

Håkon W. Andersen

Teknologen og hans ambivalente
forhold til ny teknologi

Ansatser til en forståelse

STS-arbeidsnotat 5/88

ISSN 0802-3573-08

arbeidsnotat
working paper

Teknologen og hans ambivalente forhold til ny teknologi.

Ansatser til en forståelse.

De siste ti årene har utvilsomt bragt endringer i ingeniørenes sosiale status og anseelse. Ordet "høyteknologi" har fått en klang av utopi, av en framtidig visjon om hva slags næringsvirksomhet som bærer framtiden i seg. En rekke offentlige og private satsninger har sett dagens lys hva enten det gjelder industriparker, informasjonsteknologiprogrammer, utdanningssatsning eller nyeetableringer av små, spretne og innovative bedrifter. Denne nye status som er blitt teknologiutviklerene til del er så mye mer paradoksalt siden den kommer i en tid da den etablerte industrien har mistet omtrent hele sin utopiske kraft. Satt på spissen kunne vi hevde at ingeniørprofessjonen har løsrevet seg fra storindustrien og blitt en selvstendig kraft, i politikk, blandt vanlige mennesker og ikke minst i media.

I så måte er også dette et uttrykk for industrisamfunnets tilsynelatende endring til det ettermoderne samfunn. Den norske forfatteren Kjartan Fløgstad mener å finne endringsfasen i den perioden da industrien mistet sin utopiske kraft og ble redusert til blott og bart å produsere varer- og ikke lenger utopier¹. Dette paradokset - industriens død (i utopisk forstand) og teknologiens seier (som ideologi) gir opphav til en særdeles uklar forståelse av hva teknologi og teknologisk diskurs er, og denne teknologiens forhold til samfunnet. Fløgstad kaller det omvandlingen fra industrikultur til kulturindustri. I vår sammenheng kan vi kanskje like godt snakke om endringen fra industriteknologi til teknologiindustri.

Denne teknologiens løsriving fra industrien til den ideologiske og kommunikative sfæren gjør bildet av teknologen som forsker enda klarere. Det nyes menn, det utopiskapende arbeidet er flyttet, og med det tilsløres atter en gang hva disse utopistene arbeider med, hvilke sosiale

kontekster de står innen og hvilken rolle de selv spiller eller kan spille.

Mens den gamle utopiskapende storindustrien dør får en av de som erkjente teknologiens betydning i den, Robert Solow, Nobelprisen i økonomi. Kanskje er det typisk at nettopp Solow ikke trengte gjennom teknologien men forholdt seg utvendig til den, som en annen innsatsfaktor, som et alternativ til kapital, som en sort boks². I så måte er det ikke et paradoks at Solow fikk prisen i 1987, man snarere et symbol på at innholdet i boksen stadig er like lite forstått og lett kan overføres til den ideologiske og kommunikative sfæren.

Paradokset med teknologi som ideologi parallelt til avviklingen av industriens utopiske rolle åpner for individualisering og mytespinning rundt den teknologiske forskningen. Teknologiforskeren blir fokus for den nye ideologien. En slik ideologisering og individualisering gripes selvfølgelig ikke ut av luften men bygger på andre mytiske skikkelser, først og fremst vitenskapsmannen og hennes arbeid. Robert Mertons normer for vitenskapelig virksomhet: kommunisme, universalisme, ikke-interesse og organisert skeptisisme overføres til ingeniøren og teknologiutvikleren³. Dersom normen er slik for noen må virkeligheten være slik for andre.

Når disse normene rundt kritisk sannhetssøking og skapingen av utopier, rundt det nyes menn, slås sammen, framtrer bildet av teknologiforskeren - hvordan hun i sitt laboratorium er på stadig jakt etter "det nye" som en ridder i rustning reiser rundt og kjemper for "det gode". Det nye og det gode faller sammen i framtidsvisjonen.

Mitt hovedmål i det følgende er å gå bak dette bildet. Målet blir å demaskere den ideologiske ferniss rundt teknologiforskeren. Med andre ord: jeg vil undersøke hva som er realitet og hva som er myte i synet på teknologen som "det nyes" forkjemper. Jeg vil gjøre det på to måter: dels ved å separere de vitenskaplige bilder fra de teknologiske, og dels ved å se på hva som egentlig skjer når teknologer, vitenskapsmenn og -kvinner oppdager nye fakta eller utvikler nye sorte bokser. Bare ut fra en forståelse av disse elementene er det mulig å erkjenne forskerens "ambivalens" som et forhold som ikke bare er individuelt, men som også

har noe med selve aktivitetsfeltet å gjøre. Mitt hjelpemiddel i dette strevet er historien og sosiologien (i den grad de lar seg separere).

Vitenskapshistorie og teknologihistorie skiller seg på vesentlige punkter fra vitenskapsfilosofien. Vitenskaps- og teknologihistoriens fremste oppgave er dels å gi en beskrivelse av hva som faktisk skjedde, dels å gi en forståelse av hvorfor akkurat det ene eller det andre inntraff. Det forunderlige for mange utenom historikernes kretser er at det siste blir gjort uten referanse til generaliserende lovmessigheter eller sammenhenger. Det leder til det vi som historikere ofte opplever som kommentarer fra naturvitenskapsfolk eller filosofer: historie er bare en beskrivelse. Det skulle være åpenbart at undertegnede ikke er enig i en slik kritikk, selv om jeg for framstillingens formål må nytte ansatser til teorier.

Vitenskapsfilosofiens oppgave er på den annen side nettopp å finne fram til det som er sant, uavhengig av tid og sted, uten å fortelle historier og gjøre sannheten avhengig av hva som skjedde en gang, et sted⁴. Her skal vi ikke nærme oss den siste posisjonen, vi skal overhode ikke ta standpunkt til den. I steden skal vi se på hva forskere og teknologer har gjort og hvorfor de har gjort noe og ikke gjort noe annet. Vi skal forstå dem og deres problemer for å kunne forklare deres handlinger, oppfinnelser og oppdagelser eller mangel på slike.

Legg merke til at for oss blir det nå ikke noe problem hva som er sant eller uriktig i en objektiv forstand som svarer til realisme versus relativisme-debatten. Det er våre aktørers forestillinger om sant eller falskt, humbug eller genialitet som er det sentrale. Parallellen til spørsmålet om Guds eksistens er nærliggende - for en historiker er kjernespørsmålet de handlendes forestillingsverden og tro, ikke Guds-eksistensen pr se. Det forutsetter rimligvis at nevnte Gud ikke er i stand til å gripe aktivt inn i historien, men er henvist til menneskenes forestillingsverden⁵.

Et slikt syn gjør at vitenskapsfilosofi og vitenskapshistorie er to helt ulike prosjekter, på samme måte som filosofi og historie er vesensforskjellige disipliner.

Fra politisk historie kjenner vi begrepet om at historien alltid er seierherrenes historie. Ikke så underlig egentlig, det er bare de som overlever, til vanlig. Nå har profesjonell historieskrivning gjort visse framskritt for å forsøke å undra sin skriving fra seierherrenes herredømme. Etterhvert må vi vel kanskje også medgi at de har hatt en viss grad av suksess innen nettopp politisk historie. I vitenskap og teknologihistorie er det dermot lengre mellom lyspunktene. Kanskje kan vi se dette i parallell med saksområdenes egen utvikling i vår samtid: politikken er blitt relativisert og demokratisert, mens vitenskap, teknologi og "eksperten" er blitt de nye autoriteter. Industriteknologi er blitt teknologiindustri.

I tråd med dette blir både vitenskap og teknologi i legmans tale i en betydning sett på som utenfor samfunnet. Vitenskapen fordi den gjennom sine metoder stadig akkumulerer "objektiv" kunnskap om naturen, og teknologien fordi den bygger på anvendelse av denne sanne kunnskapen til mer eller mindre praktiske formål. Vi kan kalle dette teknologi- og vitenskapsdeterminismen i dagens samfunn⁶. Autoritetene er endret, Gud og Keiser er erstattet med andre samtidig som krønikeskrivingen består.

Om vi, som historieforsker, skal ta Mertons normer alvorlig betyr det å være kritisk til de nye helters mytiske framturen. Jeg må rett og slett åpne den sorte boksen for å se hvorledes den teknologiske nyvinningen ble etablert. Jeg må og, i tråd med Fleck⁷, undersøke, ikke hvordan vitenskapsmannen oppdaget et faktum, men snarere hvordan han eller hun oppfant det. Når jeg bruker uttrykk som "å åpne den sorte boksen" og å "oppfinne fakta" så er det for å understreke det menneskelige bevisste i disse skapelsesaktene. Det er ikke åpenbaringer, men aktive handlinger som leder til skapelsen. Den sorte boksen eller fakta er der ikke, den må skapes. Dette er ikke relativisme i en filosofisk forstand, men rett og slett en historikers vanlige forhold til "sannhetsinnholdet" eller "Gudseksistensen" i praktisk historieforskning. Det er denne prosessen som må undersøkes. Den oppmerksomme leser vil her oppdage at jeg selv er fanget inn i dette problemet ved å beskrive det. Denne artikkelen kan og analyseres på denne måten, men det forhindrer meg ikke i å mene at analysen er riktig og at jeg kan mobilisere tilstrekkelig støtte for et slikt syn.

Så langt har vi dradd med oss både teknologi og vitenskapsbegrepet. Det er både naturlig og vanskelig i dagens situasjon. For å komme videre så tvinges jeg til å si noe om relasjonen mellom dem. I den daglige debatten går begrepene om hverandre, uten at det egentlig er tilfeldig hva som kalles hva. Men om vi skal åpne de sorte boksene og se på ingeniørers forhold til ny teknologi må vi bli noe mer presise. Her vil jeg ikke forsøke å følge noen balansert framstilling med lik vekt på vitenskap og teknologi, men snarere gå over til å fokusere teknologisk forskning og utviklingsarbeide pr se og så bruke naturvitenskapelig forskning som nær sagt "kontrastværske".

For å få noe mer orden på diskusjonen vil jeg innføre det gamle skille mellom internalistisk og eksternalistisk vitenskaps- og teknologihistorie. Med internalistisk historie så tenker jeg på først og fremst de kognitive prosesser knyttet til saken, til vitenskapens og teknologiens innhold. I teknologihistorie vil det lett arte seg som en framstilling av "nuts and bolts" eller i en litt mer pretensiøs betydning av en lang rekke oppfinnelser og oppdagelser som følger etterhverandre som perler på en snor. Det hele får lett karakter av å være en naturlig utviklingsprosess der mennesket hele tiden avlurer naturen nye kunnskaper og derfor bringer hele menneskeheten framover og oppover i både visdom og rikdom.

Den eksternalistiske tilnærmingen fokuserer helt på de sosiale, kulturelle og økonomiske forhold som teknologene og vitenskapsmennene arbeider under. De ser henne som et produkt av disse omstendighetene og, mer eller mindre, som et speil av disse forholdene.

En slik litt enkel framstilling yter selvfølgelig ikke rettferdighet til de ulike posisjoner, men de kan hjelpe oss til å fokusere det kanskje viktigste problemet: å forstå teknologisk og vitenskaplig utvikling vil si å forstå en prosess som inneholder både eksterne og interne forhold. Problemet er å forstå vekselvirkningen mellom disse to ekstremer, å forstå hvordan de knyttes sammen til hele menneskelige virksomhetsområder, eller til kontekstuelle forståelsesrammer der både saksinnholdet og sakens rammer forståes som et hele⁸.

Når jeg understreker betydningen av å være seg bevisst forholdet mellom eksternalistiske og internalistiske tilnærmingmåter, så er det fordi vi

bare gjennom det kan nærme oss en forståelse av hva forskere og ingeniører arbeider med, og at vi derved kan slå hull på myten om ingeniører og vitenskapsmenn som "det godes riddere" og det nyes forkjempere. Med utgangspunkt i tre ulike teoretiske tilnærminger til disse forholdene skal jeg så til slutt forsøke å gi noen eksempler på hvorledes disse kan bidra til en bedre forståelse av teknologers adferd under konkrete historiske prosesser.

Den norsk-amerikanske samfunnsforskeren Torstein Veblen var en av de første som implisitt gikk løs på forholdet mellom teknologenes interne vitenskapelige normer og de krav som teknologene møter i samfunnet⁹. Veblen tok de vitenskapelige normene på alvor, han mente og at teknologene i stor grad fulgte dem. Etterhvert som den vitenskapsbaserte teknologien ble mer og mer dominerende mente han at disse normene sto i sterk kontrast til de samfunnsmessige normer som de samme teknologene var underlagt. Teknologene var i stor utstrekning underlagt det han kalte "the captains of industry" eller industrimagnatene og dermed deres hvileløse jakt på mer profitt. På dette punktet skilte teknologene seg vesentlig fra de vitenskapsmenn som var knyttet til universitetene og som dermed i langt større grad opplevde en harmoni mellom de vitenskapelige og de samfunnsmessige normer.

Veblen gikk videre enn dette og predikerte et "teknologenes opprør" mot industrimagnatene. Av to normsett mente Veblen at teknologene ville velge vitenskapens og ikke magnatenes, det ville på lengre sikt ikke gå å holde de rasjonelle krefter i sjakk. Teknologene ville se hvor unødvendige magnatene var og hvorledes de hemmet den frie, raske og effektive utnytting av vitenskapelige oppdagelser til beste for samfunnet.

I Veblens verden var de internalistiske normene dømt til å vinne. I den virkelige verden gikk det noe forskjellig til. Magnatene beholdt makten, samtidig som teknologien ble utviklet raskere enn noen gang. Dette leder oss over til spørsmålet om Veblens utgangspunkt faktisk var rett. Dette spørsmålet kan igjen deles i to. Først om vitenskapens normer slik Veblen oppfattet dem faktisk stemte med de reelle normene blandt vitenskapsmenn og dernest om vitenskapens og teknologiens normer var sammenfallende. For å gjøre det noe enklere for oss selv skal vi her bare vurdere det andre spørsmålet og la det første ligge foreløpig.

Vi har da vendt tilbake til spørsmålet om teknologiforskeres normer som vi så vidt berørte ovenfor. Nå er spørsmålet om realiserte normer komplisert om det skal gripes empirisk og samtidig være representativt. Jeg vil foreslå at vi gjør en liten omvei, og forsøker å få noen begreper for å skille mellom aktivitetene teknologi og vitenskap for å forsøke å se på normene med utgangspunkt i hva selve aktiviteten gir rom for. Det vil jeg gjøre med utgangspunkt i noen ansatser som er etablert av Edward Constant ¹⁰.

Constant tar utgangspunkt i de åpenbare likheter mellom vitenskap og teknologiutvikling. Begge bygger på et felleskap av utøvere som i en eller annen forstand er i stand til å bedømme hva som er godt og dårlig. Begge arbeider med målinger, forsøk og inkrementale forbedringer av det som er den vitenskaplige eller teknologiske kunnskap. Selv om det endelige målet for teknologiutviklere ikke nødvendigvis er den vitenskaplige artikkelen så forhindrer ikke det likhetene ved aktivitetene i å bestå. Begge er selvfølgelig et produkt av sosiale relasjoner uten at det forhindrer dem i en eller annen forstand i å være "objektive". Fusk og slurvete forsøk, dårlig dokumentasjon og gale kilder er like lite godtatt i begge aktivitetsfelt.

Men det er og fundamentale ulikheter. Constant legger vekt på tre områder der vitenskapen og teknologien skiller lag. Det første kaller han ulikheter med bakgrunn i den hierarkiske struktur. Tilpassningsnormer og krav til løsninger er langt strengere i teknologi enn i vitenskap. Dernest kan ofte teknologiske problem (f.eks. konstruksjonsproblem) oppløses i delproblem, som igjen kan deles osv. Med andre ord kan teknologisk aktivitet lettere enn innen vitenskap ordnes i en hierarkisk struktur. Begge disse to momentene (tilpassningskrav og oppdelingen) bidrar til et krav om interaksjon eller samarbeid mellom ulike spesialister i konstruksjonsprosessen. Den hierarkiske strukturen kan vi mistenke for å gi opphav til andre normer og holdninger enn innen vitenskapen både når det gjelder krav til løsninger, oppdelingen av løsningen og samarbeid med andre spesialiseter. Vi kan her bare tenke på forskjellen mellom å konstruere et fly, en motor eller en oljeplattform i sammenlikning med f.eks. ionosfærefysikk, termodynamikk eller havbunnsgeologi.

Det andre sentrale feltet Constant legger vekt på er de ulike måter som teknologi og vitenskap oppnår løsninger som er gode nok (modes of satisficing). Herbert Simons begrep om satisficing er her brukt for å vektlegge de måter vår leting etter løsninger involverer etablerte leterutiner som er begrenset i deres avgrensning, trange når det gjelder konseptuering og høyst sannsynlig suboptimale i resultat¹¹. Uansett så er teknologien i en langt mere direkte forstand enn vitenskapen utsatt for "direkte testing". Fly styrter, motorer eksploderer og oljeplattformer havarerer med katastrofale resultater. Usikkerhet omkring hele prosjektet kan ikke tolereres i teknologi, mens det innen vitenskapen i en helt annen grad er akseptabelt. Vitenskapen tenderer mot å ignorere motargumenter fra nabodisipliner mens den disiplininterne fagdiskusjonen blir avgjørende for hva som aksepteres. I teknologi er dette underordnet kravet om et funksjonerende hele. I steden tillater en seg å være suboptimal ved f. eks. å nytte en større sikkerhetsfaktor. "If it breakes make it bigger".

En annen måte som "godt nok" er annerledes på i teknologien knytter seg til bruken av forenklinger. Newtons mekanikk og termodynamikk fra 1800-tallet er legitime å bruke dersom de tjener hensikten eller er godt nok for konstruksjonen. Poenget er kort og godt at usikkerhet tolereres på helt ulike felt og at "godt nok" defineres svært forskjellig. Dette avleirer seg selvfølgelig også i ingeniørnormene som derfor kan bli ulike vitenskapsnormene.

Mens de to foregående feltene har relatert seg til det vi kunne kalle det internalistiske feltet i vitenskapen/teknologien utgjør Constant tredje område et eksternalistisk felt. Det knytter seg til de ulike sosio-økonomiske rammer og føringer som ligger på henholdsvis teknologi og vitenskap. Her er vi blandt annet tilbake til Veblen. Men vi er og noe mye mer. Først det åpenbare forhold at teknologi og økonomi er mye nærmere knyttet til hverandre. Når atomdrift av handelsflåten ikke ble en vanlig teknologi henger det sammen med økonomiske og sosiale forhold langt mere enn at det ikke var teknologisk mulig. Det siste har jo blandt annen ulike krigsmariner vist. Eksempelet kan selvfølgelig utvides til politisk og kulturelle beskrankninger så vel som økonomiske, f. eks. i

forbindelse med miljølovgiving (hvor lite perfekt den enn måtte være) eller med teknologioverføring til utviklingsland.

Men dette kan og gjøres noe mer sofistikert med en klarere relasjon til normer. I utgangspunktet startet vi med å understreke at den felles kjerne for teknologikunnskap og vitenskapelig innsikt var en gruppe aktive utøvere. Det er der vitenen og de kognitive prosesser utfolder seg. Teknologiens sosiale kjerne derimot er knyttet til de organisasjoner som er både oppdragsgivere, kreditorer og brukere av teknologien. Her er det naturlig å trekke fram de store selskaper, Statoil, Norcem, Volvo og ASEA for å nevne noen. Dette skille mellom det kunnskapsmessige og det sosiale locus må gi opphav til andre normer enn de knyttet til vitenskapen.

Legg merke til at jeg vokter meg vel for å si at sosiale, økonomiske og andre eksterne faktorer korrupperer vitenskap og teknologi eller at det prinsippielt sett hindrer vitenskapsmenn og teknologer i å nå sine "objektive" mål. Poenget er at disse eksterne faktorene også sier noe om hva målene er og definerer i en eller annen forstand hva man vet. Ikke alene, men som et samspill med utøverene.

Selv om vi altså til daglig kan betrakte teknologer som oppfører seg som om de var naturvitenskapsmenn og omvendt, kan det komme av at aktiviteten tilsynelatende er like, men ved en nærmere analyse kan de fungere ulikt og normene kan også være ulike avhengig av hvilke normer det er snakk om.

Alt her aner vi konturene av et svar på myten om teknologene som framskrittets agenter. En ide eller et teknologisk prosjekt må både vurderes positivt innen gruppen utøvende teknologer og i den sosio-økonomiske institusjon der f.eks. ressursallokeringen blir foretatt. Et slikt prosjekt må for å oppnå støtte også tilfredstille de ulike krav som ligger i den hierarkiske oppdelingen og tilpassningen til andre teknologier og tilsynelatende være "god nok" i den betydningen som vi har diskutert over. I tillegg må den være ikke bare tilpasset til det sosio-økonomiske miljøet, den må også bli vurdert av dette miljøet som "lovende" i en eller annen forstand. Det er åpenbart at det i dette prosjektet må ligge en rad forhandlinger, diskusjoner og overtalelser for å få aksept på i det hele tatt å få starte opp.

Diskusjoner og forhandlinger innebærer alltid forhandlinger om noe, det dreier seg om å gi og ta. I tilfelle et nytt teknologisk prosjekt er problemet at selve prosjektet er under forhandling. Dvs. at en forhandler både over prosjektets sosio-økonomiske forankring og samtidig om dets konkrete innhold. Natur og kultur reforhandles og redefineres under denne prosessen.

Dette leder oss over i en tredje type standpunkt der vi kan spørre om hvorfor vi egentlig skal skille mellom kultur og natur, mellom eksterne og interne faktorer a priori slik den tradisjonelle vitenskapssosio-logiske og vitenskapshistoriske debatten legger opp til. Kanskje skulle vi i tråd med god historieforskning gi oss i kast med hva nettopp forskerne gjør, hva enten de er teknologer eller naturvitere. Hva skjer før en maskin blir en "sort boks" eller før en vitenskaplig oppfinnelse blir en oppdagelse, et faktum. Dette er den tredje forfatteren som jeg vil introdusere sitt utgangspunkt: "a study of techno-science in the making". Uttrykket er hentet fra franskmannen Bruno Latour og hans bok: "Science in Action"¹².

I Latours tilnærming ligger to metodiske grunnprinsipper: For det første at det er forskeren som er senteret for hans analyse, vel og merke forskeren under arbeid før alle diskusjoner er avgjort og "fakta"/"den sorte boks" er etablert eller "lukket". Latours interesse knytter seg så til hvorledes de ulike diskusjonene, forhandlingene, usikkerheten, retolkningene, gjetningene utfolder seg. Dette er i og for seg ikke så originalt. Det ligger i hans begrep om hvem, eller rettere hva som deltar i denne forhandlingsprosessen. Ved å skille mellom "menneskelige" og "ikke-menneskelige" deltakere i forhandlingene oppnår han sitt mål: å få fram hvorledes det materielle retolkes og reforhandles på noen historisk sett særegne måter.

Nå er det selvsagt søkt å snakke om naturen som forhandlingspart, særlig fordi vi ikke kan tillegge naturen intensjoner eller oppfatninger av taktikk/strategi. Nå er det neppe det Latour vil med sitt begrep. Slik jeg tolker ham er hans poeng for det første at teknologisk forskning er samtidig et sosialt og et teknisk prosjekt der begge delprosjektene innebærer forhandlinger, retolkninger og nye løsninger. Symmetrien mellom

disse to aspektene er viktig fordi gjenstanden under forhandling ikke er gitt, men kan endres. Det skjer imidlertid ikke uten omkostninger, i en forstand har naturen veto. Her ligger så vidt jeg kan skjønne Latours annen fruktbare innfallsvinkel: Ved å bruke metaforen "forhandlinger med naturen" får han fram en posisjon som en historiker setter stor pris på. Forhandlingsbildet plasserer naturens rolle i disse prosessene i en rolle som ligger langs en annen dimensjon enn de to tradisjonelle ytterpunktene i den vitenskapsfilosofiske debatten, mellom en entydig natur der "oppdagelsene" enten er sanne eller falske, og den fullstendig passive natur, som oppfattes som en entydig sosial rekonstruksjon¹³. Hva vi er interessert i er vitenskapsmannens eller teknologens oppfatning av naturen, og ikke "naturens vesen" i og for seg. Det er forskerens oppfatning, mening, holdning som styrer hennes handlinger og ikke naturen i og for seg. Om en forsøker å presse dette standpunktet ned i enten relativisme eller rasjonalisme-boksen så er det det samme som å ta filosofiens oppgave som synonymt med historiens.

Forhandlingsbildets styrke er derfor å se hvorledes en mer eller mindre motvillig natur tilsynelatende aksepterer ulike løsninger, forkaster en rad og krever større eller mindre innsats for å oppnå andre løsninger. Latours, og mitt poeng, er at forløpet av disse prosessene kan ikke beskrives og analyseres generelt, men må analyseres som konkrete historiske prosesser, der hvert nytt tilfelle innebærer at nye kort deles ut til deltagerene, hva enten de er menneskelige eller ikke-menneskelige. Også i denne forstand gir "forhandlingsbildet" de gode assosiasjonene: forhandlinger er nær sagt pr. definisjon partikulære, lokale i tid og rom, irreversible og dialektiske, med et utfallsrom som varierer både i størrelse og kvalitet fra gang til gang.

Prisen for å oppnå dette synet på naturen og på teknologiutviklingen er de noe uheldige assosiasjonene som "forhandlinger" med naturen kan gi. På den annen side er manglende intensjonalitet (eller taktikk og strategi) i en vanlig diskusjon heller ikke ukjent. Mye av de umiddelbare tolkingdiskusjonene i laboratoriene kan utvilsomt karakteriseres på samme måte: hvordan skal måleresultater forstås, hva er støy og hva er resultat?

Vi må følge Latour enda et stykke videre: Disse forhandlingene innebærer at noen forsøker å overbevise andre om det nyttige, fruktbare, profi-

table, vakre, fornuftige i et prosjekt. I denne prosessen ligger det gjerne også en redefinisjon av selve prosjektet. Grensene for det naturlige og det kulturelle er flytende og sammenmikset. Typisk er historien om superlimet som var mislykket men ble reforhandlet til "post it"-lim, de gule lappene til å klistre på papir¹⁴. Eller noen av de første traktorene i en bygd i Trøndelag som ble satt på bukker og nyttet til stasjonære kraftkilder. Naturen (det bratte terrenget) "aksepterte" ikke vanlig bruk av denne typen traktor¹⁵.

I forhandlingsprosessen er det kritisk om prosjektet, eller det redefinerte prosjektet, vinner oppslutning og nye tilhengere. Flere har brukt betegnelsen translasjon om denne innrulleringsvirksomheten¹⁶. Prosjektet blir oversatt (gjerne endret) for å involvere stadig videre sirkler av tilhengere. Først innen organisasjon og praktikernes fellesskap, så ut over disse rammene, til nye organisasjoner og andre fag. Translasjon blir på samme tid en parallell og et alternativ til diffusionsmodellene i økonomisk historie og i managementlitteraturen. Bare ved å vinne nye tilhengere, overbevise større og større grupper kan en sort boks etableres, lukkes og sprees.

I denne forstanden blir både de forskningsmessige diskursene og translasjons/spredningsprosessene grunnleggende sett sosiale prosesser med vekslende skranker og muligheter, tids og stedsavhengige, med en gjensidighet og symmetri mellom det kulturbaserte og det naturbaserte. I denne prosessen er ingen standpunkter gitt på forhånd, ingen muligheter i og for seg lukket, men heller ikke åpnet. Det er først ettertiden, når boksen er lukket og "fakta" etablert at vi kan trekke den rene linjen gjennom historien og etablere vår helt, forskeren eller oppfinneren. I så måte kan vi i "oppfinnerhistoriene" se det modernes parallell til høymiddelalderens krønikeskrivere, i moderniteten har helten lagt av seg våpenkjolen og byttet den ut med laboratoriefrakken.

La meg presse analogien noe lengre, lengre enn jeg kanskje bør. Også for vår eldre helt, ridderen, kunne forholdet til naturen spille en tilsvarende rolle som for forskeren. Terrengets form og egenskaper var under et slag av like stor betydning som de menneskelige ressursene. Terrenget kunne gi støtte eller forverre vår helts stilling. Det kunne skape muligheter for alternative taktiske trekk. Ikke minst kunne det samme

terrenget bli retolket dersom situasjonen endret seg. En gunstig forsvarsposisjon er ikke nødvendigvis gunstig for angrep. Terrenget og hæren - det ikke-menneskelige og det menneskelige står i et kontinuerlig og symmetrisk forhandlings og retolkningsforhold om vi er villig til å forstå det billedlige i dette.

Nå - omsider - er vi i stand til på et noe bedre grunnlag å si noe om ingeniørers ambivalente forhold til ny teknologi. Jeg håper imidlertid at det alt nå skulle være klart at noe annet svar enn: ja selvfølgelig - hva ellers - ikke er gangbart. Like lite som ridderne var det godes konsekvente forkjempere, like lite er forskerne våpendragere for den nye teknologien. I den forhandlingsprosess som teknologien inngår i så er det klart at interesser er et særdeles viktig begrep. Hvilke interesser skulle en ingeniør ha av å få hele sin kunnskapskapital og nær sagt sitt levebrød underminert av en alternativ teknologi som kunne ekspropriere både ham og hans åndelige kapital? Dersom ingeniørene har makt så har de det i kraft av å besitte en kunnskap og erfaring som for det første ingen andre har og som dernest, og det er viktig, noen vil ha¹⁷. Med andre ord: deres forhandlingsposisjon er sterk, deres makt er stor. Om nå ting ble ordnet noe annerledes slik at ingen var interessert i vår ingeniørs kunnskap og ferdigheter - hva da?

Dette er i høyeste grad historiske prosesser som har pågått og som pågår fortsatt. Resultatene av disse prosessene er neppe entydige, men endrer seg etter som hvorledes allianseforhold og kultur/natur relasjonene har gitt seg uttrykk. Et nærliggende eksempel er omleggingen fra gass til elektrisitet på slutten av 1800-tallet. I Trondheim tok dette form som en kamp mellom de etablerte gassinteressene og det nye i form av elektrisitetsutbyggingen¹⁸.

Mobiliseringen av gassinteressene hindret lenge elektrisiteten i overhodet å nå fram. Men gass-interessene var her som mange andre steder for passive. I Norge tapte de etterhvert, men andre steder holdt de ut lengre. Å forhandle elektrisiteten inn i infrastruktur og establishment var ingen lett oppgave.

La oss forsøke å ta en titt bak myten: "Edison som oppfant glødelampen". Edisons prosjekt var både å innrullere natur og kultur i sitt

prosjekt: et system som på lønnsom basis kunne forsyne et kjøpekraftig distrikt med elektrisk lys. To episoder i dette storstilte forhandlings og translasjonsprosjektet kan egne seg for å belyse symmetrien: Edison oppfant ikke en hvilken som helst glødelampe, heller ikke elektrisk belysning (lysbue-lyset var vel etablert). Edisons problem var at han forlangte visse egenskaper av lyspærene: først og fremst høy motstand for å redusere prisen på ledningsnett (høy spenning, mindre kopperdimensjon). Han kunne ikke bruke lavohmige lamper, selv om de kanskje lettere lot seg realisere. På den annen side kunne han akseptere nær sagt hva som helst som glødetråd, så sant motstanden var stor og levetiden tilstrekkelig¹⁹.

Glødelampen var bare et element i systemet. En annen motpart var gasverket og byrådet i New York. Historien om Edisons overraskelsesselskap for New Yorks byråd på Menlo Park er vel kjent. Det var imidlertid ikke den eneste teknikken Edison brukte for å vinne tilhengere og omsider aksept for å prøve et system i Pearl Street (det var ikke en tilfeldighet at han valgte finansdistriktet i New York!). Vi kan senere se, nær sagt billedlig hvorledes translasjonsprosessen skred fram nasjonalt og internasjonalt etter som flere og flere ble overbevist om elektrisitetens fordeler, ble innrullert og knyttet sine egne interesser til den²⁰.

Jeg vil forsøke å ta noen eksempler fra skipsbyggeindustrien - vel kjent i både Sverige og Norge²¹. Om vi holder oss til teknologi og ikke til forskning så er overgangen fra treskip til jern og stålskip, etterhvert med dampmaskiner et dramatisk eksempel på hvorledes en stor gruppe skipsbyggere og håndverkere plutselig fikk revet bort eksistensgrunlaget, igjen uten å kunne stable vellykkede motstrategier på beina. For mange av dem var det bare en løsning. Reisen til Amerika var det eneste alternativet til armoden på Sørlandskysten. Jern- og stålskipsbyggeriene ble etablert i helt andre distriker, av andre faglige grupper og disipliner.

Et mer vellykket eksempel på hvorledes tilhengerne av en eldre teknologi forsvarer seg har vi i utviklingen av framdriftsmaskineri for skip. Da dampteknologien for alvor truet seilflåten ble det gjort forsøk på å utvikle nye og mer effektive seilskip med bl.a. stålskrog. Dette for-

lenget utvilsomt seilskipenes eksistensperiode med tiår. Til slutt var det imidlertid bare på kostnadssiden at seilskipene kunne konkurrere og da var deres dager raskt talte.

Dampmaskin og dielselmotor var neste par ut i konkurransen - også dette i form av et kappløp fra 1912 til annen verdenskrig. Dampmaskinen gjennomgikk faktisk en rivende utvikling (omdefinering, reforhandling) i mellomkrigstiden som svar på konkurransen fra dieselmotorprodusentene. Etter annen verdenskrig måtte dampmaskinen omsider gi tapt, men ikke uten å etterlate en annen maskin basert på damp: dampturbinen. Utover 1950 og 1960-tallet pågikk rivaliseringen mellom disse to teknologiene, denne gangen med motorprodusentene på defensiven. Dampturbinen egnet seg hele tiden best for de største skipene, men dieselmotorfabrikantene utvikelet, raffinerte omtolket og utvidet dieselmotorene og spiste seg stadig inn på turbinfabrikkenes områder, områder turbinprodusentene hadde behersket, men hadde beveget seg bort fra. Men, siden skipene stadig økte i størrelse, så beholdt de de største skipene til enhver tid²².

Det er blitt argumentert med at den vellykkede svenske oppbyggingen av skipsbyggeindustrien faktisk skyldes at de var i en outsider posisjon som kunne satse på outsiderskip til outsider-redere²³. Poenget var at både produksjonsteknikk, skipstype og redergruppe av en rekke grunner hadde framtiden så til de grader for seg. Serieproduserte motortankskip til relativt små norske redere må ha sett ut som et dristig fortagende i mellomkrigstiden. Ingeniør-idealet da var de britiske verksteden, med vakre skreddersydde skip til de store linjerederiene. I den britiske tradisjonen var ingeniørene naval architects med vekt på architects. - I Sverige ble de etterhvert organisatorer og styrkeberegner; byggekunsten ble en kombinasjon av ledelse og vitenskap. Blandt de britiske ingeniørene ble det ikke betraktet som noe framskritt.

Skipsklassifikasjonsselskapene oppviser en parallell til den svenske skipsbyggetriumfen. Det norske klassifikasjonsselskapet Det norske Veritas var opptil 1950 et lite selskap med bare rundt 50% av den norske flåten, resten var klassifisert hos Lloyds. Skipsklassifikasjon forventes å være meget konservativ og forsiktig. Det ligger mye i sakens natur: selskapene skal være en nøytral tredjepart som godkjenner og holder oppsyn med skips sjødyktighet. Det største, mest konservative og best

renomerte selskapet var Lloyds Register of Shipping i London. Deres regler var bygget på årelang erfaring, nedfelt i store tabeller over alle tenkelige dimensjoner og mål. Det norske Veritas hadde helt siden de ansatte ny direktør i 1909 beflittet seg på å følge Lloyds og etablere et ingeniørmiljø som etterhvert ble mer Lloyds enn Lloyds selv. I 1951 ansatte de imidlertid en professor fra NTH, G. Vedeler, som ny direktør. Denne professoren var en framteredene ekspert på styrkeberegninger, han nyttet bl.a. beregningemetoder fra flyindustrien i skipskonstruksjoner for å minimere vekt av strukturen i forhold til lasteevnen. Hans prosjekt, hans mål og hans forståelse av situasjonen baserte seg på at den måten skip ble bygget på rundt 1950 var urasjonell, dyr og farlig. Det var særlig den økende skipsstørrelsen kombinert med stadig mer bruk av sveising som gjorde bruken av erfaringer fra mindre klinkede fartøyer uegnet og direkte truende, etter hans syn.

Situasjonen var med andre ord en ingeniør overbevist om at en ny framgangsmåte var nødvendig. Mot seg hadde han stort sett alle: redere, skipsbyggerier, de øvrige klassifikasjonsselskapene og, ikke minst, sin egen organisasjon. Å få realisert idealet, en vitenskapsbasert regelbok der det settes krav til styrke i stedetfor påbud i form av dimensjoner på anvendt materiale, må ha vært vanskelig. Men i løpet av to år har han klart det. Igjen er det viktig å se på hva som skjer før suksessen er etablert.

Han innrullerte først sine egne elever fra NTH som ansatte i den delen av organisasjonen som laget nye regler. Rederne behandlet han forsiktig, høflig, men uten særskilte tiltak. De var stort sett små og mange, opptatt av å seile skip langt mer enn av hvordan de måtte være konstruert. Skipsbyggeriene ble for Vedeler den viktig gruppen. Det var særlig i de store byggeriene at den tekniske kompetansen på skipskonstruksjoner satt. De svenske verftene ble for fullt kooptert i Veritas fra midten av femtiårene og ble etterhvert Veritas sin viktigste tekniske samtalepartner. De store svenske verkstedene kom og etterhvert til å tjene som rådgivere for sine norske kunder slik at de strategisk sett, for Veritas, var særdeles viktig å integrere.

Den vanskeligste gruppen var trolig de øvrige klassifikasjonsselskapene. Vedeler gikk imidlertid i gang med diskusjon om den nye måten å betrakte

skipsbygging på, uten at de britiske ingeniørene eller Lloyds reepresen-
tanter var særlig positive. Empirismen sto svært sterkt, og Vedeler ble
invitert tilbake om fem år etter at Veritas hadde startet å høste
erfaringer med reglene. For britene var det utenkelig å forlate den
trygghet som lå i den akkumulerte empiriske kunnskapen. For Vedeler var
oppgaven med de nye reglene like mye av "pedagogisk" som av vitenskaplig
art.

Men reglene hadde og en ikke-menneskelig side. Sveisede skip var i mange
år under og etter krigen preget av såkalte sprø-brudd. Etterhvert ble det
klart for Vedeler at bl.a. stålkvaliteten var særdeles viktig for å unngå
slike brudd. Ideelt sett burde reglene inneholde bl.a. krav til kjemisk
analyse av stålet. Siden Veritas i tilfelle ville være det eneste
selskapet som krevde dette innså Vedeler at det ikke gikk, særlig når
stålletterspørselen i Europa var så høy som den var. Vedeler vek på denne
fronten og rykket iseteden fram på den konstruksjonsmessige, ved annen
utforming av detaljer og økt styrke i kritiske deler (særlig langskips-
styrke).

Vedeler møtte motstand og måtte forhandle, overtale, slå retrett og finne
nye veier for å vekke oppslutning om sitt prosjekt både på området
kultur og natur. Etterhvert skiftet også de andre klasseselskapene til et
regelverk etter Vedelers model; ringene i vannet omsluttet ved begyn-
nelsen av 1960-årene hele vannet. En ny type ingeniører og en ny type
klassevirksomhet der forskning var en sentral aktivitet hadde avløst den
gamle empiristiske og håndverksbaserte. Kanskje kan Det norske Veritas og
Arendalsvarvet stå som modell for denne nye typen, avløserene til Lloyds
og Harland and Wulf.

Hva gjorde de gamle ingeniørerene i den gamle britiske tradisjonen - tja,
deres yrke og deres verdi var blitt kraftig devaluert. Noen klarte å
omstille seg til det nye, andre byttet jobb til sektorer der det gamle
idealet fortsatt var gangbart.

For ikke å bli beskyldt for bare å trekke fram vellykkede historier
trenger vi og noen eksempler som ikke er udelt vellykkede- der den
vitenskapelige optimismen og nær sagt hovmotet sto for fall. Det mest

dramatiske eksempelet på dette i etterkrigstidens Norge er atomforskningen²⁴.

I utgangspunktet var norsk atomforskning et produkt av norske forskeres opphold i England og USA under krigen. Vel hjemme ble krigsforskningen tenkt videreført gjennom en ny forskningsinstitusjon, bygget på Englands-forskerne: Forsvarets forskningsinstitutt - FFI. FFI ble i starten også involvert på atomforskningens område. Dette var imidlertid ikke uproblematisk og via en lang rekke forhandlingsprosesser som vi ikke trenger å gå inn på her endte det hele med at atomforskningen ble organisert som et sivilt institutt i 1951, Institutt for atomenergi(IFA). Hovedprosjektet, reaktorforskningen, ble drevet sammen med Nederlandske forskere som sterkt motsatte seg noen militær innblanding. Løsningen på det hele ble bl.a. et langvarig forskningsprosjekt knyttet til atomreaktorer for skip. Det løste mange problemer: det var ikke nødvendig å spesifisere om "skip" var handelsskip eller krigsskip, det var mulig å innvolvere hele den norske rederstand, og det var mulig å holde liv i et norsk kjernefysisk miljø av en viss størrelse. Det var ingen tilfeldighet at "skip" ble valgt, også sett fra en annen synsvinkel. På skipsområdet kunne det argumenteres med at Norge hadde et av verdens største hjemmemarkeder. Å få innrullert rederne var derfor det samme som å sikre et stort og rikt marked. Men - intensjoner er en ting, resultater noe annet.

I 1950-årene, i kraftsosialismens tiår, klarte norsk atomforskning å legge beslag på svært mye av de offentlige midlene som gikk til teknisk-naturvitenskaplig forskning. Men mot slutten av 1950-årene ble det etterhvert klart at IFA ikke klarte å holde nettverket sammen lengre. En etter en falt tilhengerne fra, og da NTNFs store komite for skipsforskning i 1964 erklærer på vegne av både skipsbyggerier, redere og det norske Veritas at skipsreaktorprosjektet nok kan la seg gjennomføre, men at det ikke vil være av interesse for det sivile liv med mindre en helt ny teknologi ble utviklet, så døde støtten raskt²⁵. Etter et par krampetrekninger var den anvendte atomforskningen i Norge redusert til bagateller. Ny teknologi - men ingen ville ha den, unntatt de som arbeidet med den og knyttet sine egne interesser og karrierer til den.

Norsk halvlederforskning var i starten også et forsøk på å etablere interesser for monolittisk integrerte kretser - ny og avansert teknologi

som Norge faktisk fikk importert ved gunstige kombinasjoner av omstendigheter²⁶. Det lyktes også forskerne å få overbevist både NTNF og departementet om at dette var noe og satse på. Problemet var industrien - det fantes ikke noe elektronisk industri som var interessert hverken i de nye monolittiske kretsene eller i det som ble Europas første MOS-Fet transistorer. Ingen var interessert, og snart mistet også NTNF interessen. Ved en reforhandling av prosjektet ble forsvaret involvert, miljøet kunne bevares, men da måtte forskningsfeltet endres, fra monolittiske kretser til tynnfilmteknikk og hybrid kretser. Med andre ord: bort fra det som ble den store utviklingsveien for halvlederprodusentene og inn på et tvilsomt blindspor. "Natur" og "prosjekt" ble forhandlet og redefinert, vant nye tilhengere og ble realisert.

Liknende tilfeller finnes det mengder av fra norsk forsknings- og industrihistorie i 1950- og 1960-årene. Det kritiske forbindelsesleddet ser ut til å ha vært koplingen mellom industri og forskning. På et overordnet samtale- og planleggingsplan har interessen for forskningsarbeider på ulike felt vært stor. Norge måtte drive teknisk forskning og så lenge staten har avsatt midler til en slik virksomhet har alt vært vel og bra. Men i det øyeblikket forskningen skulle involvere konkrete bedrifter og ingeniører har problemene oppstått. Da har det heller dreiet seg om små og inkrementale forbedringsprosjekter dersom bedriftene i det hele tatt mente at forskning var noe for dem. Med andre ord: gapet mellom forskning som ideologi og forskning som praksis har vært og er trolig fortsatt stor. Om vi returnerer til vår middelalderske helt er parallellen åpenbar: ideologi og uforpliktende utsagn er en ting, praksis noe annet.

Slik kunne vi fortsette, eksempel etter eksempel til avmytifikering av hva ingeniørene egentlig har gjort og gjør. Eksemplene burde også si noe om nytten av å analysere den nye tids "riddere" på grunnlag av deres gjøren og laden, deres holdninger og verdier på et annet grunnlag enn de inntrykk og myter som bygges opp gjennom media og i den daglige debatten. I lys av overgangen fra industriteknologi til teknologiindustri blir en slik oppgave kanskje vanskeligere, men den blir også enda viktigere enn tidligere. Ingeniørers og teknologiforskeres forhold til "det nye" er trolig, når alt kommer til alt, ikke særlig anderledes enn det vi alle

har til noe nytt. Vel å merke uavhengig av hva som er vårt fag eller andre ytre rammer for det nye budskapet.

Noter:

1. Fløgstad, K.: "Tyrannosaurus text". Oslo: Det norske samlaget 1988. Se særlig artiklene: "Fra industrikultur til kulturindustri" og "Elvane i Sibir".
2. R. Solow: "Technical Change and the Aggregate Production Function", Review of Economics and statistics, Aug. 1957, p. 312-320.6w
3. R. K. Merton: "The Sociology of Science. Theoretical and Empirical Investigations", Chicago: Univ. of Chicago Press, 1973.
4. Kuhn, T.: "The History and the Philosophy of Science", i Kuhn, T.: "The Essential Tension", Chicago: Univ. of Chicago Press, 1977, p. 5.
5. J. A. Seip: "Kirkelig historieteori og kirkelig historieforskning", i J. A. Seip: Problemer og metoder i historieforskningen. Oslo: Gyldendal, 1983.
6. Se H. W. Andersen: "Manna fra himmelen - teknologihistorie eller teknologideterministisk historeie", Historisk tidsskrift, nr. 2, 1987.
7. L. Fleck: "Genesis and Development of a Scientific Fact". Chicago: Univ. of Chicago Press, 1979 (1. utg. 1935).
8. En slik forståelse blir lett retorisk. Men det kan og ligge kjerner av gode ansatser i den. For en diskusjon knyttet til teknologihistorie se J. Staudenmaier: "Technology's storytellers", Cambr.-Mass.: MIT-press, 1985. I vitenskapshistorie se T. Kuhn: "The Relation between the History of Science and the Philosophy of Science" i Kuhn, 1977, op. cit.
9. T. Veblen: "Absentee Ownership and Business Enterprise in Recent Times" (1923) og "The Engineers and the Price System" (1921). Her

hentet fra Max Lerner (ed): "The Portable Veblen", New York: Viking Press, 1965.

10. Edward W. Constant II: "Communities and Hierarchies: Structure in the Practice of Science and Technology". I Laudan, R. (ed): "The Nature of Technological Knowledge. Are Models of Scientific Change Relevant?", Dordrecht: D. Reidel Publ. Comp., 1984, p. 27 ff. Constant viderutvikler perspektivet i "The Social Locus of Technological Practice: Community, System, or Organization", i W.E. Bijker, T. P. Hughes og T. Pinch: "The Social Construction of Technological systems", Cambr. Mass.: MIT-press 1987, p.223 ff.
11. H. Simon; "Administrative Behavior", 3. utg. New York: Free Press, 1976. For en god behandling og utvikling av leterutiner se R.R. Nelson og S.G. Winter: "An Evolutionary Theory of Economic Change", Cambr. Mass.: Belknap, 1982.
12. B. Latour: "Science in Action", Milton Keynes: Open University Press, 1987.
13. D. MacKenzie og J. Wajcman (eds): "The Social Shaping of Technology", Milton Keynes: Open Univ. Press, 1985.
14. Latour (1987) op. cit. p. 140.
15. Ann Siri Hegseth Garberg: "Det hi virri store omveltninga, ja. Mekanisering og spesialisering i jordbruket i Stjørdal etter 2. verdenskrig" Hovedoppgave i historie, Trondheim: Univ. i Trondheim, Hist. inst. 1984.
16. M. Callon, J. Law og A. Rip: "Mapping the Dynamics of Science and Technology", London: Macmillan, 1986. Se og: J. Law: "Notes on the Theory of Translation", Paper to the meeting: Research and Innovation Policy in Trondheim Nov. 1987, Trondheim: Univ. i Trondheim.
17. G. Hernes: "Makt og avmakt" Oslo: U.forl. 1975, s. 114ff.
18. Se f.eks Trondheim kommuneforhandlinger (særlig 1898-1900) og "Beretning om driften av Trondhjem Elektrisitetsverk og Sporvei" for årene 1902 - 1907.
19. T. P. Hughes: "The Electrification of America: The System Builders" i "Technology and Culture" vol. 20, no. 1, 1979 p. 124-161. Se og T. P. Huges: "Networks of Power: Electrification in Western Society 1880 - 1930", Baltimore: John Hopkins Univ. Press, 1983 og T. P.

Hughes: "The Evolution of Large Technological Systems" i Bijker, Hughes and Pinch (1987), op. cit. p. 51 - 82.

20. Se T. P. Hughes (1983) og (1987) op. cit.
21. Det følgende bygger dels på H. W. Andersen: "Fra det britiske til det amerikanske produksjonsideal" Trondheim: Univ. i Trondheim-Senter for vitenskap, teknologi og samfunn, 1985. Dels bygger det på manuskript (under arbeid) til en jubileumsberetning for Det norske veritas forfattet av J. P. Collett og H. W. Andersen.
22. Se H. W. Andersen (1985), op. cit, kp. 11.
23. Kent Olsson: "Från pansarbåtsvarv till tankfartygsvarv.", Gøteborg: Svenska Varv, 1983. I serien: Svensk varvsindustri under 100 år.
24. Forland, Astrid: "Norsk atomenergipolitikk, 1945 - 1951." Bergen: Univ i bBergen, Hist. inst. (hovedoppg.), vår 1985. T. A. Eilertsen: "Fra FOTU til FFI. Grunnleggingen av norsk forsvarsteknologisk forskning 1942 - 1946.", Bergen: Univ. i Bergen, Hist. inst. (hovedoppg.), vår 1987.
25. NTF: "Skipsfart og Skipsbygging" Bilag 13 til NTFs forskningsutredning 1964. Oslo: NTF, 1964.
26. Andersen, H. W.: "Molekylærteknikk og mikrokretser" i "DÆDALUS: Teknisk forskning i historisk perspektiv", Stockholm: Sveriges tekniske museums årbok, 1986.