

ARTEFAKTER

INDUSTRIN, VETENSKAPEN OCH DE TEKNISKA NÄTVERKEN

Artefakter är föremål som utvecklas, tillverkas och används av människor. Ofta dras en skarp gräns mellan samhälle och teknik. Som om tekniken på något sätt fungerar oberoende av sociala system. Men artefakter skapar och omskapar ständigt sin omgivning, i likhet med deras tillverkare. Ekonomiska, vetenskapliga, politiska och kulturella intressen påverkar i sin tur artefakternas funktion. De artificiella föremålen är *samtidigt* tekniska och sociala. Vår värld är artificiell - den är en produkt av vår konstfärdighet och den befolkas av artefakter.

Artefakter – industrin, vetenskapen och de tekniska nätverken är skriven av forskare inom företagsekonomi, teknikhistoria, industriminnesforskning och vetenskapshistoria. Här behandlas artefakter av olika storlek och komplexitet: tekniska system som vattenkraftverk, specialiserade högteknologiska produkter som jonventiler, och synbarligen triviala föremål som bläsrör. I centrum för intresset står artefakternas sociala relationer.

ISBN 91-7844-650-3



9 789178 446506 GIDLUNDS

ARTEFAKTER

ARTEFAKTER

Sven Widmalm | red.



GIDLUNDS

ARTEFAKTER

Industrin, vetenskapen och de tekniska nätverken

Redaktör: Sven Widmalm

Medredaktör: Hjalmar Fors

GIDLUNDS FÖRLAG

Tryckt med bidrag från Riksbankens jubileumsfond.

INNEHÅLL

I. INLEDNING

Sven Widmalm *Artefakter i nätverk* 9

II. ARTEFAKTERS FÖDELSE

Dag Avango *Vägen till Braganzavägen* 27

May-Britt Öhman *Kidatu vattenkraftverk i Tanzania* 61

III. INBÄDDNING

Torkel Wedin *Resursanvändning i industriella nätverk* 119

Sven Widmalm *The Svedberg och gränsen mellan vetenskap och teknik* 149

Anders Lundgren *Vetenskap som vardagspraktik* 189

IV. EXEMPLARISKA ARTEFAKTER

Alexandra Waluszewski & Håkan Håkansson *Das Plagiat* 219

Anders Carlsson *Elektroniska hjärnor* 245

V. ARTEFAKT BIOGRAFIER

Claes-Fredrik Helgesson & Mats Fridlund *Om att hålla sig till saken* 289

Anders Houltz *Smälthammarens resa* 315

Maja Fjæstad *Tekniska hjältedåd och bestrålad forskning* 343

VI. SLUTDISKUSSION

Håkan Håkansson & Alexandra Waluszewski *Artefakters ekonomiska effekter* 377

Författarpresentationer 393

GIDLUNDS FÖRLAG

Box 123

776 32 Hedemora

Örlinge 111

733 99 Möklinta

www.gidlunds.se

Omslag: Uppsala universitets arkiv, Uppsala universitetsbibliotek, F4, E:4.
Foto: K. W. Gullers, © Nordiska museet.

© Författarna 2004

Wallin & Dalholm tryckeri, Lund 2004

ISBN 91-7844-650-3

torier för att lära sig tekniken, Berzelius ägnade en hel bok åt blåsröret. Men det var inte själva apparaturen som stod i centrum för intresset utan snarare den manuella teknik som krävdes för att använda den, och den kognitiva förmågan att tolka resultaten, att läsa av färgskiftningar i lågan som med rörets hjälp hettade upp det kemiska prov som var föremål för undersökning. Själva röret representerar inte någon särskilt intressant teknisk utveckling, snarare är det nätverket av aktiviteter och resurser som knöts till dess användning som är intressant. Studiet av en okomplicerad artefakt som blåsröret kan användas för att nysta upp en väv av vetenskapliga och industriella relationer; i just blåsrörets fall illustreras också att omdöme, handlag och tolkningsskicklighet är grundläggande vid användningen av sådan teknik som inte har automatiserats och förvandlats till en "svart låda".²³

Artefakter kan ibland vara meningsbärande och identitetsskapande på ett sätt som inte motsvaras av deras omedelbara tekniska betydelse men som får stora effekter genom att retoriskt ange tydliga handlingsalternativ inför framtiden. Två uppsatser anslår detta tema. Alexandra Waluszewski och Håkan Håkansson visar hur en enstaka tryckprodukt, en kopia av den tyska tidskriften *Der Spiegel* gjord på klorfritt papper, kunde användas som en resurs för att driva fram en omläggning av de kemiska processerna vid massatillverkning i miljövänlig riktning – eller bli ett hot mot dem som slog vakt om den gamla tekniken. Kopian, *Das Plagiat*, var inte en betydelsefull komponent i ett tekniskt system utan snarare en *exemplarisk*, representant för en nyordning vars möjlighet artefaktens själva existens tycktes bevisa. Tekniska system är av naturen tröga, alternativa produktionsmetoder har av den anledningen svårt att slå igenom även om de är tekniskt realiserbara. Waluszewski och Håkansson visar hur det kan gå till när en sådan förändring trots allt kommer tillstånd. Artefakten kan fungera som en symbol vid mobiliseringen av nya nätverk som förändrar eller ersätter gamla tekniska system.

Anders Carlsson beskriver hur datortekniken under 1950-talets så kallade automationsdebatt laddades med olika innebörder. I detta fall framstod inte en enskild artefakt som exemplarisk utan ett helt nytt teknikslag. Matematikmaskinen kom att representera olika möjliga utvecklingsalternativ för samhället i sin helhet, men kanske i första hand för olika yrkesgrupper vars ställning den nya tekniken kunde stärka eller hota. För ingenjörerna blev datorn inte bara ett revolutionerade arbetsredskap utan också en förtrollande symbol med vars hjälp hela yrkeskåren tycktes kunna höja

sig över samhället och inta positionen som utvecklingens anförare. Detta trots att datorn fortfarande var mer av just symbol än realitet. Med medias hjälp blev matematikmaskinen, liksom *Das Plagiat*, en symbolisk (och samtidigt ekonomisk) resurs för intressen som understödde en viss typ av förändring.

Bokens tre sista fallstudier vidgar perspektivet genom att beskriva artefaktens "utveckling" under längre tidsperioder. Också föremål har biografier och precis som människor förändras föremål med tiden, inte minst genom att det socio-tekniska landskap där de ingår förändras. Anders Houltz följer ett enskilt, med tiden alltmer symboltyngt, objekt i spåren från dess tillblivelse som smälthammare vid Borgviks bruk i Värmland på 1860-talet, via dess framträdande som utställningsobjekt på Göteborgsutställningen 1923, till dess comeback som utställningsföremål i Borgvik på 1990-talet, där det nu befördrar kulturturismen i en miljö som i sig fått delvis museal prägel. Smälthammaren var en autentisk representant för bruksmiljön, men autenticiteten var inte fixerad. Från att ha varit produktiv i teknisk mening flyttades den ur sitt sammanhang för att representera den svenska industrins ärorika förflutna. Senare uppträdde den som en symbol inte bara för bruks-historien utan också för hoppet om en framtid byggd på exploateringen av historien som ekonomisk resurs. Artefakten är densamma, men dess meningsbärande och ekonomiska funktioner förändras och kompliceras när den uppträder i nya tekniska nätverk och sociala miljöer.

Mats Fridlunds och Claes-Fredrik Helgessons "nätverksbiografi" över jonventilen utgör en kritik av den innovationsforskning som ensidigt fokuserat på uppkomsten av ny teknik. Uppsatsen fokuseras på tre skeden i artefaktens historia och beskriver hur den vid olika tidpunkter utgjorde ett "interaktivt lokus" för olika grupper med delvis olikartade intressen. De visar att artefakter inte föds färdiga utan att de under hela sin karriär samverkar med omgivningen. En förståelse av teknikutvecklingens villkor måste därför bygga på studier av teknisk förändring i allmänhet (inklusive avveckling) och inte bara på undersökningar av hur nya tekniska lösningar bryter igenom. Innovationsprocesser handlar delvis om anpassning av sociala strukturer till föränderlig teknik.

Maja Fjæstad beskriver i likhet med Helgesson och Fridlund tre stadier i en artefakts biografi. Sveriges första kärnreaktor, R1, byggdes vid 1950-talets mitt på Kungl. Tekniska Högskolan för att användas som redskap för forskning och teknisk utveckling kring kärnenergin. R1 fungerade under sin kar-

MATS FRIDLUND & CLAES-FREDRIK HELGESSON

*Om att hålla sig till saken:
Den industriella artefakten som interaktivt lokus*

Introduktion¹

Sak. Prototyp. Objekt. Vara. Produkt. Maskin. En industriell artefakt uppträder i skiftande skepnader och under varierande beteckningar beroende på i vilka sammanhang den ingår. I affärer, där den utbyts, omtalas den som en handelsvara, medan i utvecklingssituationer betecknas den kanske som en prototyp och i laboratoriet som ett forskningsobjekt. Denna språkliga flexibilitet visar hur artefakter är situationsdefinierade, att en sak är vad den är beroende på hur och med vilket syfte den för tillfället används.

I detta kapitel tar vi denna mångfald av skepnader som utgångspunkt för en diskussion av industriella artefakters 'karriärer' (jämför Kopytoff 1986). Genom att skildra olika situationer i en artefakts karriär, erhålls en *provkar-ta* på skepnader som en sak kan besitta såväl samtidigt som vid skilda tidpunkter. Ansatsen, som vi valt att kalla en *nätverksbiografi för artefakter*, är avsedd att bidra till diskussioner om samspelet mellan teknisk, vetenskaplig och kommersiell förändring i allmänhet och om innovationsprocessers karaktär i synnerhet.

Under de senaste decennierna har det blivit alltmer klart att det inte bara är förenklat utan också vilseledande att beskriva teknisk utveckling som en linjär process där vetenskapliga, tekniska och kommersiella aktiviteter följer efter varandra. Samtidigt som ekonomer har lanserat modeller som problematiserar innovationsförlopp bortom denna så kallade linjära modell (Faulkner 1994; Dosi 1982; Kline & Rosenberg 1986), har teknikhistoriker och tekniksociologer alltmer betonat att innovation sker i heterogena

Vinjettbild:

Härdar med hjälpbrytare i smedjan, Borgviks bruk. Värmlands museum.

sammanhang. De senare har berikat vår vokabulär med nya begrepp för att beskriva tillkomsten av industriella artefakter såsom forandring av teknologiska eller sociotekniska system, sömlösa vävar och aktörsnätverk (Hughes 1986; Callon 1986; Latour 1987).

En brist hos perspektiv som fokuserar på sekventiella innovationsförlopp är att de beskuggar samspelet med det mångfacetterade sammanhang i vilket en artefakt formas. Samtidigt kan (möjligen) det omvända problemet tillskrivas ansatser som betonar innovationsprocessers systemiska och heterogena karaktär. Där kan en enskild artefakt komma att uttolkas som enbart formad av sitt sammanhang. Detta kan leda till en beskuggning av hur vetenskapliga, tekniska och kommersialiserande aktiviteter systematiskt samspelar genom artefakter. Ett perspektiv som helt fokuserar på att förklara hur artefakter formas av sitt sammanhang kan lätt skymma hur exempelvis tekniska och kommersialiserande aktiviteter kan samspela och forma varandra i konstruktionen och tillverkningen av en fungerande prototyp. För att förstå innovationsprocessers karaktär måste vi således inte bara belysa hur artefakter formas utan också hur olika aktiviteter genom dessa artefakter samspelar med varandra.²

Denna uppsats är ett försök att bidra och vidareutveckla diskussionen om teknisk utveckling och inte minst samspelen mellan vetenskapliga, tekniska och kommersialiserande aktiviteter. Vi delar därmed med anhängare av sekventiella innovationsmodeller ett intresse för detta samspel i skapandet av industriella produkter. Däremot skiljer vi oss från dessa i att vi inte anser att det är lämpligt att betrakta innovationsprocesser som bestående av sekventiella faser där olika typer av aktiviteter avlöser varandra. I stället har vi valt att sätta artefakten i centrum och studera vilka aktiviteter som omger den i ett försök att se hur de formas av artefakten såväl som hur artefakten samtidigt i sin tur formar dessa aktiviteter.

Vi väljer, med andra ord, att betrakta artefakten som ett *interaktivt lokus*, det vill säga en enhet och en (tid)punkt där skilda typer av aktiviteter möts. Genom begreppet interaktivt lokus hoppas vi stimulera diskussionen kring tekniska artefaktens roll i såväl vetenskaplig, teknisk som kommersiell praktik. För att pröva och illustrera denna ansats har vi valt att göra tre nedslag i biografin över en industriell artefakt som var en betydelsefull del i ett stort tekniskt system. Innan vi kommer till denna skildring skall vi emellertid något utveckla vad vi menar med att betrakta artefakter som interaktiva lokus.

Artefakter i nätverk av mångfaldiga aktiviteter

Tanken att se forandring av en industriell artefakt som situerad i ett nätverk av heterogena aktiviteter och element är i huvudsak inspirerad av den tekniksociologiska aktör-nätverksansatsen vilken betonar den relationella karaktären hos artefakter (se exempelvis Callon 1986, 1987; Latour 1992, 1996; Law 1987; Law & Callon 1992). Detta perspektiv ser element – vare sig de är artefakter eller annat – som inbäddade i och konstituerade av nätverk av andra element där varje elements identitet och egenskaper är *relationellt definierade*. För en industriell artefakt innebär detta att vi kan tala om hur den konfigureras relationellt, det vill säga att dess egenskaper definieras, bemyndas och begränsas i förhållande till andra element (jämför Woolgar 1991, 91; Helgesson 1999; Fernler & Helgesson 2001).

Denna betoning av interaktion ser således inte en artefakts egenskaper som givna. Artefakten konfigureras genom de nätverk av aktiviteter som upprätthåller den. Samtidigt – och det är det analytiskt svåra – har en artefakt genom sina förvärvade egenskaper ett konfigurerande inflytande på omgivande aktiviteter. Vi bör exempelvis inte ställa oss främmande för att förstå en artefakt som ett centrum för många skilda aktiviteter som därigenom bidrar till att organisera det nätverk av aktiviteter som samtidigt upprätthåller artefakten. Det är denna relationella dubbelhet som gör det lämpligt att tala om en artefakt som ett *interaktivt lokus*.

En aspekt av särskilt intresse är att fånga mångfalden i de aktiviteter som samtidigt kan vara relaterade till en artefakt. Ett sätt att karaktärisera skilda aktiviteter är att utgå från på vilket sätt olika aktiviteter definierar artefakten. Kommersiella aktiviteter, som i huvudsak definierar en artefakt som en handelsvara, kan exempelvis på så sätt ses som någorlunda skilda från aktiviteter som definierar en artefakt som ett forskningsobjekt eller en utvecklingsprototyp. Detta angreppssätt har en likhet med att betrakta artefakter som sociala gränsobjekt (jämför Star & Griesemer 1989), exempelvis i betoningen i att ett objekt kan tillhöra och sammanlänka olika sfärer av aktiviteter samtidigt som det kan bära olika innebörder i dessa olika sfärer.

Även om begreppet interaktivt lokus också utgår från att en artefakt har tolkningsflexibilitet (Pinch & Bijker 1987; Bijker 1995) skiljer sig vår uppfattning från den dominerande inom den så kallade SCOT-skolan ("Social Construction of Technology"). Till skillnad från SCOT som ofta poängterar att tolkningsflexibiliteten avtar över tiden (så kallad *stängning*), är det

centrala med begreppet interaktivt lokus att en artefakt ständigt innefattar olika samtidiga innebörder. Det är detta, menar vi, som möjliggör att en artefakt kan existera i relation till en mångfald heterogena aktiviteter. Denna betoning av samtidig mångfald av innebörder är också något som skiljer begreppet interaktivt lokus från den mer traditionella innovationsforskningen som gärna ser innovationsprocesser som förlopp där olika aktiviteter (och därmed innebörder) *avlöser* varandra (jämför, exempelvis Kline och Rosenberg 1986).

Syftet här är att fokusera på de aktiviteter som definierar en artefakt som *utvecklingsprototyp*, *forskningsobjekt* och *handelsvara*. Därigenom får vi en inblick i hur artefakten definieras av och definierar aktiviteter kring produktutveckling, vetenskaplig forskning och kommersiell användning.

En artefakts nätverksbiografi

Det är orimligt att anta oföränderlighet hos vare sig en artefakt eller dess omgivande nätverk. Vad som behövs är därför en ansats som fångar förändring och tecknar en artefakts karriär, eller åtminstone några situationer i en sådan karriär. Tanken på tings biografier och karriärer betonar just värdet av att studera hur artefakter transformeras över tiden. Igor Kopytoff (1986) menar att genom att "läsa" sådana biografier om hur ting över tiden skiftar skepnad från exempelvis handelsvara till samlarobjekt framträder det sociala sammanhang i vilket dessa artefakter existerar. En huvudpöäng är således just betoningen av en artefakts ständiga föränderlighet, att den flera gånger kan omkonfigureras (se även Anders Houltz bidrag till denna antologi).

Det biografiska greppet hjälper också till att styra tanken genom att fokusera på ett föränderligt förlopp där mer än de initiala faserna är av intresse. Att betrakta en artefakts karriär *efter* dess utvecklingsfaser är något som ofta förbises, inte minst inom den ekonomiska innovationsforskningen. Att studera en artefakts biografi ligger således i linje med Svante Lindqvists önskan om studier av teknikers liv i senare faser och inte minst dess *avveckling* (Lindqvist 1994a; se även Dahmén 1989; Hirsh 1989; Helgesson 1998). Detta överrensstämmer också med David Edgertons plädering för att fokusera på teknologier "i användning" snarare än enbart teknologier "under utveckling" (Edgerton 1999). Således är vi här intresserade av en teknologis användning både under dess utveckling och som "mogen" produkt.

En nätverksbiografisk ansats måste emellertid göras hanterbar, eftersom begreppen nätverk och biografi tillsammans definierar ett omfattande studieobjekt. Den väg vi valt här är att stilisera det biografiska imperativet till en studie av en artefakt vid olika tidpunkter, för att få skilda nedslag eller ögonblicksbilder om man så vill. Den följande biografien är därför nedtecknad för tre specifika tidpunkter i artefaktens karriär, situationer som är valda utefter vad som inom den traditionella innovationsforskningen skulle etiketteras såsom faser dominerade av *utveckling*, *kommersialisering* respektive *avveckling*.

Vi vänder oss emellertid mot att dessa etiketter skulle representera förutbestämda faser i en artefakts utveckling, eller faser där en enskild typ av aktiviteter är helt förhärskande. Snarare är vår intention att tillgången på olika ögonblicksbilder öppnar för en studie av såväl skillnader som likheter mellan olika delar av en artefakts karriär.

Det anslag som kommer med de enskilda ögonblicksbilderna kan å andra sidan uppfattas som väl snävt, då det endast ger en begränsad inblick i de processer vari såväl nätverk som artefakt gradvis förändras. Vi uppfattar emellertid inte detta som något avgörande problem, eftersom vi i denna studie *inte* är intresserade av kausalitet mellan de olika situationerna. De specifika år som väljs för dessa ögonblicksbilder är därför av underordnat intresse.

Jonventilen – en överbryggande artefakt i kraftsystemet

Den artefakt vars karriär vi valt att diskutera är en elektroteknisk apparat, *jonventilen*, en av de centrala industriella artefakterna inom kraftöverföringen under efterkrigstiden. En jonventil är en strömriktare, en anordning för omvandling av elkraft fram och tillbaka mellan lik- och växelström med väldigt hög spänning genom att likriktade växelström respektive växelriktade likström. Den består av ett vakuumkärn av glas eller järn innehållande en eller flera anoder av järn eller grafit och en katod av flytande kvicksilver. Inuti det kvicksilverångfyllda kärlet går den elektriska strömmen mellan katod och anoder i form av en brinnande ljusbåge. Jonventilens likriktande effekt – dess så kallade ventilverkan – bygger på att strömmen i princip endast kan gå i en riktning mellan en varm elektronutsändande katod och en kall anod. Under den halva period av växelströmmen som anoden har negativ spänning kallnar katoden och kan inte sända ut elektroner och därigenom

spärras strömmen. Med hjälp av så kallad gallerstyrning kan också växelriktning av likström åstadkommas. Genom att apparatens funktion styrs av ljusbågens uppträdande är jonventilen ingen enkel dimensionerings- eller beräkningsbar konstruktion utan mer av en teknisk konstruktionskompromiss mellan olika svårbemästrade fysikaliska fenomen (Lamm 1976).

Jonventilen har primärt valts ut då vi är bekanta med dess historia från tidigare forskning (Fridlund 1999a, 1999b). Den hör hemma i vad som ibland kallas vetenskapsbaserade industrier (eng. *science-based industries*). Huruvida en sådan beteckning är lämplig kan och har diskuterats (König 1995, 1996; Buchhaupt 1998). För våra syften räcker det emellertid att notera att jonventilen har existerat i ett sammanhang med långvarig interaktion mellan industriella och vetenskapliga institutioner. Ett annat karaktärsdrag är att den var en central komponent i ett stort tekniskt system, eldistributionssystemet. Den var vad som har beskrivits som en överbryggningssteknologi (eng. *gateway technology*), vilken möjliggjorde sammankopplingar av tidigare åtskilda tekniska system (David & Bunn 1990).

Jonventilen har sitt ursprung i den systemstrid mellan lik- och växelström i slutet av 1800-talet som gav växelströmsteknik hegemoni för överföring av elkraft. I teorin lovade likströmstekniken emellertid billigare och enklare kraftöverföringar än växelström. Under mellankrigstiden växte intresset för "storkraftöverföringar", transmission av mycket stora mängder elkraft, vilket ledde till en ny, andra systemstrid mellan lik- och växelström. Detta ledde till att internationella elektrotekniska företag såväl som oberoende uppfinnare försökte ta fram olika sorters högsäpänningsomvandlare för användning för kraftöverföring med "högsäpänd likström" eller HVDC, från engelskans *high voltage direct current* (Fridlund 1999a; Fridlund & Maier 1996). Jonventilen var en av dessa nya tekniska lösningar.

1945 års jonventil: Mångfaldig framtidsvara

Under 1945 existerade endast ett drygt tiotal jonventiler av ett antal olika grundkonstruktioner i USA och Europa. I USA hade tillverkningsföretaget General Electric (GE) i anknjtning till sin fabrik i Schenectady satt upp en experimentell likströmsöverföring på några tiotal kilometer som använde sig av en egen jonventilkonstruktion, den s.k. ignitronen. Dessutom hade man installerat ignitron-anläggningar vilka omformade elkraft med olika frekvenser i två stålverk i Gary, Indiana och Pittsburgh, Philadelphia.

Dessa nätverk var emellertid relativt inaktiva och Schenectady-överföringen lades ner under året och jonventilerna i frekvensomformaranläggningarna avvaktade avveckling och utbyte till en alternativ omformarkonstruktion. I Tyskland arbetade AEG och Siemens under året på att utveckla två egna jonventilprototyper för användning i en drygt hundra kilometer lång kraftöverföring mellan Elbe och Berlin. Emellertid så avbröts projekten när Röda Armén under våren invaderade Berlin och monterade ner all utrustning och skickade den tillsammans med delar av personalen till Sovjet. Det schweiziska företaget BBC bedrev också ett visst utvecklingsarbete kring jonventiler av egen konstruktion, s.k. mutatorer, och dess tyska dotterbolag i Mannheim närde ej genomförda planer på en försöksöverföring mellan Mannheim och Karlsruhe. Förutom dessa artefaktnätverk kring olika jonventilkonstruktioner fanns en rad andra artefaktnätverk inriktade mot utveckling av högsäpänd överföring bland internationella elektrotekniska företag, privata uppfinnare och statsorgan såväl med HVDC som med nya tekniker för högsäpänd växelström. (Kimbark 1971; Tell 2000; Maier 1993).

Ett av de mest betydelsefulla aktivitetsnätverken kring en jonventilkonstruktion hade sitt centrum i Sverige. Det är denna jonventil som ska ägnas mest uppmärksamhet här, då det är den artefakt vars aktivitetsnätverk kan skildras relativt väl genom att det existerar en avsevärd mängd material om dess olika aktiviteter. Det svenska elektrotekniska företaget Asea hade sedan tidigt 30-tal tillverkat kommersiella omvandlare för lågsäpänd likström (LVDC – *low voltage direct current*) för urbana elnät och mindre likströmsystem för spårvagnar och lokaltåg. Sedan 1933 hade företaget utgående från patent och erfarenheter från dessa kommersiella sammanhang även arbetat på att utveckla en prototypomvandlare för de väldigt höga säpningar som krävdes för högsäpänd likström.³

I Sverige fanns 1945 endast fyra jonventiler, alla i form av utvecklingsprototyper varav två i Aseas jonventillaboratorium i Ludvika och två på Trollhättans kraftstation. Merparten av arbetet med att utveckla dessa utfördes av den grupp ingenjörer och tekniker på Asea vilka var sysselsatta med kommersiella LVDC-ventiler. Ett ytterligare centrum för jonventilernas formande var den svenska samarbetskommitté som inrättats 1942 och som bestod av representanter för potentiella användare och tillverkare av utrustning för högsäpänd kraftöverföring. Kommittén såväl samordnade som utförde teoretiska och praktiska utredningar rörande förväntade framtida problem vid en realisering av svensk högsäpänd storkraftöverföring. Under

året ledde kommittén bland annat genomförandet av två storskaliga transmissionsexperiment med jonventiler. Vidare var Asea och dess stora svenska kund, Vattenfallsstyrelsen (Vattenfall) sysselsatta med att i Vattenfalls kraftstation i Trollhättan inrätta en gemensam experimentell HVDC-anläggning för att utprova jonventilerna. När denna togs i drift under hösten, förflyttades merparten av såväl utvecklingsarbetet som de faktiska jonventilerna till den nya gemensamma anläggningen.

Jonventilen var vid denna tid i mycket en *utvecklingsprototyp*. Aseas Ludvikagrupp arbetade i nära kontakt med dess underleverantörer för tillverkningen av LVDC-ventiler. Särskilt centrala bland dessa var Aseas materiallaboratorium, Aseas stålverk samt Gustavsbergs porslinsfabrik. Ingenjörer och tekniker vid Vattenfall var också involverade i detta utvecklingsnätverk, inte minst genom arbetet i den gemensamma utvecklingsanläggningen i Trollhättan. Som dominerande utvecklingsmetod använde Asea omfattande "trial-and-error" experiment där man med användning av stora mängder elkraft från Vattenfalls kraftnät simulerade reella användningssituationer. Tre dylika storskaliga utvecklingsexperiment utfördes 1945.

Kärnan i utvecklingsarbetet gick ut på att med olika försök på och modifieringar av jonventilkonstruktionen identifiera och eliminera *kritiska problem* i prototypens funktion. Ett av de centrala kritiska utvecklingsproblemen rörde att utforma jonventilen för att minimera förekomsten av kortslutande så kallade baktändningar. Detta var funktionsstörningar vilka orsakades av att positiva kvicksilverjoner accelererades inuti kärlet och bombarderade anoden i kärlets topp så att elektroner slogs ut och gav upphov till en kortslutande ström i motsatt riktning mot den normala. Den konstruktion som användes lånade element från Aseas existerande teknik för LVDC-omvandlare och använde sig av en speciellt utvecklad konstruktionslösning för att minska just baktändningar. Konstruktionslösningen var att dra ut jonernas accelerationssträcka i närheten av anoden med ett antal ringformade mellanelektroder vilket minskade jonernas acceleration och ökade dess neutralisering. En avsevärd del av problemet bestod i den delvis slumpmässiga och oförklarliga fysikaliska karaktären hos dessa störningar.

Ett annat kritiskt problem var kopplat till försök att möjliggöra HVDC-överföring med så kallad jordåterledning. En sådan överföring skulle, om den gjordes genomförbar, minska antalet nödvändiga transmissionskablar till endast en – att jämföra med två för tidigare likströmsöverföring och tre för växelström. Då kabelkostnaden var en av de dominerande kostna-

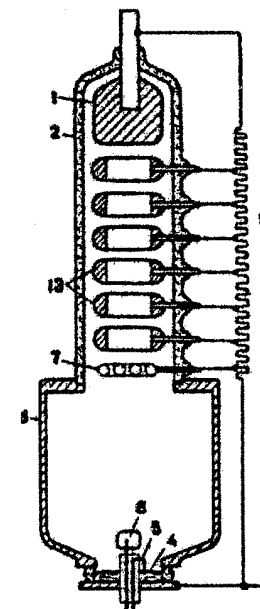


Fig. 1. Principskiss av den jonventil som var under utveckling 1945. Ljusbågskanalen i mitten består av uppdelade ringformade graderingselektroder (Lamm 1945).

derna vid kommersiella kraftöverföringsprojekt sågs detta som en möjlighet att kraftigt stärka jonventilens kommersiella attraktivitet, att med andra ord stärka dess identitet som *handelsvara*. Det kritiska problemet rörde att utveckla en likströmsöverföring som kunde använda jordledning utan att orsaka skadlig korrosion och farliga signalstörningar på tele- och järnvägsledning.

Förutom att vara en experimentell prototyp, en påtänkt kommersiell komponent i framtida transmissionsanläggningar, utgjorde jonventilen även ett naturvetenskapligt forskningsobjekt. För att fira sitt sjuttiofemårsjubileum publicerade det ledande svenska ingenjörsgöränet *Teknisk Tidskrift* under året en "profetiebok" med titeln *Morgondagens teknik: Aktuella problem och framtidsperspektiv inom teknik och ingenjörsvetenskap* ([Hansson et al.] 1945). Här figurerade projektledaren för Aseas jonventilprojekt, Uno Lamm, med en uppsats där han diskuterade kopplingen mellan naturvetenskaplig forskning och tekniskt utvecklingsarbete. Han betonade en avgörande skill-

nad mellan jonventilen och en stor mängd andra elektrotekniska produkter vilket var att den inte kunde på "elektromatematisk väg förutbestämmas med en noggrannhet, som både har en mycket stor betydelse för ekonomin och i allmänhet utesluter varje diskussion om lämpligaste dimensionering". För utvecklingen av en fungerande jonventilkonstruktion saknades "nästan helt den vetenskapliga grund, på vilken exakta förutbestämningar skulle kunna byggas, och konstruktören är åter hänvisad till den mödosamma empiriska vägen med experiment i full skala". Lamm beklagade att det alltför ofta fanns "ett brett 'no-mans-land' mellan den akademiskt skolade fysikern och den praktiske utvecklingsingenjören, som ingen av parterna anser det lönt att beträda", men att det inte fanns tvivel "om att det försprång, som utexperimenterandet och den praktiska utformningen av dessa apparater fått framför den fysikaliska grund deras konstruktion borde bygga på, måste och kan inhämtas. Vi måste få forskare med djupgående kännedom om urladdningsfysik och villiga att arbeta i direkt kontakt med konstruktions- och experimentverksamheten." (Lamm 1945) Lamm arbetade också själv aktivt för att forma sådana forskare genom att stärka jonventilen som vetenskapligt forskningsobjekt.

Som *forskningsobjekt* figurerade jonventilen i informella diskussioner mellan Lamm och två av Sveriges ledande fysiker, nobelpristagaren och fysikprofessorn Manne Siegbahn samt den nyutnämnde professorn i elektronik vid Kungliga Tekniska Högskolan i Stockholm, Hannes Alfvén (Fridlund 1999a). I denna konfiguration saknades emellertid formaliserade forskningsprojekt om jonventilens fysik. Även om Aseas jonventilgrupp hade två formellt forskarmeriterade medlemmar utgjorde jonventilen i första hand inte ett direkt forskningsobjekt för dem. Lamm hade 1943 tagit teknologie doktorsexamen vid KTH på en avhandling om transduktorn men i jonventilprojektet var han mer sysselsatt med mer renodlat utvecklingsarbete samt projektledning och samordning. Den andre doktorn i elektroteknik var Lamms medarbetare Erich Uhlmann, en judisk flykting från Tyskland och tidigare chef för ett av AEG:s laboratorier i Berlin med doktorsexamen från Braunschweig tekniska högskola. Uhlmann var ansvarig för att ta fram projektets "elektromatematik", det vill säga att utveckla de teoretiska grunderna samt matematiska och analoga modeller av de kretsar och kontrollsystem som styrde och reglerade överföringslänkar där jonventilen ingick som en central komponent. Detta i hög grad matematiska och teoretiska utvecklingsarbete var emellertid av mer generell och abstrakt art

och huvudsakligen inriktad på stationära förlopp var jonventilkonstruktionens idiosynkratiska fysikaliska utformning och uppträdande var av underordnat intresse. Jonventilen figurerade här oftast som en "svart låda" vars faktiska fysikaliska funktion representerades av förenklade och idealiserade matematiska och fysikaliska modeller av dess ström- och spänningsparametrar. Jonventilens störningar representerades när de var av betydelse i form av approximativa matematiska uttryck följande statistiska lagar (Uhlmann 1975).

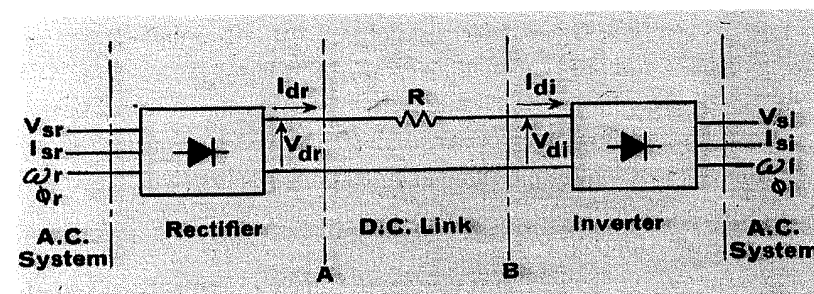


Fig. 2. Kretsteoretisk representation av en HVDC-länk. De trekantiga symbolerna representerar jonventilerna i överföringslänkens båda ändar. Dess fysikaliska uppträdande representeras av spännings- och strömparametrar (Cory 1965).

Jonventilen var 1945, som framgick ovan, långtifrån någon kommersiellt tillverkad produkt, än mindre en handelsvara. Det fanns inga order eller anbudsförfrågningar för jonventiler, utan endast utvecklingsprototyperna uppställda i Ludvika och Trollhättan. Aseas totala utbud representerades av drygt 20 prototyper, och ingen av dessa var avsedd för kommersiell drift. Totalt representerade de elkraft om 4 MW. Men jonventilen som handelsvara – dess kommersiella konfiguration – formades också av den faktiska förekomsten av den relativt stora *potentiella* efterfrågan som existerade genom såväl Vattenfalls engagemang som arbetet hos samarbetskommittén med dess sammanförande av tilltänkta svenska kunder. Framtidsutsikterna präglades av de dominerande förväntningarna om en ekonomisk nedgång efter fredsutbrottet – en fredskris som den som följde på första världskriget – med en avtagande efterfrågan på elkraft till följd. I jonventilens kommersiella konfiguration ingick vidare Vattenfalls planering av ett svenskt hög-

spänt transmissionsprojekt om c:a 200 MW, vilket beslutats av riksdagen i maj 1945 och som skulle tas i drift under början av 1950-talet. Det fanns vidare andra potentiella kommersiella projekt, såsom en mindre (20 MW) svensk samt en större norsk marin transmissionsanläggning, sammankopplingar av olika nationella europeiska nät samt ryska högspända transmissionsanläggningar.

1965 års jonventil: Såväl handelsvara som forskningsobjekt

År 1965 var jonventilen en accepterad produkt och handelsvara. Den fanns i sju länder på tre olika kontinenter. Antalet var något hundratal och dess användning hade utökats från långdistansöverföring till kortare överföringar samt sammankoppling av växelströmsnät. I slutet av 1965 fanns sex HVDC-projekt omfattande c:a 250 jonventiler och ytterligare lika många var under utveckling och tillverkning för tre än större projekt. Till detta kan läggas fler potentiella projekt som befann sig på diskussionsstadiet. Kommersiella jonventiler utvecklades och offererades av Asea i Sverige samt av English Electric Co. i Storbritannien och dessutom fanns en ytterligare icke-kommersiell konstruktion i drift i ett sovjetiskt kraftöverföringsprojekt. Aseas dominanta – för att inte säga hegemoniska – jonventilkonstruktion hade nu vidareutvecklats upp till 133 kilovolt och 1800 ampere. Utmärkande för konstruktionen var att varje jonventil använde sig av flera anoder (2, 4 eller 6) anslutna till samma jonventilkärl och att ljusbågskanalen – med de ringformade mellanelektrodena mellan kärl och anod – nu utformades i spiralform för att än mer bromsa kvicksilverjonerna. I de kommersiella anläggningarna bestod den grundläggande strömriktarenheten av sju jonventiler, varav sex fungerade som växel- eller likriktare och den sjunde var en lösning på baktändningsproblemet genom att den fungerade som en förbi-kopplingsventil som tillfälligtvis tog över när någon av de övriga jonventilerna kortslöts (Robinson 1992). Vad gällde den andra sovjetiska jonventilkonstruktionen var det en enanodig konstruktion.

Asea var den dominerande tillverkaren av jonventiler och den som först sålt kommersiella jonventiler. Man hade slutlevererat två viktiga HVDC-beställningar: till det svenska Gotlandsprojektet 1954 vilket med en undervattenskabel överförde elkraft till ön från det svenska fastlandet, och till ett liknande större projekt under Engelska Kanalen 1961. Nu stod Asea i begrepp att leverera ytterligare sex anläggningar. Jonventilen var nu en be-

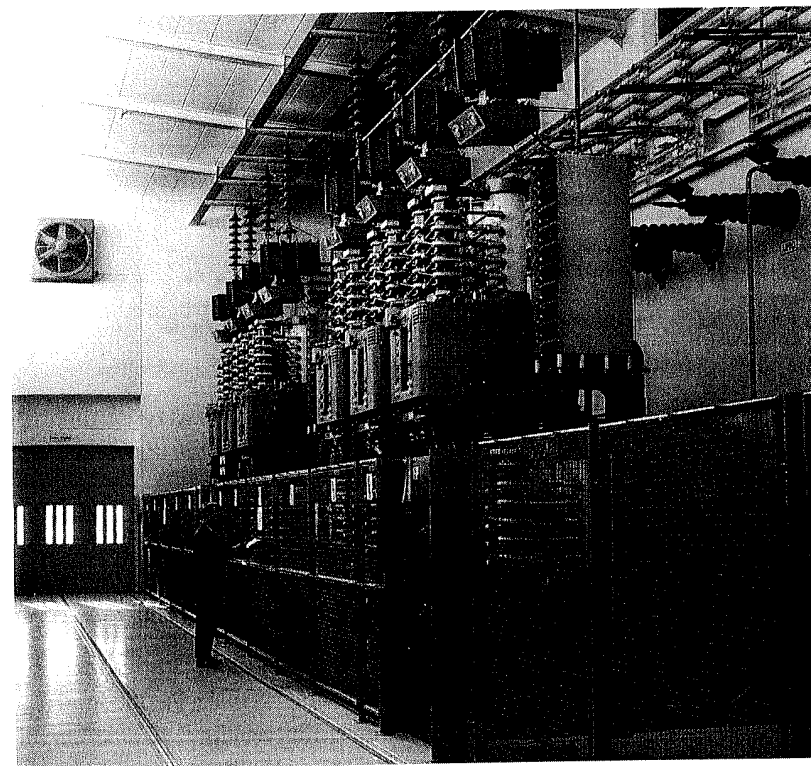


Fig. 3. En kommersiell jonventilanläggning i drift. Ena änden av en HVDC-överföring bestående av två jonventilgrupper om totalt 14 tvåanodiga jonventiler. Foto: ABB.

tydande produkt och såldes som den centrala delen i större HVDC-projekt vilka huvudsakligen blivit tekniskt och ekonomiskt möjliga genom jonventilens existens. Jonventilen utgjorde därför här den centrala kommersialiserande komponenten i dessa projekt och fungerade som det centrala "attraktionsobjektet" som förde och höll samman andra tekniska komponenter och kommersiella möjligheter.

Under rubriken "nybyggen" meddelade *Teknisk Tidskrift* 1965 att två av Aseas anbud på jonventiler hade antagits för två nordamerikanska projekt varav företagets andel uppgick till sammanlagt mer än 300 miljoner kr (*Teknisk Tidskrift* 1965). Som ett mått på jonventilens starka roll som tillverknings- och försäljningsobjekt kan nämnas att den sammanlagda kapaciteten på anläggningar där jonventiler användes bara under 1965 steg

från knappt 300 MW till 1600 MW. Till detta kan läggas att det under 1965 hade lagts beställningar på jonventiler för HVDC-projekt totalt omfattande ytterligare 2000 MW (Tell 2000). De projekterade HVDC-projekten var i kronologisk ordning beställda av kraftproducenter i Sverige, Frankrike, Storbritannien, Danmark, Nya Zeeland, Italien, Kanada och USA. De två ovan nämnda nordamerikanska beställningarna var dels för ett projekt i Vancouver i Kanada och dels för två strömriktarstationer i The Dalles och Mead i den amerikanska västern. För det sistnämnda så kallade Pacific Intertieprojektet hade köparna dessutom option på ytterligare en strömriktarstation samt planerade att inom kort ta in anbud på också en fjärde station.

Jonventilen existerade dessutom inte endast i en begränsad fysisk mening som handelsvara. Den var samtidigt också en *immaterialrättslig handelsvara*. Asea ingick under året ett kontrakt om licensiering av jonventilstekniken till English Electric som utnyttjade den för att få en beställning på en HVDC-överföring i Italien. English Electric hade emellertid ännu inte tillräcklig tillverkningskompetens och de i ordern ingående jonventilerna tillverkades av Asea. Jonventilens status som värdefull immateriell artefakt var också den centrala orsaken till det samriskprojekt Asea ingått tillsammans med konkurrenten GE för att söka få den stora amerikanska Pacific Intertieordern. GE saknade Aseas erfarenhet av jonventilutveckling vilket ledde till samarbetsprojektet med en gemensam styrelse under Uno Lamms ledning. Trots att det fanns ytterligare företag som konstruerat liknande jonventilsprototyper, var det enbart Asea som ännu fått kommersiella beställningar, vilket berodde på att Aseas konstruktion var den enda som hittills visat sig klara reell drift.

Jonventilens kommersiella identitet som produkt för att möjliggöra omfattande transmissionsprojekt stärktes ytterligare av prognoser som förutspådde en kraftigt tilltagande energikonsumtion under kommande år (Hirsh 1989; Tell 2000). Att det fanns stora förväntningar på jonventilen som kommersiell handelsvara framkom också under året genom publikationen av boken *High Voltage Direct Current Convertors and Systems*, vilket innehöll en samling föredrag som hållits år 1963 i en kurs om HVDC vid Imperial College of Science and Technology i London (Cory 1965). Ett av bokens kapitel behandlade mycket entusiastiskt de framtida möjligheterna för HVDC och diskuterade alltifrån redan beställda projekt som de på den nordamerikanska västkusten till sådana som befann sig på diskussionssta-

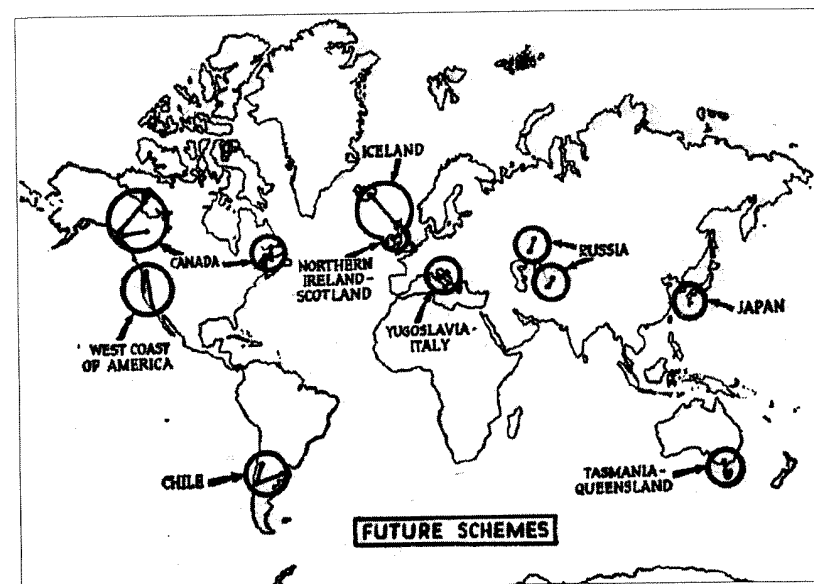


Fig. 4. Jonventilens potentiella kommersiella landskap 1965. Presentation av olika diskuterade likströmsprojekt av en engelsk journalist och likströmsförespråkare (Sykes 1965).

diet. Författaren till detta kapitel var journalisten J.H.M. Sykes som dessutom var redaktör för den sedan år 1952 utkomna tidskriften *Direct Current* vilken ägnades de olika kommersiella och tekniska aspekterna av HVDC (Sykes 1965).

Samtidigt var jonventilen ett betydande forskningsobjekt. De tidigare informella forskningskopplingarna mellan Asea och Hannes Alfvéns grupp av fysiker vid KTH hade formaliserats i ett samarbetsavtal på konsultbasis, ett avtal som fokuserade på att undersöka jonventilens kritiska problem. Alfvén och hans kollega Nicolai Herlofson, professor i elektronfysik vid KTH, besökte Asea flera gånger för att fungera som ett "avancerat bollplank" för Aseas utvecklingsingenjörer. Det blev också möjligt att engagera forskarstudenter från KTH för att genomföra experiment som bidrog till utvecklingsarbetet. Men detta var problematiskt och krävde en översättning av jonventilens speciella utvecklingsproblem till klarare vetenskapliga forskningsfrågor, genom att dess problem såsom en av Aseas forskningsingenjörer uttryckte det, "had been divested of their peculiar [high voltage] arc valve connections and expressed in more general terms" (Robinson 1992).

Bland dessa var ett problem med plötsliga spänningsfall vid stor strömtät-
het. Orsaken till detta låg i jonventilens inre konfiguration och de bakom-
liggande fysikaliska egenskaperna vilka bidrog till att detta undersöktes
med hjälp av olika plasmafysikaliska experiment. För de fysikaliska stu-
dierna av jonventilens strömbegränsningsproblem togs speciell vetenskap-
lig experimentapparat till hjälp. En av Alfvéns studenter utformade en
spektroskopisk undersökningsmetod för elektriska urladdningar i kvicksil-
verånga och publicerade under året två vetenskapliga uppsatser i Kungliga
Vetenskapsakademiens tidskrift *Arkiv för Fysik*. Samtidigt var jonventilen
formande av forskningen på KTH genom att jonventilens fysikaliska pro-
blematik bidrog dels till skapandet av en astrofysikalisk teori om mekanis-
merna bakom soleruptioner av Alfvén och en av hans medarbetare, dels
till att öppna upp ett forskningsområde kring astrofysikaliska dubbelskikt
(Fridlund 1989; Torvén 1965a, 1965b; Lindqvist 1994b).

Som en följd av forskningssamarbetet stärktes också jonventilen som ut-
vecklingsobjekt genom att flera av Alfvéns studenter attraherades till att ta
anställning på Asea. Den ovan omnämnda kursboken från Imperial College
innehöll också ett kapitel om utveckling och konstruktion av jonventiler
författat av den ingenjör på Asea som var ansvarig för jonventilutveckling-
en. Han betonade här kopplingen till den naturvetenskapliga forskningen
genom att omnämna olika teoretiska och experimentella undersökningar
om gasurladdningars fysik som genomfördes för att få bättre kunskap om
jonventilens funktion och hur alla de metoder "which have recently come
to the fore in connection with plasma research on thermonuclear fusion
(e.g. use of electric and magnetic probes, optical and microwave spectroscopy)
are essential features of the effort to gain a better understanding of
h.v. d.c. valve phenomena." Termonukleär fusion var ytterligare ett av de
nya forskningsområdena på Alfvéns institution på KTH (Lindqvist 1994b;
Funke 1965).

Som utvecklingsobjekt ägnades jonventilen avsevärda aktiviteter under
året. Utvecklingsarbete skedde i industrin med inriktning på kommersi-
ella jonventiler såväl hos Asea, som hos licenstagarna English Electric och
GE. Dessutom fanns två statliga institutioner för jonventilundersökningar
i form av det sovjetiska Likströmsinstitutet i Leningrad och det brittiska
Central Electricity Generating Boards Marchwood Station som var avsedd
för utvärderingsstudier av jonventiler. I Sverige hade Asea utökat sina test-
resurser i takt med att de siktade mot allt större kommersiella beställningar

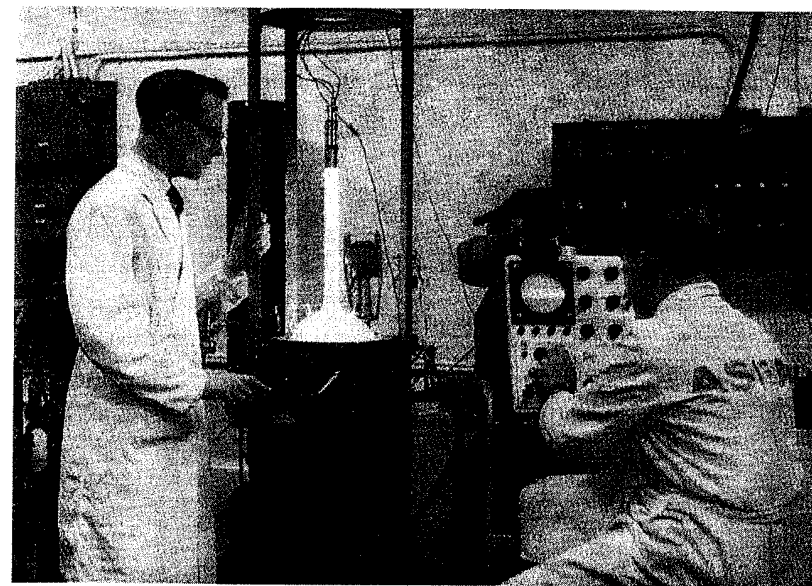


Fig. 5. Industriella fysikaliska undersökningar av ljusbågsavbrott. Mannen i den vita rocken till vänster är en engelsk forskarstudent som genom jonventilarbetet attraherats till Aseas utvecklingsarbete (Funke 1965).

och testanläggningen i Trollhättan hade ersatts av ett nytt större försöks-
laboratorium. I och med att jonventilens karaktär av handelsvara för Asea
hade stärkts hade emellertid Vattenfalls utvecklingsintresse avtagit och Asea
var numera ensam huvudman för utvecklingsverksamheten och fick stå för
de resurser i form av hyror, elkraft och underhållspersonalens löner som
tidigare erhållits från Vattenfall. De kritiska problem som utvecklingsar-
betet i huvudsak fokuserade på rörde interna störningar i jonventiler, fast
nu av en annorlunda karaktär än tidigare. Nu handlade utvecklingsproble-
men inte om att ta fram en fungerande grundkonstruktion utan man arbe-
tade huvudsakligen med problem kopplade till att skala upp och modifiera
grundkonstruktionen för de högre spänningar som krävdes för förväntade
framtida kommersiella projekt.

Vidare hade Asea 1965, liksom andra tillverkare, startat parallella utveck-
lingsprojekt som syftade till att utveckla nya typer av HVDC-omvandlare
baserade på halvledarteknik. Ett första pilotprojekt var att ersätta sex av
de jonventiler som fanns i Gotlandsanläggningen med tyristoromvandlare.

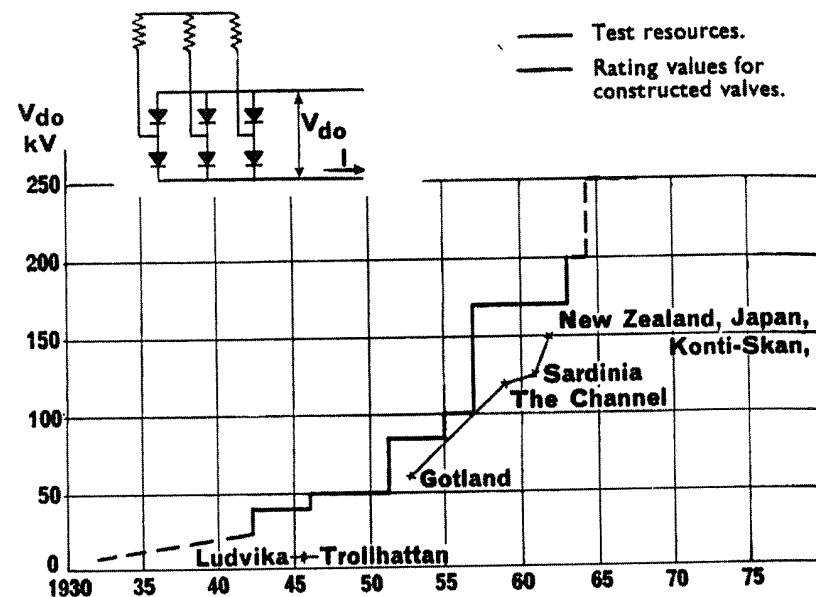


Fig. 6. Jonventilens testutveckling hos Asea 1965. Figuren med jonventilerna ovanför graferna representerar en strömriktare i form av en jonventilgrupp med sex jonventiler (Funke 1965).

Dessa ansågs lättare att konstruera på basis av matematiska beräkningar och de kritiska utvecklingsproblemen låg mer på utformningen av halvledarnas tillverkning än på inre störningar i desamma. Denna nya halvledarbaserade tyristorventil sågs som en möjlig om än osäker ersättare till den kvicksilverbaserade jonventilen.

1985 års jonventil: Såväl bruksvara som museiföremål

"Under 1985 ansågs kulmen på jonventilens era otvivelaktigt som passerad." Så skulle en utvecklings- och innovationsfokuserad skildring av 1985 års jonventil låta. Men faktum är att detta år på många sätt utgjorde jonventilens dittillsvarande kommersiella höjdpunkt även om den inte längre var en handelsvara. Visserligen varken nyttillverkades eller försåldes några jonventiler. Där hade den kommit att ersättas av tyristorbaserade ventiler. Däremot var jonventiler i allra högsta grad fortfarande en bruksvara såsom en komponent i många transmissionsanläggningar. Anläggningar med en

kapacitet på omkring 5 400 MW använde jonventiler och vid denna tid hade enbart jonventiler motsvarande 200 MW avvecklats (Tell 2000). Jonventilen hade alltså 1985 en fortsatt stor ekonomisk betydelse som del i överföringen av stora mängder elektricitet.

Den senaste och sista utvecklingsprototypen av en ny jonventilkonstruktion hade presenterats av Asea 1970, men den hade aldrig tillverkats kommersiellt. Det fanns emellertid fortfarande utvecklingsaktiviteter med anknytning till jonventiler. Detta utvecklingsarbete kretsade kring de jonventiler som var i drift världen över. Flera av kraftbolagen ansvariga för driften av kraftöverföringssystem där jonventiler ingick lade nu ner resurser på att lösa de utvecklingsproblem som uppstod i den dagliga driften. Detta var delvis problem kopplade till att utveckla nya och modifiera existerande tekniska system som ingick i de kraftöverföringsanläggningar där jonventiler utgjorde centrala komponenter.

Det utvecklingsarbete som förekom hade också kopplingar till jonventilens identitet som en betydande attraktor för olika kommersiella aktiviteter. De jonventiler som existerade i kraftöverföringsanläggningar runt om i världen krävde kontinuerligt underhåll och reparationer vilket innebar olika affärsmöjligheter. På detta vis konfigurerade jonventilen fortfarande olika kommersiella nätverksaktiviteter. Något som stärkte jonventilens kommersiella betydelse var att när tyristor-tekniken blev den dominerande tekniken, blev speciell "jonventilkompetens" eftersökt på grund av att den var värdefull för kraftproducenter som använde sig av jonventiler (Ove Lööf, personlig kommunikation med Fridlund 1999).

Jonventilen hade under 1985 inte någon direkt identitet som naturvetenskapligt forskningsobjekt. Detta måste emellertid ges en viss reservation; om man betraktar jonventilens ackumulerade förekomst i den vetenskapliga litteraturen var 1985 nämligen dess dittillsvarande höjdpunkt. Naturligt nog existerade detta år mer vetenskapliga publikationer än någonsin tidigare om jonventilen som forskningsobjekt. Men om man betraktar den forskning som pågick eller som publicerades under 1985 var jonventilens betydelse som forskningsobjekt ringa eller icke-existerande. Å andra sidan var fortfarande de plasmafysikaliska mekanismer och principer som var centrala för jonventilens funktion i centrum för mycket forskning världen över. Den plasmafysikaliska forskningen hade emellertid distanserats från jonventilens specifika problem rörande elektriska urladdningar i kvicksilverånga till mer generella forskningsobjekt, såsom vid KTH, där man studerade

solutbrott och dubbelskikt delvis utifrån resultaten av de tidigare jonventilstudierna. I dessa undersökningar hade jonventilens tidigare så betydelsefulla inre konfiguration fullständigt osynliggjorts. Under 1985 presenterade KTH-forskare sina resultat i vetenskapliga publikationer med mer allmänt hållna titlar som "Formation of Double Layers", "Weak Double Layers in a Current Carrying Plasma" och "Spontaneous Transfer of Magnetically Stored Energy to Kinetic Energy by Electric Double Layers" (Fridlund 1989; Raadu & Chanteur 1985; Torvén 1985; Torvén et al. 1985).

Emellertid så bedrevs olika mer eller mindre tekniskt-vetenskapliga undersökningar vid, och i anslutning till, de olika HVDC-anläggningarna runt om i världen. Ett exempel på detta är ett kanadensiska forskningscentrum i anknytning till en existerande HVDC-anläggning som använde sig av jonventiler. Detta var Manitoba HVDC Research Centre som grundats 1981 av kraftbolaget Manitoba Hydro, kraftöverföringskonsultföretaget Teshmont Consultants, utrustningstillverkaren Federal Pioneer och University of Manitoba. Detta var ett oberoende icke-kommersiellt forskningsinstitut som skulle bedriva forskning och utveckling samt informationsverksamhet inom HVDC-området. Genom dessa och liknande aktiviteter hade jonventilens formativa vetenskapliga fokus spridits från universitetens laboratorier och in i kraftverkens ställverk.⁴

Jonventilen hade dessutom 1985 fått en ny efterfrågan. Under året införskaffade nämligen Tekniska Museet i Stockholm en av Aseas första kommersiella jonventiler för utställningsändamål, och även Vattenfall ställde ut några av sina avvecklade jonventiler. På detta vis hade jonventilen erhållit nya identiteter som samlarobjekt och utställningsföremål. En av de sista bland de olika skepnader som en industriell artefakt kan anta i sin nätverksbiografi.

Diskussion: Om karaktäristiska och karriäristiska artefakter

Våra ögonblicksbilder av en industriell artefakts karriär har gett oss en uppsättning situationer som visar på de skilda skepnader en sak såsom en jonventil kan besitta såväl samtidigt som vid olika tidpunkter.

En första iakttagelse vi vill göra är just den rika uppsättning skepnader som jonventilen hade i varje enskild tidpunkt. Detta har konsekvenser för en diskussion om en artefakts tolkningsflexibilitet. Begreppet tolkningsflexibilitet används, som nämnts inledningsvis, vanligtvis för att betona att en

och samma artefakt kan vara olika saker för olika sociala grupper och att denna flexibilitet avtar med artefaktens livslängd och att detta är centralt för att stabilisera artefakten som en fungerande teknik. Med den nätverksbiografiska ansatsen framträder i denna studie snarare det omvända. Här uppträder artefakten med en mångfald innebörder inte bara för olika grupper utan också för samma grupp. Artefaktens karaktär uppfattades olika beroende på vem som använde den och hur den användes. För exempelvis Aseas ingenjörer var jonventilen samtidigt en utvecklingsbar, säljbar och forskningsbar sak.

Detta är, som vi ser det, inte enbart eller ens primärt en fråga om att artefakter har en tolkningsflexibilitet (jämför Pinch & Bijker 1987). Det förefaller i stället som att de med nödvändighet ha måst vara många saker samtidigt för att överhuvudtaget existera. Det är med andra ord inte avtagande tolkningsflexibilitet och minskad mångfald som enligt vår ansats är det utmärkande för artefakter utan snarare mångfaldens fortsatta existens. Artefaktens identitet som utvecklingsobjekt framstår exempelvis som avhängigt av dess identitet som handelsvara och vice versa. På samma vis kan en etablerad handelsvara både medföra en svagare eller starkare konfiguration som utvecklingsobjekt eller forskningsobjekt. Det är detta som gör det rimligt att prata om artefakter som upprätthållna av en mängd skiftande aktiviteter som därmed också gemensamt konfigurerar eller formar artefakten. Utifrån den senare delen av jonventilens karriär skulle man möjligen kunna hävda att artefaktens ökade *användning* minskade dess mångtydighet, dess betydelse av att samtidigt vara olika saker. Om en omfattande användning av en artefakt kombineras med en bristande tilltro till dess "framtidspotential", förefaller detta kunna göra en artefakt mer entydig. Huvudintrycket är dock att jonventilen samtidigt var många olika saker så länge den fortsatte att utvecklas.

Sammantaget kan man därför säga att en nätverksbiografisk ansats understryker att en artefakt *måste* ges många samtida skepnader för att utvecklas. Intresset för artefakten måste vara kopplat till flera olika typer av aktiviteter. Detta kan jämföras med den diskussion Michel Callon och John Law för om betydelsen av interna och externa nätverk i innovationsprocesser (Law & Callon 1992), samt Bruno Latours berättelse om kollektivtransportmedlet Aramis, vars "död" han tillskrev det faktum att teknikens innebörd inte förändrades (Latour 1996).

Detta ger en ingång till diskussionen om innovationsprocessers förlopp.

Våra exempel pekar, liksom mycken tidigare forskning, på problemen med att starkt fokusera på kausala sekvenser i främväxten av nya industriella artefakter. Det framstår exempelvis som lämpligt att, istället för förutbestämda innovationsfaser, beskriva artefaktens utveckling utifrån mer aktivitetsneutrala begrepp som *mobilisering*, *stabilisering* och *distansering*, begrepp som mer tar hänsyn till nätverkens karaktär och förändring än till några utvalda aktiviteter.

Om vi väljer att betrakta artefakter som interaktiva lokus, är en central fråga om, och i så fall hur, de bidrar till att organisera det nätverk av aktiviteter som samtidigt upprätthåller dem. Vår undersökning visar att artefakten bidrar till att organisera sin omgivning genom att möjliggöra översättningar av problem och kunskap från en typ av aktiviteter till en annan. Problem kring jonventilen som komponent i kraftöverföring översattes exempelvis till problem där jonventilen var ett forskningsobjekt. Genom olika sådana översättningar fungerar därmed också artefakten som ett sammanhållande och samordnande lokus för aktiviteter inom utveckling, forskning och kommersialisering. Sålunda bidrog exempelvis forskningen vid KTH på området 1965 till såväl utvecklingen av teorier om astrofysikaliska fenomen som formandet av studenter som i flera fall kom att ta anställning vid Asea och där stärka jonventilen som utvecklingsobjekt. I stället för att se utveckling, forskning och kommersialisering som typer av aktiviteter med helt egna logiker ser vi således hur de genom artefakten samordnas med varandra.

Innovationsprocesser, utvecklingsfaser, sociotekniska system, aktör-nätverk, tolkningsflexibilitet. Det finns många begrepp och ansatser avsedda att öka vår förståelse av innovationsprocesser. Vi har här argumenterat för vad vi kallat en nätverksbiografisk ansats. Genom att se artefakter som samordnande interaktiva lokus och genom exemplet jonventilen har vi argumenterat för att en industriell artefakt kan och måste innefatta en mångfald av skepnader såväl samtidigt som över tiden. Detta menar vi är ett viktigt bidrag till en vidareutveckling av diskussionerna om teknisk utveckling och inte minst diskussioner om samspelen mellan vetenskapliga, tekniska och kommersialiserande aktiviteter och vad som de har gemensamt i det samtidiga formandet av saker som maskiner, produkter, prototyper, objekt och varor.

Noter

¹ Tidiga versioner av denna uppsats har presenterats vid Teknikhistoriska dagarna 2000 i Stjersund, 2000 Annual Meeting for Society for the History of Technology i München; 2001 Annual Meeting for Society for the Social Studies of Science i Cambridge, Mass., samt vid ett seminarium på Institutionen för teknik och samhälle, Chalmers Tekniska Högskola i Göteborg.

Fridlunds medverkan har möjliggjorts genom Stiftelsen Riksbankens Jubileumsfonds Nils-Eric Svensson stipendium samt ett postdoktorstipendium från Stiftelsen för internationalisering av högre utbildning och forskning (STINT).

² Jämför Thomas Misas (1994) diskussion om så kallade konstruktivistiska mikrostudiers tendens att överbetona en slumpmässig logik i hur teknik formas.

³ Med lågspänd avses spänningar upp till ett fåtal tusen volt, vilket skall jämföras med de tiotals tusen volt som används i högspända överföringar.

⁴ För en modern HVDC-forskningsinstitution se: www.hvdc.ca/about_history.html.

Referenser

- Bijker, Wiebe E. 1995. *Of Bicycles, Bakelites, and Bulbs: Toward a Theory of Sociotechnical Change*. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Buchhaupt, Siegfried. 1998. Technik und Wissenschaft: Das Beispiel der Elektrotechnik. *Technikgeschichte* 65:179–206.
- Callon, Michel. 1986. The Sociology of an Actor-Network: The Case of the Electric Vehicle. I *Mapping the Dynamics of Science and Technology: Sociology of Science in the Real World*, Michel Callon, John Law och Arie Rip (red.). London: Macmillan Press. 19–34.
- 1987. Society in the Making: The Study of Technology as a Tool for Sociological Analysis. I *The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology*, Wiebe E. Bijker, Thomas P. Hughes och Trevor J. Pinch (red.). Cambridge, Mass.: MIT Press. 83–103.
- Cory, B.J. (red.). 1965. *High Voltage Direct Current Convertors and Systems*. London: Macdonald.
- Dahmén, Erik. 1989. Avveckling – en förutsättning för utveckling: Strukturförändring kontra omvandling. I *Talouden takuunies: Klaus Waris 75 vuotta*. Keuruu. 67–82.
- David, Paul A., & Julie Ann Bunn. 1990. Gateway Technologies and the Evolutionary Dynamics of Network Industries: Lessons from Electricity Supply History. I *Evolving Technology and Market Structure: Studies in Schumpeterian Economics*, Arnold Heertje och Mark Perlman. (red.) Ann Arbor: University of Michigan Press. 121–156.
- Dosi, Giovanni. 1982. Technological Paradigms and Technological Trajectories. *Research Policy* 11:147–162.
- Edgerton, David. 1999. From Innovation to Use: Ten Eclectic Theses on the Historiography of Technology. *History and Technology* 16:111–136.

- Faulkner, Wendy. 1994. Conceptualizing Knowledge Used in Innovation: A Second Look at the Science-Technology Distinction and Industrial Innovation. *Science, Technology and Human Values* 19:425-458.
- Fernler, Karin, & Claes-Fredrik Helgesson. 2001. Constructing a curing commodity: The case of the curing plate. I *The Social Production of Technology: On the everyday life with things*, Hans Glimell och Oscar Juhlin. (red.) Gothenburg: BAS. 159-187.
- Fridlund, Mats, & Helmut Maier. 1996. The Second Battle of the Currents: A Comparative Study of Engineering Nationalism in German and Swedish Electric Power, 1921-1961. Stockholm: KTH.
- Fridlund, Mats. 1989. Historiska föremål på KTH från plasmafysikens tidiga utveckling, 1940-ca 1970. Stockholm: KTH.
- 1999a. *Den gemensamma utvecklingen: Staten, storföretaget och samarbetet kring den svenska elkrafttekniken*. Stockholm/Stehag: Symposion.
- 1999b. Procuring Products and Power: Developing International Competitiveness in Swedish Electrotechnology and Electric Power. I *Public Technology Procurement and Innovation*, Charles Edquist, Leif Hommen och Lena Tspouri. (red.) Norwell, Mass.: Kluwer Academic Publishers. 99-120.
- Funke, Birger. 1965. H.V. D.C. Ionic Valve Development and Design. I *High Voltage Direct Current Convertors and Systems*. B.J. Cory (red.). London: Macdonald. 22-43.
- [Hansson, Sven A., et al., (red.)] 1945. *Morgondagens teknik: Aktuella problem och framtidsperspektiv inom teknik och ingenjörsvetenskap*. Stockholm: Teknisk Tidskrifts Förlag.
- Helgesson, Claes-Fredrik. 1998. När ny teknik blir gammal: Den manuella telefonväxel-tekniken efter 1924. I *Teknikens landskap: En teknikhistorisk antologi tillägnad Svante Lindqvist*, Marika Hedin och Ulf Larsson. (red.) Stockholm: Atlantis. 61-81.
- 1999. *Making a Natural Monopoly: The Configuration of a Techno-Economic Order in Swedish Telecommunications*. Doktorsavhandling, Handelshögskolan i Stockholm / EFI, Stockholm.
- Hirsh, Richard F. 1989. *Technology and Transformation in the American Electric Utility Industry*. Cambridge & New York: Cambridge University Press.
- Hughes, Thomas P. 1986. The Seamless Web: Technology, Science, Etcetera, Etcetera. *Social Studies of Science* 16:281-292.
- Kimbark, Edward Wilson. 1971. *Direct Current Transmission: Volume I*. New York: Wiley-Interscience.
- Kline, Stephen J., & Nathan Rosenberg. 1986. An Overview of Innovation. I *The Positive Sum Strategy: Harnessing Technology for Economic Growth*, Ralph Landau och Nathan Rosenberg. (red.) Washington, D.C.: National Academy Press. 275-305.
- Kopytoff, Igor. 1986. The Cultural Biography of Things: Commoditization as Process. I *The Social Life of Things: Commodities in Cultural Perspective*, Arjun Appadurai. (red.) Cambridge, Mass.: Cambridge University Press. 64-91.
- König, Wolfgang. 1995. *Technikwissenschaften: Die Entstehung der Elektrotechnik aus Industrie und Wissenschaft zwischen 1880 und 1914*. Chur: G+B Verlag Fakultas.
- 1996. Science-Based Industry or Industry-Based Science? Electrical Engineering in Germany before World War I. *Technology and Culture* 37:70-101.

- Lamm, Uno. 1945. Elektrofysiken som grundval för elektroteknikens vidareutveckling. I [Hansson, Sven A., et al., (red.)] 1945. *Morgondagens teknik: Aktuella problem och framtidsperspektiv inom teknik och ingenjörsvetenskap*. Stockholm: Teknisk Tidskrifts Förlag. 143-147.
- 1976. Utvecklingen av högspänd likströmsöverföring, I *Eliasson-föreläsningarna 1976*. Göteborg: Chalmers Tekniska Högskola, Del I.
- Latour, Bruno. 1987. *Science in Action: How to Follow Scientists and Engineers Through Society*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- 1992. Where Are the Missing Masses? The Sociology of a Few Mundane Artifacts. I *Shaping Technology/Building Society: Studies in Sociotechnical Change*, Wiebe E. Bijker & John Law. (red.) Cambridge, Mass.: MIT Press. 225-258.
- 1996. *Aramis or the love of technology*. Översatt av Catherine Porter. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- Law, John, & Michel Callon. 1992. The Life and Death of an Aircraft: A Network Analysis of Technical Change. I *Shaping Technology/Building Society: Studies in Sociotechnical Change*, Wiebe E. Bijker och John Law. (red.) Cambridge, Mass.: MIT Press. 21-52.
- Law, John. 1987. Technology and Heterogeneous Engineering: The Case of the Portugese Expansion. I *The Social Construction of Technological Systems*, Wiebe E. Bijker, Thomas P. Hughes och Trevor J. Pinch. (red.) Cambridge, Mass.: MIT Press. 111-134.
- Lindqvist, Svante. 1994a. Changes in the Technological Landscape: The Temporal Dimension in the Growth and Decline of Large Technological Systems. I *Economics of Technology*, Ove Granstrand. (red.) Amsterdam: Elsevier Science B. V. 271-288.
- 1994b. Spatial Networks of Technological Change: Social Mobility between Industry and University. I *The Curt R. Niccolin Seminar: Knowledge as a Substitute for Natural Resources*. Stockholm: KTH. 9-18, 24-27.
- Maier, Helmut. 1993. *Erwin Marx (1883-1980): Ingenieurwissenschaftler in Braunschweig, und die Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet der elektrischen Energieübertragung auf weite Entfernungen zwischen 1918 und 1950*. Stuttgart: Verlag für Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik.
- Manitoba HVDC Research Centre: *About the Centre: History*, www.hvdc.ca/about_history.html, 1 september 2002.
- Misa, Thomas J. 1994. Retrieving Sociotechnical Change from Technological Determinism. I *Does Technology Drive History? The Dilemma of Technological Determinism*, Merritt Roe Smith & Leo Marx. (red.) Cambridge, Mass.: MIT Press. 115-141.
- Pinch, Trevor J., & Wiebe E. Bijker. 1987. The Social Construction of Facts and Artifacts: Or How the Sociology of Science and the Sociology of Technology Might Benefit Each Other. I *The Social Construction of Technological Systems*, Wiebe E. Bijker, Thomas P. Hughes och Trevor J. Pinch. (red.) Cambridge, Mass.: MIT Press. 17-50.
- Raadu, M. A., & G. Chanteur, 1985. *Formation of Double Layers: Shocklike Solutions of an MKDV Equation*, Royal Institute of Technology Report, TRITA-EPP-85-02, Stockholm: KTH.
- Robinson, Tom S., 1992. *Mercury-Arc Valves for HVDC Transmission: Development within ASEA, TRITA-ALP-92-04 / TRITA-HOT-9002*. Stockholm: KTH.

- Star, Susan Leigh, & James R. Griesemer. 1989. Institutional Ecology, 'Translations' and Boundary Objects: Amateurs and Professionals in Berkeley's Museum of Vertebrate Zoology, 1907-1939. *Social Studies of Science* 19:387-420.
- Sykes, J.H.M. 1965. Future Possibilities of H.V. D.C. I *High Voltage Direct Current Convertors and Systems*, B.J. Cory. (red.) London: Macdonald. 241-262.
- Tell, Fredrik. 2000. *Organizational Capabilities: A Study of Electrical Power Transmission Equipment Manufacturers, 1878-1990*, Linköping: Linköping University.
- Torvén, S. 1965. Spectroscopical Determination of the Atom Density in the Low Pressure Mercury Arc, *Arkiv för Fysik*, 29:533-51.
- 1985. *Weak Double Layers in a Current Carrying Plasma*, Royal Institute of Technology Report, TRITA-EPP-85-08, Stockholm: KTH.
- Torvén, S., U. Hjort, & H. Johnsson, 1965. Studies of Transient Vapour Rarefaction in a Low Pressure Mercury Arc by Absorption of Line Radiation, *Arkiv för Fysik*, 30:553.
- Torvén, S., L. Lindberg, & R.T. Carpenter, 1985. Spontaneous Transfer of Magnetically Stored Energy to Kinetic Energy by Electric Double Layers, *Plasma Phys. Contr. Fusion*, 27:143-158.
- Uhlmann, Erich. 1971. *Power Transmission by Direct Current*. Berlin: Springer-Verlag.
- Woolgar, Steve. 1991. Configuring The User: The Case of Usability Trials. I *A Sociology of Monsters: Essays on Power, Technology and Domination*, John Law. (red.) London: Routledge. 57-99.

ANDERS HOULTZ

Smälthammarens resa

*De [ting] som överlevt sig själva förvandlas
till outtömliga reservoarar för minnet.¹*

Inledning

Hösten 1922 fraktades en sju tons smälthammare från Borgviks bruk i Värmland till Göteborg, för att ställas ut vid stadens jubileumsutställning följande år. Hammaren gjorde därmed samma geografiska resa som det järn den tills helt nyligen varit med om att bearbeta; med båt över Väneren och vidare längs Göta Älv till Göteborgs hamn. När hammaren väl monterats på utställningen var det tydligt att den hade färdats lång väg. Den festliga utställningsstaden vid Johanneberg i Göteborg var på alla sätt fjärran från värmländska bruk och skogar. Vid sidan av den geografiska hade hammaren gjort en resa även på det symboliska planet. Den hade tagits ur sitt dit-tillsvarande sammanhang, där den utgjort en del av brukets industriella produktionsutrustning, och gjorts till huvudnummer i en utställningsavdelning. En teknisk artefakt hade blivit till ett industrihistoriskt monument.

Denna artikel är en artefaktstudie. Den har sin utgångspunkt i smälthammarens resa till Göteborg och dess förvandling till utställningsobjekt. Det är med andra ord ett föremål som står i fokus, snarare än de människor som omgivit det. Samtidigt, och som redan ordet *artefakt* antyder, är föremålet i fråga människoskapat, det har tillkommit och fungerar i ett socialt sammanhang och är omöjligt att förstå utan detta sammanhang. En av avsikterna med artikeln är att lyfta fram föremålets tvåfaldiga artefaktiska egen-