sit teoretiske arbejde i en sammenhæng, hvor han ganske vist ville have været omgivet af cartesianere, men hvor sociale mekanismer ikke havde tvunget ham til at fremhæve den direkte anvendelighed af dette arbejde i en sådan grad, at det grænsede til det absurde.

## Beskrivelsen af "Ildmaskinen"

I sin beskrivelse af Newcomens maskine var Kraft altså handicappet på flere punkter. For det første kunne han ikke give en matematisk teori for maskinens virkemåde, idet en sådan

termodynamisk teori endnu ikke var udarbejdet. For det andet var det, som vi har set, ikke i Krafts stil at give en detaljeret redegørelse med præcise angivelser af dimensioner, vejledning i betjening o.s.v. For det tredje havde han aldrig selv set en Newcomen-maskine.

Kraft var første og fremmest interesseret i maskinen som fænomen. Når man læser hans afsnit "Om Ild=Maskinen" (Kraft 1764, 897-908) får man desuden indtryk af, at han har haft travlt. At dømmes ud fra hans øvrige henvisninger har han haft adgang til mindst tre trykte beskrivelser af maskinen, nemlig en af Leupold, en af Belidor og en af Desaguliers.<sup>9</sup> Kraft valgte dog udelukkende at basere sin egen beskrivelse på Belidors, hvilket han gjorde opmærksom på.

Beskrivelsen starter noget skuffende med et forsøg på at være generel, så vi først præsenteres for en anden maskine, der "gør af Ilden en mekanisk Kraft," nemlig en såkaldt stegvender; en maskine der aldrig har kunnet fungere i praksis (se fig. II.2).

Desuden skrev Kraft, at ildmaskinen er udviklet af "Herr Savery i London", hvilket er forkert, idet de pumpemaskiner, som Thomas Savery lavede lige før århundredeskiftet, ganske vist fungerede ved hjælp af damp, men efter andre principper og på en mindre effektiv måde end Newcomens.

Også Desaguliers og Belidor fremstillede historien således, at man får det indtryk, at Savery opfandt maskinen, men begge nævnte dog, at Newcomen "har bidraget meget til den perfektion, som maskinen nu besidder" (Belidor 1737-39, bd. 2, 311). Leupold mente, at maskinen var opfundet af en vis Isaac Potter, idet den maskine fra Königsberg i Ungarn, som Leupold beskrev uden at have set den selv, var bygget af denne omrejsende "engine erector." På grundlag af disse kilder er det forståeligt at Kraft mente, at det var nok at nævne Savery, men tvivlsomme beretninger om Newcomens gæld til Savery har bragt megen forvirring i Newcomen-maskinens tidlige historie.<sup>10</sup>

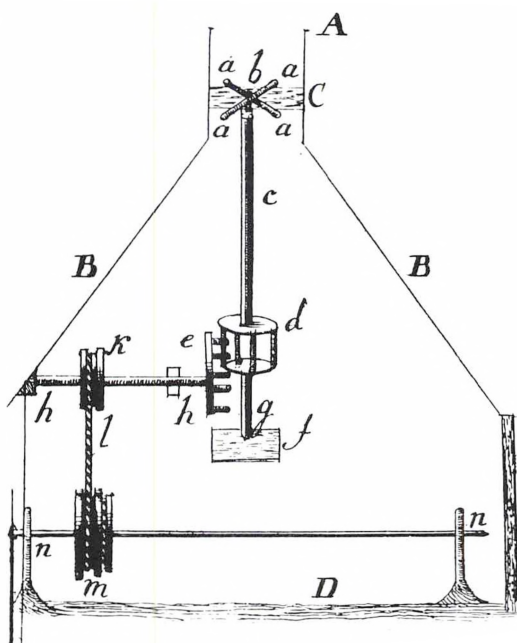
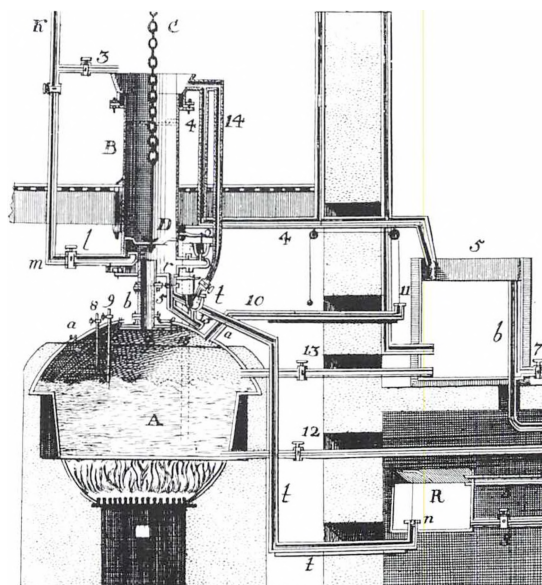
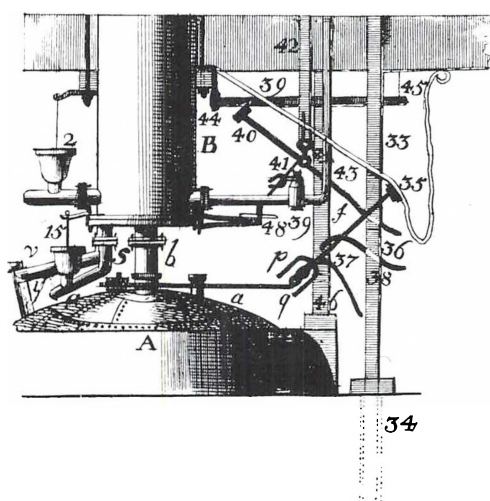


Fig II.2. Stegvender. Jens Krafts eksempel på at dampmaskinens grundlæggende funktion – at lave varme om til bevægelse – havde været udnyttet før dampmaskinen kom til. Tanken var, at propellen i skorstenen A skulle rotere i den opadstigende luft, så stegespidet *nn* drejes rundt. For den moderne læser er det vanskeligt at forstå, at en skarpsindig mand som Kraft omtaler en så umulig indretning. Han skriver da også, at "disse Maskiner ere i sig ubekvemme" og at de "i vor Tid" almindeligvis drives ved hjælp af lodder. En forklaring kan være, at der i den teknologiske litteratur var tradition for at beskrive diverse tilsyneladende snedige, men i praksis ubrugelige, indretninger. Også Leupold beskrev stegvendere. (Kraft 1764, Tab. 19, fig. 4)

Fig. II.3. Stik af Newcomen-maskine; fra Krafts Forelæsninger over Mekanik. Til højre: Et snit gennem maskinens kedel og cylinder og en del af rørsystemerne. Til venstre: Forbindelsen mellem cylinder og kedel samt de komplicerede stangsystemer, der bevægede maskinens ventiler. På de to tegninger ses maskinen fra to forskellige sider. Alle Krafts figurer vedrørende Newcomen-maskinen er kopieret direkte efter Belidors, der dog er af bedre kvalitet. (Fra Kraft 1764, Tab. 18 og 19)



Kraft var selvfølgelig udmærket i stand til at forstå de grundlæggende principper, hvor- efter maskinen virker, altså at det er det kolde kølevand, som sprøjtes ind i den dampfyldte cylinder (se fig I.1), der skaber et undertryk i cylinderen, så stemplet trykkes ned af atmosfæretrykke. I hans egen formulering:

*"Det kolde Vand flyder da ind [i cylinderen], og demper strax Eemens kræfter. Saasnart som disse ere tilintetgjorte, trykker Tyngden af Atmosfæren Deklen [stemplet] ned, hvorved Enden af Vægstangen [med pumpestængerne] løftes"* (Kraft 1764, 901).

Derefter gennemgår han maskinens rørsystem. Kølevandet kommer gennem røret *K* (fig. II.3, øverst) fra et reservoir, som ikke er vist på tegningen, og der løber konstant vand gennem hanen *3* og ind på toppen af stemplet, hvor der altid skal ligge 30-50 cm vand for at gøre stemplet så tæt som muligt. Over- skydende vand sendes gennem røret *4* over i reservoiret *5*, hvorfra det gennem hanen *13* kan fødes ind i kedlen.

Gennem røret *K* kan der også sendes kølevand ind i cylinderen, når hanen *1* er åben. Efter hvert af stemplets nedslag skal cylinderen tømmes for kølevand, hvilket sker gennem røret *r* i cylinderens bund, hvor vandet af sig selv løber ned i beholderen *R*. Rørets munding er forsynet med en kontra- ventil *n*. Røret *14* og tragten ved *t* er dele af et system, som gjorde det muligt at føde kedlen med varmt vand fra toppen af stemplet eller med opvarmet kølevand fra cylinderen, mens maskinen kørte. På Krafts tegning er det ikke muligt at gennemskue, hvorledes systemet virker.

Newcomens maskine er tilsyneladende simpel og let at gennemskue, men i praksis har der været en stor mængde problemer at tage hensyn til, især i forbindelse med maski- nens start, hvor det for eksempel var et proble- m at undgå, at stemplet kom for hårdt ned og slog bunden ud af cylinderen. Et lignende problem kunne opstå, hvis maskinen under

kørselen fik tømt minen for vand, så vægten af pumperne blev mindre. Der er således mange andre rør og haner på maskinen, hvoraf Kraft kun omtaler en del, og vi skal heller ikke komme nærmere ind på deres funktion her.

Det, der tilsyneladende interesserede Kraft mest, var maskinens styresystem. En træstang, der hang ned fra den store vippebom (33 på fig. II.3, nederst), åbnede og lukkede for tilførsel af damp og af kølevand, så maskinen var selvregulerende. Kraft brugte megen plads på at beskrive, hvorledes disse haner blev åbnet og lukket, men desværre er hans figurer for utydelige til, at man kan følge hans forklaringer. Desuden har hastværket været så stort, at han mange steder henviser til for- kerte bogstaver eller til bogstaver, der ikke forekommer på hans figurer. På grundlag af Krafts beskrivelse er det ganske simpelt ikke muligt at sætte sig ind i, hvad der i detalje sker, når maskinen kører. Man kunne ønske, at han havde kopieret nogle af de meget instruktive figurer fra Desaguliers' bog, hvoraf en enkelt, der giver et godt indtryk af, hvor kompliceret maskinen egentlig var, gengives i fig. II.4.

Der er mange ting, Kraft ikke interesserede sig for ved Newcomen-maskinen. Han for- klarede ikke – som Belidor – hvordan maski- nen startes og hvordan den justeres og passes under kørslen. Overraskende nok gav han heller ikke nogen formel for, hvor stor en løfteevne man kunne forvente af en maskine af en given størrelse, skønt en grov formel herfor findes hos Belidor. Han nøjedes med at referere nogle få tal fra Belidor, der viste, hvor meget arbejde maskinen kunne præ- stere. Omregnet til moderne enheder kunne den – med et brændselsforbrug på ca 0,75 kubikmeter kul pr. døgn – i ét minut løfte 650 liter vand 27 meter, hvilket svarer til en effekt på ca. 3,3 kW = ca. 4,5 hk.

Kraft var heller ikke interesseret i, hvor- ledes maskinens ydeevne eventuelt kunne forbedres og med hensyn til dens anvendel- sesområder, nøjedes han med at konstatere,

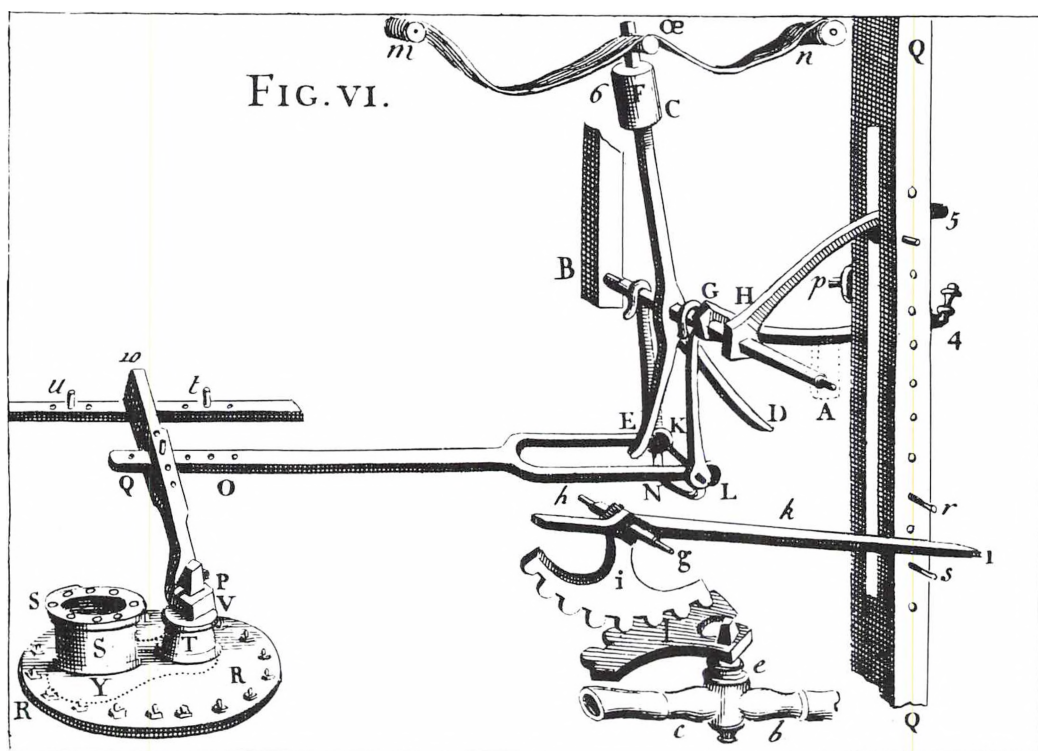


Fig. II.4. Reguleringen af ventilerne på en Newcomen-maskine som tegnet hos Desaguliers. Stangen QQ er for oven fastgjort til maskinens hovedbom, og bevæger sig altså op og ned i takt med stemplet. Er stemplet på vej ned, vil den lille tværpind r, der stikker ud fra QQ, på et givet tidspunkt trykke stangen lh ned, så der lukkes for ventilen ved e, og dermed for kølevandet. Dernæst vil tværpinden p, der sidder på den modsatte side af QQ, trykke ned på armen 4, der ved G sidder fast på akslen AB. Når AB drejer, følger den gaffelformede vægtstang EFD med. På et tidspunkt får vægtstangen overbalance, og hele systemet med gasflen EFD, akslen AB og de to arme ved G og H "falder", så gaffelbenet D slår hårdt mod tværpinden KL. KL sidder for enden af "stigbøjlen" EQL, der nu skubbes mod venstre og drejer på håndtaget fastgjort ved P. Derved skydes ventilkappen Y (antyd det ved en stiplede linie) bort under røret S, og der er fri passage for dampen fra kedlen, som man må forestille sig sidder under dækslet R, og op i cylinderen, som er fastgjort oven på S. Kølevandsventilen på den maskine, der er vist hos Kraft, åbnes og lukkes ved en anderledes og noget mere kompliceret mekanisme. (Desaguliers 1734-44, bd.2, Pl. 38, fig. 6).

at den bruges til at trække vand op af miner,

"hvilket er den egentlige Brug, hvortil denne Maskine bestemmes".

## Newcomen-maskinen og overførsel af teknologi

Kraft har altså på forhånd afskrevet maskinen

som repræsentant for en teknologi, der kunne være interessant i det dansk-norske rige. Alligevel ser det – omend sporene er få – ud til, at der i visse kredse i Danmark har været interesse for Newcomen-maskinen i forbindelse med et ønske om at bygge en egentlig maskine.

Der kan være flere grunde til at Kraft overhovedet ikke overvejede maskinen som en



reel mulighed. For det første var et forsøg på at lave en Newcomen-maskine i Sverige sidst i 1720'erne slået grueligt fejl og havde medført store økonomiske tab for investorerne (Lindqvist 1984). Maskinen var i Sverige blevet promoveret af den ærgerrige Mårten Triewald, som var kommet hjem fra England, hvor han havde lært at bygge Newcomen-maskiner i et samarbejde med John Calleys søn Samuel. I 1726 lykkedes det Triewald at overtale ejerne af Dannemora-minen nord for Uppsala til at investere i en maskine, som skulle konstrueres af ham selv. Maskinen blev også bygget, men kom aldrig til at fungere efter hensigten, og den blev opgivet i 1736.

For det andet var der ikke noget behov for en alternativ pumpemaskine ved sølvminerne i Kongsberg, det eneste mineanlæg i dobbeltmonarkiet, der havde en sådan størrelse, at en stor investering kunne komme på tale. Dels var der vand nok til at drive vandhjul til pumper og hejseværker, dels kunne minesystemet for det meste drænes ved at hugge "stoller", d.v.s. gange der drænedes grubevandet bort ved at lede det ud til bjergets side (Moen 1967, Johnsen 1987). Men heraf kan man ikke slutte, at der ikke var noget "marked" for maskinen i Danmark.

Newcomen-maskiner blev nemlig brugt som andet end leverandører af kraft til minepumper. Allerede i 1734 skrev Triewald en bog om maskinen ved Dannemora, hvori han nævnte, at der i Wien og London var maskiner, som pumpede vand til springvand og almindelig vandforsyning, og han foreslog, at man skulle bygge maskiner i Stockholm til dette formål (Triewald 1734, 39-42). Desuden mente han, at det ville være oplagt at bygge en maskine ved flådens dok i Karlskrona, idet en sådan maskine ville kunne tømme dokken på 8-12 timer, en stor lettelse og besparelse i forhold til de 3 døgn, det ellers tog for 600 mand at pumpe dokken tør. I 1734 havde Triewald vist sig som en upålidelig fortaler for et projekt, der, ikke mindst på grund af hans vilje til kun at mele egen kage, blev en fiasko. Derfor måtte hans udsagn om maski-

nens muligheder og store økonomiske fordele tages med forbehold. Helt uholdbare var hans ideer dog ikke.

I en oversigt over anvendelsen af dampmaskiner i Storbritannien indtil 1800 angiver Kanefsky og Robey, at der mellem 1781 og 1800 blev bygget 8 maskiner, som lænsede dokker, at der mellem 1712 og 1800 blev bygget 36 maskiner, som pumpede vand til vandværker, og i samme periode ikke mindre end 150 maskiner, som pumpede vand tilbage over vandhjul for at sikre en kontinuert drift, når det kneb med vandstanden (Kanefsky og Robey 1980, 180-181). Det fremgår ikke af deres oversigt, om samtlige af disse maskiner var af Newcomen-typen, men det er sandsynligt, at en meget stor del af dem var. Watt markedsførte sin forbedrede Newcomen-maskine i 1775, men det medførte langt fra, at Newcomen-maskinerne med et slag blev uinteressante. For eksempel blev der i 1777 bygget en stor, avanceret Newcomen-maskine ved den russiske flådes dok i Kronstadt (Rolt og Allen 1977, 111), og i det hele taget havde denne maskintype sin glansperiode i 1760'erne og 1770'erne. Helt op til udløbet af Watts patent i 1800 blev der – i hvert fald i Storbritannien – bygget flere Newcomen- end Watt-maskiner (se fig. I.3).

Så længe der ikke var udviklet en pålidelig dampmaskine, der kunne levere kraft i form af en roterende bevægelse – og det skete som bekendt først i midten af 1780'erne med Boulton og Watts roterende maskine – var det eneste sted i Danmark-Norge, hvor en dampmaskine kunne komme på tale, ved flådens værft på Gammelholm. Med pumper drevet af trædemøller tog det 2-3 dage for 500 af Holmens folk at tømme tørdokken, og omkostningerne var 375 Rdl (Bauer 1891, 223). Nogle år før sin død i 1787 konstruerede Fabrikmesteren på Holmen, Henrik Gerner, en hesttrukken pumpe, hvorved omkostningerne blev reduceret til under 100 Rdl. Men Gerner har også haft muligheden for en dampdrevet pumpe i tankerne.

Som omtalt i det følgende kapitel var Ger-



ner allerede i 1786 involveret i et forsøg på at fremstille en dampmaskine. Maskinen skulle laves i samarbejde med den københavnske smedemester H.C. Gamst, der tre år senere skrev: "Jeg gjorde ogsaa strax Begyndelsen paa denne Maskine;" imidlertid var arbejdet gået i stå, dels på grund af arbejdet med at installere hestepumpen ved dokken, dels på grund af Gerners død.<sup>11</sup> Det er uvist, om Gamst og Gerner ville lave en maskine af Saverys, Newcomens eller Watts type. I ansøgningen nævner Gamst, at han har læst både Savery, Jens Kraft og Watt.

At der ved værftet på Gammelholm var interesse for Savery- og Newcomen-maskiner fremgår af, at der i Fabriksmesterens efterladte papirer findes mindst tre tegninger af Newcomen-maskiner, hvoraf den ene er vist i fig. II.1.<sup>12</sup> Desuden findes to ark med noter taget efter to engelske artikler fra 1754. I den ene artikel forsøger forfatteren, ved en naiv anvendelse af Newtons anden lov, at regne sig frem til det bedste forhold mellem højden og diameteren for cylinderen på en Newcomen-maskine. I den anden artikel gennemgås et forslag til hvorledes en Savery-pumpe kan gøres selvregulerende: en flyder inde i maskinens beholder skal gennem et sindrigt system af kæder og stødstænger åbne og lukke dens ventiler på de rette tidspunkter.<sup>13</sup>

Det er værd at bemærke, at der 10-15 år forinden foregik lignende overvejelser ved den svenske flådes værft ved Karlskrona. Her havde Johan Fellers, som i 1756 var kommet til Karlskrona for at deltage i anlægget af nye dokker, allerede i 1761 planer om at udvikle en dampdrevet pumpe. Han ville i første omgang blot bygge en model, men målet var at erstatte den vinddrevne pumpe, som med begrænset held lænsede arbejdsområderne fri for vand. Først i 1769 fik han tilladelse til at

gå i gang med at konstruere en maskine, dog ikke i fuld størrelse. De første mislykkede eksperimenter med den blev udført i 1772, og maskinen kom aldrig til at virke ordentligt. I 1774 fik han tilladelse til at bygge en forbedret udgave, men heller ikke denne maskine kom til at virke efter hensigten (Johansson 1962, 52-58). I det mindste den første af Fellers maskiner var af Savery-typen, og først med to projekter fra 1780 er det sikkert, at man i Karlskrona gik over til at eksperimentere med Newcomen-maskiner.<sup>14</sup>

Vi kan altså konkludere, at i årene efter at Krafts bog var udkommet, var der en vis interesse i Danmark for Newcomen-maskinen. Men en beskrivelse er i sig selv langt fra nok til at den proces, der flytter en ny teknologitype fra et område til et andet, går i gang. Mange andre faktorer skal være opfyldt før en ny teknologi, som set i det teknologiske bakspejl tager sig ud som en oplagt mulighed, overføres. Den vigtigste er måske, at der i modtagerlandet er mennesker til stede, som har mulighed for, og er villige til, at virke som indpiskere for den nye teknologi. Men selv dette er ikke nok. At Gerners og Gamsts forsøg på selv at bygge en dampmaskine mislykkedes, kan tage sig ud som en tilfældighed. Set i en større sammenhæng er det dog ikke spor tilfældigt, idet de færdigheder, der skal til for at få en helt ny teknologi til at fungere i praksis, ikke er noget man kan læse sig til; hverken hos Kraft eller andre steder. Som det vil fremgå af de følgende kapitler er overførsel af teknologi afhængig af, at der også overføres personer, som har direkte erfaring med den nye teknologi. Teknologisk viden er af en sådan art, at den ikke udelukkende lader sig overføre som ord eller tegninger.

# Ildmaskinen på Gammelholm

Flemming Steen Nielsen

## Prolog

Sognepræsten fra Everdrup i Sydsjælland, Lago Mathias Wedel, rejste i årene omkring 1800 rundt i Danmark. I hovedstaden besøgte han flådens skibsværft Holmen, hvor han fik lejlighed til at se ankersmedjen. Her var opstillet en uhyrlig indretning, hvormed der

*"ved kaagende Vand, hvis Emme gaaer ind i Cylindrene drives de store gyselige Hammere og Bælger til at smedde og forarbejde Skibsankre til Flaaden, og derved spares mange Menneskers Haandarbejde og Helbred thi de kunde ikke udholde den overvættes Hede fra Essen og de gloende Jernklodser som skulde udsmeddes. Her er tillige en Valtsemaskine som udtynder Kobberplader og andre konstige Indretninger for at spare mange Menneskers Hænder og gjøre Arbeidet hurtigere, som altsammen drives ved Damp: jeg besaae baade det ene og det andet, maate beundre det, thi begribe det, formaaede jeg ikke; jeg tænkte da her paa saa mange selvkloge, der i Religionen intet vil antage, uden blot det de kan begribe, og i Naturen see vi saa meget der dog overstiger vor Fatteevne"* (Wedel 1803, 164).

At præsten ikke begreb den nye teknologi, han stod over for, er forståeligt nok. Men hans kommentarer afspejler et af nøgleproblemerne ved dette eksempel på overførsel af ny teknologi. Der knyttede sig nemlig enorme forventninger til den nye kraftmaskine, mens der i begyndelsen hverken var tilstrækkelig viden eller erfaring til at få den til at fungere tilfredsstillende.

Historien om Danmarks første dampma-

skine er dog ikke blot historien om problemerne med indførelsen af ny teknologi. Det er samtidigt et tidsbillede af enevældens Danmark med helte, skurke, rivaler og spioner i en af de magtfulde etater og på en stor arbejdsplads på tærsklen til industrialiseringens tidsalder.

## Teknologibehov og industrispionage

I løbet af 1700-tallet voksede den danske marines tonnage betydeligt. Med mange og efterhånden store nybygninger begyndte det mod slutningen af århundredet at volde problemer for Holmens smede at opfylde behovet for nye ankre smedet på traditionel vis. I lande med rigelig vandkraft kunne problemerne løses ad denne vej, men i Danmark var håndkraften hidtil den eneste mulighed. På Holmen var der derfor, på trods af smedenes styrke og dygtighed med herculeshamrene, opstået problemer med at smede jernet godt nok sammen; d.v.s. få det tilstrækkeligt rent og uden huller, så man opnåede den styrke og smidighed, der var nødvendig for at ankrene kunne sikre skibene i hårdt vejr.<sup>1</sup>

Problemerne blev også forsøgt løst. Et projekt til et mekanisk hestetrukket hammerværk udarbejdet af smedjens mestersvend Jens Andersen blev imidlertid forkastet som ubrugeligt af flådens Konstruktionskommission i 1786.<sup>2</sup> Holmens dynamiske fabriksmester Henrik Gerner havde tilsyneladende på samme tid planer om, sammen med den velrenommerede smedemester Hans Christensen Gamst, at afprøve dampkraftens muligheder. Dette fremgår af en ansøgning fra

Gamst til Kommercekollegiet i april 1789, hvori han skriver, at

*"han for omtrent 3 Aar siden blev enig med afdöde Commandör Gerner om at giöre försög med en Ild-Maskines Indretning."*<sup>3</sup>

Ifølge Gamst ønskede han og Gerner altså selv at prøve kræfter med den ny teknologi, i stedet for at forsøge at overtale Holmens chef og admiralitetet til at indkøbe en dampmaskine fra England, hvor flere firmaer havde erfaring i fremstillingen. Det var dog næppe ankersmedning, Gamst og Gerner havde tænkt sig at anvende maskinen til. Hvis Gerner var involveret i projektet, er det mere sandsynligt at han har ønsket at løse et vedvarende problem med krafttilførsel til pumpeværket i dokken. Men Gerner døde i 1787, kun 45 år gammel, og projektet som Gamst fremførte som sit og Gerners blev aldrig realiseret.

I sin ansøgning til Kommercekollegiet understregede Gamst sit projekts seriøsitet ved at fremhæve, at han havde studeret, hvad der var udgivet på tryk om dampmaskiner af markisen af Worcester, kaptajn Savery og mechanicus Watt, foruden Jens Krafts "Danske Mecanick." Kommercekollegiet stillede sig velvilligt til ansøgningen, og Gamst fik ved kongelig resolution af 26. juni 1789 tilsagn om at kunne opnå et lån på 2.000 Rdl til konstruktionen, samt tilladelse til at benytte en "Ild-Machine," som dog ikke måtte benyttes til ankersmedning.<sup>4</sup> Bygningen af maskinen blev imidlertid aldrig til noget. Som Camillus Nyrop har påpeget, skal Gamsts ansøgning givetvis ses i lyset af et andet dampmaskineprojekt, som på dette tidspunkt var sat i værk på Holmen (Nyrop 1892, 41).

I stedet for realiseringen af værftets egne projekter blev det nemlig et initiativ fra admiralitetet, der gav resultat. Efter at have forberedt planerne omhyggeligt, indgav Overkrigssekretær for Søetaten Fredrik Christian Rosenkrantz den 1. oktober 1787 en "Allerunderdanigst Forestilling" til kongen, i hvil-

ken han bad om tilladelse til at afsende Kaptajnløjtnant Adam Haaber på hemmelig mission til England.<sup>5</sup>

Haaber var i juli 1786 taget til England for at holde bryllup med en engelsk dame. To måneder senere krydsede han igen Nordøen. Han havde af Rosenkrantz fået til opgave at skaffe oplysninger om

*"de i Engeland anbragte Möller, som drives med Ild eller Steam, kunne anvendes til Hammer=Möller til Skibs=Ankeres Smedning med viidere."*<sup>6</sup>

Haaber løste opgaven på bedste måde, idet han traf aftale med en engelsk mechanicus Cool, der netop var blevet tildelt en præmie på £5.000 for opfindelsen af en hammermaskine. Cool havde indvilliget i at udføre tegninger og lave en model af en sådan dampdrevet maskine, hvis den kongelige tilladelse blev givet. Efter beregningerne ville bygning og opstilling af maskinen beløbe sig til 13-14.000 Rdl, hvis metalarbejdet blev udført i England og træarbejdet i Danmark, mens bygningen af en model skulle koste 500 Rdl. I sin forestilling skrev Rosenkrantz endvidere, at den engelske mechanicus havde betinget sig, at udarbejdelsen af tegninger og model skulle foregå i hemmelighed, og at han derfor ikke ville forelægge planerne for hverken Konstruktionskommissionen eller Holmens chef.

Kongen approberede Rosenkrantz's forestilling, og Haaber blev derefer den 12. oktober 1787 sendt afsted på sin hemmelige mission. I kraft af sit ægteskab kunne den danske flådeofficer færdes uden at vække særlig opmærksomhed, og planen var, at han skulle sørge for at sende tegninger og model hjem og derefter overtale den rette mand til at rejse til Danmark for der at udføre arbejdet.

I januar 1788 skrev Haaber til Rosenkrantz, at de engelske myndigheder var på vagt og idømte strenge straffe til personer, der udførte viden eller maskiner til fremmede nationer. Og da englændere ville blive straffet lige

så hårdt for at udlevere viden som udlændinge, havde det skræmt mechanicus Cool i en sådan grad, at han så sig nødsaget til at trække sit løfte om at medvirke tilbage. Haaber kunne dog alligevel rose sig af at have løst sin opgave. Han havde nemlig fået kontakt med en anden mechanicus, hvis navn han dog havde lovet ikke at nævne, men som havde indvilliget i at udføre model og tegninger. Hvis han kunne få opfyldt sine betingelser, ville denne mechanicus også gerne rejse til København for at forestå opførelsen af maskinen på Holmen. Men de økonomiske betingelser var skræppe. Den unavngivne mechanicus ville have rejse og alle udgifter betalt, en løn på 130 Rdl om måneden, samt 10.000 Rdl i præmie når maskinen var sat i drift.<sup>7</sup> Til sammenligning blev gennemsnitslønnen for smedene i ankersmedjen i 1790 sat til 112,5 Rdl om året, hvilket var en relativ høj løn for håndværkere på den tid.<sup>8</sup>

I en række breve fra London til Rosenkrantz i København mellem december 1787 og juni 1788 fortæller Haaber om den anonyme mechanicus' arbejde med model og tegninger.<sup>9</sup> I midten af januar skriver han, at tegningerne af maskinhuset bliver udført efter den bygning, som huser "Möllen" i London,<sup>10</sup> og at de forventes færdige om en måneds tid. Han beretter også om to danskere, som for kongens regning ligeledes er i London for at fremskaffe en model af en dampmaskine. Jo, der var stor interesse for den ny teknologi – og meget hemmelighedskræmmeri.

I samme brev løftes sløret lidt for nogle af dampmaskinens tekniske data. Haaber bringer nemlig svar på en forespørgsel fra Rosenkrantz om maskinens virkemåde, og viderebringer tilsyneladende konstruktørens beskrivelse ordret:<sup>11</sup>

*"The Cylinder of the Steam Engine for Hammering Anchor is 24 Inches Diameter & when in worck night an Day the Boyler which Keep it at Work consumes 2½ English Chaldron of Coals, 8 Men begin at 8 a clock in the Morning & Continue at Work untill 8 a clock at*

*night when 8 fresh men comes at work & continue untill 8 next morning, 2 Men to attend the Boyler, 2 Men to attend the Cylinder & to the Bel, This Number of Men ar necessary as they both hammer & draw as well as do other Works, which fill up the intermediate Space; The Engine will generally make 20 revolutions in a Minute so that if there are 4 Gogs upon the Hammer Axle then will be 80 Strokes of the Hammer in that time."*

Arbejdet med fremstillingen af en model begyndte den 7. december, og den 4. februar 1788 skriver Haaber, at modellen bliver færdig om tre uger, og at den derefter vil blive skilt, pakket ned i kasser og smuglet ombord i to skibe til København. Årsagen til den noget besværlige fremgangsmåde er, at det

*"er meeget vanskeligt for nærværende Tid, at faae saadanne Sager sikkert afsendt, for der er desangaaende Spioner paa alle Kanter."*

Den 18. februar bekræfter han, at det første eksperiment med modellen kan finde sted den følgende uge, og den 8. marts har Haaber og den unavngivne mechanicus udført vellykkede eksperimenter med maskinen over to dage. Der mangler nu kun malerarbejde på træværket og "japanering" (d.v.s. lakering) af jernarbejdet, så det er velkonserveret til rejsen.

I samme brev beretter Haaber, at han og hans ven glæder sig over at betingelserne er blevet accepteret i København, og at arbejdet med fremstilling af dele til den egentlige ildmaskine samtidig foregår:

*"Den svære Cylinder af 7 fods længde, er Kastet [støbt], men da der udfordres tre Ugers tiid, til at kiøle den til den Grad og tid som almindelig bruges, fören de aabner Formen, hvorfor jeg ej kan tilmelde Deres Excellence om dens Fuldkommenhed ... I hendseende til hiulene, som S:T: Generalmajor Classen har lovet Deres Excellence at lade Kaste, da bliver de her forfærdiget i Træe af 18 foeds Diameter, og da det vil blive end nödvendighed, at*

*have dem först i Træe, förend Stöbningen af samme kand gaae for sig, har Jeg og min Ven tænkt, for dets nöjagtighed, at lade med forfærdige her. Tegningen af Huuset er under arbejde, og skal blive sendt tillige med Modellen."*

Blandt Haabers breve til Rosenkrantz findes et enkelt skrevet på engelsk og med en anden håndskrift. Det er dateret den 4. februar 1788 og signeret "Your very Hum', Servant," men uden angivelse af navn. Det må være den anonyme mechanicus, som her træder konkret ind i historien. I brevet lover brevskriveren, at han snart vil sende tegningerne af maskinbygningen, men at man i København i mellemtiden gerne må fremskaffe materialerne til bygningen. Denne bygning skal være 90 kvadratfod med maskinen stående i midten. Væggene skal være 7 fod høje og af mursten. Fra væggene skal rejses et tegtag, og under tagryggen skal der anbringes en plade med bevægelige kanter til at lede røgen ud. Der skal endvidere bygges ildsteder og skorstene af "Putek" klinker. Endelig ønsker brevskriveren at vide, om der kan skaffes 20 til 24 fod langt egetræstømmer i mindst 2 fod og 4 tommer kvadrat; om det er muligt at støbe et antal hjul, hvoraf det største skal være 16 til 18 fod i diameter; og om pilotering under fundamentet kan udføres betryggende i København.

I et brev af 11. april beklager Haaber, at han har ligget syg efter et fald under besigtigelse af "en af de herværende Hammer Möller," men at han nu er restitueret. Modellen er pakket ned og vil blive afsendt med et engelsk skib den 20. april. Tre uger senere beklager han dog, at han og hans ven ikke har tillid til den engelske kaptajns diskretion. I stedet vil de selv medbringe den dyrebare last, når de rejser mellem 20. og 30. maj.

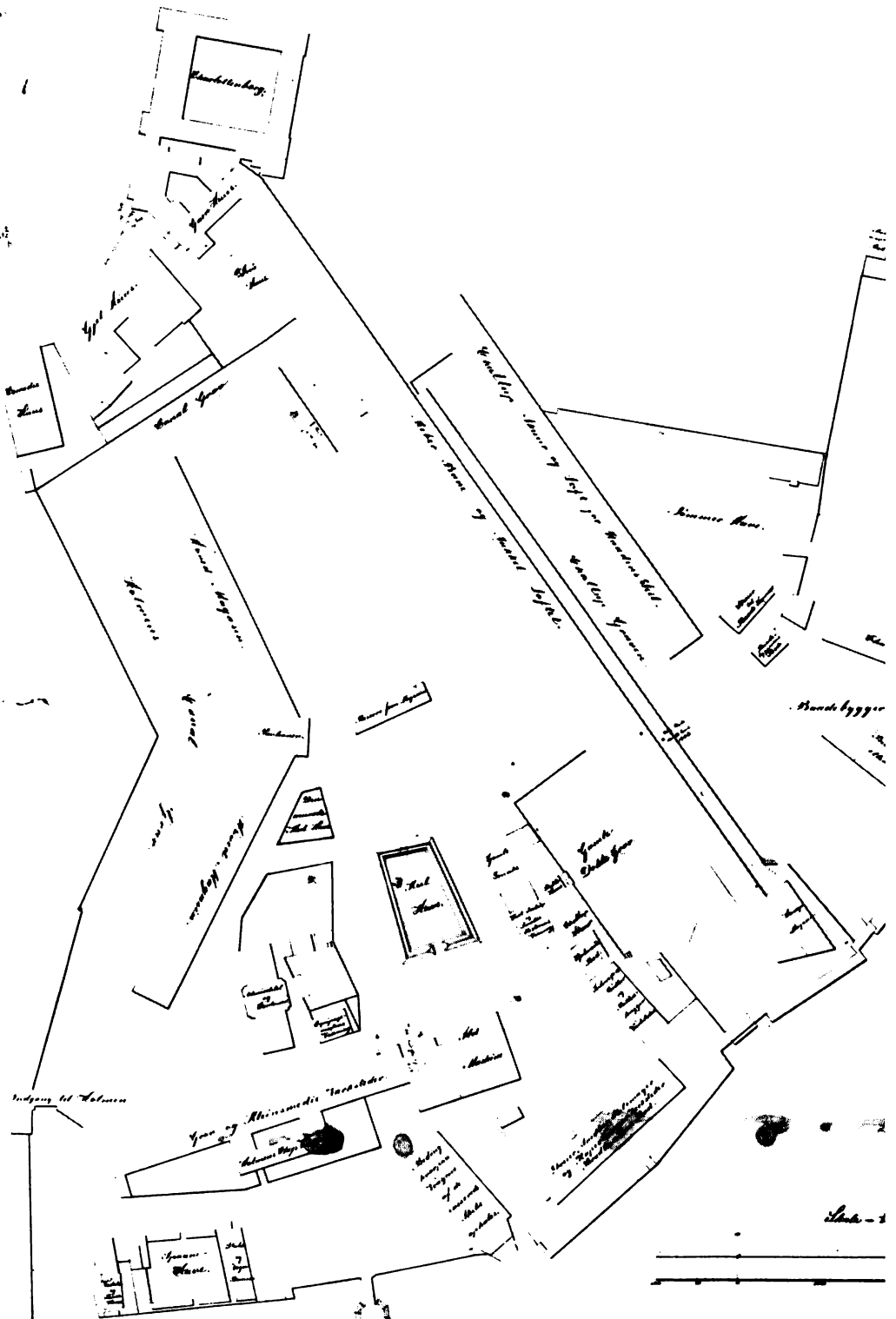
I slutningen af maj 1788 er den del af arbejdet og forsøgene, der skal foregå i England, afsluttet, og den 22. maj skriver Haaber til Rosenkrantz, at han nu vil sende "den største Deel af Modellen til hammer Möllen." Haaber

vil selv, sammen med resten af modellen og en formand, han har engageret, afsejle den 28. maj med et andet skib med kurs mod Helsingør. "Hovedmanden" vil så rejse omkring tre uger senere, medbringende dele til den store dampmaskine, når han har ordnet nogle personlige sager. Ved at fordele afrejse og transport af det ulovlige gods mener Haaber at kunne undgå myndighedernes mistanke. I samme brev skriver Haaber om en udbygning af maskinen, som han venter sig meget af. Der var tilføjet en "drawing Machine" – et valseværk – som også kan drives af dampkraften. Endelig beder han om den indflydelsesrige geheimeråds beskyttelse mod "endeel Fiender," som han mener at have pådraget sig.

Ikke alene var missionen omgærdet med hemmelighedskræmmeri, men Haaber fremstiller den også som i høj grad risikabel. Dette fremgår ikke mindst af hans sidste brev fra London af 31. maj. Han skriver heri, at han ikke længere føler sig tryk ved at være i London. De engelske myndigheder havde tilsyneladende strammet overvågningen af de tekniske installationer og af lastningen af skibe, og der var på det seneste blevet arresteret flere

*Fig. III.1. Grundtegnning af Gammelholm, juli 1795. I området mellem Nyhavn, Havnegade og Holmens Kanal har der omkring år 1550 og indtil 1860'erne været bygget orlogsfartøjer. Oprindeligt blev området kaldt Bremerholm, men fra slutningen af 1600-tallet blev værftet officielt benævnt Gammelholm i modsætning til Nyholm på den anden side af havneløbet. Mod nord, øverst i venstre side, ligger Kongens Nytorv og Charlottenborg, og mod vest følger den daværende egentlige Holmens Kanal nutidens gade med samme navn. Ankersmedjen og ildmaskinen var indrettet i den østligste ende af den godt 158 meter lange bygning i områdets sydvestligste del. (Kilde: R. W. Bauer, Beskrivelse af Orlogsværftet, udtrykt manuskript af 1862; Mariens Bibliotek).*





udlændinge for industrispionage. Der er ingen tvivl om, at England som krigsførende nation har ønsket at forhindre andre lande i at komme i besiddelse af ny teknologi – navnlig teknologi til militære formål. Haaber har dog næppe heller gjort forholdene mindre dramatiske, end de faktisk var. Han har formentlig sat næsen op efter en belønning, der stod mål med en farefuld indsats.

Farefuld eller ej, affæren sluttede godt – set fra admiralitetets side. Den 3. juni kunne Rosenkrantz med tilfredshed konstatere at tegningerne og modellen, som Haaber havde bragt hjem fra England, nu var i varetægt hos Holmens chef. Der var på dette tidspunkt også bestilt 80.000 mursten og nogle tusinde hollandske klinker til skorstenene, og endelig havde Generalmajor Classen påtaget sig at lade støbning af svinghjulene foretage i Frederiksværk.<sup>12</sup> Projektet var sat i gang.

## Ildmaskinen bygges

Som omtalt i Haabers brev fra London den 28. maj var "Hovedmanden" rejst til København i juni måned. Det viste sig snart at være en skotte ved navn Andrew Mitchell. Også formanden, Alexander Young, som rejste fra London sammen med Haaber, var skotte.

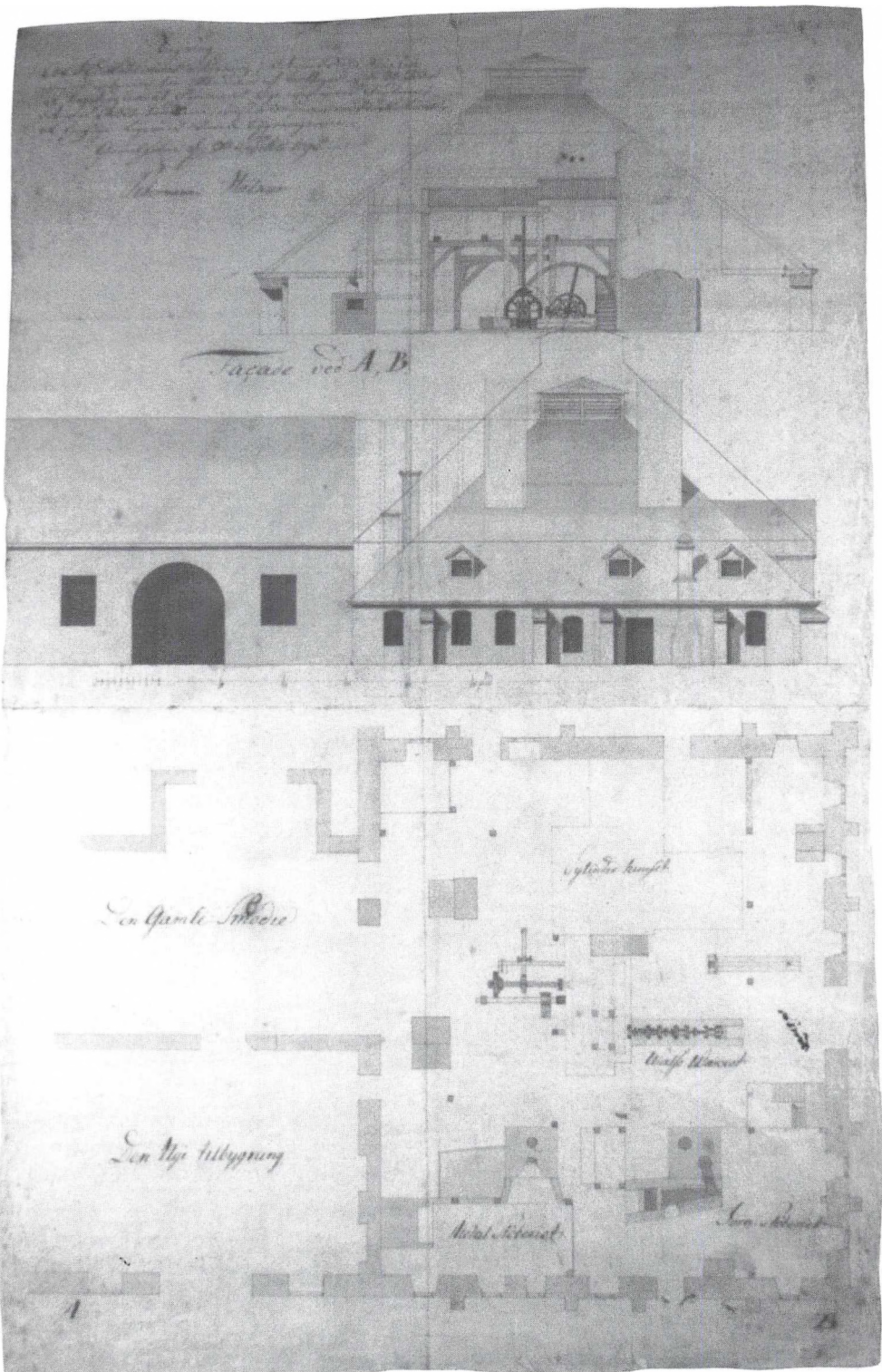
Det har ikke været muligt at spore, hvor Mitchell havde lært at bygge dampmaskiner eller få øvrige oplysninger om hans baggrund. Der figurerer ingen mechanicus af det navn i listerne over ansatte i det største og mest navnkundige firma, der fremstillede dampmaskiner, Boulton & Watt,<sup>13</sup> og ingen undersøgelser har hidtil vist, at der skulle være nogen ankersmedje i Storbritannien med dampdrevne hammerværker. Men det er muligt, at Mitchell har kendt til en enkeltvirkende rotationsdampmaskine med et tilkoblet hammerværk, som i begyndelsen af 1780erne fandtes ved Wilkinson's Bradley Forge i Midt-England (Dickinson og Jenkins 1981, 163). Denne maskine blev i forbindelse med jernudvinding brugt til at hamre kulstof ud af jernet, og havde tilsyneladende en mægtig

kapacitet. Mitchells københavnske ildmaskine er ikke nogen kopi af denne maskine, som var simplere i sin opbygning. Der er dog alligevel tale om væsentlige konstruktionsmæssige lighedspunkter. Endelig kan Mitchell også have kendt til et dampdrevet hammerværk, som i hvertfald i 1787 fandtes i et jernværk i Shropshire (Tann 1970, 35ff).

Flere indicier ved maskinens konstruktion peger i retning af, at Mitchell ikke har været fortrolig med Boulton & Watt's nyere konstruktioner. Den blev således bygget efter det ældre og mindre økonomiske princip fra 1769 – enkeltvirkende med kondensation udenfor cylinderen – mens dobbeltvirkende maskiner var blevet fremstillet hos Boulton & Watt siden 1784. Mitchells maskine afviger også fra Boulton & Watt's ved at have en trækonstruktion i stedet for murværk som fundament for cylinderen, og ved at have fire eger i svinghjulet i stedet for seks. Disse afvigelser skulle senere vise sig at få stor betydning.

I Sommeren 1788 var arbejdet for alvor begyndt under Mitchells ledelse. Det første, der skulle på plads, var den nye bygning til maskine og ankersmedje. Hvor bygningen skulle opføres, lå mestersmedens bolig, der måtte nedrives i august og mestersmeden genhuses. Der blev holdt licitation over arbejdet, og under ledelse af major Volmeister var den nye ankersmedje og maskinhuset bygget færdigt i august 1789.<sup>14</sup> Samtidig var arbejdet på dele af maskinen sat i værk. Hvad enten det skyldtes en fejl i støbningen eller et transportproblem, var den store dampcylinder, som Mitchell havde ladet støbe i England, tilsyneladende ikke kommet med til Danmark. Smedemester Gamst fik den 1. august

*Fig. III.2. Tegning af bygningen og plantegning af indretningen af ankersmedjen med ildmaskinen, september 1795 (RA, Des. K 85). Tegningen er udført i forbindelse med et projekt til at forhøje bygningen. Den bærer murermester Petermanns og bygningsinspektør Halkiers signaturer.*





1788 derfor ordren på to cylindre; selve den store dampcylinder, som skulle støbes, og en mindre, som skulle forfærdiges af jern (Nyrop 1892, 42).<sup>15</sup> Gamst tog sig god tid til opgaven. Da Mitchell i juli 1789 meddelte ham, at han nu havde brug for den støbte dampcylinder, viste det sig, at Gamst endnu ikke var begyndt. Den 6. august fik han så en frist på fem uger til at aflevere den færdige cylinder, men var uheldig med den første støbning. Et ny støbning blev godkendt den 24. oktober af Mitchell, der fem dage senere imidlertid konstaterede tegn på, at den var støbt i to stykker. Dagen efter blev cylinderen så besigtiget af Konstruktionskommissionen sammen med tre håndværkermestre, der kunne bekræfte Mitchells mistanke. Den 3. november måtte Gamst erkende det pinlige forhold, hvorefter den ubrugelige cylinder blev returneret til ham.<sup>16</sup>

Som tidligere nævnt var Gamst selv interesseret i at bygge dampmaskiner, og det er formentlig i det lys, at denne noget besynderlige og langstrakte affære skal ses. Men bortset fra en eventuel interesse i at forhale sagen, må afslutningen dog nok snarere pege i retning af smedemesterens manglende evne til at løse opgaven. Det er simpelt hen næppe sandsynligt, at Gamst var i stand til at støbe den ca. 2,20 m lange og 61 cm diameter store cylinder. Under alle omstændigheder måtte cylinderen fremskaffes andetsteds fra. Der blev sendt bud til England, hvorfra Mitchell fik tre små cylindre, en "Dampkiste," seks "Piber eller Roer," en lille kran, og en "Æske med Balance-Skoer" (Nyrop 1892, 44). Adskillige maskindele blev dog fremstillet herhjemme. Således figurerer bl.a. klokkestøber Ritzmann og købmand Potter, som havde et jernstøberi på Christianshavn, i regnskaberne over maskinens anlæg.<sup>17</sup> Også Holmens stab af tømrere og andre håndværkere, matroser og "Siouvere" – Holmens arbejdsmænd – deltog i arbejdet. Hele forløbet peger på et centralt problem. Fremstillingen af mange af de mekaniske metaldele oversteg nemlig de danske smedes tekniske muligheder og færdigheder.

Størrelsesforhold og nøjagtighedskrav gjorde ildmaskinen til et stykke højteknologi, som krævede en ny generation af værktøjsmaskinere og uddannede håndværkere.

Men trods alle genvordigheder blev maskinen færdig. Den 25. november 1790 indstillede Admiralitets- og Commissariats-collegiet til kongen, at Mitchell blev belønnet for den færdige opstilling af "Ild=Machinen" i henhold til Rosenkrantz's forestilling af 1. februar 1788. Men Mitchell opnåede endnu en gevinst. For i glæden over at have fået den ønskede maskine færdig, indstillede admiralitetet også at den skotske mechanicus' ønske om monopol blev imødekommet, således at "ingen herefter maate oprette saadanne Machiner uden han." Den 3. december faldt så endelig belønningen: en årlig gage på 1.560 Rdl eller 130 Rdl om måneden samt en flot kontant belønning på 10.000 Rdl.<sup>18</sup>

Der blev ikke holdt regnskab over de samlede udgifter mens bygningen af ildmaskinen fandt sted, men i 1800, efter ti års forløb, blev et udvalg på syv personer sat til at udrede økonomien. Indbefattet den nye bygning til smedjen, maskinhuset, en ny bolig til mestersvenden, Mitchells belønning, m.v., blev anlægget af maskinen beregnet til at have kostet 82.888 Rdl 60 Sk. Dette var en fantastisk sum, der lå langt over de første beregninger. Som et interessant sammenligningsgrundlag kan det nævnes, at hele den dansk-norske sømagt i året 1790 havde udgifter for ialt 1.689.150 Rdl 87½ Sk, og at udgifterne til ildmaskinen således svarer til 4,9% af marinen samlede udgifter (Garde 1835, 64). Men i slutningen af november 1790 var Danmarks første dampmaskine sat i gang.

## Ildmaskinens hemmeligheder

Ildmaskinen på Gammelholm var, som tidligere nævnt, i hovedsagen bygget op som den type dampmaskine Watt patenterede i 1769: enkeltvirkende med kondensator udenfor cylinderen. Mitchell havde dog – uden tilladelse – tilføjet visse betydningsfulde nyere

patenter fra Boulton & Watt's maskiner, bl. a. Watts rotative princip med planethjulsudveksling mellem balance og svinghjul fra 1783, og parallelogrammet fra 1784.

Det har ikke været muligt at finde detaljerede konstruktionsbeskrivelser fra konstruktørens egen hånd. I Søetatens Kort- og Tegningsamling i Rigsarkivet findes imidlertid en usigneret og udateret principtegnelse af ildmaskinen med gennemskåret kedel, cylinder, dampprør med ventiler og kondensator med luft- og varmtvandspumpe. Endvidere er der indtegnet et snit af kondensatoren på den anden led samt nogle detaljer i forbindelsesmekanikken ved dampventilerne. Tegningen måler ca. 85 × 45 cm, er farvelagt og forsynet med målestok i fod. På bagsiden er der langs to af tegningens kanter skrevet: "Tegning af Ild og Luft Machinen paa Gl. Holm" og "Tegning af Ild=eller Dampe Machinen paa Gl. Holm." Tegningen er udført af en person med nøje kendskab til detaljerne i maskinens opbygning, og det må anses for sandsynligt, at den kan være udført af Mitchell. Da den befinder sig i Søetatens samling, kan der være tale om den tegning, Mitchell udførte i London, og som i juni 1788 befandt sig i Holmens chefs varetægt. Det er iøvrigt mest sandsynligt, at Mitchell netop har sendt en principtegnelse og ikke en egentlig konstruktionstegning, idet der endnu ikke på dette tidspunkt var udviklet nogen regler eller tradition for tekniske konstruktionstegninger. Efter al sandsynlighed gik modellen tabt ved Københavns brand den 5. juni 1795. I juli 1792 var som nr. 160 i et inventarium over modelkammeret på Gammelholm nemlig opført en "Model af Den nye Ild=Machine som er hidfördt fra Engeland." Men i en opgørelse fra slutningen af juli 1795 over de modeller, der var tilbage efter branden, figurerede nr. 160 ikke længere.<sup>19</sup>

Alligevel er en samtidig teknisk beskrivelse af ildmaskinen blevet bevaret for eftertiden. Den 10. januar 1793 indleverede sekondløjtnant Lars Fabricius nemlig en afhandling til Söe-Lieutenant-Selskabet med titlen "Beskri-

velse over Ildmaskinen paa Gammelholm."<sup>20</sup> Teksten i denne afhandling er disponeret i to dele: en forholdsvis detaljeret gennemgang af maskinens opbygning og en forklaring på, hvordan maskinen startes og standses. Til beskrivelsen har Fabricius vedføjet to farvelagte tegninger af maskinen. De svarer nøjagtigt til hoveddelene af tegningen i Rigsarkivet og må være kopieret efter denne eller et fælles forlæg. Fabricius har imidlertid føjet flere dele til. Den første tegning (fig. III. 3) viser maskinen gennemskåret (1) og hamrer og valser (4). Den anden (fig. III. 4) viser "Luft- og Varmevandspomperne" (2); et tværsnit af maskinen ved de lodrette bjælker og gennem kondensatoren (3); noget forbindelsesmekanik, drev og aksler (5 og 6); en perspektivtegning (7) af samme dele som fig. III. 4(3), og stemplet (8).<sup>21</sup> Afhandling og tegninger fremstår beskrivende og forklarende, og har næppe kunnet bruges som arbejdsgrundlag for en konstruktion.

Den 24. januar 1793 blev den 23-årige Lars Fabricius udnævnt til skoleofficer ved Søkadetaket, kun to uger efter han havde afleveret sin afhandling (Topsøe-Jensen og Marquard 1935, 344). Den unge sekondløjtnant var begyndt på en militær karriere og har formentlig kun haft begrænset teknisk viden. Det er usandsynligt, at han selv skulle have forfattet beskrivelsen eller udført tegningerne på egen hånd. Formentlig er der tale om enten en oversættelse af et engelsk forlæg, som Mitchell har været forfatter til, eller det er resultatet af et interview med Mitchell. Beskrivelsen er udført på et tidspunkt, hvor ildmaskinen fungerede forholdsvis godt, og det må antages, at den skotske mechanic har været villig til at give nogle af sine 'fabrikshemmeligheder' fra sig.

To år senere fik en svensk søofficer lejlighed til at studere ildmaskinen nøjere. Det var overdirektøren for den svenske marines dokker, oberst Magnus Ankarsvård, som i marts 1795 var på besøg i København. Under hans ophold henvendte admiralitetet sig til Ankarsvård og bad om hans hjælp til at pro-



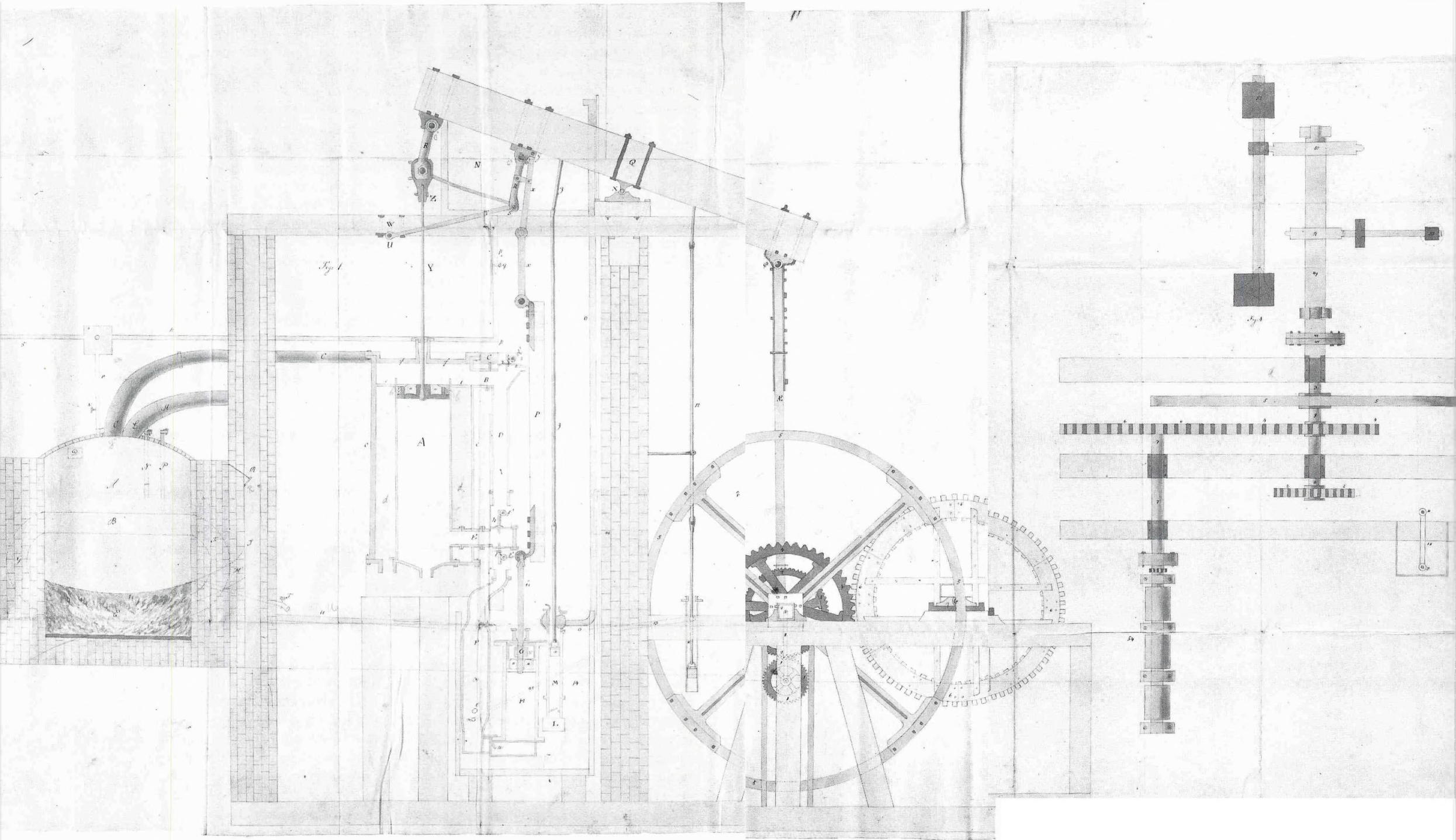
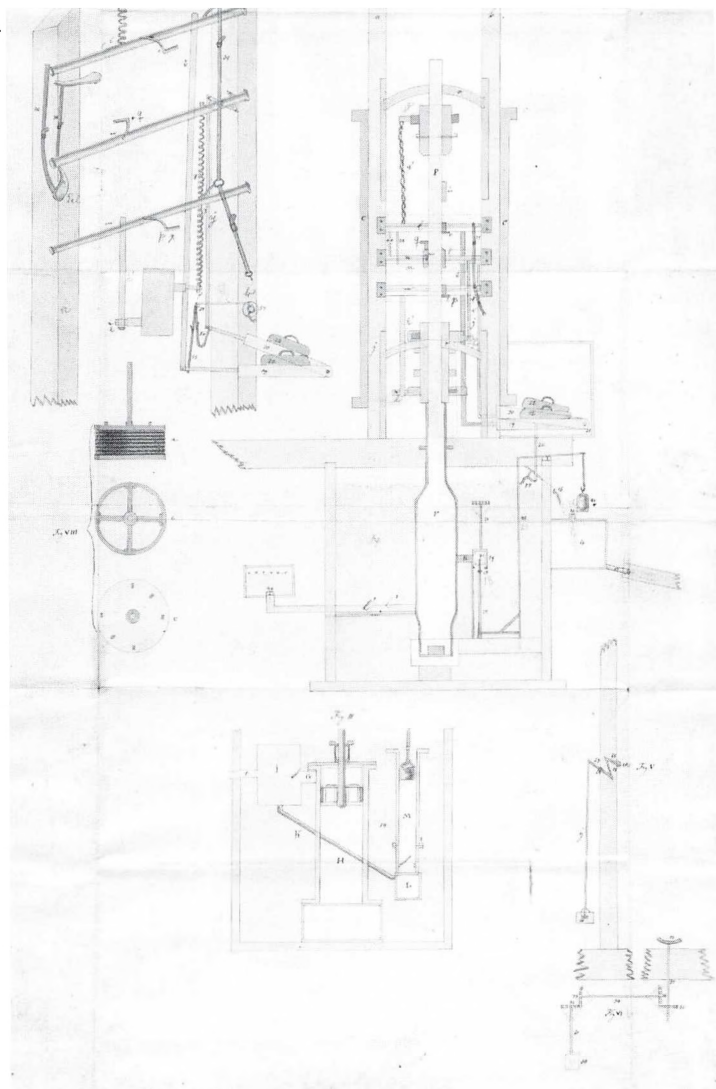


Fig. III.3. Ildmaskinen på Gammelholm.



*Fig. III.4. Detailtegninger fra ildmaskinen. For forklaring, se teksten.*

jektere en ny dok til Holmen.<sup>22</sup> Den svenske dokekspert påtog sig opgaven og fremsatte et forslag, som gik ud på en ombygning af dokken på Gammelholm, og i hans forslag skulle en dampmaskine levere kraften til pumperne. Ankarsvård havde i forvejen et godt kendskab til dampmaskiner. I 1770erne, inden han blev adlet under navnet Ankarsvård, havde den unge løjtnant og mechanicus Magnus Cosswa nemlig assisteret ved bygningen af og eksperimenterne med hele tre dampmaskiner, som skulle anvendes ved lænsumpningen af dokkerne i Karlskrona. Det lykkedes ikke at få disse maskiner til at virke, men den senere

dokdirektør havde fået indsigt i dampmaskinens virkemåde og muligheder (Johansson 1962).

Hans forslag til ombygningen af dokken blev ikke godkendt af den kommission, der skulle behandle sagen, men mens Ankarsvård havde sin gang på Gammelholm, benyttede han lejligheden til at undersøge ildmaskinen. Han efterlod en tegning dateret den 27. marts 1795, som nu findes i Søetatens Kort- og Tegningsamling. Tegningen er på mange punkter identisk med Fabricius' og dens usigenerede forlæg, men den fremstår ikke som en kopi. På Ankarsvårds tegning er ked-



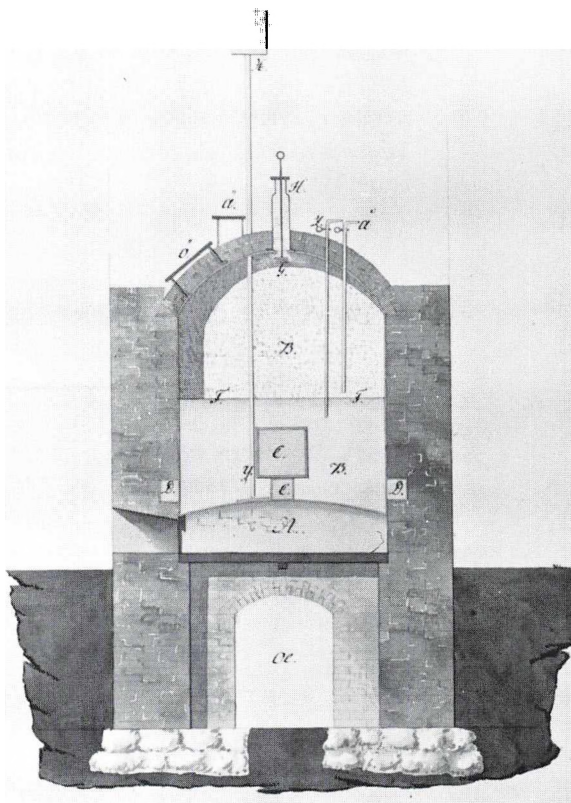
len opbygget noget anderledes, ligesom der er ændringer i noget af rørføringen og i kondensatorens luftpumpe. I grundtegningen har Ankarsvård anbragt stemplet i topstillingen, men henover den centrale del har han indsat en 'klap' med stemplet indtegnet i bundstilling, således at man kan se arbejdsgangen ved at vippe klappen op og ned.

Der er ikke nogen umiddelbar forklaring på, hvorfor Ankarsvårds tegning ligger i den danske marines arkiv, da det må antages, at han har været interesseret i at undersøge om ildmaskinens konstruktion var velegnet til drift af pumperne i dokkerne i Karlskrona. Men han har da også bragt sin viden med sig til Sverige. I Tekniska Museet i Stockholm findes nemlig nogle fine kopier af tegningerne, som dog ikke er helt mage til dem i Rigsarkivet. Ankarsvård har dog næppe drevet 'industriespionage' på samme måde som Haaber, men formentlig foretaget sine opmålinger og udført tegningerne i fuld forståelse med Mitchell, som også i dette tilfælde må have afsløret nogle af maskinens hemmeligheder. Ildmaskinen var således også genstand for international interesse, selvom den aldrig blev model for nogen svensk dampmaskine.

I den kongelige resolution af 3. december 1790 blev det besemt, at Mitchell skulle oplære to personer, så de havde et lige så indgående kendskab til maskinens teknik og funktion om han selv. Men bortset fra eksemplet med Fabricius ser det ikke ud til, at Mitchell har været særlig meddelsom, og han

har ikke efterladt skrifter om ildmaskinens teknik. Han vidste jo, bedre end de fleste, at der i England blev bygget kopier af Watts maskiner, og selv om han havde opnået et dansk monopol har han utvivlsomt ønsket at beholde en del af sin viden og sin status som ekspert for sig selv. Betydning nok er der heller intet, der tyder på, at admiralitetet eller Holmens chef har insisteret på at gennemføre den overførsel af teknisk viden, som resolutionen bestemte. Det var de to udenlandske eksperter, Mitchell og Young, der besad den afgørende viden om ildmaskinens drift og konstruktion.

*Genom skæring vises øfers tilrettelse.*



*Fig. III.5. Detailtegning af snit gennem ildmaskinens kedelanlæg, marts 1795 (Tekniska Museet, Stockholm, B 16381). På Ankarsvårds tegninger af ildmaskinen har kedlen en anden udformning end på Fabricius' fra 1793. Der er dog intet, der tyder på, at kedlen er blevet ombygget i den mellemliggende tid. Ankarsvårds tegninger bærer imidlertid præg af stor akkuratess, og forskellen kan skyldes, at Fabricius og Mitchell (?) har stileret kedlen.*

## Arbejdet i ildmaskinen

I slutningen af november 1790 var ildmaskinen med de "gyselige" hamre klar til smedning af de store ankre. Men først skulle maskinen bemandedes. Mitchell fremlagde en bemandingsplan med 27 personer: To mand skulle passe selve maskinen, mens en mand og en dreng passede kedlen. Til at passe ovnen skulle der være tre mand, og ekstra to mand til at klare forefaldende arbejde. Til selve smedningen skulle ansættes 16 smede og to drenge. Om arbejdets organisering havde Mitchell følgende anvisninger:<sup>23</sup>

*"Een Mester til at passe paa Værket – De 2 Mand som passe paa, med Machinen og een Mand ved Kiedlerne, og alle Drengene maa opvarte om Söndagen for at udfylde Cylindrer=Skoen og giöre det andet nödvendige Arbejde i Huuset, förend Arbejdet begynder kl 4 om Eftermiddagen. 8 Mand og 1 Dreng til arbejdet kl. 4 Söndag Eftermiddag. De andre 8 Mand og 1 Dreng kommer til Arbejdet om Natten kl 12. De förste 8 Mand og 1 Dreng kommer paa Arbejdet om Morgenen kl 8. Og saaledes vexelviis saalænge Arbejdet vedvarer."*

I slutningen af 1790 blev den første opgave smedning af det største anker til linjeskibet "Christian den Syvende," og for de næste ni år opgjorde Mitchell det samlede antal smedede ankre således:

1791	10 Stökker	12423	⌘
92	11 ditto	27770	⌘
93	6 ditto	21987	⌘
94	8 ditto	29823	⌘
95	6 ditto	23557	⌘
96	6 ditto	9422	⌘
97	15 ditto	26274	⌘
98	2 ditto	12278	⌘
99	4 ditto	4332	⌘

I de ni år opgørelsen omfatter, blev der altså smedet 68 ankre med en samlet vægt på knap

84 tons. Det var i de første fem år, at nytten, hvad angår ankersmedning, var størst. Fra 1791 til og med 1795 blev der smedet 41 ankre og gennemsnitsvægten pr. anker steg, indtil den i 1795 var på næsten to tons. Derefter var det, bortset fra 1798, mindre ankre, der blev smedet ved ildmaskinen.

En anden vigtig funktion var bearbejdning af gammelt eller tidligere brugt jern til 'nyt'. Det krævede nemlig en voldsommere bearbejdning, end smedene kunne levere med blot "Haand og Magt." Den nødvendige slagkraft kunne leveres af ildmaskinens hamre, hvoraf den største vejede ca. 200 kg (Degenkolv 1884, 11). Netop omdannelsen af gammelt jern til 'nyt' var et vigtigt økonomisk argument for den store investering i ildmaskinen. Når Mitchell i oktober 1790 kunne fremlægge et driftsbudget med et overskud på 17.190 Rdl om året,<sup>24</sup> var en del af forklaringen den store fortjeneste, der skulle opnås ved at omdanne gammelt jern i stedet for at købe nyt.

Ekvipagemesteren på Gammelholm, Andreas Henrik Stibolt, kunne i 1792 glæde sig:<sup>25</sup>

*"Vi kan nu forsikre os om at vorde forsynet med Ankere nok og saa gode tilliige mueligt og til saa gode Priser, som uden denne Indretning ej var mueligt – Anker Spaaner til maadelige Ankere kan og der giöres af gamle Jern Stumper og Stykker, Baand til Fade, alle Slags Jern Bolter, saavelsom Jern Knæer, Roer Ljkker og meget andet ... og flere nyttige ting forestaae saasom at klippe Söm, arbeide og valse Maste Baand."*

Som det fremgår af Stibolts begejstrede opremsning, blev ildmaskinens kræfter brugt til mange formål. I 1795 noterede Ankarsvård sig, at maskinen foruden hammer- og valseværk også drev blæsebælgene ved fem esser, en drejemaskine til det svære tovværk i rebslageriet, et slibeværk, samt at den nu også var indrettet til at trække vandpumperne i den nærliggende gamle dok.<sup>26</sup> Men dens kræfter var dog ikke så store, at der kunne

udføres arbejde ved mere end en af dens mekaniske hovedindretninger ad gangen. Kun en af hamrene eller valseværket kunne være i arbejde, men også disse funktioner måtte stoppes, hvis maskinen skulle bruges til reb-slageri, eller hvis den skulle arbejde med tømning af dokken. Ildmaskinens effekt blev ikke angivet i samtiden, men den er senere blevet anslået til omkring 10 hk (Mansa 1954, 75) Denne vurdering bygger dog på et fejl-skøn over maskinens størrelse, og effekten har formentlig været noget større.

Valseværket var forøvrigt noget nyt i Holmens smedje. Foruden de nævnte mastebånd blev der valset tøndebåndsjern, kobberplader til beklædning af kabysser, diverse hylstre eller cylindre og blyforinger til klys – foringerne i de huller i skibssiden, hvor ankerkæden passerer.

## "Af Ild = Machinen haves ingen Nytte"

De første år har maskinen tilsyneladende fungeret uden at der har været rapporteret om større problemer. Selvom den begejstring Stibolt lagde for dagen, formentlig også havde til formål at retfærdiggøre hans medvirken ved maskinens oprettelse, er der næppe tvivl om, at admiralitetet og Holmens ledelse har været tilfredse med den nye teknologi. Ildmaskinen havde åbnet for hidtil ukendte muligheder for at få mekanisk kraft til arbejdsprocesser. Der havde indtil videre kun været en erkendt mangel på tilstrækkelig kraft til dokkens pumpeværk og til ankersmedningen, mens værftets øvrige arbejdsfunktioner kunne klares med den traditionelle kraftforsyning ved mænd og heste. Men efterhånden som det blev klart, at der kunne kobles andre typer arbejdsmaskiner til ildmaskinen, voksede opfindsomheden. Foruden de nævnte ekstra funktioner med drift af blæsebølge, rebslagermaskine, slibemaskine og dokkens vandpumper kom der også forslag til andre arbejdsopgaver for ildmaskinen. Således bad admiralitetet i 1795 fabrikme-

steren udarbejde tegninger til en "Skrue Skiere Machine opført i Gammelholms Smedie til at drives ved den derværende Ild Machine."<sup>27</sup> Men projektet blev aldrig realiseret, fordi opgavens tekniske løsning var for kompliceret.

De første år, mens ildmaskinen fungerede efter hensigten, var således præget af en umådelig optimisme og tillid til, at den nye teknologi kunne løse alverdens opgaver. Men der var ingen, der samtidig sørgede for at bringe den teoretiske viden og den tekniske kunnen vedrørende den ny teknologi på plads. Man forlod sig på Mitchells evner.

I begejstringen for ildmaskinen var der heller ingen der i begyndelsen holdt øje med, om Mitchells løfter om ydelse og lønsomhed blev indfriet. I den anden halvdel af 1790erne blev admiralitetet dog efterhånden opmærksom på, at maskinen ikke som lovet gav et stort overskud. Der var store udgifter til store reparationer, flere og flere perioder, hvor maskinen var ude af drift, og, ikke mindst, et voldsomt kulforbrug. Da det til sidst stod klart for det høje kollegium, at produktiviteten langt fra var så stor som Mitchell havde antaget i sine beregninger, udbad man sig en forklaring. Mitchells mundtlige forklaringer var dog alt for upræcise, hvorfor admiralitetet i en skrivelse af 25. juli 1799 til Overekvipagemester Ole Andreas Kierulff udbad sig nøjagtige og skriftlige forklaringer på, hvorfor maskinen ikke havde opfyldt forventningerne.<sup>28</sup> Man ønskede en nøjagtig rapport, år for år, over forbedringer og forandringer samt en forklaring på de store udgifter, maskinen havde forårsaget.

For at besvare admiralitetets skarpt formulerede spørgsmål bedst muligt blev en gruppe på syv medlemmer, bestående af officerer, embedsmænd, håndværksmestre og Mitchell selv, sat til at udforme svarene. Men da der ikke var blevet ført særlige regnskaber for maskinen, var det et stort og til dels umuligt arbejde at svare udtømmende. Efter et halvt års forløb forelå udvalgets rapport, der omfattede perioden fra maskinens anlæg til



31. december 1799. Det blev til et digert værk, der i kopien i Konstruktionskommissionens protokol fyldte 25 håndskrevne sider inklusive skemaer og tabeller. Admiralitetet havde bl.a. ønsket at vide,

*"Hvad Ild=Machinen har medtaget i Aarlig Reparation og hvad Forandringer og Forbedringer."*

Af svaret fremgår det, at der i 1792 var en større udgift på 591 Rdl 42 Sk til jernstøber Potter og 14 Rdl 20 Sk til klokkestøber Ritzmann, uden at det dog fremgår, hvad disse herrer har leveret. Fra 1794 til 1799 har der været årlige udgifter til arbejde leveret af kobbersmed Drejer, og i perioden 1796-98 har der været udgifter til smedemester Gamst. I oktober 1796 fik Gamst således ordren på fremstillingen af en ny vandpumpe til ildmaskinens kondensator i stedet for den gamle, "som er befunden ubrugelig."<sup>29</sup>

De to sidste år begyndte maskinen for alvor at vise svaghedstegn. Som nævnt forsynede Boulton & Watt deres maskiner med 6 arme i svinghjulet, medens Mitchells konstruktion med kun 4 arme gjorde hjulet mindre stabilt. Endvidere var hver arm fastgjort til hjulkransen med kun 4 bolte, mod 6 hos Boulton & Watt. I slutningen af 1796 var man blevet "usikker paa Brugen af det bröstoffædige Kryds til Svinghjulet," men først i 1798 blev der fra Frederiksværk leveret to nye jernarme til det.<sup>30</sup> I 1799 måtte Holmens egen smedje levere et nyt smedet jernsvinghjul og et støbt ringestykke af jern. I Boulton & Watt's maskiner var cylinderen altid anbragt på et muret fundament, men Mitchell havde fået lavet en konstruktion af tømmer til at understøtte ildmaskinens cylinder. Den stod konstant i vand fra kondensatoren og viste sig nu at være så rådden, at den i 1799 måtte udskiftes med tre smedede jernstøtter. Endelig blev maskinen løbende forsynet med det snavsede saltvand fra havnen, hvad der må have forårsaget tæring og fremskyndet rustangrebene på metaldelene.

Af beregningerne over drifttiden, som dog kun omfatter perioden 1. august til 31. december 1799, fremgik det, at maskinen havde arbejdet i en tid svarende til 77½ dag – altså 51% af tiden – mens den havde været standset for istandsættelse i 36 dage. Den producerede mængde var i samme periode langt under Mitchells beregninger, og det gennemsnitlige kulforbrug var nu 14½ tønne pr dag – langt over forbruget i Boulton & Watt's maskiner. I rapporten vurderede Mitchell, at ildmaskinen havde sparet 10.362 mands arbejde i tidsrummet 1792-99, men at det iøvrigt var umuligt at beregne økonomien i ildmaskinen selvstændigt. Mitchells tal har formentlig været lige så urealistiske for admiralitetet i år 1800, som de ser ud i en nutidig vurdering. Admiralitetet var langtfra tilfreds med rapportens forklaringer, og den skotske mechanicus blev derfor bedt om at besvare to skarpt formulerede spørgsmål: Mente han sig selv kyndig nok til at kunne få maskinen til at opfylde de løfter, han havde givet? Og kunne han for egen regning foretage det fornødne?

Affæren udviklede sig til flere skrivelser mellem Mitchell og admiralitetet med chefen på Holmen, Kierulff, som mellemmand. Den 19. november 1800 var Konstruktionskommissionen samlet for under forsæde af den teknisk kyndige justitsråd Jøns Mathias Ljungberg at skrive en endelig indstilling til admiralitetet (om Ljungberg, se også kap. IV). Kommissionens konklusion var utvetydig. På baggrund af

*"Hrr Mitchell's i medfølgende yttrede vague evasive og saare lidet detaillerede Svar angaaende Reparation og Istandsættelse"*

kunne kommissionen hverken finde

*"Tillid til eller Tilraadelighed af nogen betydelig Reparations Bekostning, som ej Nödvendigheden selv maate gjøre uundgaaelig."*<sup>31</sup>

Man anbefalede derfor, at admiralitetet optog forhandlinger med firmaet Boulton & Watt om køb af en anden maskine. Endelig var der

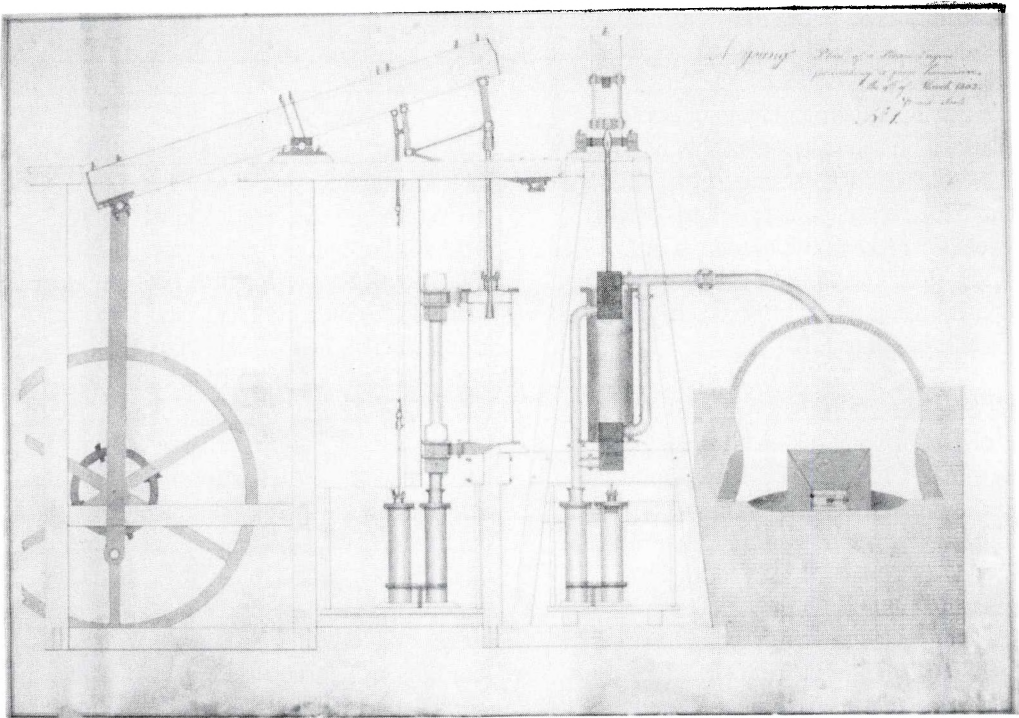


Fig. III.6. Youngs forslag til ombygning af ildmaskinen fra enkelt- til dobbeltvirkende maskine, marts 1802. RA, Des. C 308 b.

i 1801 konstateret så alvorlige lækager på ildmaskinens kobberdampkedel, at kobbersmeden ikke ville garantere for reparationen. I juli måned faldt dommen:

*"Af Ild=Machinen haves ingen Nytte" (Degenkolw 1884, 15).*

Tilbage stod et stort problem. Mitchell var ansat på ubegrænset tid til 1560 Rdl om året, og hans videre medvirken var nu uønsket. Admiralitetet forhandlede sig dog frem til en løsning, der resulterede i en "Allerunderdanigst Forestilling," hvori kongen den 5. februar 1801 resolverede at:

*"a) Den nuværende Damp Machine paa Gammelholm nedlægges uden Reparation. b) En nye Dampemachin anskaffes for Holmen. c) Mechanicus Andreas Mitchell entlediges fra Vores Tjeneste ved Holmen ved at udbetale*

*ham paa en gang 4 Aars Gebalt, og ved at betale for ham Hans Giæld til Enke Cassen circa 350 Rdl."*<sup>32</sup>

Danmarks første dampmaskine, ildmaskinen, blev efter godt 11 års tjeneste dømt til nedrivning. Ildmaskinen blev dog ikke umiddelbart revet ned og fjernet som skrot. Mitchell er sandsynligvis rejst fra Danmark efter beslutningen om maskinens nedlæggelse, mens Young, der jo blev arbejdsløs ved samme lejlighed, besluttede at blive. Fra hans hånd findes i marinens arkiv to tegninger dateret den 9. og 11. marts 1802. De forestiller henholdsvis dampmaskinen, der findes på værftet – altså ildmaskinen – og den samme maskine i en noget ændret udgave, også beregnet til at drive en smedehammer. Ildmaskinen var altså endnu ikke demonteret i marts 1802, og tegningen af en ændret udgave peger i retning af, at Young på dette tidspunkt må have til-

budt admiralitetet at bygge den gamle ildmaskine om. I den ændrede udgave har ildmaskinen fået ny, dobbeltvirkende dampcylinder. Sol- og planethjul er blevet erstattet af en krumtap, og svinghjulet har fået 6 arme i stedet for 4. Youngs projekt blev ikke gennemført, men han har muligvis i stedet prøvet at overtage maskinen for at opføre den et andet sted. Enkelte dele af den gamle ildmaskine er dog blevet brugt ved bygningen af dens afløser (se kap. IV).

## Epilog

Historien om ildmaskinen efterlader flere spørgsmål. To af de mest påtrængende vedrører den bemærkelsesværdige metode, admiralitetet greb til for at få etableret maskinen. For det første må man spørge, hvorfor admiralitetet ikke valgte den enklere og billigere løsning at købe en maskine hos et af de veletablerede engelske firmaer. Til trods for en skærpet militær situation mellem Danmark og England var det faktisk muligt at købe flere maskiner hjem i 1800-tallets første årti, herunder ildmaskinens afløser. Det andet spørgsmål ligger i forlængelse af det første: hvorfor valgte admiralitetets leder at hidkalde en udenlandsk 'ekspert' i hemmelighed og uden at drøfte spørgsmålet med eller blot informere værftets ledelse? I det mindste ud fra en nutidig betragtning burde løsningen af problemet med smedning af de store ankre vel være foregået i et samarbejde mellem Holmens håndværksmestre, Fabrikmesteren, den teknisk sagkyndige Konstruktionskommission, Holmens chef og admiralitetet.

Svaret på disse spørgsmål skal søges i flere forhold. Initiativtageren til oprettelsen af ildmaskinen var den da 63-årige øverste chef for søetaten, Overkrigssekretær Rosenkrantz, der som hovedparten af det 18. århundredes ældre topembedsmænd i centraladministrationen var dybt forankret i merkantilistisk økonomisk tankegang. Blandt hjørnestenene i merkantilismen var netop minimal import, statsstøtte til hjemlig produktion og indkaldelse af fremmed ekspertise. Set fra en

merkantilistisk synsvinkel ville det således være vigtigere at undgå at skulle betale for en vare i udlandet end at give et større beløb ud til indenlandsk foretagsomhed.

Desuden ligger en del af forklaringen utvivlsomt gemt i en personlig konflikt. Gerner var en højt anerkendt teknisk begavelse, der havde opfundet flere betydningsfulde maskiner til Holmen. Men Rosenkrantz værdsatte ikke Gerners arbejde. Tværtimod modarbejdede han ham i forskellige henseender, bl.a. med den senere fabrikmester Stibolts hjælp. Gerner og Ernst Wilhelm Stibolt – en broder til A. H. Stibolt – var jævnaldrende og havde begyndt deres karrierer sammen, men Stibolt synes ikke at have kunnet acceptere, at det blev Gerner, og ikke ham selv, der blev fabrikmester. Stibolt måtte vente med den eftertragtede udnævnelse til efter Gerners tidlige død (Stibolt beklædte embedet mellem 1788 og 1796). På sit dødsleje udtalte Gerner til to af sine elever, hvoraf den ene, Frantz C. H. Hohlenberg, senere selv blev fabrikmester:

*"At der fra først har været Uenighed mellem Stibolt og mig, er Aarsagen til alle de Chikanerier, jeg har haft, og i, at jeg ligger her. Jeg beder Jer paa min Døds seng: Værer enige. Hvad Kundskab, den ene ikke har, kan den anden have, og forenede vil I kunne gøre Danmark Gavn"* (Skibsbygning 1942, 53).

Det var store ord og en voldsom anklage, men der er ingen tvivl om at konflikten har været reel.

Det ser ud som om admiralitetet handlede egenrådigt for at afhjælpe et akut teknisk problem uden at rådføre sig med den virksomhed, der skulle løse problemet. På baggrund af efterretninger om den nye teknologiske muligheder, har man besluttet at tilegne sig teknikken uden samtidig at sørge for at den fornødne videns- og ressourcemæssige platform var til stede hos modtageren. Valget med at hente en 'ekspert' hjem fra udlandet i stedet for at købe et anerkendt produkt, var

en kombination af to faktorer, en ideologisk og en psykologisk: Rosenkrantz's traditionelle merkantilisme, og den personlige konflikt mellem Rosenkrantz og Gerner. Da Gerner døde i 1787 og Rosenkrantz året efter gik af som leder af admiralitetet, måtte deres efterfølgere leve med resultatet af deres handlinger. Som historien viser, var dette resultat ikke vellykket.

Ildmaskinen blev ikke bygget fordi Danmarks største arbejdsplads havde et grund-

læggende energibehov, eller var moden til indførelsen af ny teknologi, men fordi den militære ledelse havde fået en ide, den egenmægtigt lod gennemføre. Ildmaskinen var ikke resultatet af en ny liberalistisk tidsalders tænkning i arbejdsbesparelse og effektivitet, og kan ikke betragtes som et egentligt gennembrud i dansk teknologihistorie. Ildmaskinen blev en dyr parentes, og dampteknologiens gennembrud måtte vente til det næste århundrede.

# Fra Birmingham til København: Overførsel af Boulton & Watt teknologi ca. 1800-1810

*Frank Allan Rasmussen*

I slutningen af 1790'erne stod man i Danmark over for to problemer, der i særlig grad påkaldte sig tekniske løsninger. Dels var man kommet i den situation, at man ikke længere kunne dække den voksende efterspørgsel på skillemønt, dels var der ved Marinen opstået et stigende behov for ankre til flådens linieskibe og fregatter.

Teknologisk set var Den Kgl. Mønt i København utidssvarende. Siden dens grundlæggelse var den blevet drevet med hånd- og hestekraft, hvilket havde ført til en udmøntning, der både med hensyn til effektivitet og kvalitet stod tilbage for nationer som man normalt sammenlignede sig med. På Gammelholm var "ildmaskinen" brudt sammen, og et forsøg på at lade ankersmedningen foregå ved et af de private mekaniske værksteder i København var slået fejl. I den danske statsstyrelse, hvis tankesæt og administration stadig var præget af merkantilistiske holdninger, hvor økonomisk uafhængighed og selvforsyning var kardinalpunkter, indså man at disse forhold, hvis de ikke fandt deres løsning, kunne få både økonomiske og sikkerhedspolitiske konsekvenser.

Vi skal her høre nærmere om den teknologipolitiske beslutningsproces samt det intrikate spil om eksporten og maskinernes opstilling. Men først og fremmest er det historien om et næsten klassisk eksempel på teknologioverførsel fra et af Englands mest avancerede industrielle centre til to af den danske stats virksomheder i København.<sup>1</sup>

## Admiralitetet og grovsmedjen på Gammelholm

I sensommeren 1805 herskede der mere end almindelig travlhed hos Boulton & Watt i det mekaniske værksted i Soho udenfor Birmingham i England. Store trækasser sammenpigredes og transporteredes til en nærliggende kanal for derfra at føres via floden Trent til udskibningshavnen i Hull, hvor engelske skippere ventede på at kunne tage den tunge last ombord. I september måned, samme år, stod to engelske koffardiskibe ned gennem Øresund med en i København længe ventet ladning. Det første bar det for tidspunktet passende navn "The Autumn" og førtes af kaptajn Richardt Bacon; det andet, "The Generous Friends", var under kommando af kaptajn Wells Pentin. Ombord på sidstnævnte befandt der sig, ud over det faste mandskab, en engelsk mekanikus, John Gillespie, samt en montør ved navn James Adamson.

Året efter gentog sceneriet sig. Først kom "Margaret" ført af kaptajn Mitchell Meatcalf og endelig i maj 1807 "The Wilberforce" ført af kaptajn Joshua Harwood. I alt ankom der i perioden fra september 1805 til oktober 1807 syv skibe fra England.<sup>2</sup>

Egentlig tager dette bidrag til belysning af dampteknologiens tidligste historie i Danmark sin begyndelse før århundredeskiftet. Som vi så i kapitel III, havde man nemlig i 1790 anskaffet en såkaldt "ildmaskine" af



ukendt fabrikat, opstillet af den til lejligheden indkaldte skotske mechanicus Andrew Mitchell. Problemerne omkring driften af denne pionermaskine var imidlertid så store, at man i starten af 1798, i det ellers konservative Admiralitets- og Kommissariatskollegium, begyndte at overveje alternative løsninger.<sup>3</sup> Kort før årsskiftet udbad Admiralitetet sig en betænkning i sagen fra Søetatens Konstruktionskommission og gjorde i en skrivelse opmærksom på, at man var bekendt med, at man hos firmaet "Bolton et Comp." i London var i stand til at fremstille effektive dampmaskiner med en ydeevne fra 4 til 30 hk.

Konstruktionskommissionen, der siden 1739 havde fungeret som Marinens permanente tekniske ekspertorgan, synes ikke umiddelbart at have været begejstret for ideen. Da Admiralitetet i marts 1799 rykkede for svar, blev det anført, at man ikke ville kunne afse kræfter til en grundig vurdering af alle sagens aspekter, samt at man ikke var i besiddelse af den fornødne tekniske kompetence. Kommissionen så sig derfor nødsaget til at hente ekspertisen udenfor sine egne rækker, og valget faldt på justitsråd Jøns Mathias Ljungberg fra Økonomi- og Kommercekollegiet. Han var en naturaliseret svensker, der, som det anførtes,

*"fra sine igientagende Reyser til Engelland og nøye Bekiendtskab med de fornemste Damp-Maskiner vil være i stand til berom at Fournere vigtige og veyledende Data."*

Ligeledes blev det bemærket, at Ljungberg fra sit forrige fædreland havde gjort sig bekendt med hammerværkernes funktion, samt herhjemme igennem længere tid havde beskæftiget sig med maskinvæsenet.<sup>4</sup> Ljungberg og Konstruktionskommissionens fælles overvejelser blev samlet i et par rapporter til Admiralitetet, der her kort skal refereres, fordi de giver et indblik i samtidens forhold til og forståelse af teknologiske problemstillinger.

For det første ønskede man indkøbt en

dampmaskine, som var effektiv og kunne anvendes til smedning af de sværeste ankre, jernknæ til dæksbjælkernes understøtning, samt de kraftige jernbånd, som brugtes til forstærkning af skibenes indvendige tømmerkonstruktion. Man anså det desuden for en fordel, hvis dampmaskinen også kunne drive et "bælgværk" til essernes drift. For det andet skulle der til maskinen kunne knyttes et hammerværk, hvis slag måtte kunne reguleres efter jernets "hede," ligesom det måtte kunne slå mere eller mindre vægtige slag alt afhængig af opgavens karakter.<sup>5</sup>

Konstruktionskommissionens forbehold skinner dog tydeligt igennem og den gør i en række bemærkninger Admiralitetet opmærksom på, at man i andre lande normalt udfører ankersmedningen der, hvor råmateriale befinder sig og hvor naturen kan levere den fornødne kraft "saa at sige for intet." Kommissionen finder det derfor mest formålstjenligt at lade denne del af marinens produktion foregå i Norge, hvor lønnen er billig og vandkraften let tilgængelig. I Danmark, derimod, må "føden til de daglige Kræfter [kullene]" hentes i England, hvilket kun vil komme denne nation til gode. Hertil skal regnes udgifterne til jernets transport, og man vil ikke undlade at gøre opmærksom på, at arbejderne her "skal underholdes efter Hovedstadens kostbare levemaade." Et væsentligt bidrag til denne problematik blev leveret af marinens fabrikmester Frantz Ch. H. Hohlenberg. Han anførte nemlig, at man ikke i Danmark var i besiddelse af den fornødne ekspertise indenfor jernstøberiet, hvorfor man ikke ville være i stand til at fremstille de hjul og drev, der måtte slides eller gå i stykker; og at man derfor måtte sikre sig, at disse vigtige dele til maskineriet kunne leveres fra England.

Konklusionen blev dog efter Admiralitetets vilje, idet Konstruktionskommissionen afslutningsvis anfører:

*"I mangel af Wand-Fald, een Damp-Machine var fordelagtigst til Bedriuten af et Hammer-*

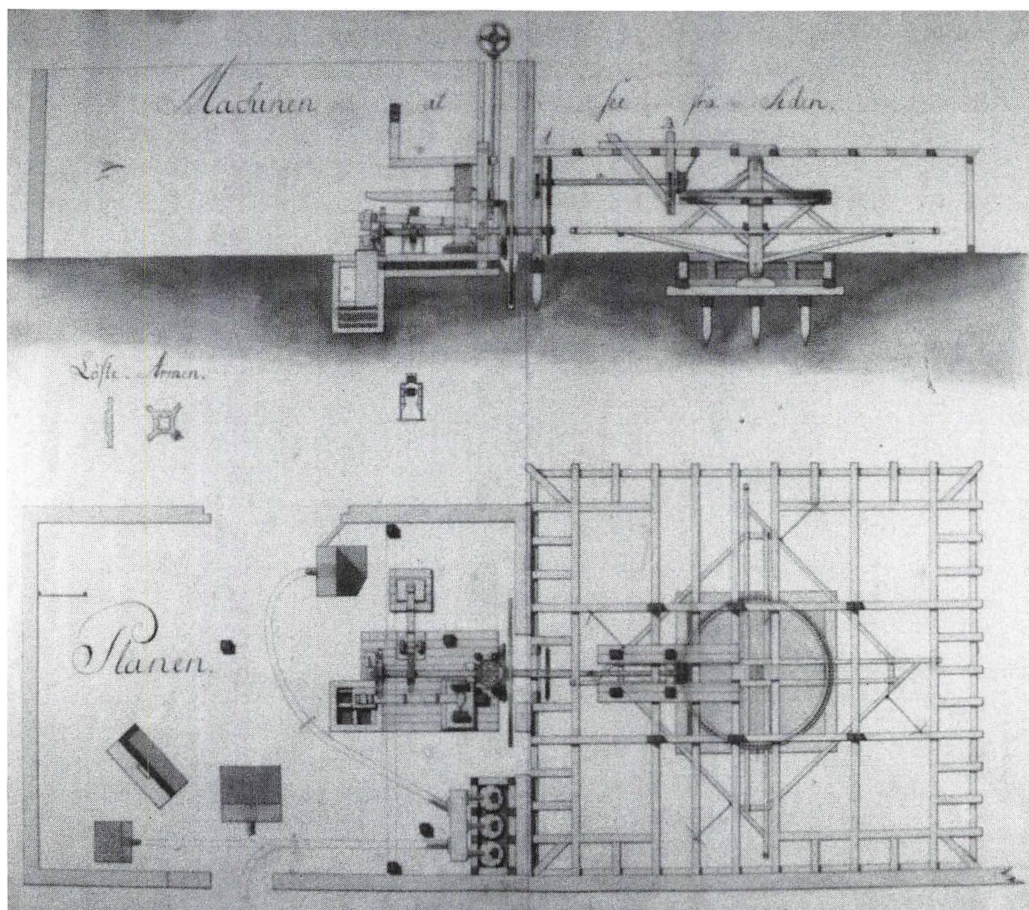


Fig. IV.1. Smedemester Jens Andersens bestretukne hammerværk. Som et alternativ til overvejelserne omkring indkøbet af et dampdrevet hammerværk indsendte smedemesteren ved grovsmedjen tegning og beskrivelse af et bestretukket hammerværk. Jens Andersen er identisk med Hammer, medlem af dampkommissionen. Hans selvevidsthed og faglige stolthed fremgår af hans navneskift. Kilde: Søetatens kort- og tegningsamling, RA.

*wærk paa Holmen ... som helst kunde bestilles hos De Herre Boulton et Comp."*

Man kan i denne sammenhæng undre sig over, at man ikke overvejede at anskaffe teknologien hos Boulton & Watt's konkurrenter. Godt nok udløb Watts patent først i 1800, men man må have vidst, at der i England fabrikeredes en række piratudgaver. Måske var det de dårlige erfaringer med Mitchell og hans maskine, der fik Admiralitetet til at udelade overvejelser af denne art?

Man fik i forbindelse med rapporterne udarbejdet en rentabilitetsberegning, hvori der blev foretaget en sammenligning mellem den gamle ildmaskines effektivitet og en maskine fra Boulton & Watt med samme cylindervolumen. Den viste med al tydelighed, at investeringen i den gamle maskine havde været tvivlsom, idet den nye anslås til kun at ville have en trediedel af dens kulforbrug. Hvis hertil lægges udgifterne til de løbende reparationer samt vedligeholdelser, så vurderede man at indkøbet af en damp-

maskine hos Boulton & Watt ville være tjent ind på under tre år. Konstruktionskommissionen fandt dog, at det sikreste ville være at sende en person, med kyndighed både i sprog og tekniske spørgsmål, til England, for der personligt at tage kontakt til fabrikanterne.<sup>6</sup>

## Finanskollegiet og Den Kongelige Mønt

Udenfor Holmen sad et andet kollegium og arbejdede med et lignende problem. Det var Finanskollegiet, under forsæde af den foretagsomme finansminister Ernst Schimmelmann. Fra midten af 1790erne havde han jævnligt korresponderet med Matthew Boulton om mulighederne for at denne kunne levere en dampdrevet mekanisk mønt til erstatning af den manuelle i København. Mønt- og medaljeprægning var et af Boultons specialer, og han havde selv indrettet en sådan virksomhed i tilknytning til sit industrikompleks i Soho. Men på grund af et stigende arbejdspress, ikke mindst forårsaget af de mange bestillinger på dampmaskiner, der tilflød firmaet i denne periode, og Boultons noget vidtløftige forslag om at foretage selve udmøntningen i England for den danske stats regning, trak sagen i langdrag, og først i 1803 nåede man frem til egentlige realitetsforhandlinger.

Af den mellemliggende brevsveksling fremgår det imidlertid, at Schimmelmann havde måttet overlade sagens akter til Ole Warberg (se nedenfor). Heraf fremgår også, hvilke tanker man har gjort sig i Finanskollegiet vedrørende mekaniseringen af den danske Mønt.<sup>7</sup> I et brev til Boulton stiller Warberg en række spørgsmål vedrørende anlæggets kapacitet og fordele, og via Boultons svar får vi indblik i overvejelserne. Boulton anbefaler, at man anskaffer en 16 hk dampmaskine til at drive selve møntmaskineriet, men gør samtidig opmærksom på, at hvis man ønsker tilknyttet et valseværk, må man anskaffe en maskine med en effekt på mindst 55 hk. Man

kan dog også vælge i en uge at bruge dampmaskinen til at drive møntværket, og i den næstfølgende koble denne til valseværket, og således nøjes med en maskine med en lavere effekt og dermed til en billigere pris. På Warbergs spørgsmål om mulighederne for at lade møntmaskineriet drive med vandkraft, svarer Boulton, at det er en mulighed, men at det vil kræve store mængder vand og et overfaldshjul af en anseelig størrelse. Forretningsmanden Boulton fortsætter:

*"Det må tages med i overvejelserne herom, at vandmøller er tilbøjelige til at lade sig standse af frost, oversvømmelser og tørke, samt at det kan være både upraktisk samt forbundet med fare at have en Mønt placeret udenfor byens beskyttede volde,"*

fordi en sådan placering vil kræve

*"stærkt befæstede bygningsværker eller forter for helt at beskytte den mod tyve og røvere."<sup>8</sup>*

Der kan næppe herske tvivl om, at Warberg havde gjort sig de samme overvejelser som sine kolleger i Konstruktionskommissionen med hensyn til placeringen af dette værk ved en lokalitet, hvor både vand og råvarer var umiddelbart tilgængeligt, nemlig ved Kongsberg i Norge. På trods heraf anbefalede Warberg i sin indstilling til Finanskollegiet købet. For, konkluderede han, dels vil købet kunne reducere omkostningerne ved møntfremstillingen, dels vil der kunne produceres betydeligt hurtigere og tilmed vil man få smukke og ensartede mønter, der vil besværliggøre "falskprægernes" udbredte virksomhed.<sup>9</sup> Øjensynligt fandt de to kollegier sammen i et forsøg på at løse den del af problemet, som havde dampkraften som fællesnævner. For på dette tidspunkt blev Warberg også involveret i forhandlingerne om indkøbet af dampmaskinerne til grovsmedjen på Gammelholm.



## Professor Warberg og mechanicus Holst

Ole Warberg startede sin karriere som landmåler for Videnskabernes Selskab og bestred, fra 1800, et professorat i astronomi ved Københavns Universitet. Man må derfor antage, at Warbergs tekniske forudsætninger var af teoretisk karakter da han i 1803 sendtes til London for på regeringens regning at forhandle sig frem til betingelserne for leverancen af de nødvendige dampmaskiner med tilhørende hammer- og bælgværk samt møntprægeri. At valget faldt netop på Warberg, skyldtes formentlig hans kollega, professor Thomas Bugge, der bl.a. var ansat ved Søetaten som lektor i matematik.

Vel ankommet til London, hvor Warberg indlogerede sig i det fashionable kvarter omkring Temple Bar, stødte han på de første forhindringer. I 1803 var myndighederne i London begyndt at forlange pas for de udlændinge, der måtte ønske at forlade byen. Dette tiltag blev kort tid efter udvidet til, at alle fremmede skulle melde sig til de lokale myndigheder for at fremvise legitimation. Da det var en del af Warbergs kommissorium, at han skulle besøge Birmingham, foregiver han overfor myndighederne, at han skal bese det nye fyrtårn i Ramsgate, og får derfor udstedt pas, så han kan forlade London. Kort tid efter ankommer Warberg til Birmingham og får her både lejlighed til at tale med Boulton og til at bese hans imponerende værksteder.<sup>10</sup> Hermed kom Warberg i et prominent selskab, for i disse år valfartede en række af Europas stats- og videnskabsmænd til dette industrikompleks.

Besøget førte til, at Boulton afgav et foreløbigt skriftligt tilsagn om at ville fremstille et par dampmaskiner til Gammelholm, én til at drive Mønten med samt én, hvis formål ikke angives (herom senere). Forhandlingerne var nu nået så langt frem, at Warberg i december 1803 formåede at overtale Boulton til, at en dansk håndværker kunne komme til Soho for at se, hvordan man fremstillede de enkelte

dele til maskinerne samt at få indblik i deres drift og reparation. I Danmark arbejdede man på højtryk for at finde en egnet mand, og valget faldt på Frederik Holst, der i mere end 10 år havde været ansat hos mechanicus Wilhelm Tappert i Berlin (Lärmer 1979, 159 ff.). I oktober 1804 afsejlede han fra København med kurs mod Yarmouth i England. Også Holst mærkede, at der var krig. Først opholdtes han en uge i Husum, og da han ankom til Yarmouth blev han tilbageholdt i yderligere fem dage. Kun ved indgriben fra dansk side, via den i London bosiddende gesandt grev Frederik Anton Wedel-Jarlsberg, blev han frigivet og fik pas, således at han kunne begive sig til sit bestemmelsessted.<sup>11</sup> Holst arbejdede i knap to år hos Boulton & Watt, og både Warberg og Boulton omtaler hans indsats i rosende vendinger. Boulton kalder ham således for "an excellent workman" og udtrykker ønske om, at han selv havde flere folk af hans støbning.<sup>12</sup> At Holst i høj grad havde tilegnet sig kompetence, vidner det tilsagn om, som Warberg måtte give til Boulton jr. før Holsts afrejse. Heri lover han, at Holst kun vil bruge sin viden i forbindelse med sin ansættelse ved den danske Mønt.

## Eksporttilladelsen

I maj 1804 forelå det første udkast til en aftale mellem Warberg og Boulton om levering af en mekaniseret Mønt, og nu manglede de kun at indhente en eksporttilladelse fra det engelske parlament; begge parter synes enige om, at dette ikke skulle være nødvendigt for selve dampmaskinerne. I denne periode var Warberg fuldt optaget af at skabe de rigtige forbindelser for at få tilladelsen hurtigt igennem.

Men Warberg havde forregnet sig, for det viste sig mere vanskeligt end først antaget. Formelt var det Wedel-Jarlsberg, som skulle forelægge sagen overfor den engelske regering, men i en række skrivelser til Finanskollegiet i København klager Warberg over hans mangel på initiativ. Man kan dog næppe,

den spændte politiske situation taget i betragtning, bebrejdede Wedel-Jarlsberg hans dispositioner. Han har måttet prioritere, og vurderede altså at sagen om eksporttilladelsen måtte vige for mere påtrængende politiske problemer.<sup>13</sup> Endelig i juli 1804 forelå eksporttilladelsen:

*"An Act to enable His majesty to authorize the Exportation of machinery necessary for erecting a mint in the Dominions of the King of Denmark."*<sup>14</sup>

Warberg havde nu fået formalia på plads og kunne gå i gang med at forhandle de sidste ting igennem med Boulton med henblik på at få udformet den endelige kontrakt. Men det skulle vise sig, at der var andre kræfter at tage hensyn til end de, som rådede i det engelske parlament. I slutningen af juli nåede beskeden om eksporttilladelsen offentligheden i Birmingham. I et brev til Finanskollegiet skriver Warberg nemlig, at han er vidende om, at der blandt "manufakturisterne" i Birmingham har været omfattende protester mod denne udførselslov. Og han fortsætter:<sup>15</sup>

*"Man bemærkede paa gaden i Birmingham en kærre, hvori der var to foustager [tønder]; af een aabning, som var paa den ene faldt der ud een mængde, tilsyneladende sølv mønt, hvilket tiltrak een deel tilskuere. Der blev lagt arrest paa kærren, besten samt foustagerne, men karlen løb bort."*

Warberg giver os her et glimt af de kræfter, der var under mobilisering i det engelske samfund, og tilføjer hermed et ikke uvæsentligt aspekt, nemlig at indførelsen af ny teknologi, og i dette tilfælde eksporten af samme, ofte mødte voldsom modstand. Det kan vel også anskues som et eksempel på, at håndværksmestre og arbejdere i Birmingham til fulde var klar over, hvad konsekvenserne kunne blive af den slags tilladelser: Det betød mindre arbejde til engelske håndværkere og en åbenlys fare for, at man i udlandet ville

kopiere denne teknik. I Birmingham valgte man altså at vise sin foragt herfor, ved at køre byen rundt med en vogn med tønder, hvoraf der flød gylden mønt; optrinnet skulle symbolisere, at eksporttilladelser i bogstaveligste forstand var penge ud af tønden, eller rettere af mestrenes lommer.

## Kontrakten med Boulton

Den 21. juni 1805 forelå den endelige aftale om Boultons leverancer til den danske Mønt. Den er omfattende, men indeholder mærkværdigvis ikke nogen specifikation af Møntens enkelte maskiner og dele. Det anføres blot, at den skal afskibes fra Hull, samt at den består af

*"Alt det maskineri, redskaber, genstande og nødvendige dele, som hører til en komplet Mønt, hvis formål er at fabrikere samt at ud- og opvalse det metal, som disse mønter skal laves af."*<sup>16</sup>

Desuden fremgår det, at maskinen skal fremstilles af de bedste materialer, at den skal være identisk med den, som Boulton selv havde ladet opstille i Soho, og at den skal stå klar senest i april 1806. Selve monteringen skal foretages af Boultons egne håndværkere, og det aftales endvidere, at de montører, som er beskæftiget med opsætningen af en lignende Mønt i Rusland, uden ophold skal fortsætte til København, når de er færdige i Skt. Petersborg. Hvis dette af den ene eller anden grund ikke kan lade sig gøre, skal Boulton sende et hold fra Soho som erstatning.

I henhold til kontrakten forpligtiger Boulton sig til at oplære en mand i møntfabrikation (Warberg), samt at den tilhørende dampmaskine skal fabrikeres i Soho. Boulton stiller desuden en garanti for, at han i fremtiden ville være i stand til at levere nødvendige reservedele, men han tager klogeligt forbehold for skibsforlis, beslaglæggelser eller arrest foretaget af fjendtlige magter. Prisen



opgøres til 6.587 engelske pund, og beløbet skal falde i to lige store rater. Den første rate udløses, når alle Møntens dele er klar til udskibning, og den anden når Mønten står færdig og funktionsklar i København.<sup>17</sup> Boultons montører skal lønnes af den danske stat, og de skal, når arbejdet er færdiggjort, forsynes med pas og rejsepenge, således at de uhindret kan vende tilbage til England. Endelig fastsættes en gensidig bøde på 2.000 pund i tilfælde af kontraktbrud.

## Maskinernes opstilling på Gammelholm

Det blev de to tidligere nævnte betroede medarbejdere, John Gillespie og James Adamson, der kom til at stå for opstillingen af begge dampmaskinerne på Gammelholm. Hvem var disse to englændere, der mens deres landsmænd bombede København og borttog flåden, ufortrødent fortsatte deres arbejde som montører på det danske Orlogsværft og senere ved den Kongelige Mønt?<sup>18</sup>

John Gillespie var udsendt af Boulton, og han skrev i marts 1805 en fem års kontrakt med ham, hvori det bl.a. angives, at han skal have en løn på 2 guineas om ugen. At der var tale om en betroet medarbejder, fremgår af kontraktens ordlyd, som har karakter af et håndfæstning og som på sin egen underfundige måde afspejler den "secretesse", hvormed man omgav datidens tekniske frembringelser:

*"John Gillespie må ikke, hverken direkte eller indirekte, til nogen person eller personer, hvem disse end måtte være, røbe, udveksle eller oplyse nogen hemmelighed, hvad den end måtte være, vedrørende håndværkskunsten eller forretningerne."*<sup>19</sup>

Det er velkendt, at Boulton nidkært vogtede sine patenter og ideer, men at disse kontrakter ikke havde nogen reel værdi på tværs af landegrænser, får vi illustreret her. Gillespie forblev nemlig i Danmark og ansøgte senere

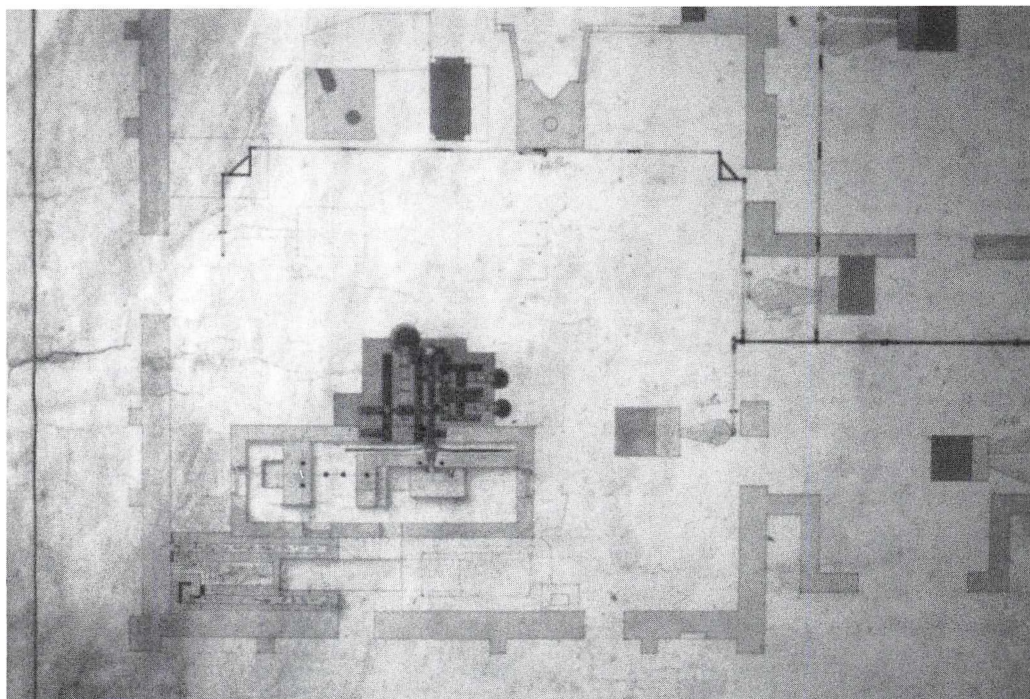
om tilladelse til at opføre en fabrik til fremstilling af dampmaskiner (Bauer 1891, 38 ff.).

James Adamson kom fra London, hvor han havde arbejdet for John Rennie, der i en årrække havde fungeret som underleverandør for Boulton & Watt og havde specialiseret sig i fabrikation og montage af melmøller samt hammer- og bælgværker. Det blev således Adamsons opgave at opstille det til dampmaskinerne hørende maskineri til ankersmedning samt til driften af smedjens esser.<sup>20</sup> De to engelske håndværkere havde det ikke meget nemmere i Danmark end Warberg og Holst havde det i England.

Den første strid, som opstod, drejede sig om hvorvidt dampmaskinerne skulle forsynes med salt- eller ferskvand. Man havde nemlig det problem, at store dele af Gammelholm var opfyldt område, hvilket førte til, at saltvand trængte ind og blev opblandet med grundvandet. Den gamle ildmaskine havde derfor været forsynet med "søewand" fra en nærliggende kanal, og Konstruktionskommissionen var derfor af den opfattelse, at det kunne de to nye maskiner også være tjent med.

Gillespie delte ikke dette synspunkt, og han fremførte med stor iver sin mening overfor hvad han kaldte "The Commission for the Steam Engine." På dette tidspunkt havde Konstruktionskommissionen øjensynligt følt sig kaldet til at nedsætte en ad hoc kommission, som skulle varetage de problemer, der måtte opstå i forbindelse med opstillingen og igangsættelsen. Den kom til at bestå af overekvipagemester Ole Andreas Kierulff, ekvipagemester Sigvard Urne Rosenvinge, mesterpælebukker og rapertmager Halkier samt smedemester Hammer.

I første omgang rådspurgte Konstruktionskommissionen sig hos Warberg, som stadig var i London, og fik svaret, at maskinerne nødvendigvis måtte forsynes med ferskvand. Kommissionen lod sig dog ikke nøje med dette votum og indkaldte hofapoteker Gottfried Becker, der fra 1795 til 1806 bestred et ekstraordinært professorat i kemi ved Køben-



*Fig. IV.2. Englænderen John Rennies dampdrevne hammerværk. Af tegningen fremgår det tydeligt, at der ikke var afsat megen arbejdsplads mellem de to mindste hamre. Bemærk også transmissionssystemet fra den lille dampmaskine til smedjens mange esser. Kilde: Søetatens kort- og tegningsamling, RA.*

havns Universitet. Han blev bedt om at udføre en række forsøg med saltvand. Man ønskede således oplyst, hvor meget salt, der var i en kubikfod "søe-wand"; hvilken indflydelse dette kunne have på jern, messing og kobber, samt om saltindholdet ville hæmme vandets omsætning til damp.<sup>21</sup> Desværre foreligger Beckers rapport ikke, men hans vurderinger fremgår indirekte af "Dampkommissionens" betænkning til Overekvipagemesteren, hvori det anføres, at fordi kedlerne til de nye dampmaskiner er af jern, så vil det give problemer at anvende saltvand. Desuden vil kondensatoren og luftpumpen kunne lide skade, men dette kan dog afhjælpes ved at lave disse i kobber. Cylinderen vil derimod ingen skade tage, for man har erfaret (via Beckers forsøg?), at dampen, når den kommer så vidt, ikke længere vil indeholde salt!

Gillespie var imidlertid blevet utålmodig og skrev i al hemmelighed til Boulton, hvis svar var enslydende med Warbergs. Boulton afsluttede med et vægtigt økonomisk argument: Hvis man ikke kan finde ferskvand til maskinerne, så må man lave de ovennævnte dele af kobber eller messing, hvilket han umiddelbart anslår kan føre til en tredobling af maskinernes pris.<sup>22</sup>

I mellemtiden havde Konstruktionskommissionen inddraget "Hof-Fontainemesteren" i forhandlingerne, og man havde ansøgt om tilladelse til at grave en brønd i den botaniske have bag Charlottenborg. Tilladelsen blev givet og problemet fandt sin løsning via det ferske vand herfra. Gillespie, som øjensynligt ikke havde det bedste samarbejde med kommissionen, benyttede lejligheden til at hovere, idet han i et brev til denne anfører:



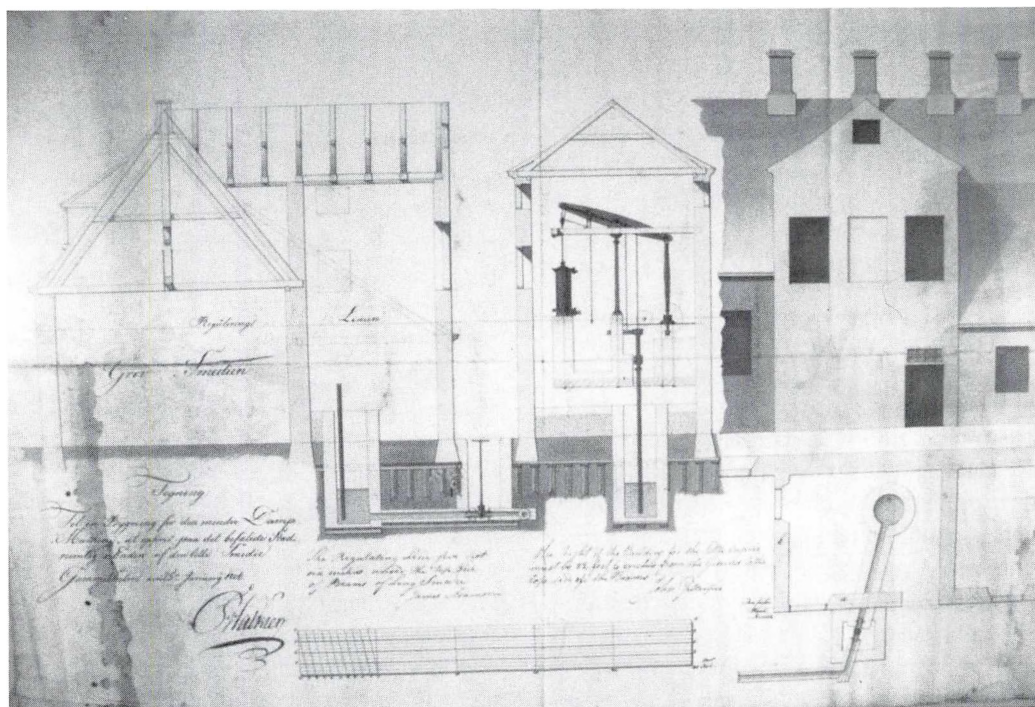
*"Det er mit håb, at d'Herrer nøje vil overveje disse ting og gøre alt hvad der står i Deres magt for at forbinde yderligere vanskeligheder."*<sup>23</sup>

Imens var man begyndt at nedtage den gamle ildmaskine og foretage de om- og tilbygninger, der var nødvendige i smedjen for at de to nye maskiner kunne opstilles der. På baggrund af de erfaringer, man havde haft med den gamle maskine, blev lofthøjden forøget, da man tidligere havde været udsat for, at der antændtes ild i "bielker og spærwærk" under maskinens drift. Man anbefalede desuden, at der i taget blev indrettet vinduer og trækrør, således at varme og røg kunne ledes bort, og vel også for at skaffe bedre lys til arbejdet. Selve grundplanen, hvoraf maski-

nerne placering fremgår, sendte Warberg fra London, efter at den var blevet diskuteret med Boulton. Forøvrigt sammen med fire engelske tommestokke, så man kunne undgå de fejl, der kunne opstå i forbindelse med omregningen mellem danske og engelske mål.

Det første man gik i gang med, var fundamenterne til maskinerne, hvortil Warberg anbefalede, at der brugtes kampesten eller andet solidt materiale. Gillespie, som havde tilsyn med arbejdet, var imidlertid langt fra tilfreds med tempoet og klagede endnu engang til kommissionen over den langsomhed, hvormed arbejdet skred frem. Samtidigt arbejdedes der med udpakningen og monteringen af dampmaskinerne, og da det viste sig, at ikke alle dele var nået frem med forsendel-

*Fig. IV.3. Snit og opstalt af maskinbuset til den mindste Boulton & Watt dampmaskine. Bemærk de nedrammede pølefundamenter med forstærkninger af kampesten. I snit er ligeledes vist vandtilførslen. Begge de engelske montører, John Gillespie og James Adamson, har forsynet tegningen med deres bemærkninger og underskrifter. Kilde: Søetatens kort- og tegningssamling, RA.*



sen, måtte man demontere den gamle ildmaskine til genbrug. Først brugte man kobberkedlerne, dernæst nogle hjul og rør. I enkelte tilfælde måtte man dog bestille reservedele hos Holmens underleverandører. I efteråret 1806 var man nået så langt, at selve anlægget begyndte at tage form. Dampmaskine og hammerværk var opstillet og man havde foretaget en prøvekørsel. Imidlertid fremkom et af Dampkommissionens medlemmer i oktober med en gennemgribende kritik, der i princippet omfattede hele anlægget. Ophavsmanden var ingen ringere end smedemester Hammer, der forelagde sine synspunkter i en rapport stilet til Holmens chef.<sup>24</sup>

Hammers hovedsynspunkt var, at anlægget ikke kunne bruges til dets oprindelige formål, nemlig knæ- og ankersmedning. Han anfører hertil en række årsager: Dels er armboltene og hamrene forkerte, dels arbejder dampmaskinen for hurtigt og kan ikke indstilles efter arbejdets beskaffenhed, og endelig finder Hammer, at arbejdspladsen mellem de to mindste hamre er for ringe, således at man kan frygte, at håndværkerne vil komme i klemme under smedningen. Som en del af rapporten vedlægger Hammer en tegning samt forslag til, hvordan han mener problemerne kan løses. For det første må man afmontere den ene af hamrene for derved at forøge arbejdsområdet, og for det andet må man udskifte de leverede støbte hamre, som er forsynede med baner af stål, med hamre i smedet jern; og for det tredje må man ændre på dampmaskinens konstruktion, således at slagene reduceres fra de nuværende 150 til 60 slag i minuttet. Løftearmene skal udføres i støbejern efter den vedlagte tegning og klædes med træ, fordi det vil medvirke til at formindske de voldsomme stød mod selve hammerskaftet, der forplanter sig til hele maskinen fra svinghjulet til krumtappen og derfra til balancen og selve cylinderen. Kritiken blev videresendt til Konstruktionskommissionen, som ikke turde sidde den overhørig. Hammer var nemlig en af Holmens

mest erfarne håndværkere, og han havde i en periode personligt ledet arbejdet ved det gamle hammerværk.

Gillespie og Adamson kaldes derfor enkeltvis til afhøring i kommissionen.<sup>25</sup> Gillespie anfører, at man vil kunne reducere maskinens stempelslag fra de nuværende 21 i minuttet til under 10 og hermed formindske antallet af hammerslag. Desuden mener han, at man med fordel vil kunne foretage en udskiftning af hævehjulets arme fra de nuværende fem til tre. Adamson, hvis ansvarsområde var hammerværket, blev mødt med en byge af spørgsmål, hvoraf det mest nærgående var:

*"Har Mr. Rennie forfærdiget til de kongelige Wærfter hammerværker til ankersmedning eller til Private?"*

Adamson svarer undvigende, at han kun kender til et enkelt hammerværk drevet af "Steam", og det er et, som hans mester har opstillet i Chatham ved en privat smed. Han har dog ikke set dette i funktion. I det hele taget kan Adamson ikke erindre, at han nogetsteds har set eller hørt om ankersmedning med dampkraft i England. De steder i London, hvor dette arbejde udføres, foregår det med håndkraft. Hammer, som var tilstede under afhøringerne, fandt øjensynlig ikke svarene særligt tilfredsstillende. Han skærper sin kritik og benytter samtidig lejligheden til overfor kommissionen at fremkomme med følgende syrlige bemærkning:<sup>26</sup>

*"Dersom knæ- og Ankersmedning virkelig forrettes i England nu med saadanne Armbolter og hamre, som de ved maskinen tilsendte, da maa dertil nødvendig haves visse, her ukiendte maneringsmaader, og til Kundskab om denne maatte da ønskes i det mindste en Vejledning."*

I en 12 sider lang rapport samler Konstruktionskommissionen sine synspunkter, som i alt væsentligt giver Hammer medhold i hans kritik. Man bemærker med respekt, at mester

Hammer har hentet sine synspunkter "fra den sikkerste Kilde, nemlig fra Erfaringen selv." Det undrer dog kommissionen, at disse problemer overhovedet har kunnet opstå, for man er af den opfattelse, at

*"den nye dampmachine er fra begyndelsen af bestemt til, og man maa følgerigt tænkes i sin detail ordnet for, knæ- og ankersmedning, saa kan det tillige synes underligt, at saa mange forandringer skulle være fornøden."*<sup>27</sup>

Konstruktionskommissionen lægger med denne udtalelse indirekte ansvaret for problemerne på Warbergs skuldre, og det besluttet da også at oversende kritikken til London for at få hans kommentarer.

Warberg fornemmer situationens alvor, og får med møje og besvær arrangeret et møde med ledelsen fra Soho: Boulton, James Watt, John Rennie samt en af virksomhedens mest erfarne håndværkere. Resultatet af mødet er overraskende. Rennie citeres nemlig for at have udtalt, at det leverede værk ikke er specielt indrettet til ankersmedning, men at man har tilstræbt sig på at konstruere et værk, der i videst muligt omfang kan

*"befrie Folkene fra unødvendigt arbejde og at spare Ildebrand,"*

samt at man har udformet dette, for at så mange forskellige arbejdsopgaver som muligt vil kunne udføres ved værket. Rennie kender således heller ikke til, at man i England skulle have hammerværker specielt indrettet til smedning af svære ankre. Warberg støtter ham i dette synspunkt. Han meddeler, at han heller ikke selv har set sådanne ankersmedjer, men at han sammen med Rennie har beset den af Adamson omtalte private smedje i Chatham. Og han fortsætter:

*"Alt Slags Arbejde, som henbører til Anker-Smedning har hidindtil og er endnu udført med haandbammere, undtagen at tildanne fligene."*

Imidlertid kan han oplyse, at man i Soho netop arbejder med udviklingen af sådanne værker:

*"Som et endnu mere fyldestgørende Beviis for, at de [Boulton & Watt] troe at det oversendte værk vil svare til hensigten, kan ieg anføre, at de nu er i færd med at indrette saadanne værker til Anker-Smedning i Engeland."*<sup>28</sup>

Med hensyn til problemerne med dampmaskinen, bemærkes det, at dens gang afhænger af dens styrke og af den mængde damp, som tilføres i forhold til det arbejde, som maskinen skal udføre. Maskinen må således ikke tvinges til at yde mere end maksimalt 21 stempelslag i minuttet, fordi beregninger og erfaring har vist, at maskinen

*"staae i fare for at brækkes i Stykker om hastigheden er større end 21 slag i Minuten."*<sup>29</sup>

Hvis man går under 14 slag, vil det kunne påvirke svinghjulet på en sådan måde, at hele maskinen får en rystende og ujævn gang. Warberg foreslår derfor, som Gillespie, at man ændrer på kamringen ved at reducere dens knaster, og han anfører, at Rennie straks kan lade et sådant hjul fremstille og sende til København. Man kan også regulere hastigheden ved manuelt at betjene "Svælgventilen", hvilket gøres ved at fjerne forbindelsesstangen mellem denne og "Gouverneuren", d.v.s. centrifugalregulatoren. Herefter kan den mand, som er sat til at passe maskinen, styre damptilførslen med hånden. Når smedningen påbegyndes, og jernet kommer lige fra essen og derfor er blødt, skal der kun indledes så meget damp gennem ventilen, at hastigheden er tilpas. Herefter kan ventilen åbnes i takt med jernets afkøling, indtil maskinen går med maksimal hastighed. Så kan man igen forbinde ventilen med centrifugalregulatoren, hvorefter maskinen vil passe sig selv. Det er derfor nødvendigt, at den mand som passer maskinen, er sat grundigt ind i disse funktioner.<sup>30</sup>



Warberg har øjensynligt været trængt. Hans argumenter er ikke særlig overbevisende, og han meddeler intet, som Hammer ikke har været bekendt med. Af referatet fra mødet i Soho fremgår det med al tydelighed, at man ikke har fulgt Konstruktionskommissionens instrukser, hvilket næppe kan have kan forbedret Warbergs omdømme.

I mellemtiden er man i København blevet overhalet af begivenheder, som man ikke har haft mulighed for at forudse, endsige kontrollere. I august 1807 lå den engelske flåde på Københavns red, og efter terrorbombardementet og et omfattende hærværk på værftet forlod englænderne København den 20. oktober med hele den danske flåde. Hermed var behovet for skibsknæ og ankre med et slag forsvundet, og man stod nu med en komplet dampdrevet grovsmedje, et stykke avanceret teknologi som man ikke vidste, hvad man skulle stille op med.

## Maskinernes opstilling på Mønten

Til Mønten i København leveredes en dampmaskine på 14 hk, som primært skulle drive selve møntmaskineriet, og sekundært det tilhørende valseværk. At der var tale om en anseelig ordre hos Boulton & Watt fremgår af dens samlede pris, og af det faktum, at der skulle hele tre skibsladninger fra England til, før man havde samlet maskineriet i den Vestindiske Handels pakhus i København. I det hele taget var det en af de største samlede ordrer, som Boulton & Watt modtog i årene fra 1798 til 1820 (Tann 1978, 561ff.).

Det er tidligere blevet omtalt, at et af Boultons specialer var mønt- og medaljeprægning, et speciale, der udsprang af hans personlige indignation over det udbredte falskmøntneri i England. Allerede i midten af 1780'erne begyndte Boulton at udarbejde tegninger til et maskineri, der via sin præcision og fremstillingsmetode kunne sætte en stopper for den illegale aktivitet. Løsningen fandt han via en af ham udviklet "rendemaskine", der forsynede mønterne med en ophøjet kant, hvis formål

var at beskytte mønternes relief og prægning mod slid. En af de væsentligste årsager til falskmøntnernes lette spil var netop, at mønternes relief hurtigt blev nedslidt, hvilket gjorde dem lettere at efterligne selv med primitiv værktøj. Hertil kom Boultons prægemaskiner, som var specielt fremstillede til drift ved dampkraft.

I 1800 stod Boultons egen Mønt i Soho færdig, og han kunne med slet skjult begejstring meddele Rennie, at

*"Bygningerne er opførte, mønt- og skærepreser er alle færdige, maskinerne vil være rede til Maria bebudelsesdag"* (Tann 1970, 89).

Salg af møntmaskiner blev en af Boultons mest lukrative forretninger. Samme år afgav den Russiske regering en ordre på et sådant maskineri, og kort tid senere fulgte den danske efter. I 1806 leverede Boulton en komplet Mønt til den engelske regering og fem år senere en til Brasilien. Sideløbende med dette foretog han i Soho møntprægning for USA, Frankrig og England. På grund af Boultons forretninger med de engelske miner var han kommet i besiddelse af store mængder kobber, som han brugte til sine udmøntninger. Man forstår således bedre Boultons forsøg på at overtale Schimmelmann til at lade den danske fabrikation af skille mønt foregå i Soho (jf. Holst 1914, 45ff.)

Af ordrelisten hos Boulton fremgår det hvilke maskiner og tilbehør, der blev leveret til København:

*"En dampmaskine på 14 hk, med en tilhørende transmission til forbindelse af denne med selve møntmaskineriet. Fire møntpresser, seks skæremaskiner, to dobbelte rendemaskiner, to rystemaskiner, to udglødningsovne, én metalpresse, tre udglødnings- og hæardeovne, én drejebænk samt en række værktøjer og maskindele. Hertil kom et komplet valseværk."*<sup>31</sup>

Allerede i marts 1806 fremsendte Warberg

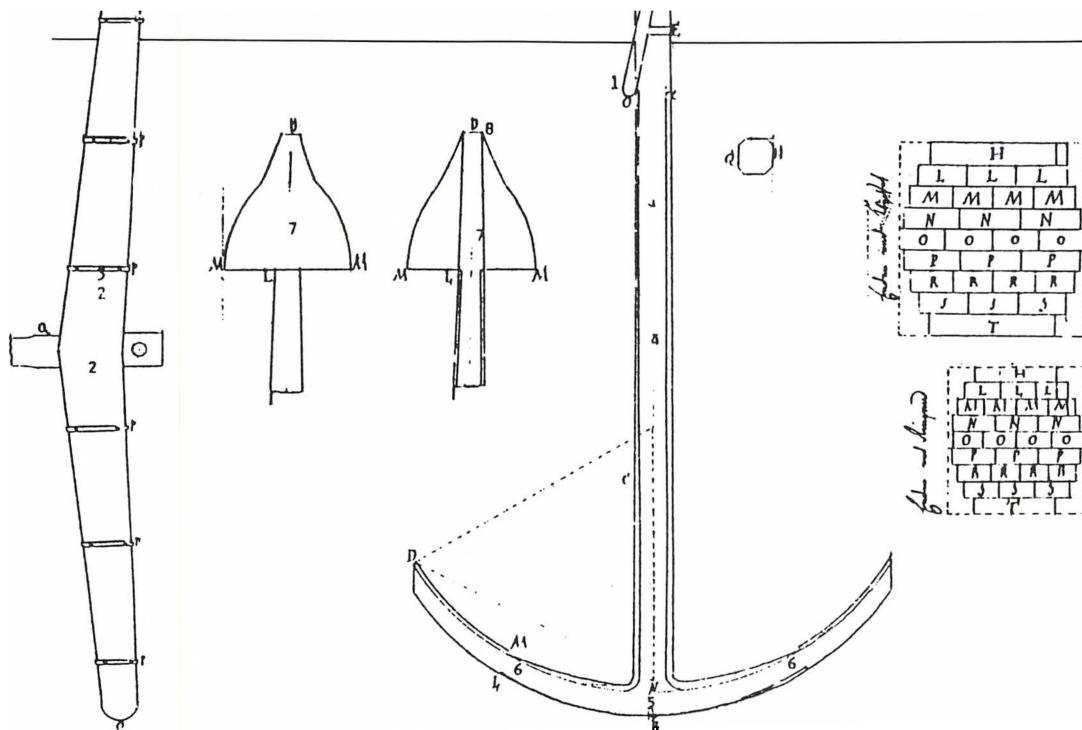


Fig. IV.4. Traditionelt stokanker bestående af ankerring (1), ankerstok af eg i to halvdele (2), jernbeslag som holder ankerstokken sammen (3), læg (4), kryds (5), arme (6), flige (7), og næb (8). Manuskript på Orlogsmuseet. Reg. nr. 219: 1965.

Omkring 1800-tallets midte havde et linieskib op til syv ankre. Heraf var de fire stokankere på omkring 5000 kg. Hertil kom fire mindre s.k. varpankere. Det var ikke sjældent, at et skib mistede sine ankre, især når man havde søgt ind under land for at afvente bedre vind eller strøm. Pludselig kunne et uvejr bryde løs, og for ikke at blive kastet mod et skær eller kysten, måtte man kappe ankertovene. Det samme kunne gøre sig gældende, hvis man pludselig blev overrasket af fjendtlige skibe.

De mindre varpankere smededes traditionelt med håndkraft, mens man med de større stokankere måtte bruge vand- eller bestekraft tilsluttet et mekanisk hammerværk. Som udgangspunkt for selve fabrikationen brugtes stænger af råjern, som blev lagt sammen og gennemsmedet tre og tre; herved blev urenheder tvunget ud af jernet, sammen med kulstoffet, der havde en tilbøjelighed til at

gøre jernet skørt. Derefter smededes stænger, der havde læggens fulde længde. Disse var udformet på en sådan måde, at de var noget tykkere i den ene ende end i den anden, således at de ved sammenlægning kunne opnå læggens noget tilspidsede form.

Man måtte sørge for, at læggens stænger havde forskellig bredde og højde, sådan at man under den efterfølgende stabling kunne opnå den fornødne stabilitet. Når de var stablet, hvilket skete efter på forhånd fastlagte regler og mål, omlagdes stængerne med stramme jernbånd for at holde dem sammen under den vanskelige smedeprocess. Nu kunne man lægge "bundter" i ilden og påbegynde sammensmedningen. Man startede ca. to fod fra den tykkeste ende og fortsatte opad, indtil man nåede det sted, hvor bullet til ringen skulle slås.

Efter samme princip smededes armene med fligene, som til sidst blev afbugget efter den bestemte form. For at kunne samle læggen med armene, foretog man nogle udbugninger, hvorefter det hele blev sammensvejet. For at holde sammen på de tonstunge dele, førte man en jernkæde gennem bullet til ringen og ned omkring fligene.

tegningerne til Møntens indretning, og han anmodede ved samme lejlighed om, at man hurtigst muligt ville begynde nedtagningen af det gamle maskineri. I august samme år var man i Hull klar til at udskibe de i alt 57 kasser og 223 enkeltdele, der måneden efter ankom til København, hvor møntmester Hans J. A. Branth modtog forsendelsen sammen med Gillespie og Adamson. Under losningen blev det opdaget, at de underste kasser var fyldte med saltvand, samt at en række løsdeler var beskadigede. Fra London meddelte Warberg en bestyrtet Branth, at man i første omgang blot skulle lade kasserne opmagasinere og iøvrigt afvente hans og Holsts ankomst. I december 1806 var Holst travlt beskæftiget med at udpakke møntmaskineriet og rense det for rust. Arbejdet afbrydes imidlertid af englændernes bombardement, og da Warberg i januar 1808 besigtigede Møntens lokaler, var disse endnu ikke blevet ryddede bortset fra hestemøllen og det tilhørende valseværk, som var blevet solgt. Finanskollegiet var nu ved at miste tålmodigheden, og der blev lagt et så stort pres på møntmesteren, at han seriøst overvejede at foretage en midlertidig opstilling af det nye maskineri i et forsøg på at få det til at fungere ved håndkraft. I hans overvejelser indgik også planer om at lade det gamle møntmaskineri genopstille.<sup>32</sup>

I september får man teknisk assistance fra Holmen, der sender to smedesvende til hjælp, men problemerne kan ikke løses ved en forøgelse af mandskabet. Warberg og Holst er de eneste, der har den fornødne tekniske indsigt, og de arbejder næsten dag og nat for at få Mønten til at fungere. I februar 1809 er Branth på sammenbruddets rand, og klager sin nød til Finanskollegiet:

*"For min Deel kan ieg ikke andet end ivrigt ønske at faae Ende paa at saa möysommeligt og mere end trættende arbejde, som fordre min hele tid og opmærksomhed, og hvorved ieg daglig lider baade paa Sind og Helbred, uden at være sat istand til at kunne nyde nogen bekvemmelighed i livet".<sup>33</sup>*

Hen på sommeren var maskineriet endnu ikke funktionsdygtigt, og da kollegiet endnu engang rykker Branth, anfører han som årsag til at værket endnu ikke er færdiggjort, at han er i akut mangel på mekanikere, at han stadig mangler forskelligt materiale, samt at bygningerne udviser den højeste grad af "brøstfældighed." I 1810 kan Branth dog meddele, at man nu er næsten færdige og at Finanskollegiets medlemmer med det første skulle være velkomne på Mønten til en demonstration. Samme år slås de første medaljer og mønter, og i løbet af det efterfølgende år synes Mønten at fungere uden vanskeligheder. Der var nu gået mere end 14 år siden man foretog de første sonderinger hos Boulton om anskaffelsen af et møntmaskineri.

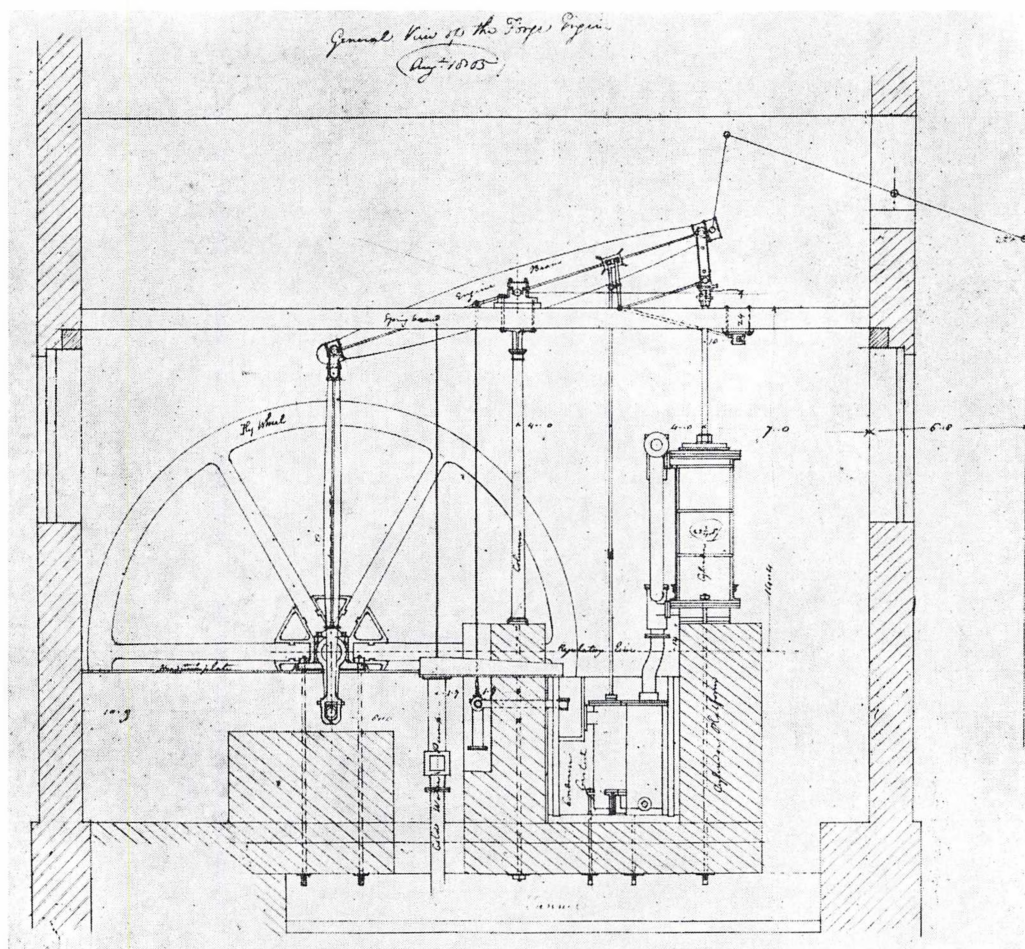
Men Boultons møntmaskineri havde ikke løst den danske stats problemer. Man havde hyppigt driftvanskeligheder og arbejdsstop, og der rejstes derfor en berettiget kritik af dens manglende effektivitet. Hvor paradoksalt det end kan lyde, så blev dele af maskineriet nedtaget allerede i slutningen af 1830'erne og erstattet af en *manuelt* betjent knæledspresse opfundet af den tyske mekaniker Dietrich Uhlhorn i 1817 (Rønne 1986, 89f.).

## Dampmaskinerne

Det kan undre, at hverken Finanskollegiet eller Konstruktionskommissionen, blandt deres overvejelser inden anskaffelsen af den avancerede teknik, gjorde sig nogen tanker om dampmaskinernes konstruktion, effektivitet eller effekt. Dampmaskinernes tekniske indretning bliver imidlertid belyst gennem den diskussion, der førtes i Konstruktionskommissionen på grund af smedemester Hammers indsigelser.

Heraf fremgår det, at der var tale om maskiner forsynet med kondensator, centrifugalregulator og damprørsventil; og af de tegninger, som endnu findes bevaret i Boulton & Watt's arkiver, fremgår det, at der var tale om dobbeltvirkende rotationsmaskiner forsynet med et i jern støbt parallelogram. I denne





*Fig. IV.5. Den første danske Boulton & Watt dobbeltvirkende rotationsmaskine. Der leveredes fire eksemplarer af denne type til den danske stat i perioden 1804-1806. Den viste maskine er i princippet identisk med Boulton & Watts prototype, der først blev leveret til firmaet Coates & Co. i 1803. Kilde: B&W arkivet, Birmingham.*

type skabte et avanceret system af ventiler basis for dannelsen af et undertryk henholdsvis over og under stemplet. I begge tilfælde kondenseredes dampen i en udskilt kondensator, som var placeret i et vandfyldt kar. En sammenligning mellem de danske maskiner og Boulton & Watt's prototype fra 1803 viser, at der er tale om identiske udgaver. I 1803 udgaven var der foretaget væsentlige forbedringer i selve konstruktionen i forhold til Watts udgaver fra før 1800. Cylinderens ud-

boring og pakning var mere nøjagtig, og svinghjulet var blevet forsynet med ekstra arme, ligesom den bærende del af konstruktionen var udført i støbejern i stedet for træ. I det hele taget er effektivitetsforbedring, præcision i forarbejdning og forøget styrke i konstruktionen nøgleord i beskrivelsen af denne type maskine. Disse tekniske forbedringer medførte bl.a. et væsentligt lavere kulforbrug. Boulton hævdede selv, at man ved offentlige prøvekørsler mellem hans maski-



ner og andre af lignende størrelse havde konstateret, at energiforbruget i Boulton & Watt maskinerne var mindst en trediedel lavere (Jensen og Kledal 1971, 150).<sup>34</sup> På trods af den manglende forståelse i de to kollegier for selve teknikken, havde man altså fået leveret dampmaskiner, som i enhver henseende var blandt tidens mest avancerede.

## Damp- og møntmaskineri

Omkring 1810 var der faldet en vis ro omkring de to statslige virksomheder på Mønten og Gammelholm. Den indkøbte teknologi var nu opstillet og prøvekørt, og havde i princippet vist sig funktionsdygtig. Adamson havde allerede i slutningen af 1807 forladt landet, formentlig sammen med den engelske flåde, men Gillespie var som tidligere nævnt blevet. Han var vel også på dette tidspunkt formelt løst fra sin kontrakt med Boulton & Watt. Men på grund af uoverensstemmelser med den egenrådige Warberg var både Gillespie og Holst søgt væk fra Mønten. I 1812 ansøgte Gillespie om at måtte anlægge en maskinfabrik, men da ansøgningen blev afslået af Finanskollegiet, overtog han i 1814 Thomas Potters jernstøberi på Christianshavn. Forretningen kan dog næppe have været nogen guldgrube, for i 1820 ses han i Søetatens betalingsreglementer opført som opsynsmand ved dampmaskinen på Holmen.

Men hvordan gik det med den nyhvervede og dyrt indkøbte teknologi. Blev forventningerne indfrie? Ved Mønten var Warberg blevet direktør i 1810, men hverken han eller Boultons dampprægmaskine havde løst det opståede problem med mangel på skille mønt. Tværtimod var behovet vokset til næsten uoverskuelige dimensioner. Bankkontoret havde ingen små mønter, og byens kræmmere og detailhandlere måtte bortvise kunder på grund af mangel på samme. Dette var en af følgerne af den voldsomme hamstring af metaller. Den udstedte skille mønts metalværdi var således mere end det dobbelte af den pålydende værdi, hvorfor alle,

der kunne lægge beslag på mønter, lod dem omsmelte. Hertil kom, at Mønten ikke havde fungeret i de over fire år, der var gået mellem dens nedtagelse og den nyes opsættelse (Rubin 1892, 221ff.). Da værket endelig var kommet i gang, fjøede der sig nye komplikationer til de allerede beskrevne; dels fordi man manglede brændsel til dampmaskinen, dels fordi man ikke kunne skaffe metal til selve møntudprægningen, men især fordi man ikke havde adgang til den håndværksmæssige kompetence, der var nødvendig for maskineriets rette betjening og vedligeholdelse.

Møntmaskineriet var en yderst avanceret teknologi, hvis lige man ikke havde set i Danmark, og derfor ikke havde nogen erfaring med. Der var tale om præcisionsmaskiner, hvor de enkelte deles forarbejdningsgrad og nøjagtighed var forudsætningen for deres funktion og for møntprægningens kvalitet. Hvis denne del af maskineriet gik i stykker, enten på grund af slidage eller personalets manglende erfaring, så stod man overfor et næsten uløseligt problem. I København fandtes der nemlig ikke den ekspertise eller de værktøjsmaskiner, som var en forudsætning for at kunne fremstille reservedele. En konsekvens heraf viste sig, da Finanskollegiet i 1811 påtænkte at lade den Boultonske Mønt kopiere og opstille i Kongsberg i Norge. Efter nærmere overvejelser måtte man nemlig opgive denne ellers nærliggende idé, fordi man erkendte, at man simpelthen ikke havde de værktøjsmaskiner og håndværkere, der kunne realisere projektet. Hermed får vi også sat håndværksmestrenes protester i Birmingham i 1804 i perspektiv.<sup>35</sup> De tekniske vanskeligheder oversteg altså de forventninger, som man fra Finanskollegiet havde knyttet til den indkøbte teknik.

## Dampmaskinernes skæbne

Anderledes forholdt det sig med dampmaskinerne, som nok af samtiden opfattedes som gruppevækkende tekniske uhyrer, men dog ikke var mere komplicerede, end man selv

kunne vedligeholde og reparere dem. Desuden var man på Holmen i besiddelse af en tekniske kompetence med en tilbundsgående forståelse for maskinernes principper, hvilket Hammer er et eksempel på. I virkeligheden havde kollegierne nok været bedre tjent med smedemesteren Hammer som rådgiver end astronomen Warberg. Men hvordan gik det med de fire dampmaskiner, fungerede de efter hensigten og hvad blev deres skæbne efter 1810?

Af de omtalte eksportoversigter i Boulton & Watt's arkiv fremgår det, at der i perioden fra 1804 til 1806 leveredes én maskine med en effekt på 8 hk, én på 10 hk, én på 14 hk samt én på 20 hk. Mærkværdigvis står de alle opført som bestilte af og leverede til Den Kongelige Danske Mønt (Tann 1978, 56ff). Det er således ikke lykkedes at finde nogen kontrakter på de omfattende leverancer til Holmen, hverken i England eller Danmark. Dette rejser spørgsmålet, om man i den engelske regering var orienteret om omfanget af denne eksport; og i særdeleshed om hvilke formål dele af den skulle tjene.

Danmark var på dette tidspunkt en af Englands potentielle fjender, men på trods af dette leveredes der altså en teknologi til den danske Marine, som man under normale omstændigheder måtte betragte som krigskontrabande. Det synes således nærliggende at drage den konklusion, at der i virkeligheden var tale om en maskepi mellem Boulton og Warberg med det formål at udføre tre ekstra dampmaskiner under dække af de lovlige leverancer til Mønten. Man må i samme åndedrag spørge sig selv, om hvorfor englænderne, som huserede på Holmen i efteråret 1807, ikke ødelagde disse maskiner, når de ellers med så stor nidkærhed raserede andre tekniske anlæg.

Men lad os vende tilbage til selve dampmaskinerne. Til Mønten leveredes altså en 14 hk maskine, som man bibeholdt der; men hvad blev der af de to på Gammelholm, på henholdsvis 8 hk og 20 hk, som englænderne åbenbart skånedede eller overså? Kort tid efter

at englænderne havde forladt Holmen, begyndte man at demontere hammerværket, og allerede i slutningen af oktober 1807 begyndte man at udleje dampkraften til nogle interessenter fra melmøllen på Christianshavn. Af regnskabet fremgår det, at dampmaskinen havde brugt 13 tønder kul i de to dage, den indledningsvis var udlejet i. Endvidere:

*"Hvad bekostning haver været ved Wærkets nedtagelse til Meel Mølle Wærket, og for samme igien at Opsætte i den Store Dampmachine bygning paa Gammelholm ...".<sup>36</sup>*

Fra sommeren 1810 gøres denne ordning permanent, og frem til ca. 1820 forsyner dampmaskinen og dens valseværk Holmens mandskab samt Københavns Bagerlaug med mel til brødbagning. I 1820 tilsluttes hammerværket igen, og herefter synes dampmaskinen at have fungeret efter sin oprindelige hensigt indtil marinen rømmede værkstederne i 1864. Den mindste dampmaskine på 8 hk kom formentlig aldrig til at slå et stempelslag på Holmen. I 1814 blev den solgt til et interessentselskab, bestående af bl.a. købmændene Fürst og Glückstadt, og opstillet ved Maglekilde papirmølle i Roskilde. Hvad blev der af den sidste maskine på 10 hk? Af korrespondancen mellem Warberg og Boulton fremgår det, at den egentlige køber var Økonomi- og Kommercekollegiet. Oprindeligt var den tænkt anvendt ved oliemøllen på "Retraite" i Skodsborg, men det blev opgivet, hvorefter den i 1810 blev videresolgt til Rasmus Holmblads industrivirksomhed i København.<sup>37</sup> Heller ikke Admiralitetets forventninger gik således i opfyldelse. Fra 1807 til 1820 måtte man købe sine ankre og skibsknæ i Norge og Sverige og alt andet tungere smedearbejde måtte foregå med "hånd og magt."

De tre kollegiers forsøg på at forcere den teknologiske udvikling i Danmark og via dette gøre sig uafhængige af udenlandske leverancer og økonomiske barrierer var slået fejl.

Både Konstruktionskommissionen, den indkaldte ekspertise, fabrikmesteren og smedemesteren, alle personer med praktiske erfaringer, havde peget på de problemer, der kunne opstå; men i den øverste ledelse var disse argumenter blevet vejret og fundet for lette. Man havde dermed, bevidst eller ubevidst, ladet sig styre af den fremherskende ideologi i stedet for de faktiske realiteter. Overfor realiteterne stod også tidens teknologifascination, en (hos overklassen) udtalt interesse for mekanik og maskineri. Men et var altså at have set Boulton & Watts vel fungerende industrikompleks i England, et andet med fordel at indføre denne avancerede teknologi til det i teknisk henseende tilbagestående Danmark. Da Gillespie i 1812

ansøger Finanskollegiet om økonomisk støtte til oprettelsen af en dampmaskinefabrik, ser det imidlertid ud til, at dette kollegium har taget ved lære af de dyrtkøbte erfaringer. Af begrundelsen for afslaget fremgår det nemlig,<sup>38</sup>

*"at man aldeles ikke er overbevist om, at den ved Dampmaskiner frembragte Kraft erholdes for bedre Køb end ved Menneske- eller Dyr-, end sige ved Vind- eller Vand Kraft ... de mange Ting, han bebuder at præstere, maa opvække en, med Hensyn til foregaaende for den kgl. Kasse temmelig bekostelige Erfaringer, ikke ugrundet Frygt for, at Anlæget kunde, om ikke ganske strande, saa dog ikke til fulde svare til de store Løfter."*

# Danske dampmaskiner: Produktion og anvendelse

*Dan Ch. Christensen*

Dette kapitel vil koncentrere sig om de første danske producenter af dampmaskiner, deres teknologiske forudsætninger og de hindringer, de måtte overvinde m.h.t. laugsvæsen og konkurrence fra Engelsk eller alternativ energiteknologi. Med andre ord, hvad karakteriserede de første danske producenter af dampmaskiner?

Når staten indkøbte dampmaskiner, spillede markedsbestemte økonomiske overvejelser ingen rolle; men når private fabrikanter beslutter sig for at indføre dampteknologi, bliver det afgørende at vurdere de motiver eller interesser, aftageren har. Hvilke maskiner skal drives med damp? Hvad var problemet med den gamle energiforsyning? Kunne man have klaret sig uden damp? Var det privatøkonomiske eller samfundsøkonomiske fordele, der knyttede sig til dampteknologien? Springet fra at importere dampmaskiner fra det teknisk avancerede England til selv i Danmark at producere dem afspejler en udvikling til et højere teknisk kompetence-niveau. Hvordan blev dette opnået? Spillede statslige institutioner som f.eks. Holmen, Frederiksværk eller Den Polytekniske Læreanstalt, nogen aktiv rolle i denne udvikling, eller var det autodidakter, som af egen drift og for egne midler løftede kompetence-niveauet? Det er disse typer spørgsmål, jeg her vil belyse.

Hvis man vil forstå omfanget af de kvalifikationer, der kræves for at producere en dampmaskine, kan det hjælpe at se på de komponenter, den består af, nemlig kedel, rør, cylinder, pumper, kondensator, centrifugalregulator, vippebom, svinghjul og aksler.<sup>1</sup>

Betragtet hver for sig virker dette jo ikke uoverkommeligt:

- Det var kendt teknologi for kobbersmede, kedelflikkere og blikkenslagere at forfærdige f.eks. bryggerkedler og rør til destillering, og der var danske producenter af produktionsudstyr til et utal af bryggerier og brændevinsbrænderier, f.eks. Brede Værk ved Mølleåen.
- Frederiksværk havde lang tradition for at støbe og udbore kanoner til både hær og flåde, og at fremstille cylinderen til en dampmaskine er i princippet samme teknologi.
- Der var adskillige ur- eller instrumentmagere og gørtlere eller kleinsmede, som var i stand til at producere måleinstrumenter til videnskabelig brug af international kvalitet, så centrifugalregulator og ventiler skulle heller ikke være det store problem.
- Endelig var grovsmede og jernstøbere fortrolige med teknikker til fremstilling af ankre, vognaksler eller store tandhjul til f.eks. tærskværker.

Problemet var, at skulle en dampmaskine produceres af én person eller på ét værksted af samarbejdende specialister, måtte de forskellige kvalifikationer forenes – og det var ikke nemt. Produktionen af en dampmaskine stod og faldt med det svageste led i den samlede række af kvalifikationer. Og ikke bare kvalifikationer, men i ligeså høj grad værktøjsmaskiner, som netop under den industrielle revolution i England udvikledes til et hidtil ukendt raffineret stade. Det gælder især bore-møller og præcisionsdrejebænke til gevind-



skæring (skruer og møtrikker), valser og skruestikke.

Maskinproduktionen var nøglefunktionen i den teknologiske udvikling. Maskiner til de forskellige specielle produktioner, som f.eks. tekstilmaskiner, trykkerimaskiner eller papirmaskiner lod sig betjene af ukvalificeret arbejdskraft efter kort oplæring ved maskinen. Tekstilmaskiner blev f.eks. ofte betjent af fattiglemmer, børn eller ældre mennesker. Anderledes med værktøjsmaskiner, der var en forudsætning for at producere andre maskiner; de krævede forholdsvis højt udviklede færdigheder, der følgelig specialiseredes, og organiseret samarbejde mellem specialister.

Et hovedproblem på dette felt var naturligvis fremstillingen af første eksemplar: Hvordan laver man f.eks. en præcisionsdrejebænk med spindler og skydelad, når man ikke i forvejen har en præcisionsdrejebænk? Det første eksemplar må laves i hånden, men er det først gjort, vil man bruge den anden til at fremstille den tredje og de følgende. Netop fordi det første eksemplar stillede særlige krav, var iveren efter og opfindsomheden med udsøgningsmetoder fra England så kendetegnende for de industrispioner, der med statsapparatets og kongens personlige velsignelse og understøttelse begav sig til Englands avancerede værksteder. Med værktøjsmaskiner som hjælpemidler kunne man så fremstille maskiner, hvis vel at mærke kvalifikationer, tegninger eller modeller var tilstede (Paulinyi 1989, 17ff).

I slutningen af det 18. århundrede blev laugsvæsenet ophævet i flere lande, fordi den teknologiske udvikling gik på tværs af laugsgrænserne. Men ikke i Danmark. Landbruget undergik en dramatisk modernisering i kraft af landboreformerne, men byernes laugsvæsen faldt ikke før 1857, hvilket var usædvanligt sent sammenlignet med andre vesteuropæiske lande. Hvor den ny teknologi krævede det, fremstod der imidlertid også herhjemme teknologiske brancher, som i princippet kunne producere uhindret af etablerede laugsinteresser.

Mekanikere og jernstøbere kunne få næringsbevilling uden om laugene, hvilket må ses som en officiel anerkendelse af, at laugsvæsenet havde sin fremtid bag sig. Begge brancher krævede kvalifikationer fra forskellige eksisterende laug, f.eks. gørtlere, (model-) snedkere og (klein-) smede, og de enkelte laug kunne tage sig dyrt betalt for disse kvalifikationer; deres interesser bestod jo netop i det modsatte, nemlig i at forhindre grænseoverskridende teknologier, som truede laugets identitet og monopol. Mekanikere og jernstøbere er eksempler på nye teknologer, der trods regeringens principielle velvilje i praksis måtte kæmpe imod laugsvæsenets og Københavns Magistrats interesser.<sup>2</sup>

Men lad os koncentrere os om dampmaskinereproduktionens konkrete problemer. Vi har tidligere set på Mitchells vanskeligheder med at få underleverancer fra Gamst og Potter af tilfredsstillende kvalitet og til tiden (kapitel III). Når selv Boulton & Watt løb ind i store tekniske problemer med underleverancer af tilfredsstillende kvalitet, kan det ikke undre, at de teknologisk mindre udviklede lande, som var fascinerede af moderne dampmaskiner, stod over for næsten uindløselige krav til præcisionsarbejde. Nøglen hertil var værktøjsmaskiner, som var uopnåelige som følge af englændernes forståelige hemmelighedskræmmeri. Mekanikere, som kastede sig ud i opgaven, var teknologiske vovehalse, som gjorde sig selv til ofre for kollegers skadefryd, når deres anstrengelser fejlede, og for misundelsens harme, hvis de skulle lykkes. På denne baggrund bliver det påtrængende spørgsmål, hvordan det lykkedes for Ole Winstrup og Martin Frederik v. Würden at sætte sig i stand til at producere de første danske dampmaskiner.

## Winstrup og den første danske dampmaskine

Ole J. Winstrup var smedesøn fra Vinstrup i Holbæk Amt og havde takket være stavnsbåndets ophævelse fået sin uddannelse ved

flere forskellige laug i København. Foruden gørtler var han

*"tillært Snedker, Møllebygger og Møller, forstår at gjøre Modeller, smelte, forme og støbe Jern og Metal; [han] kand smede fiile og dreje nøiagtig, forstaar at tegne og at arbejde efter Model og Tegning."*<sup>3</sup>

Efter endt læretid indgik han i samarbejde med Andreas Jensen, der var producent af landbrugsmaskiner og uddannet hos englænderen John Smith, som Kommercekollegiet havde udpeget til at udvikle denne branche, hvortil den havde stillet værksteder til rådighed i Skt. Pederstræde. Mens Winstrup arbejdede der, var han trådt i forbindelse med flere teknologisk interesserede professorer på universitetet, havde fulgt deres forelæsninger og leveret instrumenter og maskiner, f.eks. en *laterna magica* til professor Bugge, samtidig med at han indsendte sine projekter til Landhusholdningsselskabet og Søetatens Konstruktionskommission, og udstyrede sit værksted med maskiner til en værdi af 4000 Rbdl.<sup>4</sup>

At Winstrup ikke var ene om at satse sine midler på moderne værktøjsmaskiner, ses af konkurrencen mellem Frederiksværk og Kommercekollegiet ved auktionen over omtalte John Smiths dødsbo<sup>5</sup>. Et andet eksempel er den statslige understøttelse på 6000 Rbdl til stadsmekanikus Jesper Bidstrup, der udsendes som industrispion til England med særligt henblik på instrumenter og værktøjsmaskiner. Blandt hans erhvervelser må navnlig fremhæves drejebænke, filebænke, boremaskiner, specialværktøj, instrumenter, tegninger, modeller og teknologisk litteratur.<sup>6</sup> Endelig skal jeg erindre om, at der med statens omfattende ordre til Boulton & Watt i 1804 fulgte en bestilling på en drejebænk, som det sikkert ellers havde været illegalt at eksportere, men som nu kunne camoufleres i mængden af kasser (jf. kapitel IV). Desværre står vi uden illustrationer og præcise beskrivelser af disse værktøjsmaskiner.

Ud over at suge viden til sig fra danske

kilder opøvede Winstrup åbenbart så betydelige sprogkundskaber, at han kunne orientere sig internationalt. F.eks. studerede han franskmændene Duhamel du Monceau og amerikaneren Oliver Evans, hvis navn er bekendt som konstruktør af den fuldautomatiske kornmølle og senere af højtryksdampmaskiner.<sup>7</sup> Da Landhusholdningsselskabet i 1820 ønskede en kopi efter tegning af franskmændene Christians hørbrudemaskine viste Winstrup sig at være den eneste jernstøber og maskinbygger i landet, der havde både vilje og kapacitet hertil.<sup>8</sup> Få år tidligere havde han haft succes med at bygge en vindmølle, der var både selvkrøgende og selvsvikkende, hvilket hidtil havde været helt ukendte principper i Danmark. På sit maskinværksted og jernstøberi Mariaslyst på Frederiksberg, hvor han i en årrække beskæftigede mere end 20 arbejdere, kunne man købe de ypperligste landbrugsredskaber i landet, mange af dem efter original konstruktion (Sterm 1837, 160-75). Det er ikke underligt, at han vandt Jonas Collins tillid og protektion, til hvem han da også dedicerede sin *Beskrivelse af de bedste og nyeste Agerdyrkningsredskaber*, der kom i dansk og tysk udgave mellem 1822 og 1825.

Det var nu ikke på Mariaslyst den første danske dampmaskine blev bygget, men på hans værksted på godset Hundisburg i Sachsen. Vi kan ikke vide, hvad der motiverede Winstrup til en teknologisk dannelsesrejse sydpå. Det kan have været konjunkturaftmatningen under kornsalgskrisen eller laugsvæsenets chikanerier; eller det kan have været skuffelsen over en række konflikter med Ørsted – om en misforstået kritik af hans mølleprojekt<sup>9</sup> – og Drewsen – om en ukvalificeret dom ved Landhusholdningsselskabets plovkonkurrence på Strandmøllen i 1820.<sup>10</sup> Under alle omstændigheder stiftede han på sin rejse bekendtskab med en berømt tysk industrialist, J. G. Nathusius.

Johann Gottlob Nathusius var en af Preussen-Sachsens mest driftige godsejere og fabrikanter. Under statsminister von Bülow og den Adam Smith inspirerede statsråd Kunth til-

deltet Nathusius en fornem preussisk orden for sine industrielle initiativer (Mieck 1965, 21). Han beskæftigede omkring 1000 mennesker, men hvad der navnlig behagede den preussiske regering, var hans investeringer i teknologisk forskning og udvikling. På sit gods Hundisburg havde han bl.a. et teknisk bibliotek og et kemisk laboratorium.

I 1815 fik Nathusius på bjergværkskontoret i Berlin anbefalet en ung tysk mekaniker ved navn Neubauer, der udmærkede sig ved at være videreuddannet på engelske værksteder. Nathusius engagerede nu dette selvbevidste unge lys, til hvem han fattede fuld tillid og gav fri tøjler til økonomiske dispositioner og ansættelser, så det halve slot Hundisburg kunne indrettes til en moderne maskinfabrik, samt i forbindelse med en vandmølle til jernstøberi og kobbersmedje. Neubauer drog igen til England, hvor han hyrede 12 engelske mekanikere, indkøbte tekniske modeller, drejebænke og andre værktøjsmaskiner samt, hvad der i vor sammenhæng er værd at notere, en dampmaskine på 2 hk til at drive værktøjsmaskinerne.<sup>11</sup>

Hvor slottets sale med deres forgyldte lædertapeter og gobeliner tidligere havde udstrålet aristokratisk atmosfære, udsendtes nu det industrielle ekko af hamre og ambolter og fræse- og boremaskiner. Nathusius var i den grad opslugt af sine tekniske fremtidsvisioner, at han sad advarende røster om Neubauers karakteregenskaber overhørig. Var det ikke påfaldende, at Neubauer og hans engelske team skulle have egen kok til at tilberede deres menuer, og var det ikke mistænkeligt, at Neubauer, når hans støbegods revnede, skød skylden på kullene, og så i dyrdomme bestilte erstatninger på støberier i Harzen?

I 1818 havde Nathusius efterhånden investeret over 100.000 Thaler i sit maskinværksted, og Neubauer begyndte at gå ham på nerverne. Men snart kunne en stolt Nathusius meddele den preussisk-sachsiske regering, at Neubauer havde bevist, hvor dygtig han i virkeligheden var. Nu stod dampmaskinen

færdig, og den kørte straks helt perfekt, uden rystelser eller røggener, hvilket selv i England var usædvanligt. Nathusius kunne sole sig i rosen fra de forsamlede tilskuere og de fjerntboende ministre.<sup>12</sup> Selvom maskinen var tiltænkt Nathusius' egen tobaksfabrik i Magdeburg, bød en fabrikant, der havde en lignende maskine i ordre, en overpris på 1000 Thaler for dampmaskinen. Da Neubauer og hans englændere havde sat den op hos fabrikanten, fungerede maskinen imidlertid ikke; men Neubauer forsikrede, at han blot behøvede et nyt stykke støbegods fra Harzen for at bringe sagen i orden. Til at betale jernstøbereren fik han et par hundrede Thaler af Nathusius, lånte hans vogn – og forsvandt for steds!

Først nu så den bedragede og sønderknuste Nathusius realiteterne i øjnene; Neubauer var en charlatan og hans eget tekniske projekt en bristet illusion. Han var totalt lammet, stævnedes svindleren for kontraktbrud, udlovede en dusør på 100 Louis d'or for hans pågribelse, og lod desperat maskinværkstedet på Hundisburg forsegle. I sin dybe skuffelse var han ude af stand til at skelne mellem en individuel teknologs bedrageri og maskinværkstedets teknologiske potentiale, som jo var intakt.

Nogle få år senere dukkede Winstrup op på Hundisburg, hvor han blev budt på Nathusii frugtvin og berettede om sin karriere i Danmark. Nathusius fattede straks tillid til Winstrup, i hvem han så Neubauers diametrale modsætning:

*"En ærlig, nordisk hædersmand, ... med stridt bår og skipperskæg, en mand af få ord og uden de store armbevægelser"* (Nathusius 1915, 216).

Forseglingen til maskinværkstedet blev brudt op, og Winstrup, som må have strålet af teknologisk entusiasme ved synet af disse enestående værktøjsmaskiner, men samtidig have følt sig indigneret over deres forfaldne og uvirksomme tilstand, fik nu tilbudt at købe



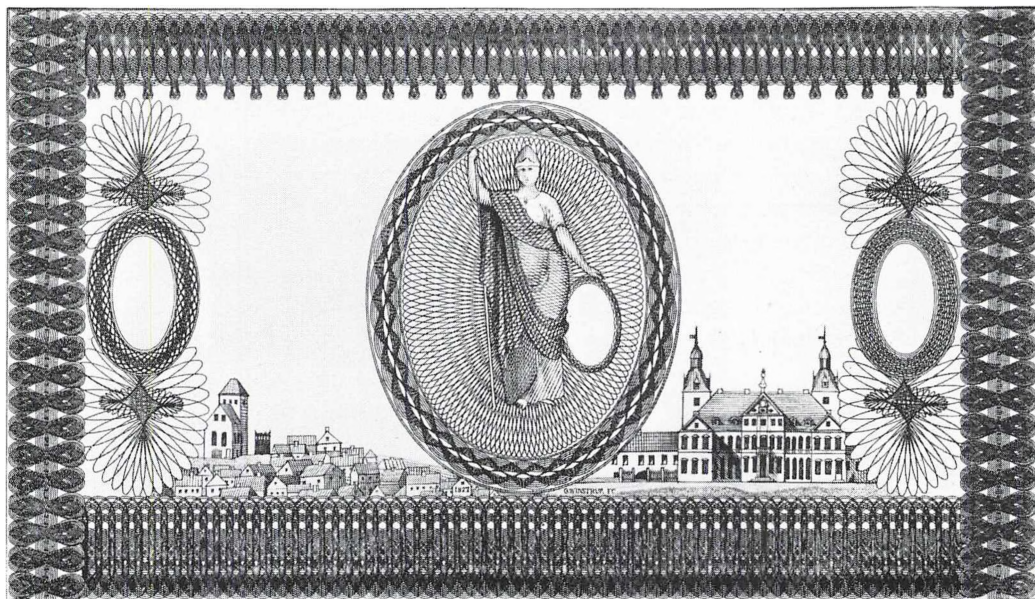
dette overdådigt udstyrede maskinværksted på favorable vilkår. I nogle år pendlede Winstrup mellem Mariaslyst og Hundisburg, og det var fra denne udenlandske forudsætning, Winstrup slog sig op som første danske producent af en dampmaskine. Winstrup kunne nu umiddelbart gå i gang med at kopiere den engelske dampmaskine, han var kommet i besiddelse af, sideløbende med at han forsynede det marked for agerdyrkningsmaskiner, som Nathusius havde opdyrket og som Winstrup plejede med sin tyske oversættelse af billedværket herom.

Winstrup må have overvejet, hvilken dansk privatmand, der kunne tænkes som køber til en 2 hk dampmaskine. Allerede i 1823 havde han præsenteret Adresseavisens direktion for et projekt, der omfattede en hurtigpresse og en 2 hk dampmaskine – den effekt, der bl.a. blev anvendt på The Times i London, hvor en König & Bauer hurtigpresse første gang var

installeret i 1813 (Bolza 1933, 13). Men direktionen var nervøs for naboreaktionerne mod en dampmaskine på Strøget og for problemer med at få ansat fyrbøder og kvalificeret tilsyn, så først i 1825 købte Adresseavisen en König & Bauer hurtigpresse, der dog udelukkende blev betjent manuelt.<sup>13</sup>

I 1826 leverede Winstrup så den første dansk producerede dampmaskine til brygger Hans Bagger Momme, på hjørnet af Strøget og Nytorv, til at drive en valse til malt. Det er nærliggende at formode, at denne maskine var en kopi af den engelske i Hundisburg. Der findes ingen tegning af den, men Ursin beskriver den som en 2 hk lavtryksmaskine efter Watts princip; kedlen (cylindrisk ca. 150 cm x 50 cm) opsættes i forbindelse med bryggeriets hovedskorsten, og selve maskinen i et mindre lokale i bryggeriet. Pris 1000 Rbdl, toldfrit leveret. Fra bryggeriets brønd pumpes koldt vand op af sugepumpen, der er for-

*Fig.V.1. Prøvetryk af uefterlignelig pengeseddel med slottet Hundisburg som motiv til højre og landsbyen Althaldensleben til venstre. Det var her på slottet, Winstrup fremstillede den første danske dampmaskine. På værkstedet havde han dels en 2 hk lavtryksmaskine som model, dels en præcisionsdrejebænk, for ellers kunne han ikke have fremstillet prøvetrykket. Om teknikken bag pengesedlen, se teksten. Kilde: Ursins Mag. 1827, 105-111.*





bundet med kondensatoren, hvorfra den fortættede damp, efter at have skabt undertryk i cylinderen, ledes over i kedlen og således sparer brændsel; cylinderen er ca. 20 x 40 cm, og stemplet slår ca. 1 slag pr. sekund.<sup>14</sup> Alt tyder på at maskinen fungerede perfekt. Jeg skal senere vende tilbage til denne dampmaskine fra en anden synsvinkel, nemlig brygger Mommers anvendelse af den.

I 1828 afhændede Winstrup sin maskinfabrik Hundisburg for at tiltræde stillingen som forstander for værkstederne ved Den Polytekniske Lærestanstalt. Han bragte sine værktøjsmaskiner med hjem til Mariaslyst, hvor han i de følgende år producerede endnu tre dampmaskiner. Den første til oliemøller C. Riis på Amagertorv var på 8 hk og forsynet med en særlig røgfortærrer. Den anden til chokoladefabrikant P. E. Deichmann på Accisevænget lige uden for Nørreport var på 6 hk, og den tredje ligeledes på 6 hk til sig selv, bl.a. til drift af en kornmølle.

Finansieringen af disse ordrer anstrengte Winstrups økonomi til bristepunktet. I 1829 lånte han 1000 Rbdl privat til Riis' maskine og 800 Rbdl af den Reiersenske Fond

*"til at fuldføre en Høitryks Dampmaskine af 6 Hestes Kraft, hvilken Maskine fornemmeligen er bestemt til at drive en Hollænder til Pappapir Fabrikation,"*

men endte med at blive solgt til Deichmann. I 1830-33 optog han fem forskellige lån på henholdsvis 1300, 6000, 4000, 2000 og igen 4000 Rbdl, dels til dampmaskine, dels til køb af tillægsjord og til opførelse af en vindmølle. I intet af tilfældene brugte han Industrifonden, som f.eks. Frederik Schjøtt gjorde. Af skøde- og panteprotokollerne, som registrerer disse lån, fordi de blev optaget med sikkerhed i Mariaslyst, fremgår, at Winstrup altid indfriele sine gældsposter, skønt i nogle tilfælde efter kortvarig udsættelse.<sup>15</sup> Vi kan konkludere, at han var selvfinansierende, og således adskilte sig markant fra de mange 'merkantilistisk' finansierede projektmagere,

der ofte påførte de offentlige kasser betydelige tab.

Når Winstrup på trods af sine rige teknologiske talenter ikke fik held til at udvikle sin virksomhed til en blomstrende forretning, skyldes det formentlig, dels at han ikke havde fremmed kapital i ryggen, og dels manglen på købmandskab. "Han forlangte for høj pris for sine produkter," skriver Elsbeth von Nathusius, der dermed pointerer modsætningen til sin velhavende slægtning, der netop havde grundlagt sin formue ved hjælp af sin sans for markedssituation og priskalkulation (Nathusius 1915, 217). Dertil kom utvivlsomt den skrappe konkurrence fra Frederiksværk, der havde toldfrihed, lavere arbejderlønninger, bedre finansieringsmuligheder og større produktionsanlæg. I 1843 søgte Winstrup audiens hos kong Christian VIII for at klage sin nød.

*"Jeg var den første indfødte Danske, der byggede Dampmaskiner, jeg vilde udvide mine Værksteder til større Arbejder, men neppe begyndt dermed før Frederiksværk begyndte paa det Samme og med dem torde jeg ikke vove nogen Vedestrid,"*

skrev Winstrup.<sup>16</sup> Men da var lyset for hans fremtidsudsigter endeligt slukket.

## v. Würdens dampmaskine på Frederiksværk

To år senere bygges den anden danske dampmaskine (den første i Danmark) af Martin Frederik v. Würden, sandsynligvis i faderens værksted i Stormgade. Maskinen, der var på 4 hk, var bestilt af skibsreder Jacob Holm, Christianshavn, som med den ville drive en oliemølle. v. Würden havde erhvervet sine kvalifikationer som dampmaskinebygger i G.C. & J.C. Friends maskinfabrik i Berlin.

Disse navne, v. Würden og brdr. Freund, forekommer ikke særligt danske. Slægten v. Würden stammede fra omegnen af Bremen

og Martin Frederiks far oprettede et kleinsmedværksted i Stormgade, hvor også hans tre nevøer, brødrene Freund, fik deres oplæring. Begge slægter var således, hvis man endelig vil placere dem nationalt, københavnske, indtil to af Freund-brødrene i 1815 grundlagde den første preussiske specialvirksomhed for dampmaskiner i Berlin, hvor fætteren M. F. v. Würden sluttede sig til dem fra 1818-25 (Nyrop 1892). I 1830 var alle i Berlin arbejdende dampmaskiner enten produceret af brdr. Friends maskinfabrik eller af udlandsenglænderne brdr. Cockerill i Liège og Berlin (Lärmer 1979, 170f.). Friends første dampmaskine, der fungerede i Berlin fra 1816-1902, kan stadig ses på Deutsches Museum i München.

Konstruktionsprincippet i v. Würdens dampmaskine adskilte sig fra Watts og Winstrups. Efter udløbet af Watts patent år 1800 var der åbnet mulighed for andre typer dampmaskiner, og Friends etablissement var kendt for deres højtryksmaskiner med en overfladekondensering i form af et rørsystem på henved 30 m, ikke ulig brændevinsbrænderiernes destillationsapparater. Hvor Watts lavtryksmaskiner havde separat kondensator, hvor fortætningen af dampen skete ved direkte indsprøjtning af koldt vand, blev dampen fra v. Würdens højtryksmaskine ledet gennem et rør omgivet af koldt vand, hvor dampen fortættedes ved afkøling; vandet blev derfra pumpet til en varmtvandskasse og videre til kedlen, således at varmen kunne genbruges. Fordelen ved højtryksmaskinen var, at pumpe og ventilsystemer var enklere, og eftersom damptrykket var højere, i dette tilfælde 2.25 atmosfære, kunne samme effekt opnås med mindre cylindervolumen (McNeil 1990, 277).

Større betydning fik dog v. Würdens indsats på Frederiksværk, hvor han i 1828 fik til opgave at bygge en 20 hk dampmaskine for værket regning til handelshuset Th. Suhr i kompagniskab med den lokale købmand K. A. Larsen, der forpagtede det stedlige kobberværk i årene 1827-55. v. Würdens person-

lige kvalifikationer var hovedsageligt erhvervet i Friends maskinværksted i Berlin, suppleret med en rejse i 1826 til Maudsley, Sons & Field i London, hvor han som teknisk konsulent indkøbte dampmaskinen til fartøjet Dania. Sammenlignet med Winstrup er den teknologiske dannelse rejse fælles, men den karakteristiske forskel er, at mens v. Würden blev håndplukket og aflønnet af staten, arbejdede Winstrup som nævnt helt uafhængigt, d.v.s. med egen finansiering og egne værksteder, og måtte selv skaffe kunderne på markedet. I den forstand tilhørte Winstrup den gamle verdensorden; v. Würden den ny, hvor den professionelle ingeniør træder ind på arbejdsmarkedet.

v. Würdens uddannelse i København og Berlin, hans dampmaskine til Jacob Holm og hans konsulentrejse til London overbeviste Frederiksværk og grosserer Th. Suhr om, at han var manden med de rette kvalifikationer.<sup>17</sup> Til gengæld var Frederiksværk stedet med landets bedste jernstøberi, men det lå, som A.F. Tscherning kritisk havde påpeget, hen i dvaleligende tilstand. Jeg kan ikke tilbageholde den formodning, at Tscherning bag kulisserne har optrådt som formidler af samarbejdet mellem de tre forskellige ejere af henholdsvis tekniske kvalifikationer, finanskapital og produktionsudstyr. Samarbejdet var til punkt og prikke virkeliggørelsen af de anbefalinger, Tscherning efter en sønderlemmende kritik af statens industripolitik havde fremført i Statsoeconomisk Archiv i 1826.

Anthon Frederik Tscherning, der på dette tidspunkt dels havde en oplæring på Frederiksværk bag sig og nu arbejdede som assistent for sin far, og dels havde en officersuddannelse og udlandserfaringer, havde adskillige grunde til at afslå et tilbud om at overtage faderens stilling som inspektør for værket. Han var dybt frustreret over den statslige styrelse og havde rigeligt af dårlige erfaringer til en beslutning om ikke at spille sit krudt på værket. Hans kritik galdt den handlingslammende kompetencefordeling mellem bestyrelsen i København og inspek-

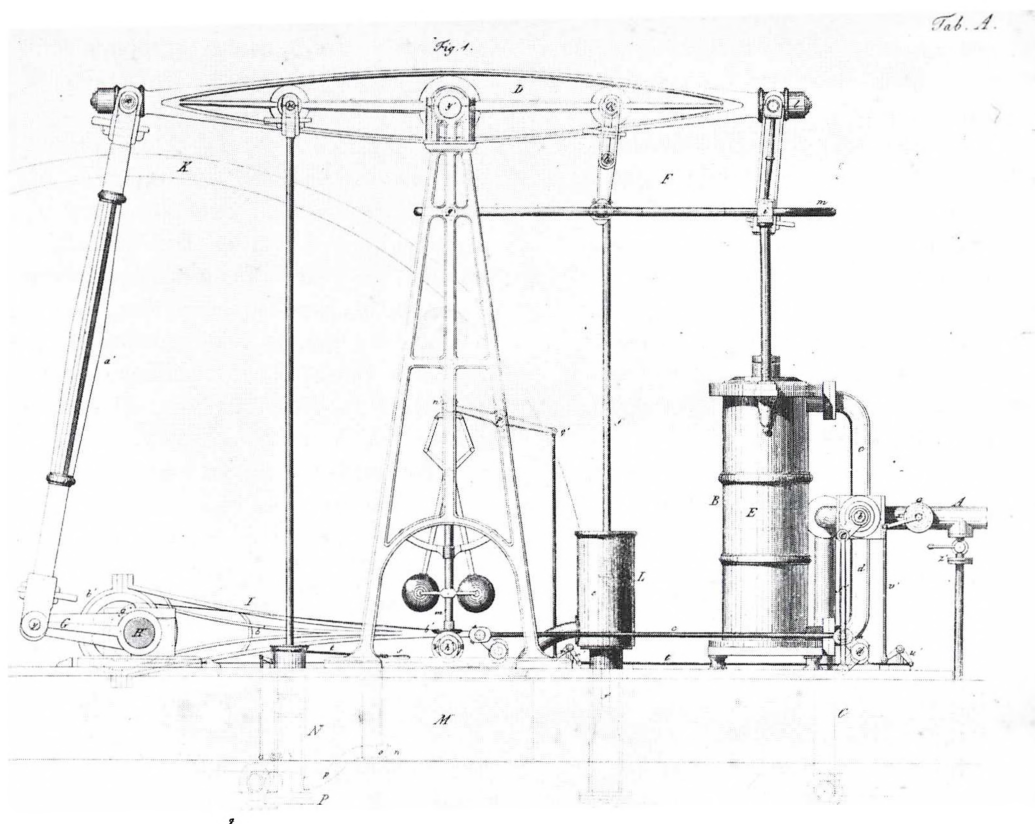


Fig V.2. Constructions-Assistent Hummels tegning af v. Würdens dampmaskine, 20 hk højtryk, fremstillet på Frederiksværk i 1828. Der er ikke tale om en konstruktionstegning, men om en illustration. Der findes formentlig ingen bevarede danske konstruktionstegninger fra perioden, da konstruktionsprincippernes detaljer søgtes beskyttet som fabrikationshemmeligheder. Bemærk at L ikke er en kondensator, men en luftpumpe. Dampens kondensering finder sted i et rørsystem, som er forbundet med kedlen. Kilde: Ursins Mag. 1833, 2.Rk., 4.Bd., 453-459. Tegningen mangler dog i det Kongelige Biblioteks eksemplar, men er indbundet i bibliotekets eksemplar af G. F. Ursin, "Dampmaskine i Postfartøjet 'Mercurius'" fra 1832.

toratet på værket, værkstedernes hensygnende tilstand, det søvndyssende laugs- og privilegiesystem og endelig den konservative holdning til moderne teknologi og markedsføring. På denne baggrund opfordrede han til at ændre det stive forvaltningssystem, ophæve laugsrettigheder, toldfritagelse og statsmonopol til fordel for private kapitalinvesteringer og teknologisk modernisering. Man kunne jo ikke blive ved med at jamre over ulykkerne under Englandskrigene.

Som privatperson optrådte han som konsulent for Suhr, der var hovedleverandør af kul, tjære og beg ikke blot til Frederiksværk, hvor han i 1827 havde 13.000 Rbdl til gode, men til størsteparten af kongeriget. Inspektoratet indledte nu underhåndshandlinger med Suhr om at overtage forpagtningen af kobbervalseværket på Frederiksværk fra englænderen Thomas English, der siden dets oprettelse omkring 1800 havde oparbejdet en enorm gæld til kongen. English mistede

forpagtningen til huset Suhr, der betingede sig en 20 hk dampmaskine til levering pr. 31. november 1828, produceret for værkets regning og på dets produktionsanlæg af v. Würden til en pris af 8000 Rbdl plus 4000 Rbdl for opsætning. I sin kontrakt med v. Würden havde værket sikret sig levering pr. 1. juni 1828, og endvidere dækket sig ind ved ikke at indgå på modkrav for forsinkelser før 1. januar 1829, og da kun i form af valseværkets gratis adgang til vandkraft. Kobberværkets valser og hamre skulle ved hjælp af et nyt kraftoverførselssystem kunne drives alternativt af vand eller damp.<sup>18</sup>

Suhr kunne også have satset på det sikre, sådan som vi senere skal se J. C. Drewsen gøre, og købt en maskine i England; det ville være gået hurtigere, skrev inspektøren til administrationen. Men Suhr og værket løb den risiko, Tscherning jun. havde agiteret for, da han skrev

*"Vi see jo næsten aarligen saadanne Maskiner indføres fra Udlandet, de derfor udgaaede Summer ere nok værd at lade gaae igennem Hænderne hjemme. Da vi desuden see, at her Fabrikanstalter staae stille, tildeels af Mangel paa Vandkraft, hvorfor begyndes da ikke med at gjøre en Dampmaskine til eget Brug, for derved at vise, hvad man kan gjøre; Ingen bestiller Maskiner hos den, om hvem han ikke veed, at han kan gøre dem. Eller tror maaskee Frederiksværk, at det kan concurrere med den øvrige Fabrikverden, uden at bruge de store, mekaniske Kræfter, hvoraf denne betjener sig?"*<sup>19</sup>

v. Würden flyttede nu sine aktiviteter fra Stormgade til Frederiksværk for at producere den store dampmaskine. Iflg. kontrakten modtog han som forskud et lån på 500 Rbdl, men ellers gik aftalen ud på 2 Rbdl om dagen plus en "Duceur" på 1000 Rbdl, hvis han løste opgaven tilfredsstillende og til tiden. Dette store beløb blev begrundet med, at v. Würden ved at gå i værkets tjeneste gav afkald på at konkurrere med udgangspunkt i familiens

værksted i Stormgade. Han måtte selv engagere de arbejdere, han ville, og aflønne dem efter københavnske akkorder for værkets regning. De nødvendige materialer fik han leveret mod rekvisition, men det var lønninger, der var den tunge omkostning.<sup>20</sup>

Men hvordan så det produktionsanlæg egentlig ud, som v. Würden havde til rådighed i 1827? Der var for det første jernstøberiet i det gamle giethus med to reverberovne og en kuppelovn forsynet med hestetrukke blæseværk. Hertil kom et metaldrejeri med to drejelader (vanddrevet), et boreværk med to borebænke (hhv. vand- og hestedrevet) samt en vertikal boremaskine. Den store smedje, eller maskinværkstedet, havde et vandhjul til blæsemaskine til 12 mindre og to større esser og et vandhjul til hammerværk og presse. Det var her aksler kunne sammensvejes. Endelig var der sabel- og knivfabrikken med ildsteder, filebænke, slibesten og polerbænke (vanddrevet), hvor det finere smedearbejde kunne udføres. Disse anlæg og kobbervalseværket var Danmarks mest veludstyrede anlæg for metalteknologi, idet man må huske på, at smedjen på Gammelholm nok disponerede over dampkraft, men at denne i efterkrigstiden mest blev anvendt til kornformaling, nu da hammerværket til store ankre stod næsten stille (jf. kapitel IV).

Dampmaskinens cylinder var godt 165 cm høj og ca. 50 cm i diameter. Jeg kender ikke godstykkelsen; men da der er tale om en højtryksmaskine, må den have været stor. At fremstille den har svaret til at støbe en kanon, blot sværere, fordi der her stilledes endnu større krav til præcision; for sluttede stemplet ikke tæt til cylinderens indvendige vægge, tabte maskinen i effektivitet. Indtil omkring 1800 støbte Boulton & Watt ikke cylindre til deres dampmaskiner selv; de havde en underleverandør, som var ekspert i kanon- og cylinderstøbning, nemlig John Wilkinson, Bersham Ironworks. Han udviklede en speciel cylinder-boremaskine, som leverede helt anderledes præcisionsarbejde end hidtil kendt. Cylindrene til Newcomen maskinerne havde



en tolerance mellem stempel og cylindervæg på "en lillefingers tykkelse", en måleenhed, der ikke vidner om stor nøjagtighed. John Smeaton arbejdede i de følgende år på at forbedre udboringsteknikken, men det var først med Wilkinsons metode, problemet blev løst til Watts tilfredshed. Han kunne nu love sine kunder, at en 180 cm høj cylinder "i værste fald kun afveg fra den absolutte (geometriske) sandhed med tykkelsen af en tyndslidt sixpence" (Rolt 1965, 56).

På Frederiksværk havde man oparbejdet erfaringer med kanonfremstilling siden 1752. Det galdt dog kun bronzestøbning; de første forsøg med jernkanoner, der indledtes i 1769, hvor Giethusets nordvestfløj blev indrettet til jernstøberi, slog helt fejl. Det var ikke støbningen, men udboringen, det var galt med. Bronzekanonerne blev udboret ved vandkraft, og kanonen var ophængt vertikalt. Denne teknik kunne ikke klare udboring af jernkanoner, idet boreknivene blev rødglødende; en anden boremaskine, også vertikal, men muskeldrevet og med lavere omdrejningshastighed, løste heller ikke problemet:

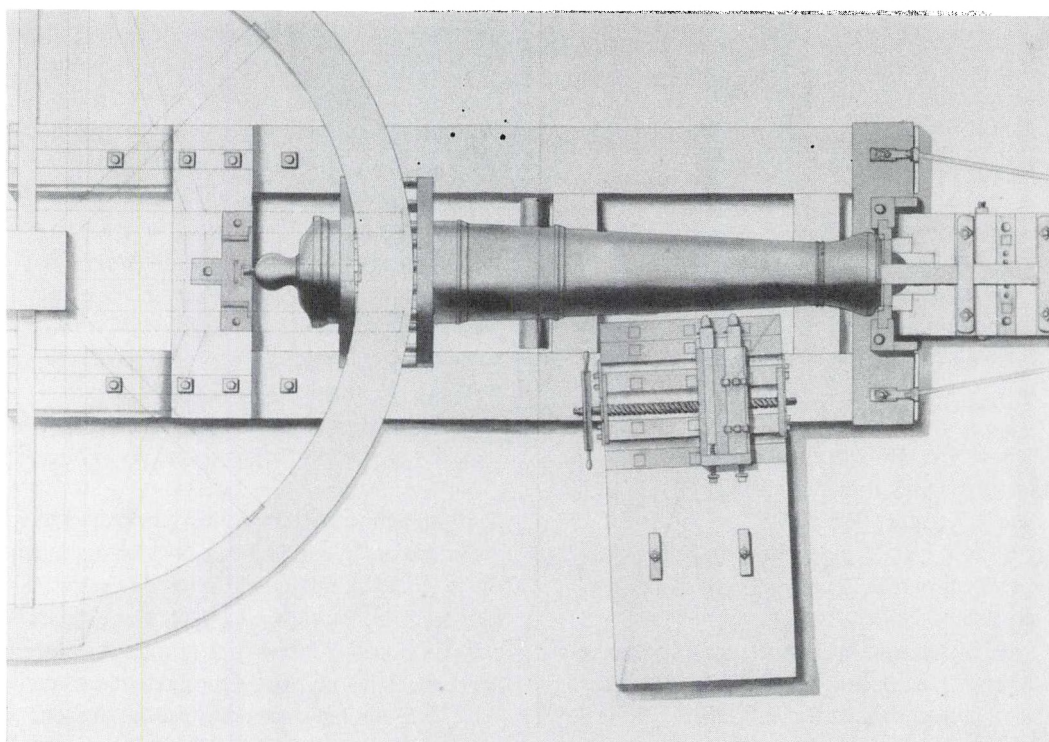
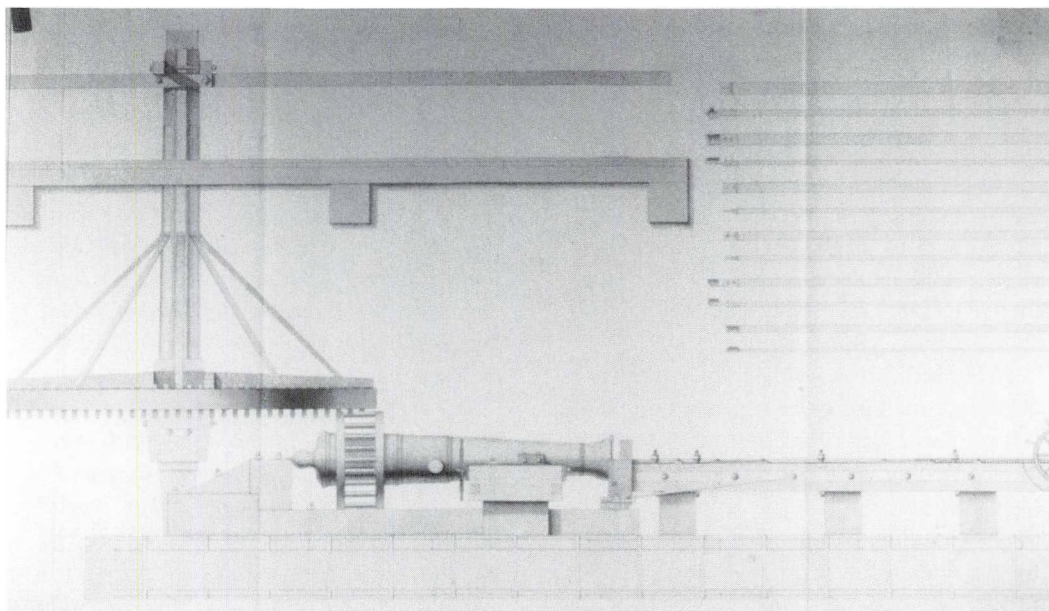
*"12-16 mand forsøgte at dreje boret, medens kanonen blev sænket ned over det, men til trods for at mændene tog så hårdt fat, at den 10 cm tykke borestang snoede sig, nåede de kun et lille stykke ind i løbet"* (Kisling 1978, 141).

Fem støbte, men udborede kanoner, måtte kasseres (Eriksen 1956, 49-57 og 77-78; Eriksen og Frantzen 1989, 20-37).

Senere lykkedes det dog at løse problemet, men omkring 1827 var kanonproduktionen stort set indstillet. Bronzekanoner var for dyre, og jernkanoner kunne købes billigere i Sverige. Helt ophørt var produktionen dog ikke, hvilket et brev fra værket inspektør E. P. Tscherning til bestyrelsen i København, i anledning af, at artillericorpsets chef inspirerede udboringen af en bronzekanon, på ironisk vis vidner om. Inspektøren viste chefen rundt

*"... for at bibringe ham de Oplysninger, som hans Stilling og Ubekjendtskab med Techniken kunne gjøre nødvendig til et klart Begreb om saadanne Arbeiders Beskaffenhed. – Jeg beviste ved Leilighed, at Værket ikke forsømte et Øieblik for at udføre Hans Majestæts Ønske, som altid agtes lige med en Befaling, som at udbore den 36 pund Metalkanon til en 50 punds granat Kanon; men jeg turde ikke svare for Muligheden førend jeg først havde forsøgt Vandets Kraft til at udskiære en Cirkel indtil benved 9 Tommer i 10 til 11 Fods Længde, som ved en Mangel af 42 Tommer Vand forekom mig problematisk. ... Jeg troede også at have overtydet Corpsets Chef om Billigheden af Værkets Fordring for Arbeidet ved at gjøre ham opmærksom paa de mange Vanskeligheder og Indretninger, der vare forbundne med et enkelt saa usædvanligt og besværligt Arbeid, som Udboringen af en 27 Skippund tung, lang, over Kjernstang støbt 36 Pund Kanon ved den svageste Vandkraft, men jeg erfarer, at en Detalje af den Art, som grunder sig paa Kendskab og lang Erfaring ikke lader sig oprette med løs Oversigt. Corpsets Chef saa, at Kanonnens ubyre Vægt afbrød [d.v.s. knækkede] en ny Kjørm, da den, efter at være lagt på Dreieladet for at forarbejdes til Leie i Borladet, ved den blotte Prøve med Haands Omdreining, hvorved den anwendte Forsigtighed allene reddede Menneskers Liv. For ikke tiere at udsætte dette, maatte jeg vælge Justering, som baade tager mere Tid og koster flere Penge."*<sup>71</sup>

Det var denne boremaskine, der nu stod til v. Würdens rådighed. Den var horisontal og kan spores direkte tilbage til hollænderen Verbruggens konstruktion fra 1758, der i sig selv var et væsentligt fremskridt i præcision (Beer 1991, 93ff). Da Verbruggen ragede uklar med sine foresatte landsmænd, lykkedes det for det britiske admiralitet i 1770 at få ham og hans innovation ført til arsenalet i Woolwich. Hvornår og hvordan Verbruggens innovation blev overført til Frederiksværk vides ikke, men som det fremgår af Tschernings be-



*Fig.V.3. Farvelagt tegning af kanonboremølle, a set fra siden, b fra oven. Bemærk borestængerne på figur a med de forskellige typer knive (skær). Som det fremgår af Tschernings brev, roterer kanonen i to kørnere, mens boret er fikseret. Kilde: D2837-D2838, "Maschine Til at drille Huller i Canoner med," Fol. Reg. 290, 2, Sætetats Kort og Tegningsamling, RA.*

skrivelse ovenfor, var denne teknologi endnu i 1827 fuldstændig uberørt af de forbedringer, Wilkinson havde tilført sin cylinderboremaskine, hvor han udnyttede muligheden for styring af borestangen i cylinderen. Ved Wilkinsons konstruktionsprincip kan borestangen styres i begge ender, i modsætning til kanonboremøllen, hvor 'druen' blokerer for gennemgang og effektiv styring. På denne baggrund kan vi konstatere, at udboringen af v. Würdens cylinder blev indledt med gammeldags teknologi. Den moderne britiske teknologi, Wilkinsons cylinderboremaskine, var det i løbet af 50 år – fra 1776 – ikke lykkedes danske teknologer at få kendskab til! (Se Paulinyi 1989, 92f.).

I Frederiksværks boreværk var det kanonen, der roterede, som vist i figur V.3, mens boret blev skudt frem af en gevindspindel.<sup>22</sup> I 1828 var det ikke vandkraft, det skortede på. Men udboringen af cylinderen voldte v. Würden store vanskeligheder. Problemet var, at boreværket ikke kunne gears til en bevægelses-hastighed, der var langsom nok til at undgå, at bor med knive blev rødglødende og dermed ubrugelige. Det var en gentagelse af problemet fra 1769, men nu med et horisontalt boreværk. Knivene (vi ville sige skærene) måtte udskiftes hver halve time, og med det besvær var det ikke muligt at bore mere end 10 cm dagligt, hvorved udboringen ville vare over 16 dage. Og hertil kom endda, at udboringen skulle foretages i to tempi, første gang med et skær til grovspånen, og anden gang med et skær til sletspånen; under den anden udboring, som ville vare lige så længe, gik det ikke an at skifte knive ustandseligt, fordi sådanne udskiftninger ville sætte spor og forringe præcisionen.

At fremstille et helt nyt udvekslingssystem til reduktion af hastigheden ville være for tidskrævende. Derfor anbefalede v. Würden at udbore cylinderen vertikalt og med hestekraft for at reducere omdrejningstallet. Hertil måtte cylinderen graves ned i lodret position og placeres i en trækasse, hvis sider blev afstivet ligesom i støbegraven. Foroven og forneden

måtte der være plads i trækassen til borestang og til de udborede jernspåner. Ved denne metode stod kanonen fast, og borestangen styredes ved hjælp af bøjler, der blev fastskruet på hver sin side af cylinderens åbninger. Selve borestangen blev fastgjort i bommen, som blev trukket rundt af 4 heste. Med denne metode ville arbejdet tage 14 dage.<sup>23</sup> En måned senere kunne en glædestrålende inspektør meddele kancelliråd Platon i værkets bestyrelse i København:

*"Jeg er nu, Himlen være lovet, færdig med al den Støbning, som fordres til Dampmaskinen, og Dampcylinderens Boring er faldet vel ud. Også går det som fordres til Opsætningen frem uden Ophold, så at min Samvittighed fra den Side er ganske beroliget."*<sup>24</sup>

De store svinghjuls støbning og fremstillingen af kedlen af jernplader frembød ingen uovervindelige tekniske problemer.<sup>25</sup> v. Würden levede således op til de tekniske forventninger, men ikke uden forsinkelser; han gik følgelig glip af sin "Duceur", og da dampmaskinen ikke meldes klar før vinteren 1829, får valseværket, hvortil der skulle være indløbet store ordrer, brug for det konventionelle alternativ: vandkraften. Til gengæld blev v. Würden fast ansat som fabriksmester på Frederiksværk, hvor han i de følgende år kom til at stå for produktion og reparation af mange dampmaskiner. Da svinghjulet året efter blev slynget af og gik i stykker, fordi en flækket bolt havde blokeret valserne ("der kunde ikke tænkes en bedre Maade at ruinere et Maskineri," bemærkede E. P. Tscherning), viste værket sig i stand til, på Suhrs regning, at støbe og montere et nyt på én måned.<sup>26</sup>

På Frederiksværk var en række forskellige produktionsanlæg placeret klods op af hinanden p.g. af deres store energiforbrug. Da værket var statens militært-industrielle kompleks, måtte det blive et teknologisk centrum. Hver for sig kunne man – med undtagelse af krudtværket – genfinde tilsvarende civile og private produktionsanlæg, men de lå spredt,



havde lavt energiforbrug, og var afhængige af laugsorganisationer, der nidkært vogtede arbejdsdelingen og bekæmpede ethvert tilløb til grænseoverskridende teknologisk samarbejde. Frederiksværks produktionsanlæg var den nødvendige forudsætning for dampmaskineproduktion i Danmark, men Tschernings kritik viser klart, at det ikke var tilstrækkeligt. Udslagsgivende var den teknologiske kompetence, herunder især de konkrete erfaringer med at bygge en dampmaskine, som v. Würden havde erhvervet sig udenlands.

## Værktøjsmaskiner og teknologisk innovation

Kanonfremstilling og militær teknologi var således ved indledningen til den industrielle revolution den tekniske forudsætning for en civil maskinproduktion. Men boreværket var blot en af forudsætningerne. Ligeså vigtig var en mangfoldighed af værktøjsmaskiner til bearbejdelse af de støbte metaldele, f.eks. at dreje, fræse og slibe emner med stor nøjagtighed, dreje aksler, så de var præcist cylindriske, skære gevind i dem, samle forskellige emner med bolte, skruer eller møtrikker, og planslibe jernemner med nøjagtigt parallelle sider. En dampmaskine består af utallige sådanne emner, og det samme gjaldt en række andre moderne maskiner, ikke mindst værktøjsmaskinerne selv, men også f.eks. hydrauliske presser, pumper, valser, trykkerimaskiner, papirmaskiner og stempler til møntprægning eller stålplader til trykkerimaskiner. Værktøjsmaskiner var simpelthen nøglen til en moderne maskinproduktion.

Selve drejebænken var velkendt teknologi og havde været det siden oldtiden. Princippet med at lade emnet rotere og hånden føre værktøjet var udviklet med henblik på bearbejdning af træ. Og trækonstruktioner som f.eks. møller var udstyret med sindrige tandhjulskonstruktioner, så at kraft kunne overføres gennem gearsystemer og aksler til drift af vandret og lodret fungerende maskiner.

Der var et erfaringsgrundlag at bygge videre på ved tærsklen til den industrielle revolution. Det ny var behovet for at overføre disse teknologier til bearbejdning af jern og stål, hvilket stillede meget større krav til præcision. Så længe værktøjsmaskinerne blev betjent af håndværkere, afhang præcisionen i arbejdet af arbejderens færdighed i at føre værktøjet.

Selv på verdens mest teknisk avancerede virksomhed, Boulton & Watt i Soho, fandtes der til fremstillingen af dampmaskinerne til Holmen og Mønten ikke præcisionsdrejebænke, hvilket betød, at de leverede maskiner principielt må karakteriseres som håndarbejdede. Mekanikerne kunne ikke gå hen i en kasse med skruer og bolte og møtrikker i standardmål, når de f.eks. skulle skrue flangen på cylinderen, men måtte lave hver enkelt del individuelt. Denne produktionsmåde var ledsaget af stadige ærgrelser over fejl og emner til brokkassen; ved senere reparationer måtte reservedele eftergøres individuelt, da seriefremstilling endnu var en teknisk umulighed. Mekanisk præcisionsarbejde var derfor hos Boulton & Watt stærkt arbejdsdelt. Langvarig oplæring og erfaring karakteriserede den enkelte mekanikers specielle funktion i helheden. Eller som det hedder i ordsproget: Øvelse gør mester!

Idealet for værktøjsmaskiner var relativbevægelsen i Wilkinsons kanonboremaskine, d.v.s. en fastkoblet relation mellem værktøj og metalemne. Dette ideal blev nået af Henry Maudsley, hvis ledeskruedrejebænk blev konstrueret kort efter år 1800. Det nøjagtige tidspunkt kendes ikke, for opfindelsen blev bevaret som en hemmelighed, hvis udsivning ville skade konkurrenceevnen.<sup>27</sup> Andre mekanikere fik først legalt kendskab hertil langt senere, og måtte indtil da nøjes med den eneste offentliggørelse fra Maudsleys hånd fra 1806. Første danske publikation herom kom først i 1828.<sup>28</sup> Danske drejebænke nåede ikke Maudsleys ideal foreløbigt, men blev alligevel forbedret med den type glideslæde, som kan ses på den horisontale kanonboremaskine fra



Frederiksværk (figur V.3). Fordelen herved var at værktøjet kunne finde fast støtte, men det lå stadig i hånden på en mekaniker.

Blandt de bevarede inventarlistere fra danske mekanikere i perioden finder vi en del drejbænke, hvoraf nogle er uden nærmere beskrivelse og andre med angivelse af "support fixe" (krydsstøtte?) og glideslæde (f.eks. Frederiksværk, Frederik Schiött).<sup>29</sup> Det vil med andre ord sige, at frem til omkring 1830, og, når bortses fra de mest innovative maskinværksteder, senere endnu, blev danske maskiner håndværksmæssigt fremstillet. På denne baggrund er det imponerende at iagttage den præcision, hvormed komplicerede maskindele blev fremstillet. F.eks. lavede Winstrup i 1827 i Hundisburg en drejbænk til maskinstikning og stålgravering,

*"hvorpaa ikke blot Alt, hvad hidindtil er bekjendt i den høiere Dreierkunst, kan udføres, men ogsaa ... krumme Linier. Dens Variationer er som Kaleidoskopets, da den, ved at vexle et Hjul, stille een eller anden Skrue, Qualring, Excentrisk Skive, ja selv ved at omstille Tænderne i to i hinanden gribende Hjul, hver Gang frembringer en ny Figur, som selv den, der har og kjender Maskinen, efter lang Overvejelse ikke igjen kan eftergjøre, med mindre han nøie har noteret alle Stillinger."*<sup>30</sup>

Dette må betyde, at hvis mekanikeren havde noteret alle stillinger ned, så kunne bevægelserne repeteres eksakt af maskinen, som således havde overflødiggjort håndværkerens møjsommeligt tilegnede færdigheder. Efter præcisionsdrejbænken skulle han blot "nøie notere alle Stillinger," så klarede maskinen selv operationerne. Når Winstrup kunne fremstille en drejbænk til gravering af stålplader til ueftergørlige pengesedlers trykning, må det være ensbetydende med, at han også har haft en præcisionsdrejbænk, hvor værktøj og emne var forbundet i en relativbevægelse efter samme princip som hos Wilkinson og Maudsley. Til Polyteknisk Læreanstalts

værksteder producerede han dels en cylindrisk blæsebælg og dels vandpumper, og til oliemøller Riis en hydraulisk presse, som blev drevet med en 6 hk dampmaskine. Disse maskiner og de senere fremstillede dampmaskiner har utvivlsomt vundet i præcision og kvalitet ved at blive produceret med moderne værktøjsmaskiner.<sup>31</sup>

Carl Frederik Schiött fremstillede få år senere foruden hydrauliske presser og dampmaskiner også papirmaskiner og bogtrykkermaskiner, dog af en kvalitet, der snart førte hans virksomhed i fallit (se også kapitel I). Schiött, hvis maskinværksted lå på Skt. Annæ Plads og stod i samarbejde med jernstøber Heegaard, havde ligesom Winstrup og v. Würden (og flere andre) en teknisk dannelse, der trods sit moderne tekniske udstyr åbenbart ikke fuldt tilstrækkelige tekniske kvalifikationer.<sup>32</sup>

## Teknisk kompetence og Polyteknisk Læreanstalt

Nu havde to danske mekanikere altså vist sig i stand til at bygge dampmaskiner,

*"og begge Maskiner vidne om en Flid og Nøiagtighed i Arbeide, der tør endog sammenlignes med den, der spores i de fra de fortrinligste engelske Fabriker leverede Dampmaskiner"* (Ursins Mag. 1828, 284).

På den anden side var det ikke enhver dansk mekaniker med udenlandske erfaringer og veludstyret værksted beskåret at levere kvalitetsarbejde, hvilket Schiött blev det uheldige eksempel på.

At teknologisk kompetence har denne karakter, og ikke er resultatet af f.eks. et akademisk studium, var ingen banal indsigt i samtiden. Der var fra oplysningstiden en tilbøjelighed til at anse viden, f.eks. encyclopædisk eller akademisk, om et givet felt som nøglen til fremskridtet, mens færdigheder på det pågældende område vurderedes lavere (se kapitel II). F.eks. henvendte den tidligere

omtalte preussiske statsminister v. Bülow sig i 1820 via sit gesandtskab i London til James Watt jun. for at indhente oplysninger om dampmaskineproduktion. Mere præcist var han ude efter encyclopædiske oplysninger om emnet, og fik nogle måneder senere professor Robisons afhandling tilsendt med følgende kommentar fra Watt:

*"Jeg tillader mig dog at tvivle på, om De i de vedlagte artikler vil finde, hvad De søger. Professor Robison var ikke i praktisk forstand fortrolig med dampmaskinen, og behandlede kun emnet ud fra en videnskabelig synsvinkel, og det var ikke min fars hensigt med sine kommentarer til artiklen at gå videre end til at rette nogle fejl samt gøre enkelte tilføjelser om sine egne opfindelser, der ikke var forstået korrekt."*<sup>33</sup>

Eller mere bramfrit: Teknologioverførsel er ikke et spørgsmål om videnskabelige artikler, men om praktisk teknologi.

Også i Danmark var der mange mennesker blandt det læsedygtige publikum, der gjorde sig bekendt med den moderne teknologi, eller i hvert fald gjorde forsøg på det. Da professor Georg Ursin i 1826 udgav en bog om dampmaskinen (Ursin 1826), fik hans bog over 600 abonnenter, ligesom hans flere gange omtalte magasin havde en stor læser-skare. Da Ursin i disse år nok var den person, der arbejdede mest ihærdigt for at formidle teknologisk viden, herunder dampteknologi, er det af betydelig interesse nærmere at undersøge, hvorledes han havde tænkt sig at udvikle teknologisk kompetence i Danmark gennem oprettelse af en polyteknisk læreanstalt, som var hans – og først derefter H. C. Ørsteds – idé.

Det bærende princip i Ursins forslag er teknisk uddannelse gennem integration af teori og praksis.<sup>34</sup> Den teoretiske del af undervisningen forestås af to docenter, den ene i matematik og maskinlære, den anden i kemi, herunder metallurgi. Den praktiske del forestås af to forstandere, den ene for et maskin-

værksted med alle moderne værktøjsmaskiner og maskinmodeller, den anden for et kemisk laboratorium ligeledes veludstyret med apparatur og kemikalier. Desuden undervises i teknisk tegning og fremmedsprog, der tilrettelægges en forberedelsesundervisning efter behov, og der opbygges et teknisk bibliotek.

De to søjler i uddannelsen er jævnbyrdige hvad angår timetal og status, ligesom både docenter ('teoretikerne') og forstandere ('praktikerne') indgår ligeligt i institutionens bestyrelse. Ursins mål med en dansk ingeniøruddannelse er en frugtbar vekselvirkning mellem teori og praksis. Det er nærliggende at antage, at Ursin havde forestillet sig selv som docent i matematik og maskinlære, og Winstrup som forstander for maskinværkstedet. Var denne idé blevet realiseret, ville dampteknologi og maskinproduktion have fået den bedst tænkelige uddannelsesinstitution, for dette makkerpar inkarnerede netop i 1827 den højeste teoretiske og praktiske ekspertise hvad angår dampmaskiner.

I Ørsteds indstilling, som i 1829 resulterede i Polyteknisk Læreanstalt, er der ingen integration mellem teori og praksis. Der er nu sket en vægtskiftning mellem de to områder. Hvor Ursin afsatte 6 timer daglig til værkstedsundervisning og 2 timer til videnskabelige forelæsninger, har Ørsted kun 3 timer til værkstedsarbejde, men til gengæld 3 timer til eksperimentelle øvelser og 3-4 timer til forelæsninger. Ingen af forslagene lod de studerende kede sig eller spille tiden. Der var undervisning 11 timer daglig alle ugens seks dage, men prioriteringen af teori og praksis var byttet om. I Ørsteds plan var praktikerne udelukket fra medlemskab af bestyrelsen. Værkstedundervisningen var prioriteret under de professorale forelæsninger. Når Ursin satte praksis så højt, hænger det utvivlsomt sammen med, at den moderne teknologi ikke var laugsorganiseret og derfor heller ikke havde laugenes læringleuddannelse. Hans vordende ingeniør måtte altså hente både teoretiske kundskaber og prakti-

ske færdigheder på læreanstalten, og helst i et konstruktivt samspil. Som vi har set, havde de ny mekaniske kvalifikationer hidtil måttet erhverves på egen hånd, og typisk i udlandet.

Kun to punkter i Ursins plan blev overført til Polyteknisk Læreanstalt. Han selv blev ansat i maskinlære (men ikke i matematik), og Winstrup blev forstander for værkstæderne. Resten af personalet var Ørstedes kolleger fra universitetet (Zeise, v. Schmidten, Forchhammer) samt professor Gustav F. Hetsch fra Kunstakademiet. Men denne tilstand skulle ikke komme til at vare længe. Allerede efter et års forløb blev studieordningen revideret. Bestyrelsen fandt, at den teoretiske del af uddannelsen stillede de studerende over for så store krav, at man ikke også kunne forlange deres deltagelse i værkstedsundervisningen, som derfor blev sløjfet. Herefter var ethvert forsøg på integration mellem teori og praksis udelukket, og for at de nyindrettede værksteder ikke skulle stå tomme, blev Winstrup nu pålagt at oplære udefrakommende, ganske unge mennesker, hvis forældre sendte dem derhen, i forskellige håndværksfag. De lavede en del ballade.

For Winstrup blev afstanden mellem dagligdagen på læreanstalten og hans teknologiske ideal for stor, og han søgte sin afsked. Året efter forsvandt også Ursin, og hans afløser J. A. Dyssel formåede ikke at redde faget maskinlære. Som Polyteknisk Læreanstalt var ud tænkt og som den udviklede sig under Ørstedes ledelse, kom den i hvert fald frem til 1851 ikke til at yde noget konstruktivt bidrag til dampmaskineteknologiens udvikling. Winstrup formulerede i sin afskedsansøgning status på følgende skånsomme måde:

*"Jeg haaber fremdeles at kunne være Læreanstalten nyttig deels ved efter Anmodning af Læreren i Maskinlære [d.v.s. Ursin] at meddele praktiske Raad og Arbeidstegninger til Udførelse af de Maskinmodeller, som blive at forfærdige til Modelsamlingen, deels at aabne Læreanstaltens Eksaminander i mine Værksteder [på Mariaslyst] Adgang til at faa ud-*

*førte og deeltage i Arbeider, som ikke kunne udføres i Læreanstaltens egne Værksteder, saasom Dreining, Udboring, Støbning, samt Udførelsen af større Maskindeele, f. Eks. Dampmaskiner, hydrauliske Presser, o.s.v."*<sup>35</sup>

Mere betegnende ville det måske være at sige, at Polyteknisk Læreanstalt kom til at fungere som en uddannelsesinstitution for offentlige forvaltere af teknisk lovgivning, mens de mennesker, der stiledede mod en karriere som praktiserende teknologer fortsat var henvist til ekspertise og faciliteter hos de få 'selfmade' mekanikere, der producerede maskiner på egne værksteder. Ørsted havde med overlæg udelukket værksteds kvalifikationer og værktøjsmaskiner fra pensum på Den Polytekniske Læreanstalt (Christensen 1986).

## Dampmaskinens anvendelse: Bryggerier, olie- og papirmøller

I dette og det følgende afsnit vil jeg diskutere dampmaskinens udbredelse i Danmark, d.v.s. søge at nå til en forståelse af de kræfter, der bestemte markedet for dampkraft. I den forbindelse er det irrelevant om maskinerne var produceret her eller i udlandet. Afgørende er derimod maskinernes anvendelse, herunder især hvilke typer maskiner, de drev, og overvejelser om alternativ energiteknologi, hvilket bl.a. hænger sammen med energibehovets størrelse. Måske er det ikke overflødigt at gøre opmærksom på, at hesteomgange og vand- og vindmøller var de dominerende energiformer, og at deres teknologi var indarbejdet i samfundets produktionsmåde. Alligevel gennemgik de forskellige former for forbedringer, hvilket jeg skal vende tilbage til.

På forhånd skulle man forvente, at dampmaskiner kun ville få ringe udbredelse i Danmark. De opgaver, som dampkraft bidrog til at løse i England og andre lande med bjergværksdrift, spillede jo ingen rolle her, hvor landbruget var det altdominerende erhverv.<sup>36</sup> Få mil fra Danmark fik dampkraften stor betydning til oppumpning af vand i kul-

minerne ved Höganäs, som efter 1810 blev en meget betydelig industri med over 1500 arbejdere. I England blev dampkraften også snart en betydelig konkurrent til vandmøller i fabriksdriften af de allerede tidligere opfundne tekstilmaskiner. Men i begyndelsen blev dampkraft overhovedet ikke anvendt i dansk tekstilfabrikation, der snarest blev opfattet som en beskæftigelsesforanstaltning inden for fattigvæsenet. Danmark var – det er banalt at påpege det – et land, der levede af markens grøde, og bønderne udgjorde ikke noget købedygtigt marked for massekonsumgoder, men passede godt på deres kontanter for at nedbringe ejendomsgælden; modsat det voksende britiske industriproletariat var de i videst muligt omfang selvforsynende også med tekstiler.

Lad os se på dampkraftens anvendelse, og se om der viser sig en forklaring på omfanget af og tempoet i dens udbredelse. Winstrups dampmaskine blev købt af ejeren af et af de bedst indrettede bryggerier i København, assessor Momme, til drift af en maltvalse. Mommers problem, og ølbryggenes i almindelighed, var det monopol på maltknusning, som Den kgl. Mølle havde. Der var dels et teknisk problem, dels et økonomisk. Det tekniske bestod i, at den kgl. Mølle skrædede bryggenes maltbyg på en konventionel, hestetrukken møllekværn, hvorved knusningen af byggens skaldele, der var nødvendig for at ekstrahere malten af kærnen, nærmest resulterede i en pulverisering af kornet, som satte sig spor i form af grums og uklarheder i det færdige øl. Heraf betegnelsen hvidtøl. Dette problem var man naturligvis opmærksom på, og fabriksinspektør Ole Jørgen Rawert havde allerede i 1806 gjort opmærksom på dets løsning, som bestod i valsning i stedet for skråning. Men Den kgl. Mølle havde monopol og bekymrede sig ikke om ny teknologi. I stedet reducerede den problemet ved at stænke maltbyggen med vand, men dette var kun muligt for små partier ad gangen, for ellers brændte kornet sammen. Da både accise- og malepenge til

det offentlige blev beregnet efter vægt, måtte bryggerne med denne tekniske løsning betale større afgifter. Valsning af maltbyg løste både det tekniske og det økonomiske problem, hvortil kom, at malt (og bagemel) ville kunne males til oplagring i større partier, hvilket ikke var uvæsentligt; ud over at være en by med over 100.000 borgere, var København også en fæstning, hvilket belejringen i 1807 havde været en trist påmindelse om. Hensyn til forsyningsikkerheden var formentlig grunden til, at den største Boulton & Watt maskine på Gammelholm frem til 1820 blev brugt – ikke til at smede ankre – men som dampmølle til at formale korn (Nyrop 1892, 185).

Den kgl. Mølle skrædede godt 56.000 tdr. maltbyg i 1825. På det anlæg Momme fik Kommercekollegiets tilladelse til at anskaffe, kunne han valse samme mængde med årlige driftsomkostninger på 3000 Rbdlr. Anlægget var således kraftigt overdimensioneret, for Momme måtte kun valse til eget forbrug. Dampmaskinen behøvede kun arbejde 6 timer ugentlig, og tages der alene hensyn til driftsomkostningerne til stenkul, kunne han valse en tønde maltbyg for 1.5 skilling, hvilket skulle have givet ham en årlig besparelse på 1000 Rbdl, svarende til at dampmaskinen blev afskrevet på kun et år!<sup>37</sup> Momme døde allerede i november 1827, altså før det 2-årige privilegium udløb. Hans enke søgte om fortsat fritagelse, men det blev hende nægtet. Derimod købte den kgl. Mølle dampmaskinen af hende for samme pris, Winstrup havde taget for den, nemlig 1000 Rbdl. Og så måtte bryggeriet igen transportere sit maltbyg til Garnisonspladsen, og betale malepenge til statsmonopolet. På den måde indkasserede det offentlige gevinsten af Winstrups og Mommers private pionerarbejde. Lignende vanskeligheder løb Holmblads dampmølle ind i. Huset Holmblad havde en række industrivirksomheder på hjørnet af Vestervold og Skt. Pederstræde, dels i forbindelse med tekstilindustrien, farvning og valkning af klæde, dels i form af en kornmølle. Dette anlæg stødte på



ubillig konkurrence fra den kgl. Valkemølle, som truede dets eksistens.<sup>38</sup> Det var navnlig et problem for private investorer, at industripolitikken svingede mellem at satse på offentligt drevne anlæg og at privatisere dem – eller snart at toldbeskytte danske produkter mod udenlandsk konkurrence, for snart efter at liberalisere importen.

Oliemøllerne er et godt eksempel på elasticiteten i kraftkilderne. I årene 1821-31 anlagdes en del nye oliemøller i Danmark. Jeg har allerede omtalt Jacob Holms køb af v. Würdens maskine og Claus Riis' køb af Winstrups, hvortil flere kunne nævnes. Det ville være forkert heraf at slutte, at dampkraften var den økonomisk eller teknologisk udslagsgivende faktor. Økonomisk hænger de ny oliemøller sammen med indførelse af importtold på hampeolie, hvilket gav rapsavlerne og oliemøllerne store fordele, men som led i en handelsaftale med Rusland blev tolden hævet i 1831, hvilket gav anledning til klager fra investorerne, der følte sig taget ved næsen (Nielsen 1944, 2: 129ff). Teknologisk set kunne oliemøllerne lige så godt drives af andre energikilder. Drewsen brugte hestekraft, i Odense brugtes vandkraft, og en oliemølle opførte en hollandsk vindmølle i Skjoldemose på Fyn til formålet. Man kan hævde, at Winstrups konstruktion af en hydraulisk presse, som drives ved trykket fra den dampkedel, som også driver oliepresserne hos Riis, er et teknologisk raffinement, men det var ingen nødvendighed.<sup>39</sup> Drewsen købte en hydraulisk presse i Frankrig, og lod vandet pumpe med hestekraft. Olieindustriens omfang var alene en følge af regeringens svingende toldpolitik; den havde ingen samfundsøkonomisk betydning. Ved høj told fik oliemøllerne en fordel. Ved lav told fik de danske forbrugere, der vaskede sig med sæbe, en fordel, for det var sæbe (og lampeolie), som den importerede olie blev brugt til at fremstille.

Mens oliemøllernes dampmaskiner havde middelkapacitet, blev små maskiner særligt udbredt i brændevinsbrænderierne, som også

behøvede dampkedler til deres destillationsanlæg (Rumar 1966, 12ff). Alene i København var der i 1845 fjorten dampdrevne brændevinsbrænderier, der tilsammen næppe oversteg 50 hk.<sup>40</sup> Da dampkraft fra små maskiner var relativt dyr,<sup>41</sup> indførtes den kun i brændevinsbrænderierne, fordi den samtidig forsynede destillationsapparaterne med damp (indirekte opvarmning), hvilket de alternative energikilde ikke kunne. Hertil kom naturligvis pladsproblemerne i denne typiske byindustri.

Anderledes med papirindustrien, hvor store maskiner dominerede. Her fandtes omkring 1840 tre dampdrevne papirfabrikker i hård indbyrdes konkurrence med tilsammen 6 dampmaskiner og knap 125 hk, eller en gennemsnitstørrelse på over 20 hk. Denne branche var i hele perioden stærkt toldbeskyttet (indførselstold for papir, udførselsforbud for klude). Papirfremstilling blev den branche, der først blev dampdrevet. Maglekilde Papirmølle, der blev drevet af et interessentskab bestående af bl.a. købmændene Fürst og Glückstadt sammen med et bomuldsmanufaktur også i Roskilde, købte den 8 hk Boulton & Watt dampmaskine, som under dække af den engelske eksporttilladelse fra 1804 blev bestilt til den kgl. Mønt, men egentlig beregnet til drift af blæseværk til esserne på Gammelholm (se kapitel IV). I 1830 udvidedes dampkraften med 32 hk med maskiner fra Frederiksværk, samtidig med at Boulton & Watt maskinen blev taget ud af drift; hertil kom en papirmaskine, som Schiött havde produceret (og som ikke fungerede tilfredsstillende).

I 1821 fulgte Johan Christian Drewsen efter med en 6 hk Boulton & Watt højtryks dampmaskine til Strandmøllen ved Mølleåen, der efterhånden afgav for lidt vand, og atter i 1828 med en 20 hk maskine fra samme leverandør, samtidig med at han anskaffede en papirmaskine til produktion af papir i endeløse baner til de moderne hurtigpresser. I 1835 anskaffede Drewsen sin tredje dampmaskine, på 40 hk fra Maudsleys fabrik i London, samt sin

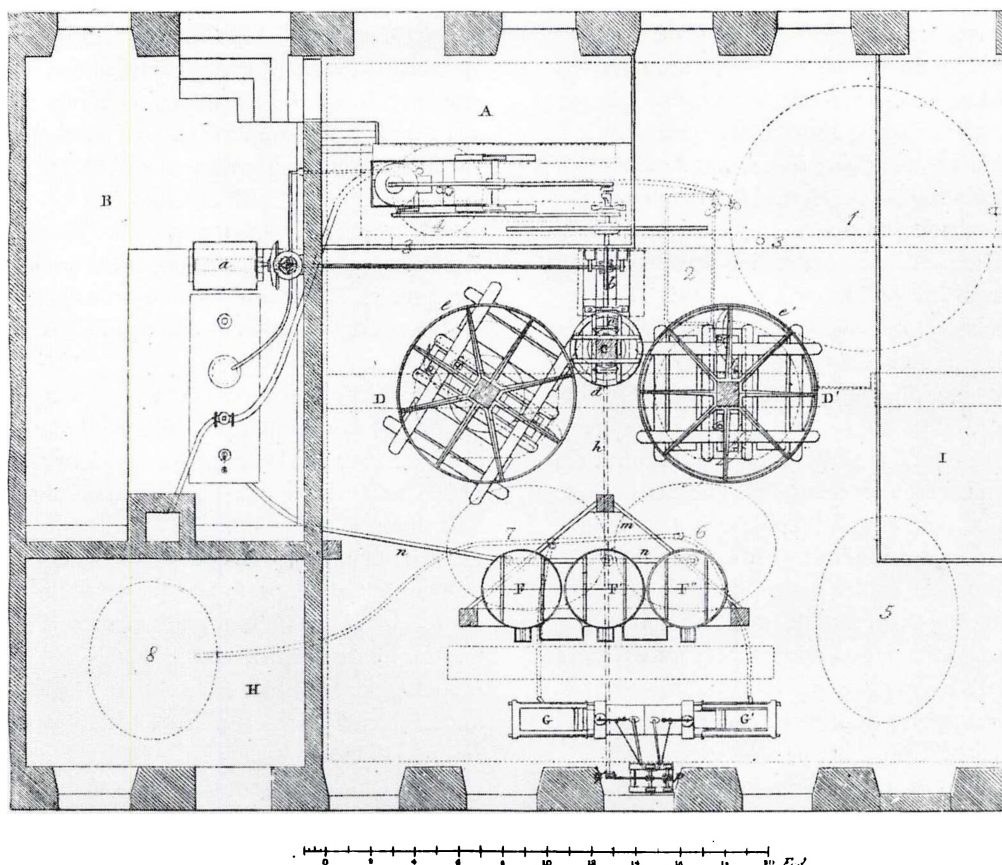


Fig. V.4. Winstrups dampdrevne oliemølle til Claus Riis, Amagertorv 7. Dampmaskinen leverer kraft til forskellige produktionsanlæg, som f.eks. kværne, valser (D), varmepander (F) og hydrauliske presser (G). Lavtryksmaskinen i rum A driver endvidere en roterende indfryringsvalse til kul til kedlen i rum B, hvorfra et rør (n) leder damp ind til varmepanden. Dampkraften er således udnyttet til et tilnærmelsesvist fuldautomatisk anlæg. Kilde: Ursins Mag. 1832, 169-95.

anden papirmaskine fra Bryan Donkin, Sons and Wilks i London. Det er betegnende, at Drewsen ikke havde nogen som helst tiltro til, at maskiner af tilfredsstillende kvalitet kunne produceres i Danmark. Både landbrugs- og industrimaskiner skulle absolut leveres fra England. Den tredje papirfabrik af betydning i Danmark var Ørholm og Nymølle, begge ved Mølleåen, som den i kapitel IV omtalte Nelthropp ejede i samdrift med J. J. Harris. Denne virksomhed anskaffede den første

papirmaskine (Baumgarten) i 1830 og den første dampmaskine (Frederiksværk) i 1838.

Drewsens satsning på dampkraft gjorde ham også til vinder i kapløbet om det danske papirmarked. Fra en udgangsposition ved overtagelsen af Strandmøllen fra faderen i 1810, hvor årsproduktionen var ca. 6000 ris, nåede han i 1821 op på siden af Ørholm, som havde principielt samme energiforsyning (Mølleåen), men som ikke supplerede med dampkraft og hvis produktion derfor stag-

nerede. Havde Ørholm haft den energimængde til rådighed, som svarede til produktionsapparatets kapacitet (25000 ris), havde Drewsen ikke kunnet overhale denne konkurrent. Nu var de omtrent lige store med en produktion på godt 10.000 ris og en beskæftigelse på ca. 60 mand. I 1834 havde Strandmøllen dobbelt så stor produktion (40000 ris) som Maglekilde, og større end Maglekilde og Ørholm og Nymølle tilsammen (18.000 ris), skønt Maglekildes egen produktion i mellemtiden var fordoblet takket være øget dampkraft (Gliemann 1821; Sterm 1834).

Konkurrencen på papirmarkedet var således en væsentlig faktor i udbredelsen af dampkraft. Da Maglekilde gik fallit i 1838 fremførte ejeren, at Strandmøllen havde stræbt efter

*"endog med Opofrelse at undergrave alle mindre Fabrikker, hvilket ogsaa er lykkedes paa faa nær, som endnu, saalænge indgaaede Contracter om Afsætning vare, holde sig opreist"* (Nielsen 1944, 2: 236).

Det er karakteristisk, at papirproduktionen havde måttet placeres der, hvor energimængden fandtes, d.v.s. ved større vandløb, og at de blev liggende der, skønt deres ny energiforsyning, dampmaskinen, kunne lokaliseres hvor som helst. Dampkraft gav heller ikke her nogen samfundsøkonomisk fordel, kun en privatøkonomisk. Da Drewsen havde besejret sine konkurrenter, anlagde han en ny stor papirfabrik ved Silkeborg for at udnytte Gudenåens vandkraft (og de jyske klude); dette viser igen, at dampmaskiner hverken var en økonomisk eller teknologisk nødvendighed.

## Dampkraft og alternative energiteknologier

Som det er fremgået, blev dampmaskiner først og fremmest indført ved produktionsanlæg, hvor vandkraften var utilstrækkelig. Det gjaldt Frederiksværk og møllerne ved Mølle-

åen og Maglekilde. Men der blev også anlagt dampmaskiner i København, både ved offentlig produktion på Holmen og Mønten og ved private anlæg, f.eks. oliemøller og brændevinsbrænderier, hvor vindkraft eller hestekraft var utilstrækkelig, eller hvor der ikke fandtes tekniske muligheder eller plads til på anden måde at øge energiforsyningen. Der var naturligvis også i perioden en del projekter, der ikke blev realiseret. Således finder vi forespørgsler om dampmaskiner hos Boulton & Watt fra englænderne Nelthropp & Harris og fra Alexander Young, ligesom også den amerikanske agent M. Forbes udarbejdede et projekt om leverancer til Søetaten af bl.a. sejldug og tovværk produceret ved damp; men da tilladelse hertil blev nægtet af Kommercecollegiet, anskaffede han sig i stedet en vindmølle, den såkaldte Amerikamølle på Vesterbro.<sup>42</sup>

Disse projekter giver et indblik i de overvejelser, fabrikanter gjorde sig om energiforsyning, hvorunder de var opmærksomme på løbende teknologiske forbedringer i alternative energiformer. Blandt disse må især nævnes mekanismer til regulering af energitilstrømningen, f.eks. ved vandmøller, hvor særlige indretninger ved stighbordet dels kunne hindre vandspild, dels kunne regulere vandstrømmen til hjulet, så effekten blev større og mere stabil.<sup>43</sup> Noget tilsvarende gjorde sig gældende ved Amerikamøllen, hvor Winstrup udnyttede to nye konstruktionsprincipper, nemlig dels selvkrøjning, så møllevingerne løbende blev styret op mod vinden af en vindrose på møllehatten, og dels selvsvikning, så møllen ikke løb løbsk i storm (jf. note 5). Selvsvikning var i princippet en mekanisme, som tjente samme formål som centrifugalregulatoren på Watts dampmaskine. Når vindtrykket blev for højt, påvirkedes et sæt snore i forbindelse med mølleakslen og vingesejlene, så deres overflade automatisk blev mindre (ligesom man reber sejl på et skib), på samme måde som centrifugalregulatoren virkede som en feedback mekanisme, der kontrollerede tilførslen af

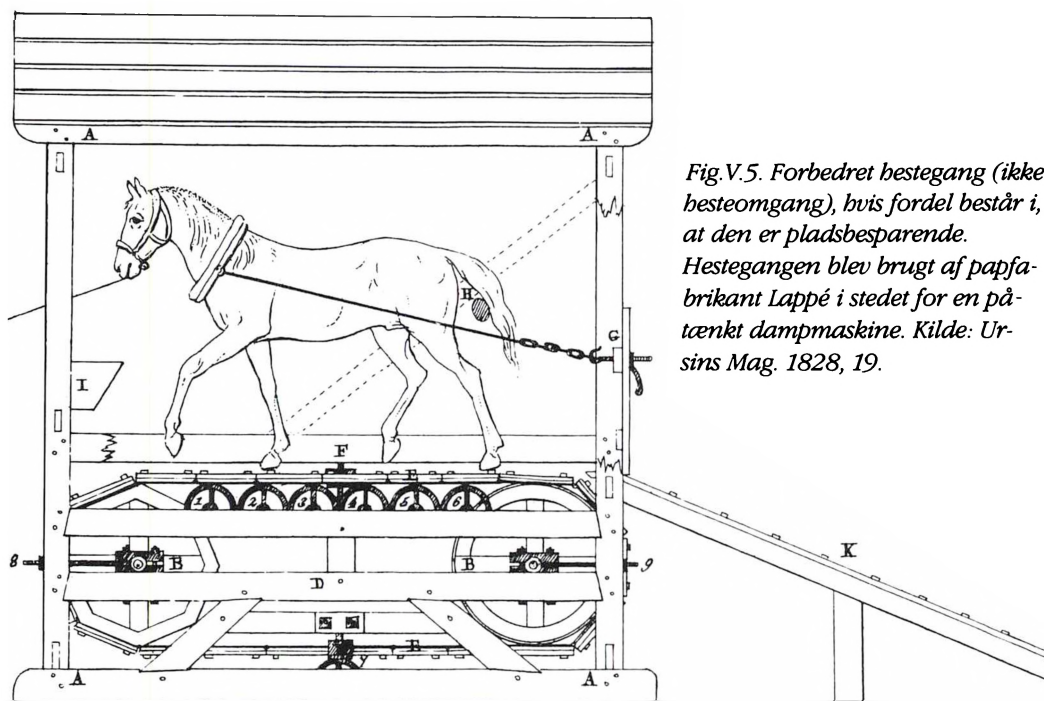


Fig. V.5. Forbedret hestegang (ikke hesteomgang), hvis fordel består i, at den er pladsbesparende. Hestegangen blev brugt af papfabrikant Lappé i stedet for en påtænkt dampmaskine. Kilde: Ursins Mag. 1828, 19.

damp til cylinderen.<sup>44</sup> Den forbedring, der i praksis fik størst betydning var imidlertid vandmøllernes overgang fra underfaldshjul til overfaldshjul, hvorved vandstrømmens nytteeffekt alt andet lige kunne forøges fra ca. 32% til ca. 65% (Nielsen, Nielsen og Jensen 1990, 126). Desværre er det ikke kendt, i hvilket omfang disse forbedringer blev realiseret. Endelig havde Winstrup til sin ven, papfabrikant Lappé, der var i bekneb for plads, konstrueret en hestegang, hvor en enkelt hest leverede sin kraft ved march på stedet, d.v.s. på en rullende bro. Denne indretning fyldte langt mindre end en konventionel cirkulær hesteomgang og var en oplagt forbedring sammenlignet med de ubekvemmeligheder for dyr og mennesker, som skråplan og trædemøller tidligere havde medført (se figur V.5).<sup>45</sup>

Det kan derfor ikke undre, at energiteknologi var et emne, der optog både redaktører, teknologer og fabrikanter. Rawert inviterede i 1828 Drewsen til at redegøre for sine erfaringer på området, og Drewsen svarede med at

levere en sammenlignende økonomisk analyse af sine virksomheder på Strandmøllen, med papirfremstilling med 6 hk dampkraft, og på Retraiten, med oliemølle drevet af 6 heste. Sammenligningen faldt ud til gunst for hestekraften:<sup>46</sup>

#### Dampkraft

##### Forrentning af dampmaskinen,

4% af £700, kurs 10	Rbdl 280
1200 læs tørv à 9 Mk	Rbdl 1800
En karl (fyrbøder/mekaniker)	Rbdl 150
	Rbdl 2230

#### Hestekraft

##### Forrentning af 6 heste,

4% af 300 Rbdl	Rbdl 12
Foder, 400 tdr. byg à 14 Mk	Rbdl 756
4380 Lpd. høg og balm	Rbdl 319
To kuske à 15 Mk pr. uge	Rbdl 260
	Rbdl 1347



Drewsen fik altså samme energimængde 883 RbdL billigere på Retraite end på Strandmøllen. Men havde Drewsen da fortrudt, at han købte en dampmaskine i England? Nej, for han havde netop besluttet at købe en til. Spørgsmålet rummede flere momenter end den enkle driftsøkonomi, men dampmaskineentusiasten Ursin læste Drewsens kalkule som et argument for heste imod damp. Dette medførte en længere debat mellem de to i pressen, hvorved publikum fik indblik i en række vigtige og mindre vigtige aspekter i sagen om energikilders stabilitet (1), energioverførsels præcision (2), lokaliseringsproblemer (3), pladsproblemer (4), anlægs- (5) og driftomkostninger (6).

(1) Både vand- og vindenergi er ustabil. Der kan være måneder med vindstille, men om efteråret kan det storme i stød, så møllen havarerer. Vandmængden er især om sommeren ofte utilstrækkelig, og om vinteren fryser vandhulet til, hvis man ikke bygger et opvarmet skur til det. Heste- og dampkraft er derimod stabile energikilder.

(2) Anvendes moderne reguleringsmetoder, leverer vandhjul næsten lige så præcis kraftoverførsel som en dampmaskine, mens både vind- og hestekraft udsætter maskineriet for kraftige forstyrrelser, i vindstød eller hvis man må drive på hestene med pisk.

(3) Vindmøller må nødvendigvis placeres på bakketoppe, eller i København på volden, og tilstrækkelige vandløb ligger nu engang der, hvor de ligger, og hvor grundpriserne stiger; damp- og hestekraft kan derimod placeres hvor som helst i by og på land.

(4) I byer, hvor grundpriserne er høje, optager hesteomgange og stalde langt mere plads end dampmaskiner, der også let kan opstilles hvor der mangler vandkraft.

(5) Dampmaskiner er til gengæld de dyreste i anskaffelse, og forrentning af anlægskapitalen kan i reglen ikke bæres af flere forskellige maskiner; mens heste, der er billigere og mere fleksible, også kan bruges til transport og landbrugsarbejde.

(6) Driftsomkostningerne taler klart til fordel for vand- og vindmøller, der kun har vedligeholdelsesomkostninger, men brændsels- og foderomkostningerne står klart til gunst for dampkraften, som kun skal 'fodres' så længe den arbejder, mens heste skal fodres, hvad enten de bestiller noget eller ej. Dertil kommer i dampmaskinens favør, at brændselsomkostninger falder, når dens kapacitet stiger, mens hestenes antal og dermed foderudgifter er ligefrem proportionale med effekten.

Dampmaskinen har altså en stordriftfordel, eller den er mindre rentabel i små virksomheder end i store. Drewsen og Ursin var stort set enige hele vejen igennem, men Ursin var mere interesseret i at fremhæve argumenter, der kunne fremme dampkraftens udbredelse, hvor Drewsen var mere tilbøjelig til af afveje driftsøkonomiske fordele og ulemper i de enkelte konkrete tilfælde.<sup>47</sup>

## Dampmaskinens betydning: Økonomi og teknologi

Dampmaskinen, og ikke mindst selve opfindelsen af den, fremstilles ofte som den mest betydningsfulde enkeltfaktor i den industrielle revolution. Det er imidlertid svært at få øje på nogen samfundsøkonomiske fordele ved dens indførelse i Danmark. Når bortses fra papirindustrien, blev dampmaskinen i perioden op til 1840 ikke brugt i fabriksanlæg. I Danmark spillede den ingen rolle i tekstilindustrien, og med undtagelse af den ret betydningsløse bornholmske kulbrydning fandtes bjergværksdrift ikke. I de brancher, hvor den blev sat ind, har jeg søgt at vise, at dampkraft hverken var en samfundsøkonomisk fordel eller en teknologisk nødvendighed. Dampmaskiner kunne naturligvis udnyttes i privatøkonomisk interesse, dels til at drive produktionsanlæg, der ikke rummede plads til alternative energikilder, dels til at forbedre konkurrenceevnen gennem stordriftfordelen. Men i hvert fald frem til 1840 bidrog stationære dampmaskiner næppe med én

skilling til bruttonationalproduktets vækst.<sup>48</sup> Både anlægs- og driftsomkostninger ved de første danske dampmaskineprojekter var kolossale. Og den dansk producerede dampkrafts bidrag til økonomisk vækst var ubetydelig, hvilket ikke er underligt, når man tænker på de alternative energikilders dominans, og deres endnu ikke udtømte teknologiske udviklingsmuligheder.

Dampmaskinens betydning lå udelukkende i dens teknologiske udfordring. Konstruktionen af danske dampmaskiner stillede kvalitativt ny krav til værktøjsmaskiner og tekniske kvalifikationer. Den højnelse af det teknologi-

ske niveau, som blev opnået i perioden, skyldtes hovedsageligt enkeltpersoners teknologiske dannelsesrejser og ambitioner, som ikke modsvarede af økonomiske belønninger. Det var disse enkeltpersoners kompetence, der blev grundlaget for den kommende teknologiske udvikling. Forholdet mellem regeringens industripolitik, toldpolitik og teknologiske uddannelsespolitik, som man kunne forvente lå en enevældig statsadministration på sinde, var tilfældig og ukoordineret, og savnede strategisk overblik over de muligheder, moderne maskinteknologi frembød.

# Noter

## I. H. Kragh, "Dampmeknologi og varmeteori"

1. Litteraturen om dette emne er meget omfattende. Af arbejder på dansk skal især henvises til Nielsen 1987 og Sandfort 1965, der begge er fortræffelige pædagogiske introduktioner til varmekraftmaskinernes og termodynamikkens historie; samt til Nielsen, Nielsen og Jensen 1990, 77-89, hvor emnet placeres i en bredere teknologihistorisk sammenhæng. Nielsen 1987 og Jensen og Kledal 1971 indeholder uddrag af kilder, sidstnævnte med vægten lagt på de økonomiske og sociale aspekter af den industrielle revolution.
2. Ifl. en beretning, der stammer fra John Robisons artikel om dampmaskiner i 1797 udgaven af *Encyclopaedia Britannica*, korresponderede Newcomen med Robert Hooke, en af periodens største videnskabsmænd, og inspireredes herigennem af Papins eksperimenter. Der er imidlertid ingen dokumentation for en sådan korrespondance, og moderne forskning er tilbøjelig til at afskrive Robisons beretning som en myte. Som andre myter er den ofte blevet gentaget og har derved erhvervet en stor autoritet. F.eks. hævder Milton Kerker at Newcomen "opretholdt en aktiv korrespondance med Robert Hooke [og] samtidige kilder angiver, at Hooke formentligt holdt ham informeret om Papins fremskridt" (Kerker 1961, 384). En mere kritisk og bedre dokumenteret diskussion af Newcomens påståede gæld til videnskabelige autoriteter findes hos Rolt og Allen 1977, 36-43. Se også note II.10 i dette bind.
3. Dette er naturligvis ikke specielt for dampmaskinens historie, men er et generelt træk. I almindelighed vil en falsk videnskabelig teori godt kunne levere sande forudsigelser eller have anvendelige teknologiske konsekvenser. Se herom f.eks. Kragh og Pedersen 1991, 291-95.
4. Det er ikke noget ukendt fænomen at opfindere eller videnskabsmænd, der har haft succes med en bestemt innovation, blokerer overfor alternative udviklinger af deres koncept. Watts modstand mod højtryksmaskinen minder i denne henseende om Edisons modstand mod vekselstrømmen. Som Watt og hans folk advarede mod de frygtelige ulykker den nye type dampmaskine kunne afstedkomme, således advarede Edison og hans folk mod vekselstrømmens farlighed. I begge tilfælde var advarslerne overdrevne og udtryk for kommerciel rivalisering. Anvendelsen af den elektriske henrettelsesmetode (først 1890) var et af de argumenter, tilhængerne af jævnstrøm brugte i kampen mod vekselstrømmen!
5. Rigsarkivet, Generaltoldkammer- og Kommercekollegiets Arkiv, Mekanikus C. F. Schiøtts Fallitbo, akter 1831-1836. Se også Nielsen 1944; 1:390.
6. Hjorths forbedrede roterende højtryksmaskine blev beskrevet i et appendiks til hans oversættelse af 5. udgaven af Dionysis Lardners allerede klassiske bog om dampmaskinen (1. udg. 1827). Se Lardner 1838 og Bang 1982, 21-25. Ifl. Georg F. Ursin, dansk jernbaneprofet og professor i maskinlære, var der i 1842 optaget over 40 patenter på rotatoriske dampmaskiner, heraf to i Danmark, hvoraf det andet skyldtes en vis hr. Bille (Ursin 1842, 192).
7. Også begrebsmæssigt, i vurderingen af elektromotorens effektivitet, overtog man dampkraftens metoder og terminologi. Man opfattede elektromotoren som en kraftmaskine, der ved forbrug af en vis mængde kul, kobber eller zink (fra batteriet) kunne hæve en vægt en vis afstand. Der må dog skelnes mellem imitation på det designmæssige og det funktio-

- nelle plan. Vandmaskinerne fungerede efter lignende principper som dampmaskinen, hvorfor det var rationelt at overtage dennes design. Virkemåden for en elektromotor er derimod væsensforskellig fra dampmaskinens og her repræsenterede det kopierede design blot mangel på teknisk fantasi. Så snart den elektriske teknologi havde etableret sig som et selvstændigt teknisk område, forsvandt den hæmmende binding til den dominerende dampteknologis design. På ganske samme måde var de tidlige jernbanevogne modelleret efter diligencen og fandt først efter en tid sin selvstændige og mere rationelle form. For en systematisk behandling af teknologisk imitation, se Kragh 1991.
8. Cardwell 1989, 168. Eksemplet mellem teori og praksis er analogt til den tidligere situation på vandkraftens område, hvor teorien omkring 1750 foreskrev en maksimal effektivitet for vandhjul, men vor Smeaton i praksis viste, at effektiviteten for gode overfaldsvandhjul overskred denne teoretiske grænse. Se Nielsen, Nielsen og Jensen 1990, 120-31.
  9. Blandt Carnots referencer til eksperimentelle undersøgelser var en henvisning til H. C. Ørsteds nyligt publicerede arbejde om vands sammentrykkelighed, som Carnot brugte til at afvise (flydende) vands mulige rolle som arbejdsstof i en varmekraftmaskine (Carnot 1986, 102). Alene det faktum, at Carnot var bekendt med Ørsteds arbejde og vurderede det som relevant i en, omend abstrakt, teknologisk sammenhæng, gør påstanden om Ørsteds fremmethed overfor teknisk forskning tvivlsom.
  10. Carnots negative formulering repræsenterer et alment træk ved naturlove, nemlig at de angiver hvad der aldrig eller under ingen omstændigheder kan være tilfældet. Sådanne *impotensregler* er karakteristiske for netop fundamentale naturlove (som fremhævet f.eks. af Popper), mens de er essentielt fremmede for teknologiske regler, der netop angår hvad der er muligt under specifikke, opnåelige omstændigheder. Carnots arbejde placerer sig således i spændingsfeltet mellem videnskab og teknologi.
  11. Colding 1850a, 1850b. Se også Dahl 1963 og Dahl 1972, hvoraf sidstnævnte indeholder Coldings arbejder i engelsk oversættelse. En noget forkortet version af Colding 1850a blev fremlagt ved det Skandinaviske Naturforsker-møde i København i juli 1847 og optrykt under samme titel i *Skandinaviska Naturforskarens Möte, Förhandlingar*, 5 (1847), 208-39. Også Colding 1853 blev først forelagt på denne måde, se *ibid.*, 6 (1851), 76-89.
  12. Thomsen 1852, og for baggrund Kragh 1984. Thomsen refererede ikke til Colding, men dele af hans afhandling står tydeligt i gæld til Coldings diskussion af energiloven, der også omfattede termokemiske forhold. Omkring samme tid samarbejdede Colding og Thomsen i en analyse af årsagerne til den københavnske kolera. Se Colding og Thomsen 1853, et pionerarbejde i videnskabelig socialmedicin, der understreger bredden i datidige ingeniørers kompetence.

## II. K. Nielsen, "Teknologi og oplysningsutopi"

1. Holberg diskuterede, hvorledes kometers bevægelser forklares i de to systemer og skrev: "... derfor, ... holder jeg mig til *Cartesii Hypothesin*, som udi denne Post er saa let, at man kand faae Børn til at begribe den." Om de to systemer som helhed konkluderede han: "Jeg

agter *Newton* all den Ære værd, som samme store Mand ere beviset: Men støder mig derover, at mange nu omstunder tale med Foragt om *Cartesio*, da det dog kand hende sig, at hans *Philosophie* over alt vil komme i *Moden igjen*" (Holberg, *Epistler*, udg. af F. Billeskov Jansen, København 1944. Bd. 1, 185-87).

2. Angående striden mellem cartesianere og



- newtonianere, se Hankins 1985, 1-45, der også indeholder en kommenteret bibliografi over nyere værker om oplysningstidens videnskab.
3. En undtagelse er dog bindet om "Regne- og målekunst", hvor han bl.a. har trigonometriske tabeller og regning med logaritmer.
  4. D'Alembert i *Encyclopédie* (1778), vol. 15, 736. Citeret efter Heilbron 1979, 17.
  5. Det forkerte resultat var udledt i 1704 af den franske matematiker Antoine Parent, og udviste en forbløffende sejlivethed. Se f.eks. Njelsen, Nielsen og Jensen 1990, 120-31. Problemet omkring den teoretiske forståelse af vandhjul er udførligt behandlet i Reynolds 1983.
  6. Kraft henviste til en regel, han havde fundet hos Leupold: "I Korn=Møllerne til et Staber=Hiul 1760 Tommer Vand, hver til 14 Kander, i et Minut. Til et Panster=Hiul dobbelt saa meget. Til et Straub=Hiul 632 tommer Vand i et Minute" (Kraft 1764, 754).
  7. Desaguliers 1734-44. Kraft henviser desuden til værker af de to hollandske eksperimentalfysikere Pieter van Musschenbroek og Wilhelm J. van 'sGravesande, der arbejdede i samme tradition som Desaguliers.
  8. Alligevel blev hans teoretiske arbejde ikke uden betydning, idet første bind af *Mekanikken* i 1773 blev oversat til latin og i 1787 til tysk. Se Christensen 1988, 60-61, der også nævner at Kraft havde en interesseret kreds af læsere i Trondhjem; men altså ikke i Sorø.
  9. Se Leupold 1727-39, bd. 1. 2. del, 94-99; Belidor 1737-39, bd. 2, 308-28; Desaguliers 1734-44, bd. 1, 465-84.
  10. Hele forholdet mellem Savery og Newcomen diskuteres grundigt af Rolt, der er tilbøjelig til at mene, at "Fordi det forekom 1700-tallets videnskabelige skribenter utænkeligt, at det, der mislykedes i videnskabelige kredse i London, uden hjælp blev nået af en jernhandler fra provinsen, så postulerede de forbindelser mellem Newcomen og disse kredse." Rolt og Allen 1977, 36-43, citat fra s. 36. Se også note 1.2.
  11. Ansøgning af 29. april 1789 fra Gamst til Kommercekollegiet, hvori Gamst ansøger om 2000 Rdl til at viderføre arbejdet med "Ild-Maskinen" (cit. Nyrop 1892, 39).
  12. To andre tegninger er: (1) Et kobberstik, lavet af englænderen Sutton Nicholls, der tjente penge ved at sælge kobberstik af Newcomen maskiner. Tegningen bærer overskriften "The ENGINE for Raising Water by Fire" og er dateret 1725. Det formodes (Rolt og Allen 1977, 81) at den afbildede maskine blev bygget til The York Buildings Waterworks i London. Der er altså *ikke* tale om en maskine til minebrug. (2) Fire håndtegnede ark, signeret "Ancker pr. London, 1775." Tegningerne viser dels maskinen i sin helhed, dels mange detaljer. Det må bemærkes, at den viste maskine i 1775 var af en forældet type, samt at den ledsagende danske tekst viser, at Ancker ikke har forstået de mest fundamentale principper for maskinens virkemåde (Rigsarkivet. Søetatens arkiv. Fabrikmesteren).
  13. Rigsarkivet. Søetatens arkiv. Fabrikmesteren; håndskrifter vedr. mekanik, naturvidenskab m.m. De to artikler er "The best proportion for Steam Engine Cylinders of a given content; by Fr. Blake," og "An Improvement of Captain Savery's Fire Engine to render it capable of working by itself," begge fra *Gentlemen's Magazine*, dec. 1754, 545-46.
  14. Desværre konkluderer Johansson 1962, at Fellers' maskiner alle var af Newcomen typen. Fejlen gentages i en oversigt i Althin 1961 (s. 97). At Fellers' maskine ikke kan have været en Newcomen konstruktion fremgår af, at Fellers i 1772 skrev om sin maskine: "De vanlig Eld-Machiner [d.v.s. af Newcomen typen] äro försedde med en stor Cylinder och en stor Ballance, som lyftar en hop med stora Pumpar, hwilka opfordrar watnet, *uti denna är bwarken Cylinder, Ballance eller Pumpar*, hvarigenom har händt at Mechanismen uti denna är mycket simplare och Frictionen mycket mindre än uti de wanliga Eld-Machiner" (cit. Johansson 1962, 57. Min fremhævelse). Flere andre af Fellers' bemærkninger harmonerer med, at maskinen ikke har været af Newcomen typen (Johansson 1962, 55-57).

### III. F.S. Nielsen, "Ildmaskinen på Gammelholm"

1. Søetaten, Embeds- og Kommissionsarkiver, Diverse Embedsarkiver, Stiboltske Papirer. En protokol med "Vice Admiral Kaases Rapport om hans Foretagender paa Holmen i den Tiid han var dens Chef" findes i Orlogsmuseet, tidligere Handels- og Søfartsmuseet, K 3441. Det må anses for sandsynligt at E. W. Stibolt er forfatter til begge tekster, der er identiske. Hvor andet ikke er nævnt, stammer alle nævnte arkivalier fra Rigsarkivet.
2. Søetaten, Orlogsværftets afl. 1945, Constructions Commissionens Forhandlingsprotokoller nr. 43, s. 203 og s. 323.
3. Kommercekollegiet, Danske Journal, 1789, Ltr G.G. 355.
4. Søetaten, Generalkommissariatet, Kgl. Resolutioner protokol 1788-92.
5. Genpart i Søetaten, Embeds- og Kommissionsarkiver, Div. Embedsarkiver, Geheimeraad Rosenkrantz' papirer, XII Ildmaskinen.
6. Geheimeraad Rosenkrantz' papirer L/3.
7. Ibid., L/9.
8. Constructions Commissionens Forhandlingsprotokoller nr. 53, s. 224. Ifl. Johansen 1979, 198, lå den almindelige årsløn for arbejdere i 1789 mellem 50 og 100 Rdl.
9. De 10 breve fra Haaber findes i Geheimeraad Rosenkrantz' papirer.
10. Der er utvivlsomt tale om et af de mere berømte byggerier i London, The Albion Mill, bygget i 1784 af den kendte arkitekt Samuel Wyatt. The Albion Mill var en kornmølle forsynet med en Boulton & Watt maskine og ledet af mechanicus John Rennie. Møllen blev en stor seværdighed og en god reklame for Boulton & Watts maskiner, men brændte allerede i 1791 (Tann 1970, 69).
11. Ordret gengivelse fra Haaber. "Cylinderen til dampmaskinen, som skal hamre ankre, er 24 tommer i diameter, og når den arbejder nat og dag forbruger fyret, der holder den igang, 2½ engelske chaldron kul. Otte mænd begynder kl. 8 om morgenen og fortsætter med arbejdet til kl. 8 om aftenen, hvor 8 friske mænd begynder arbejdet, som de fortsætter til kl. 8 næste morgen. To mænd passer fyret, 2 tager sig af cylinderen og klokken [?]. Dette antal mænd er nødvendigt, da de både skal hamre og valse og laver andet arbejde, hvilket udfylder den mellemliggende tid. Maskinen vil normalt gøre 20 omdrejninger i minuttet, så hvis der er 4 knaster på hammerens aksel, vil hammeren gøre 80 slag i dette tidsrum."
12. Generalkommissariatet, Kgl. Resolutioner, protokol 1788-92.
13. Lister over firmaets ansatte i Boulton & Watt Collection, Birmingham Reference Library, nævner ingen Mitchell.
14. Søetaten, Generalkommissariatet, Kgl. Resolutionsprotokol 1788-92, s. 72; og Holmens Chef, Indkomne sager nr. 470, 29. aug. 1789
15. Søetaten, Generalkommissariatet, Korrespondance Protocoll for Aaret 1788, s. 203.
16. Søetaten, Holmens Chef, Indkomne sager 1789 nr. 427 (6. aug.), nr. 555 (24. okt.), nr. 557 (29. okt.), nr. 576 (3. nov.), nr. 571 (5. nov.), samt Constructions Commissionens Forhandlingsprotokoller nr. 45, s. 255 (29. okt.) og s. 256 (30. okt.).
17. Constructions Commissionens Forhandlingsprotokoller nr. 53, s. 238 ff.
18. Generalkommissariatet, Kgl. Resolutionsprotokol 1788-92, s. 383 og s. 390.
19. Søetaten, Orlogsværftets afl. 1945, 58: Fast og løes Inventarium ved Hans Kongelige Mayestæts Model=Kammer udi Pavillionen paa Gammelholm.
20. Det håndskrevne arkivalie med håndkolorerede tegninger findes fortsat i Søløjtnant-Selskabets arkiv. I 1884 udsendte H. Degenkolv, søofficer og fuldmægtig i Søløjtnant-Selskabet, Fabricius' beskrivelse sammen med en kort artikel om ildmaskinen på Gammelholm (Degenkolv 1884). Det fremgår heraf, at Fabricius' beskrivelse netop var blevet fundet, men formodentligt i en kopi. Ifl. Degenkolv må originalen anses for at være gået tabt under ødelæggelserne i 1807.
21. For en nærmere teknisk beskrivelse, se Mansa 1954 og den kortere engelske version i Mansa 1952-54. På Danmarks Tekniske Museum i Helsingør findes en model af ildmaskinen i skala 1:25 udført på baggrund af Fabricius' beskrivelse. Se Nielsen 1991.
22. Søetaten, Kommissionsprotokol for et nyt

- Dokkeanlæg 1739-1795 m.fl. Ankarsvårds forslag med tegninger samt referater af møder og bemærkninger vedrørende forslaget findes i Protokol for 1794-95, s. 71-101.
23. Constructions Commissionens Forhandlingsprotokoller nr. 53, s. 227.
  24. Ibid., 223f.
  25. Søetaten, Embeds- og Kommissionsarkiver, Div. Embedsarkiver, Stiboltske Papirer, Personlige Papirer, Anlæg paa Holmen vedkommende. I dette læg findes papirer fra begge brødrene Stibolt (Andreas Henrik og Ernst Wilhelm), inkl. en redegørelse på 56 sider af A. H. Stibolt vedrørende begivenheder og arbejde på Holmen i hans tid som Ekvipagemester. Under 3. periode fra 1781 til 1792 vedrører pkt. 1 ildmaskinen.
  26. Tekniska Museets Arkiv, B 16382.
  27. Søetaten. Fabrikmesteren, Koncepter og indkomne Breve 1788-1803. 26. maj 1795.
  28. Constructions Commissionens Forhandlingsprotokoller nr. 53, s. 228-9.
  29. Søetaten, Holmens chef, Ekvipage Kont. Arbejds Ordres Bog for Aaret 1796, s. 336.
  30. Degenkolv 1884, 14. Det har ikke været muligt at finde Degenkolvs kilder til oplysningerne om fejl og problemer ved ildmaskinens funktioner. Som søofficer kunne Degenkolv opnå adgang til søværnets arkiver, hvor kildematerialet fandtes, indtil det i dette århundrede blev afleveret til Rigsarkivet. Dele af det gennemgåede materiale er dog formentlig gået tabt eller ikke afleveret.
  31. Constructions Commissionens Forhandlingsprotokoller nr. 53, s. 349ff.
  32. Søetaten, Admiralitetet og Generalkommissariatet, Kgl. Resolutioner 1802-03.
  33. Søetatens Kort- og Tegningsamling, Des C 308 A og B.

#### IV. F. A. Rasmussen, "Fra Birmingham til København"

Kapitlet er baseret på nye kildestudier. Følgende arkivalier er anvendt: Rigsarkivet. Tillæg til Søetatens arkiv. Orlogsværftets afleveringer 1945. Fol 154b: "Dampmaskinens opstilling på Gammelholm 1806". Herefter: RA Søetaten. Fol 154b. Dampmask. 1806.

Rigsarkivet. Tillæg til Søetatens arkiv. Orlogsværftets afleveringer 1921. Fol 154: "Konstruktions- og regleringskommissionen af 1739s forhandlingsprotokoller". Herefter: RA Søetaten. Fol 154. CC.

Rigsarkivet. Finansarkiver. Sager vedrørende møntvæsenet 1771-1848. Fol 240: "Møntsager til Finanskollegiets almindelige journal 1794-1808". Herefter: RA Finansark. Fol 240. Journalsager.

Rigsarkivet. Finansarkiver. Sager vedrørende møntvæsenet 1771-1848. Fol 240: "Almindelige og danske inventarier for Københavns Mønt 1791-1847". Herefter: RA Finansark. Fol 240. Inventarier.

Rigsarkivet. Finansarkiver. Den Kongelige Mønt. Fol 240: "Mønten i København 1692-1874". Kopibøger for årene 1808-12. Herefter: RA Finansark. Fol 240. kopibøger. Boulton and Watt Collection. Birmingham Reference Library. Birmingham, England. Diverse korrespondance og tegninger. Herefter: B&W.

1. Netop diskussionen om Boulton og Watts dampmaskiner og deres diffusion til de øvrige europæiske lande er blevet udsat for dybtgående studier i England. Se f.eks. Tann og Breckin 1978, samt Tann 1978.
2. RA Søetaten. Fol 154b. Dampmask. 1806, fra 10. september 1805 til 5. november 1805. RA Finansark. Fol 240. Journalsager. Fra 4. september 1806 til 15. oktober 1807.
3. Som et kuriosum skal nævnes, at Friedrich Buchwald allerede i 1796 havde kontakt med Boulton om leveringen af en stor dampmaskine, som skulle anvendes ved anlæggelsen af Odense Kanal. Man var faktisk kommet så vidt, at man havde bestemt, at den skulle udskibes

- fra Newcastle og leveres i Odense. Ordren blev imidlertid annulleret. B&W, 31. dec. 1796 samt 10. jan. 1797.
4. RA Søetaten. Fol 154. CC. prot. nr. 52. p. 208 samt 244ff. Ljungberg fik i 1787 plads i den nyoprettede General-Fabrikdirektion og sendtes i 1796 på sin fjerde rejse til England.
  5. Spørgsmålets væsentlighed understreges af den mængde af projekter, der i denne periode blev indleveret til vurdering hos Konstruktionskommissionen: 1786 indsendte mestersvend Jens Andersen en model og beskrivelse af en hammermaskine; 1792 fremkom smeden Willum Stephansson med en beskrivelse af en hammermaskine, som kommissionen dog betegner som "eet flygtigt iernesvind;" og i 1799 indsendte "machinisten" John Smith en tegning til et hestedrevet hammerværk med tre hamre. Endelig foreslog underkvartermand Degenkolw i 1804 bygningen af en maskine, som via hestekraft kunne føre en smedehammer.
  6. RA Søetaten. Fol 154. CC. prot. nr. 52. p. 206 samt 359ff.
  7. B&W, 31. dec. 1796, 10. og 25 juni 1797 samt 25. nov. 1800.
  8. B&W. Oversat fra engelsk. Warbergs spørgsmål med Boultons svar anført som randkommentar. Dateret Soho den 26. marts 1798.
  9. RA finansark. Fol 240. Journalsager. 27. april 1803.
  10. RA Søetaten. Fol 154. CC. prot. nr. 58. p. Brevkopi vedlagt sagen, dateret London 6. dec. 1803.
  11. RA Finansark. Fol 240. Journalsager. 24. august og 16. oktober 1804.
  12. B&W. M. Boulton til Duncan James i Skt. Petersborg. Udateret, men sandsynligvis fra 1806.
  13. B&W. Udkast i kopi mrk. Weston. Den 26. juli 1804, samt RA Finansark. Fol 240. Journalsager. 23. april, 1. og 4. juni 1804.
  14. B&W. Blandt korrespondancen findes den trykte eksporttilladelse dateret den 10. juli 1804.
  15. RA Finansark. Fol 240. Journalsager, 26. juli 1804.
  16. B&W, 20 maj 1805. Oversat fra engelsk. Underskrevet af Boulton og Warberg med James Watt og G. Mynd som vitterlighedsvidner.
  17. Den første rate udbetaltes til Boulton i henhold til aftalen, men på grund af krigen og Matthew Boultons død i 1809 blev det Boulton jr. der måtte tage sig af den udeblevne restbetaling. I mellemtiden var finansformidlerne Wolff & Dorville i London trådt i betalingsstandsning og først i 1816 kunne sagen afsluttes med den sidste rates betaling.
  18. På dette tidspunkt havde Boulton øjensynligt opgivet al håb om, at hans montører ved Mønten i Skt. Petersborg, der nu var tilbageholdt mod deres vilje, ville kunne nå til København inden for den fastsatte frist. Om dette forhold, se RA. Finansark. Fol. 240. Journalsager, 15. maj 1807, samt B&W, 2. sep. 1808.
  19. B&W. Oversat fra engelsk. Kontrakt mellem Boulton og Gillespie. Dateret den 14. marts 1805.
  20. RA Søetaten. Fol 154. CC. prot. nr. 58, p. 87 samt 114ff.
  21. RA Søetaten. Fol 154b. Dampmask. 1806. Den 7. og 16. dec. 1805.
  22. RA Søetaten. Fol 154. CC. prot. nr. 57. p. 312f.
  23. Ibid., p. 297.
  24. RA Søetaten. Fol 154. CC. prot. nr. 58, p. 90ff. Dateret den 13. nov. 1806.
  25. RA Søetaten. Fol 154. CC. prot. nr. 58, p. 114ff. Dateret den 21. jan. 1807.
  26. Ibid., 118f, 27. jan. 1807. Forhøret og den efterfølgende konklusion fylder 12 tætskrevne sider.
  27. Ibid. Konstruktionskommissionens egne understregninger.
  28. Det værk, der her refereres til, må være det som Boulton & Watt i 1814 opstillede på flådeværftet i Woolwich. Ifl. Jennifer Tann var dette det første værk specielt indrettet til ankersmedning i England. Brugte Boulton & Watt de erfaringer, man havde høstet i Danmark i Woolwich? Hos Tann optræder en iøjenfaldende misforståelse, idet hun forveksler en plantegning af grovsmedjen på Gammelholm med den danske Mønt (Tann 1970, 83 og 93).
  29. Hvilket Boulton & Watt havde haft bitre erfaringer med. I 1777 lod man foretage en prøveopstilling af et hammerværk i Soho, men det brød efter kort tid sammen, hvorfor maskinen fik øgenavnet "The devil". Et lignende forsøg foretog man i 1782. Denne maskine ydede



- mellem 18 og 21 stempelslag i minuttet, hvilket man anså for et maksimum (Dickinson og Jenkins 1981, 57 og 246f).
30. RA Søetaten. Fol 154. CC. prot. nr. 58, p. 188ff. Warbergs rapport fylder i alt 18 foliosider og er vedlagt en tegning af en kran, som han mener kan lette håndteringen under smedningen. Brevet er dateret i London den 16. marts 1807.
  31. B&W. List of Materials & Estimate of Danish Mint. Udateret. Som en del af den samlede leverance ankom en drejebænk. Af inventarierne for Mønten ses det, at der var tale om en maskine med støbt konsol og stålspindel. Drejebænken skulle anvendes til at afdreje valser og stempler. Boulton & Watt var som bekendt ikke fabrikanter af værktøjsmaskiner, så den må være leveret via en underleverandør. På dette tidspunkt var den eneste, der udbød denne teknik med salg for øje, Matthew Murray, hvorfor den må antages at være fremstillet hos ham (Rolt 1965, 78). Man havde de største vanskeligheder med at finde en håndværker, som kunne betjene denne maskine, men i 1810 ansattes Frederik Freund, som havde lært hos von Würden og som havde aflagt prøve i drejning. Maskinen fortjener særlig omtale fordi det var Danmarks første drevet ved dampkraft. RA Finansark. Fol 240. Kopibøger, den 10. juni 1810. Se også kapitel V.
  32. RA Finansark. Fol 240. Kopibog den 8. feb. og 12. marts 1808.
  33. Ibid., feb. 1809.
  34. De stadigt stigende priser på kul gjorde naturligvis, at man var særlig opmærksom på dette forbrug. I smedjen drejede det sig ikke blot om maskinens forbrug, men også om det kul, der blev forbrugt i de mange esser. Driftsikkerhed var af afgørende betydning, fordi enhver afbrydelse i arbejdet ville betyde, at esserne forbrændte den dyrebare energi til ingen nytte. Warberg var opmærksom på dette problem og gjorde sig en del anstrengelser for at finde en person i England, som kunne foretage prospekteringer efter kul på Bornholm. RA Finansark. Fol 240. Journalsager. Dateret den 23. april 1804. Forsøgene på at udnytte de bornholmske kulforekomster var dog ikke et resultat af dampmaskinens behov. Allerede i 1770 havde Landhusholdningsselskabet arrangeret en undersøgelse af stenkul på Børnholm, og i 1773 blev der nedsat en kongelig kommission med samme formål.
  35. RA Finansark. Fol 240. Kopibøger, dateret den 24. juni 1811.
  36. RA Søetaten. Fol 154b. Dampmask. 1806. Den 24. okt. 1807.
  37. Landsarkivet for Sjælland. Brandtaxationer. Sect. Ibs Kvarter, nr. 189 (Roskilde) og Nørre Kvarter, nr. 130-32 (København). Jf. også Nyrop 1892, 185.
  38. Mine kursiveringer. RA Finanskollegiet, skrivelse af 13. okt. 1813. Her citeret fra Bauer 1891, 39.

## V. D. Ch. Christensen, ”Danske dampmaskiner”

Følgende forkortelser er anvendt: Birmingham Public Libraries (BPL); Københavns Magistrat (KM); Boulton & Watt Collection (BWC); Københavns Stadsarkiv (KS); Danske Cancelli (DC); Landsarkivet for Sjælland (LAS); Frederiksværk (FV); Landhusholdningsselskabet (LHS); Erhvervsarkivet, Århus (EA); Polyteknisk Lærestalt (PLA); Industri- og Fabrikfaget (IFF); Rigsarkivet, København (RA); Det kongelige Bibliotek, København

(KB); Universitetsdirektionen (UD); Københavns Brandforsikring (KBF); Magazin for Kunstnere og Haandværkere (Ursins Mag.); Kommercekollegiet (KK); Zentrales Staatsarchiv, Merseburg (ZS)

1. Jf. Svante Lindqvists collage, hvori han illustrerer komponenterne i en Newcomen maskine ved hjælp af en kanon, en bryggerkedel og et tårn (Lindqvist 1984, 113).
2. Et par tilfældige eksempler: 1) I 1815 måtte Winstrup arbejde under en sættemester fra

- møllebyggerlauget, da han opførte Amerikamøllen til John Forbes. KM Reference Protokol 1814, nr. 2449-2451, og 2S48, 1815, nr.1455, KS.
- 2) Winstrups ansøgning fra 1826 om privilegium til at støbe og sælge jernstøbte produkter blev kun bevilget takket være Jonas Collin, og Københavns Magistrat forlangte borgerbrev og næringssskat, skønt Winstrups værksted lå på Frederiksberg. KM.Ref. Prot.2S71, 1827, nr. 125, KS.
3. Fonden ad usos publicos, Journ.sager 1822, nr. 993-1197, ans. dat. 27.12.1821, RA.
  4. anbefaling fra Bugge 13. juni 1811, vedl. ans. til kongen af 20. jan. 1816, DC, 2. Departement Registrant 1816, bil. 347, RA.
  5. E. P. Tschernings instruks til FV hovedkontor, dat. jan. 1802 "nogle bøger og mekaniske Instrumenter på Smith's Auction bedes købt", FV, Bestyrelsen, indk. sager, 1802, RA. KK købte for 404 Rbdl til mestersvenden Andreas Jensen, som overtog driften af værkstedet, KK IFF Sekretariat 1802, nr. 1414, RA.
  6. Fortegnelse over en del matematiske, optiske og fysiske Instrumenter, Redskaber og Bøger afd. Stads-Mekanikus Jesper Bidstrups Stervbo tilh., som Torsd. d. 31. Martii 1803 om Form. Kl. 9 slet, ved Avktion vorder bortsolgt i Boets Hus Nr. 190 i Overg. o. Vandet paa Kristianshavn, KK Journ.sager, reg. nr. 1415, nr. 239, 1803.
  7. O. J. Winstrup, "Forslag til en nye og forbedret Vindmølle," København 31. marts 1817 (håndskrift i privat eje).
  8. anbefaling fra Jonas Collin i anledning af ansøgning om bevilling som jernstøber, KK IFF, Journ. sager, nr. 1014, 12.9.1826, RA.
  9. Journ.sager nr. 78, 1819 og nr. 43, 1829, LHS Arkiv, EA.
  10. Vil blive omtalt udførligt i TISK-projektets planlagte teknologihistorie.
  11. Kunth i memorandum til von Bülow, "Über die besonders technischen Anstalten auf den Gütern des Herrn Nathusius, Althaldensleben und Hundisburg," Berlin, 10. okt. 1817, ZS, Repertorium 120D xiv a, Nr. 10 Bd 1. Jeg takker Carsbergfonden for tilskud til arkivbesøg i det tidligere DDR.
  12. "Auszug aus dem Schreiben des Herrn Nathusius zu Althaldersleben von 16.4.1818," til statsråd Kunth, Berlin, Repertorium.120 A v 2, Nr. 2, ZS.
  13. Ursins Mag. nr. 121-123, 1828, "Bogtrykkerkunsten. Hurtigpressen", hvori oplyses, at Adresseavisen er landets største med et dagligt oplag på 5000 ekspl., og at produktiviteten steg fra 400-450 til 2400 ekspl. pr. time. Maskinen, der betjentes af 4 drenge og en daglønner, kostede 12000 Rbdl. Ursin var tydeligt imponeret af dette tekniske fremskridt og forudså, at det ville vare lige så længe at opfinde en forbedring af König & Bauers maskine, som der forløb mellem denne og Guthenberg, eller ca. 250 år!
  14. Ursins Mag., nr. 53, 1827, "Dampmaskine af Winstrup." Det første år standsede dampmaskinen tre gange p.g. af fejl. Første gang p.g. af frost., anden gang p.g. af forstoppelse i kedlen, og tredje gang var problemet en løsnet møtrik, hvorved stempelstangen til luftpumpen bøjedes. Disse standsninger kan ikke lægges konstruktionen til last, og der er intet belæg for at hævde, som Axel Nielsen gør, at "maskinen ikke virkede særligt godt" (Nielsen 1944, 1: 382).
  15. Skøde og Panteprotokoller, Københavns Amt Søndre Birk, forsk.st., LAS.
  16. J. G. Adler, privatarkiv nr. 5008, A.I.4., RA.
  17. Bestyrelsens brev af 12. dec. 1827 til kongen, Brevkopibog nr. 658, FV arkiv, RA.
  18. A. F. Tscherning til English, inspektoratets brevkopibog, nr. 425 af 5. dec. 1827, FV arkiv, RA.
  19. A. F. Tscherning, "Om Frederiksværks Bestyrelse og Drift," i Statsoeconomisk Archiv, udg. af Dr. Nathan David, bd. I, 30s. København 1826, s.311.
  20. Eftersom dampmaskinens salgspris (8000 Rbdl) var udtryk for verdensmarkedsprisen for dampmaskiner, i praksis hvad Boulton & Watt ville have krævet (tilsvarende priser optrådte i Winstrups priscourant), ville fortjenesten være større i Danmark, fordi arbejderlønningerne var lavere, naturligvis forudsat produktiviteten var den samme.
  21. E. P. Tscherning, Værkets Brevkopibog, nr.326 af 21. sep. 1827, FV Arkiv, RA.
  22. Søetatens Kort og Tegningsamling, Reg. 290, 2, nr. D2837 og D2838, RA.

23. Værkets Brevkopibog, nr. 292 af 29. sep. 1828, FV arkiv, RA.
24. Værkets Brevkopibog, nr. 33 af 27. okt. 1828, FV arkiv, RA.
25. Om jernstøbning på Frederiksværk til civile formål, der fik en kortvarig opblomstring omkring år 1800 under skotten John Wilsons ledelse, se Christensen 1991.
26. Værkets Brevkopibog, nr. 399 af 28.8.1829, FV arkiv, RA. Der ses ikke at være belæg for Axel Nielsens bemærkning om at akslerne blev udført på Holmen (Nielsen 1944, 1: 384).
27. Princippet i Maudsleys ledeskruedrejebænk er beskrevet i Nielsen, Nielsen og Jensen 1990, 99-101. Se endvidere Rolt 1965, 83 ff.
28. Ursins Mag. 1828, nr. 103 og 104, 209-215, samt stannograferet tegning. Ursin omtaler ikke danske eksemplarer eller kopier heraf, hvilket tyder på, at der ikke fandtes nogen, for Ursin plejede at henvise til danske pionerer, når han kunne.
29. Se note 3 (Smith), note 4 (Bidstrup), brandtaxation Frederiksberg Sogn, nr. 1069 af 23. sep. 1830 (Winstrup), Søetatens Kort og Tegningsamling, Reg. 290, 2, nr. D2757-D2769 (FV, eller Gammelholm?), Industrifondens Obligationsprotokol 1817-38 (1828: "En halvferdig stor Jerndreibænk med 'Support fixe'" og Industrifondens Obligationsprotokol 1827-41 (1833: "En stor Dreiebænk med Planskive, Svinghjul og mekaniske Forsætter, en mindre Dreiebænk (Support fixe);" Schiött). At Dyssel i sine lærebøger "Teknisk Mekanik og Maskinlæren 1-2" (København, hhv. 1832-33 og 1833) beskriver og illustrerer drejebænke (nr. 103-106) og ledeskruedrejebænke (nr. 70-91), garanterer ikke for, at de eksisterede i Danmark, da størstedelen af bøgernes indhold var reproduceret efter udenlandske forlæg.
30. O. J. Winstrup, "Om Maskinstikning og Staalgravering," i Ursins Mag. 1827, nr. 51, 105-111.
31. Ursins Mag. 1828, 73-78, med stannograferet tegning "Den hydrauliske Presse"; 1830, 94-96, med stannograferet tegning "Universal-Skruestik"; 157-158 med kobber "Cylindrisk Smedebælg"; 446-449 med kobber "Trykpumpe".
32. Nielsen 1944, 1: 388 ff. Se også Stilling 1988, 74-75.
33. Ministerium des Innern, Gewerbe, Handel u. Bauwesen, Maschinenbau , dato 00, D. Abth. xiv Fach 1, Nr.1, Vol.2, Repertorium 120, ZS.
34. Journ.sager, nr. 1155, 1827, UD arkiv, RA. Ursins forslag til kongen 1605/ 1827 og Ørstedes forestilling 1155/ 1829.
35. Journ.sager nr. 28/1030, PLA arkiv, RA.
36. Dampkraft til brug ved minedrift var dog ikke aldeles fraværende i kongeriget, hvor en englænder, David Coulthard, i 1819 fik eneret på brydning af bornholmsk kul og jern. Coulthard anvendte en dampmaskine ved brydningen, hvilket dog ikke hindrede, at projektet blev opgivet i 1823. Se Thaarup 1825, 81. Ifl. Clement 1927, 1, var der var tale om en "gammel ubrugelig dampmaskine," men oplysninger om maskinen savnes. Ørsted, der i 1818-19 undersøgte Bornholms undergrund med henblik på at udvinde mineralforekomster, blev inspireret af Coulthards boreforsøg og mente, at en storstilet kulbrydning med dampkraft ville være mulig. Som bekendt blev disse visioner aldrig til virkelighed. Om Ørstedes entusiasme, se f.eks. Ørsted 1821.
37. Det er tvivlsomt om denne optimistiske vurdering kan tåle en nøjere analyse. Beløbet, som kan have mytens præg, angives i 1874 af Caius Branth, hvis hustru var født Momme. C. Nyrops arkiv, læg Winstrup, KB.
38. KK, Fabrikslister København, 1822 (læg 35, møller), RA. Valke- og melmøllen havde skrålet 11.780 tdr. sæd og vasket for 7.388 Rbdl.
39. "Om Oliefabrication," Ursins Mag., 1832, 169-195, med illustrationer både af Skjoldemosemøllen og Riis' anlæg på Amagerterv.
40. Altså et gennemsnit på ca. 3 hk pr. maskine. KBF, Designationsprot. 180, 12. jan. 1845, LAS.
41. Tunzelmann 1978 nævner at Boulton & Watt maskiner i anskaffelse kostede £89 for en 1 hk maskine, men kun £30 for en 20 hk maskine (s. 51). Det samme galdt Winstrups prisliste.
42. Nelthropp & Harris 4. nov. 1794 og Alexander Young 9. maj 1798. BWC, BPL. Om Youngs projekt, se også Ursins Mag. 1826, 172. J. M. Forbes' ansøgning til kongen af 15. juli 1814. KK, IFF journ. S, nr. 581, RA.
43. "Forbedring ved Overfalds Vandhjul, og Indretning til at undgaae Bagvand," Handels- og Industri-Tidende, 1826, 283f.
44. McNeil 1990, 257. Se også Mayr 1976, hvor

disse feed-back mekanismer sammenlignes med Adam Smiths "skjulte hånd", der gennem prisdannelsen skulle regulere udbud og efterspørgsel på det fri marked.

45. Ursins Mag. 1828, nr. 86-87 (Winstrups hestegang); Handels- og Industri-Tidende 1828, nr. 10-11.
46. Handels- og Industri-Tidende 1828, 152.
47. Denne diskussion om de komparative fordele ved damp- og hestekraft hvilede dog på den usikre forudsætning, at 1 hk = effekten af 1 hests arbejde = 32.000 fodpund pr. min. Men holdt det stik? Ursin refererede modstridende værdier, som kendte eksperimentatorer havde udregnet: Fra Smeatons 23.000 til Desaguliers 27.500 og Watts 32.000. Af disse foretrak han Watts, fordi, som han argumenterede, Watt stod i en konkurrencesituation til hestemøllerne, og derfor blev nødt til at være forsigtig; for det ville være skæbnessvangert for ham, hvis en potentiel kunde kom og fortalte, at en Watt maskine med en angiven effekt på f.eks. 6 hk ikke kunne præstere samme effekt som den hesteomgang med 6 heste, hvis ydelse han havde kendt i årevis. Ursin holdt på, at der i praksis skulle 8 heste til at levere 6 hk. Men hvordan skulle man præcist måle effekten af en dampmaskine? Jf. værkets forespørgsel herom til Industrifonden og PLA, Bestyrelsessager 1838, nr. 609, FV arkiv. RA.
48. Mere overraskende er det måske, at en lignende konklusion synes at være gyldig for Englands vedkommende. På grundlag af omfattende beregninger af den samfundsøkonomiske værdi frem til år 1800, når Tunzelmann frem til en samfundsmæssig besparelse ved brug af Boulton & Watt (og pirat-) dampmaskiner på 0.11% af nationalproduktet, hvilket også kan udtrykkes ved, at samme nationalprodukt omkring 1800 ville være opnået blot en måned senere uden Watts opfindelse (Tunzelmann 1978, 286).



# Litteratur

- Althin, T. 1961, "Stationary steam engines in Sweden 1725-1806," *Dædalus. Tekniska Museets Årsbok* (Stockholm), 95-99
- Bang, O. 1982, *I Kast med Dampen og Elektriciteten* (København: Rhodos)
- Basalla, G. 1988, *History of Technology* (Cambridge: Cambridge University Press)
- Bauer, A. 1891, *Dampmaskinens Indførelse i Danmark* (København; særtryk af *Den Tekniske Forenings Tidsskrift*)
- Beer, C. de (red.) 1991, *The Art of Gunfounding. The Casting of Bronze Cannon in the Late 18th Century* (Sussex: Jean Boudriot Publications)
- Belidor, B. F. 1737-39, *Architecture hydraulique, ou l'art de conduire, d'élever, et de menager les eaux pour les differens besoins de la vie* (Paris: C.-A. Jombert)
- Bernal, J. D. 1969, *Science in History*, vol. 2 (Harmondsworth: Penguin)
- Bolza, A. 1933, "Friedrich Koenig – der Erfinder der Druckmaschine, ein Pioneer der deutschen Maschinen-Industrie," *Deutsches Museum 1*, 1-30
- Cardwell, D. S. L. 1965, "Power technologies and the advance of science, 1700-1825," *Technology & Culture 6*, 188-207
- Cardwell, D. S. L. 1972, *Turning Points in Western Technology: A Study of Technology, Science and History* (New York: Science History Publications)
- Cardwell, D. S. L. 1989, *From Watt to Clausius: The Rise of Thermodynamics in the Early Industrial Age* (Ames: Iowa State University Press)
- Cardwell, D. S. L. og Hills, R. L. 1976, "Thermodynamics and practical engineering in the nineteenth century," *History of Technology 1*, 1-20.
- Carnot, S. 1986, *Reflexions on the Motive Power of Fire* (red. R. Fox; Manchester: Manchester University Press)
- Christensen, D. C. 1986, "Naturvidenskabelig og teknologisk udvikling i socioøkonomisk sammenhæng: En analyse af H. C. Ørsteds virke," *Humanistisk Årbog (RUC)*, 2, 5-62
- Christensen, D. C. 1991, "Tidlige danske tærskværker," *Bol og By*, nr. 2, 96-130
- Christensen, O. 1988, *Jens Kraft 1720-1765* (København: Dansk Historisk Håndbogsforlag)
- Clement, A. (red.) 1927, *H. C. Ørsted: Bornholm. Dagbøger Ført paa Reiserne i 1818 og 1819* (København: Thiele)
- Colding, L. A. 1850a, "Undersøgelser om de almindelige Naturkræfter og deres gjensidige Afhængighed og i særdeleshed om den ved visse faste Legemers Gnidning udviklede Varme," *Kgl. Da. Vid. Selskab, Skrifter, Mat.-Nat. Afd. (5)*, 2, 121-46
- Colding, L. A. 1850b, "Om de almindelige Naturkræfter og deres gjensidige Afhængighed," *Kgl. Da. Vid. Selskab, Skrifter, Mat.-Nat. Afd. (5)*, 2, 167-88
- Colding, L. A. 1851, *An Examination of Steam Engines and the Power of Steam* (København, 1851)
- Colding, L. A. 1853, "Undersøgelse over Vanddampene og deres bevægende Kraft i Dampmaskinen," *Kgl. Da. Vid. Selskab, Skrifter, Mat.-Nat. Afd. (5)*, 3, 1-35
- Dahl, P. F. 1963, "Ludvig Colding and the conservation of energy," *Centaurus 8*, 174-88
- Dahl, P. F. 1972, *Ludvig Colding and the Conservation of Energy Principle: Experimental and Philosophical Contributions* (New York: Johnson Reprint Corporation)
- Degenkolv, H. 1884, "Historiske Oplysninger om 'Ildmaskinen paa Gammelholm'," 13-16 i *Meddelelser af 'Sølieutenant-Selskabets' Arkiv Udgivne i Anledning af Selskabets Hundreedaars-Fest*
- Desagulier J. T. 1734-44, *A Course of Experimental Philosophy*, 2 vols. (London)
- Desagulier J. T. 1745, *A Course of Experimental Philosophy*, I (London)
- Dickinson, H. W. og Jenkins, R. 1981, *James Watt and the Steam Engine* (Ashbourne: Moorland Publ.)
- Donovan, A. L. 1979, "Toward a social history of technological ideas: Joseph Black, James Watt, and the separate condenser," 19-30 i G. Bugliarello og D. B. Doner, eds., *The History and Philosophy of Technology* (Urbana, Ill.: University of Illinois Press)
- Elkana, Y. 1974, *The Discovery of the Conservation of Energy* (London: Hutchison)

- Eriksen, E. 1956, *Frederiksværk: Fra Kanoner til Kedler – De Forenede Jernstøberiernes Jubilæums-skrift* (Frederiksværk)
- Eriksen, E. og Frantzen, O. L. 1989, "Dansk artilleri i Napoleonstiden: Forudsætninger og udvikling 1760-1814," *Tøjhusmuseet*, 20-37
- Fabricius, L. 1884, "Beskrivelse over Ildmaskinen paa Gammelholm," 1-12 i *Meddelelser af 'Sølieutenant-Selskabets' Arkiv Udgieme i Anledning af Selskabets Hundreedaars-Fest*
- Ferguson, E. S. 1971, "The cover design. Leupold's Theatrum machinarum: A need and an Opportunity," *Technology & Culture* 12, 64-68
- Fox, R. 1971, *The Caloric Theory of Gases* (Oxford: Clarendon Press)
- Garde, H. G. 1835, *Efterretninger om den Danske og Norske Sømagt*, bd. 4 (København)
- Gliemann, T. 1821, *Geographisk-Statistisk Beskrivelse over Kjøbenhavn Amt* (København)
- Hankins, T. L. 1985, *Science and the Enlightenment* (Cambridge: Cambridge University Press)
- Hills, R. L. 1989, *Power from Steam: A History of the Stationary Steam Engine* (Cambridge: Cambridge University Press)
- Hills, R. L. og Pacey, A. J. 1972, "The measurement of power in early steam-driven textile mills," *Technology & Culture* 13, 25-43
- Holst, H. 1914, *Opfindernes Liv*, 1. del (København: Gyldendal)
- Hyldtoft, O. 1984, *Københavns Industrialisering 1840-1914* (København: Systime)
- Jensen, E. og Kledal, B. 1971, *Den Industrielle Revolution: England 1780-1850* (København: Gjellerup)
- Johansen, H. C. 1979, *En Samfundsorganisation i Opbrud 1700-1870*. Bd. 4 af *Dansk Socialhistorie* (København: Gyldendal)
- Johansson, Y. 1962, "Ångmaskinerne vid flottans varv i Karlskrona på 1700-talet," *Dædalus. Tekniska Museets Årsbok* (Stockholm), 51-65
- Johnsen, O. 1987, *Silver from Kongsberg* (Dürnberg: Doris Bode Verlag)
- Kanefsky, J. og Robey, J. 1980, "Steam engines in 18th-century Britain: A quantitative assesment," *Technology & Culture* 21, 161-86
- Kerker, M. 1960, "Sadi Carnot and the steam engine engineers," *Isis* 51, 257-70
- Kerker, M. 1961, "Science and the steam engine," *Technology & Culture* 2, 381-90
- Kisling, H. M. 1978, *Industrien og dens Pionerer i Danmark* (København: Borgen)
- Kraft, J. 1747, "Betænkninger over Neutons og Cartesii Systemata, tilligemed nye anmærkninge over Lyset," *Skrifter som udi Det Kjøbenhavnnske Selskab af Lærdoms og Videnskabs Elskere ere fremlagte og oplæste i Aaret 1747. Tredie Del*, 213-96
- Kraft, J. 1763, *Forelæsninger over Mekanik med bosføjede Tillæg* (Sorø: Det Ridderlige Akademi)
- Kraft, J. 1764, *Forelæsninger over Statik og Hydrodynamik med Maskin-Væsenets Theorier som den anden Deel af Forelæsningerne over Mekanikken* (Sorø: Det Ridderlige Akademi)
- Kragh, H. 1984, "Julius Thomsen and classical thermochemistry," *British Journal for the History of Science* 17, 255-72
- Kragh, H. og Pedersen, S. A. 1991, *Naturvidenskabens Teori* (København: Nyt Nordisk Forlag)
- Kragh, H. 1991, "Om paradigmer i teknologien og udviklingen af teknologisk viden," *Polhem* 9, 249-77
- Lärmer, K. 1979, "Berlins Dampfmaschinen im quantitativen Vergleich zu dem Dampfmaschinen Preussens und Sachsens in der erste Phase der Industrielle Revolution," 155-83 i Lärmer, red., *Studien zur Geschichte der Produktivkräfte Deutschland zur Zeit der Industriellen Revolution* (Berlin: Akademie-Verlag, 1979)
- Lardner, D. 1838, *Dampmaskinen. Med særligt Hensyn til den praktiske Anvendelse paa Jernbaner og Dampskibsfart* (København; overs. S. Hjorth)
- Leupold, J. 1727-39, *Theatri Machinarum*, 10 bd. (Leipzig. Fotografisk genoptryk ved T. Schäfer, Hannover, 1982)
- Lindqvist, S. 1984, *Technology on Trial: The Introduction of Steam Power Technology into Sweden, 1715-1736* (Uppsala: Almqvist & Wiksell)
- Lervig, P. 1976, "Han vidste selv, at hans teori var forkert," *Naturens Verden*, nr. 1, 23-29
- Mansa, H. H. 1954, "'Ildmaskinen' på Gammelholm," *Danmarks Tekniske Museum, Årbog 1953-54*, 57-81
- Mansa, H. H. 1953-55, "The history of the first steam engine in Denmark," *Transactions of the Newcomen Society* 29, 13-18
- Marstrand, V. 1929, "Ingeniøren og fysikeren Ludvig August Colding," *Ingeniørvidenskabelige Skrifter A*, Nr. 20
- Marx, K. 1972, *Kapitalen*, 3. bog, 1 (København: Rhodos)

- Mayr, O. 1976, *Philosophers and Machines* (New York: Science History Publications)
- McNeil, I. (red.) 1990, *An Encyclopedia of the History of Technology* (London: Routledge)
- Mieck, I. 1965, *Preussische Gewerbepolitik in Berlin 1806-1844* (Berlin: de Gruyter)
- Moen, K. 1967, *Kongsberg Sølververk 1623-1957* (Oslo: Universitetsforlaget)
- Nathusius, E. v. 1915, *Johann Gottlob Nathusius. Ein Pionier Deutscher Industrie* (Stuttgart: Deutsche Verlags-Anstalt; 3. opl.)
- Nielsen, A. 1944, *Industriens Historie i Danmark*, bd. 3 (København: Gad; 2 dele)
- Nielsen, F. S. 1991, "Et jubilæum i røg og damp: 200 år med dampkraft i Danmark," *Danmarks Tekniske Museum, Årbog 1990*, 47-55
- Nielsen, H. 1987, *Fysikken og den Industrielle Revolution* (Århus: How)
- Nielsen, H., Nielsen, K. og Jensen, H. S. 1990, *Skruen uden Ende: Den Vestlige Teknologis Historie* (København: Teknisk Forlag)
- Nyrop, C. 1892, "Et Stykke dansk Haandværks – og Fabrikshistorie: Slægterne Gamst og Caspersen," *Museum: Tidsskrift for Historie og Geografi*, 2. halvbind, 15-55, 166-92
- Paulinyi, A. 1989, *Industrielle Revolution: Vom Ursprung der Modernen Technik* (Hamburg: Rowohlt)
- Pedersen, O. 1987, "Det længere perspektiv," 142-66 i *Hans Christian Ørsted* (København: IVF-Energi i/s)
- Reynolds, T. S. 1983, *Stronger than a Hundred Men: A History of the Vertical Water Wheel* (Baltimore: Johns Hopkins University Press)
- Rolt, L. T. C. 1965, *A Short History of Machine Tools* (Cambridge, Mass.: MIT Press)
- Rolt, L. T. C. og Allen, J. S. 1977, *The Steam Engine of Thomas Newcomen* (Hartington: Moorland Publ. Co.)
- Rubin, M. 1892, *Studier til Københavns og Danmarks Historie, 1807-14* (København: Philipsen)
- Rumar, L. 1966, "Jordbrug og brændevinsbrænding," *Erbvershistorisk Årbog*, 7-95
- Rønne, B. 1986, "Kongens Mønt i København og dens mænd," *Numismatisk Rapport 9*, 69-108
- Sandfort, J. F. 1965, *Varme, Arbejde og Energi i Teknikkens Tjeneste* (København: Gyldendal) [Skibsbygning 1942], *Skibsbygning og Maskinvæsen ved Orlogsværftet paa Nyholm, Frederiksbolm og Dokøen gennem 250 Aar* (København)
- Sterm, S. 1834, *Statistisk-Topographisk Beskrivelse over Kjøbenhavn Amt, tildeels efter meddelte Efterretninger fra vedk. Embedsmænd og Eiere* (København)
- Sterm, T. 1837, *Topographie over Frederiksborg Amt, efter meddelte Efterretninger fra vedk. Embedsmænd og Eiere* (København)
- Stilling, N. P. 1988, "Rawerts nyttige skrifter," *Erbvershistorisk Årbog*, 40-90
- Tann, J. 1970, *The Development of the Factory* (London: Cornmarket Press)
- Tann, J. 1978, "Marketing methods in the international steam engine market: the case of Boulton and Watt," *The Journal of Economic History* 38, 363-89
- Tann, J. og Breckin, M. J. 1978, "The international diffusion of the Watt engine, 1775-1825," *The Economic History Review* 31, 541-64
- Thaarup, F. 1825, *Statistisk Udsigt over den Danske Stat i Begyndelsen af Aaret 1825* (København)
- Thomsen, J. 1852, "Bidrag til et thermochemisk System," *Kgl. Da. Vid. Selskab, Skrifter, Mat.-Nat. Afd. (5)*, 3, 115-65
- Thomson, W. 1849, "An account of Carnot's theory of the motive power of heat," 113-56 i W. Thomson, *Mathematical and Physical Papers*, vol. 1 (Cambridge: Cambridge University Press, 1882)
- Topsøe-Jensen, T. A. og Marquard, E. 1935, *Officerer i den Dansk-Norske Søetat 1660-1814 og den Danske Søetat 1814-1932* (København: Hagerup)
- Triewald, M. 1734, *Kort Beskrifning, Om Eld= och Luft=machin wid Dannemora Grufwor* (Stockholm)
- Tunzelmann, G. N. v. 1978, *Steam Power and British Industrialisation to 1860* (Clarendon Press: Oxford)
- Ursin, G. F. 1826, *Haandbog i den Mechaniske Deel af Naturlæren* (København)
- Ursin, G. F. 1842, *Dampmaskinen: Fremstillet i 15 Populære Forelæsninger* (København: Reitzel)
- Varchmin, J. og Radkau, J. 1988, *Kraft, Energie und Arbeit* (Hamburg: Rowohlt)
- Wedel, L. M. 1803, *L. M. Wedels Indenlandske Rejse igjennem de betydeligste og skønneste Egne af de danske Provindser* (Odense)
- Ørsted, H. C. 1821, "Over Anlægget af et Steenkulsbrud og Jernværk paa Bornholm," 297-98 i K. Meyer, red., *H. C. Ørsted. Naturvidenskabelige Skrifter*, bd. 3 (København: Høst & Søn)

# Personregister

- Adamson, J. 54, 60, 63-64, 67-69  
Andersen, J. (se Hammer)  
Ankarsvård, M. (1745-1812) 43, 46-47  
Arkwright, R. (1732-1792) 9
- Bacon, R. 54  
Becker, G. (1767-1845) 60-61  
Belidor, B. F. (1697-1761) 26, 28-31  
Bernoulli, D. (1700-1782) 25, 27  
Bernoulli, J. (1667-1748) 25  
Bidstrup, J. 74, 102  
Bille 95  
Black, J. (1728-1799) 12-13  
Boulton, M. (1728-1809) 57-62, 64-65, 70  
Boulton, M. R. (jun.) 100  
Branth, C. 103  
Branth, H. J. A. (1751-1831) 67  
Buchwald, F. (1747-1814) 99  
Bugge, T. (1740-1815) 25, 58, 74
- Calley, J. (?-1717) 22, 33  
Carnot, N. L. S. (1796-1832) 16-20, 96  
Clairaut, A.-C. (1713-1765) 25  
Classen, J. F. (1725-1792) 37, 40  
Colding, L. A. (1815-1888) 20-21  
Collin, J. (1776-1861) 74  
Cool [mechanicus] 36-37  
Cosswa, M. (se Ankarsvård, M.)  
Coulthard, D. 103  
Clayperon, B.-P.-É. (1799-1864) 19-21
- D'Alembert, J. (1717-1783) 25-26  
Degenkolv, H. 98-99  
Degenkolw [underkvartermand] 100  
Deichmann, P. E. 77  
Desaguliers, J. T. (1683-1744) 28-29, 31  
Descartes, R. (1596-1650) 25
- Drewsen, I. C. (1777-1851) 74, 80, 89-93  
Dreyer [kobbersmed] 50  
Dyssel, J. A. (1798-1846) 87
- English, T. 79  
Evans, O. (1755-1819) 14, 74
- Fabricius, L. (1770-1830) 43, 46-47, 98  
Fellers, J. (1727-1780) 34, 97  
Forbes, M. 91  
Freund, F. 77, 101  
Freund, J. C. (1801-77) 77-78
- Gamst, H. C. (1737-1803) 33, 35-36, 42, 73  
Gerner, H. (1742-1787) 33-36, 52-53  
Gillespie, J. 54, 60-64, 67, 69-71
- Haaber, A. (1756-1799) 36-38  
Halkier, P. 4  
Hammer [smedemester; = Andersen, J.] 35, 56, 63-65, 70  
Harris, J. J. 90  
Harwood, J. 54  
Heegaard [jernstøber] 85  
Helmholtz, H. (1821-1894) 21  
Hetsch, G. F. (1788-1864) 87  
Hjorth, S. (1801-1870) 15-17, 19, 95  
Hohlenberg, F. C. H. (1765-1804) 52, 55  
Holberg, L. (1684-1754) 25, 96  
Holm, J. 77-78, 89  
Holmblad, R. 70  
Holst, F. 58, 67, 69  
Hooke, R. (1635-1703) 95  
Hornblower, J. C. (1753-1815) 14  
Hummel, C. G. (1811-1872) 79  
Huygens, C. (1629-1695) 7
- Jensen, A. 74  
Joule, J. P. (1818-1889) 21
- Kierulff, O. A. (1743-1823) 49-50  
Kraft, J. (1720-1765) 22-34, 36
- Laplace, P. S. de (1749-1829) 13  
Lappé [papfabrikant] 92  
Lardner, D. (1793-1859) 95  
Larsen, K.A. 78  
Lavoisier, A. (1743-1794) 13  
Leupold, J. (1674-1727) 26, 29  
Ljungberg, J. M. (1748-1812) 50, 55
- Marx, K. (1818-1883) 14  
Maudsley, H. (1771-1831) 84  
Maupertuis, P. (1698-1769) 25  
Mayer, J. R. (1814-1878) 21  
Meatcalf, M. 54  
Mitchell, A. 40-43, 47-51, 55-56, 73  
Momme, H. B. (1792-1827) 76, 88  
Monceau, H.-L. D. de (1700-1782) 74  
Murray, M. (1765-1826) 101  
Mynd, G. 100
- Nasmyth, J. (1808-1890) 21  
Nathusius, J. G. (1760-1835) 74-77  
Nelthropp 90  
Neubauer 75  
Newcomen, T. (1663-1729) 7-8, 22, 95, 97  
Newton, I. (1642-1727) 24-25, 28
- Olsen, A.C. 20
- Pambour, F. (f. 1795) 21  
Papin, D. (1647-1712) 7, 95  
Parent, A. (1666-1716) 97  
Pentin, W. 54  
Petermann [murermester] 40  
Petit, A. T. (1791-1820) 16  
Pickard, J. 10  
Platon [kancelliråd] 83  
Potter, I. 29  
Potter, T. 40, 50, 69, 73



- Rawert, O. J. (1786-1851) 88, 92  
 Rennie, J. (1761-1821) 63-65, 98  
 Riis, C. 77, 85, 89  
 Ritzmann [klokkestøber] 42, 50  
 Robison, J. 86, 95  
 Roebuck, J. (1718-1794) 9  
 Rosenkrantz, F. C. (1724-1802)  
 36-40, 52-53  
 Rosenvinge, S. U. (1758-1820)  
 60  
  
 Savery, T. (ca. 1650-1715) 7-8,  
 12, 29, 34, 36, 97  
 Schimmelman, E. (1747-1831)  
 57  
 Schiött, C. F. 15, 77, 85, 89  
 Smeaton, J. (1724-1792) 8, 27,  
 95  
 Smith, J. 74, 100  
 Southern, J. 11  
 Stephansson, W. 100  
  
 Stibolt, A. H. (1739-1821) 48, 52  
 Stibolt, E. W. (1741-1796) 52  
 Suhr, T. (1792-1858) 78-80  
  
 Tappert, W. 58  
 Thomsen, H. P. J. J. (1826-1909)  
 21, 96  
 Thomson, W. (Kelvin; 1824-  
 1907) 21  
 Trevithick, R. (1771-1833) 14-15  
 Triewald, M. (1691-1747) 33  
 Tscherning, A. F. (1795-1874)  
 78, 80  
 Tscherning, E. P. (1767-1832)  
 78, 81, 83  
  
 Uhlhorn, D. (1764-1837) 67  
 Ursin, G. F. (1797-1874) 76, 86,  
 93, 95, 102, 104  
  
 Volmeister [major] 40  
  
 Warberg, O. (1759-1821) 57-62,  
 64-70  
 Watt, J. (1736-1819) 8-14, 19, 22,  
 34, 36, 42, 56, 64, 78, 95,  
 104  
 Watt, J., jun. 86  
 Wedel, L. M. (1752-1827) 35  
 Wedel-Jarlsberg, F. A. 58  
 Wilkinson, J. (1728-1808) 83  
 Winstrup, O. J. (1782-1869)  
 73-78, 85-89, 91-92  
 Woolf, A. (1766-1837) 14  
 Würden, M. F. v. 73, 77-78,  
 80-84, 101  
 Wyatt, S. 98  
  
 Young, A. 40, 47, 51, 91  
  
 Ørsted, H. C. (1777-1851) 15,  
 20-21, 74, 86, 96, 103

# Sagregister

- Admiralitet- og Kommissariatskollegiet 42, 55  
Akademi, Sorø 25, 27-29  
Amerikamølle 91  
ankersmedning 36, 40, 48-49, 56  
ankre 48, 55, 66
- Bjergværksdrift 8, 33, 87, 93, 103  
Boulton & Watt 40, 50, 54-57, 73-74, 80, 84, 89  
bryggerier 77, 78  
brændevinsbrænderier 89, 91  
brændsøkonomi (se også: energiforbrug) 14-15, 31, 92
- caloric 13, 16, 18-20  
centrifugalregulator 11, 64, 91
- damphammer 14, 36, 60  
dampjul 15  
Dampkommission 60, 63  
dampmaskine  
atmosfærisk 8-9  
Boulton & Watt (se også: Boulton & Watt) 11, 42-43, 50  
compound 14  
dobbeltvirkende 10-12, 51, 67  
effektivitet (se også: nyttevirkning) 16-18  
enkeltvirkende 10, 42  
højtryks- 13-14, 18, 78  
Newcomen 8-12, 23, 29-34, 97  
rotations- 15, 95  
Savery 7-8, 34  
teori for (se også: varmelære) 17-21  
Watt 8-14, 33  
damptryk 9, 14  
dannelsesrejser 74, 78  
Dannemora 33  
drejebænk 73, 84-86, 103  
driftøkonomi, maskiners 92-93
- elektromotor 16-17  
energiforbrug (se også: brændsøkonomi) 69, 92  
energisætning 20-21
- Finanskollegiet 57, 67, 69-71  
Frederiksværk 40, 72, 77-84, 91
- Gammelholm 33, 38-39, 54-58, 70, 80
- hammerværk (se også: ankersmedning) 36, 55, 61-64  
hestegang 92  
hesteomgang 87, 92  
Holmblad 88-89  
Holmen 35-43, 63, 67, 72  
Hundisburg 74-77
- ildmaskine 4, 7, 29, 36-38, 54  
indikator 11  
industrispionage 35-40, 47, 74
- kanonfremstilling 81-84  
Karlskrona 33-34, 46-47  
Kommercekollegiet 36, 55, 74, 88, 91  
kondensator 9, 14, 42, 68  
Konstruktionskommissionen 35-42, 50, 55-61, 74  
kørmøller 77, 98  
Kronstadt 33  
krumtap, se: udveksling
- Landhusholdningsselskabet 74  
lokomotiv 14-15  
Læreanstalt, Polyteknisk 15, 20-21, 77, 85-87
- Malmølle, Kgl. 88  
Mariaslyst 74-77  
matematik 24, 26  
merkantilisme 52, 54  
minedrift, se: bjergværksdrift  
møller (se også: oliemøller, papirmøller) 16, 27-28, 91
- Mønt, Kgl. 20, 54, 56-59, 69-72  
møntfod 6  
møntmaskineri 59-60, 65-70, 100  
mål og vægt 6
- newtonianisme 24-25  
nyttvirkning (se også: dampmaskine, effektivitet) 8, 14, 19
- oliemøller (se også: Retraite) 77, 89-91  
oplysningstid 13, 24-26, 85  
opdriftsmaskine 15
- papirmøller 89  
Maglekilde 70, 89, 91  
Strandmøllen 74, 89-90, 92-93  
Ørholm/Nymølle 90
- Retraite 70, 92-93
- Selskab, Videnskabernes 25, 58  
Sorø, se: Akademi  
stegvender 30  
sun- and planet, se: udveksling  
Søkadetakademiet 43
- teknologi  
diffusion af 22  
imitation af 16, 95-96  
og innovation 84-86  
overførsel af 4, 33-34, 54, 86  
systemkarakter 5, 72, 84  
termodynamik (se også: varmelære) 13, 18-20  
termokemi 21, 96
- udveksling  
gear, planethjuls- 10, 43, 52  
krumtapoverførsel 10, 52, 63  
Universitet, Københavns 25, 29, 58

vandhjul 26-28, 92

vandkraft 16, 27, 81, 89, 93, 96

vandmaskiner 16

varmelære (se også: termodyna-  
mik) 12-14, 16-18

vindmøller 74, 91, 93

vippebom 8, 10-11

værktøjsmaskiner 42, 69, 71-73,  
84, 94



I fem kapitler fortæller teknologihistorikere for første gang om dampteknikkens indførelse i Danmark.

Det er en beretning om pionerånd og hårdt arbejde, men også misforståelser, inkompetence, forfejlede investeringer, jalousi og intriger samt industrispionage, som kan måle sig med vore dages internationale kamp om teknologi.

Det er samtidig beretningen om de afgørende personer og begivenheder, der går forud for en af Danmarkshistoriens største revolutioner - Den industrielle revolution.

Bogen indeholder bidrag af:

Keld Nielsen, Institut for de Eksakte Videnskabers Historie, Århus Universitet; Flemming Steen Nielsen, Danmarks Tekniske Museum, Helsingør; Helge Kragh, Frank Rasmussen og Dan C. Christensen, TISK-projektet, Roskilde Universitetscenter.

