M I K A E L H Å R D

Forskning, skolning, bildning:

# Carl Linde som teknikens institutionsbyggare, 1875–1906

Nuförtiden förknippas teknisk forskning huvudsakligen med *uppfinnande* och *produktutveckling*. Motiven bakom den tekniska forskningen är i allmänhet rent ekonomiska. Icke minst därför förtjänar det att påpekas att den positiva synen på forskningen har sina rötter lika mycket i idealistiska som materialistiska värderingar. Om vi vill skaffa oss en historiskt korrekt bild av forskningen måste vi förknippa den även med begrepp som *bildning* och *skolning*. Att göra en dylik koppling är avsikten med den här korta uppsatsen. Mer specifikt kan man säga att jag ämnar illustrera utbildningssystemets roll för uppkomsten av maskinteknisk forskning.[1] För att kunna göra det måste jag föra läsaren ett sekel bakåt i tiden, till det sena 1800-talets Tyskland. Vår följeslagare blir maskiningenjören, högskoleläraren och företagsledaren Carl Linde – en person som var aktiv i grundandet av flera forskningsinstitutioner vid denna tid; se bild 1.

I början av det förra århundradet bedrevs endast ringa forskning vid företag, universitet och tekniska skolor. Forskning var framför allt förbehållet vetenskapliga akademier och välsituerade privatpersoner. Eftersom forskning inte var meriterande ens vid universiteten var det inte heller någon verksamhet som prioriterades särskilt högt av olika lärare. Först fram emot mitten av seklet började forskning anses vara en lika viktig uppgift som undervisning för en universitetslärare.[2] Man brukar säga att ett *forskningsimperativ* slog igenom i universitetsvärlden.[3] Dess ursprung var inte primärt utilistiskt utan snarare idealistiskt och nyhumanistiskt. Filosofer som F W J von Schelling och W von Humboldt hade i seklets början betonat forskningens andliga och moraliska funktioner. Enligt dem skulle universiteten inte

endast bibringa eleverna en viss kunskapsmassa utan även forma deras personligheter. Det centrala begreppet i denna uppfostringsfilosofi var *bildning*. Att bilda en individ innebar bland annat att man väckte hans eller hennes intresse för vetenskapen, något som kunde ske genom att personen tillägnade sig forskningens verktyg. Detta krävde naturligtvis att universitetslärarna själva var forskare och att de beredes möjlighet att bedriva forskning vid sina institutioner. Min uppgift är att visa hur det kunde gå till när teknikersamfundet tog över forskningsimperativet och vad därtill hörde från universitetet.[4]

## Skolkulturens inträde

Fram till 1850-talet behärskades all maskinteknisk utbildning av företrädare för den så kallade *verkstadskulturen*.[5] De menade att föreläsningar och lärardemonstrationer skulle kompletteras med ritövningar och – framför allt – verkstadspraktik. Denna innebar att eleverna tränade sig i att sköta olika maskiner såsom svarv och borr. Det som premierades var en hantverksmässig kunskap, i stor utsträckning intuitivt tillägnad. I takt med att tekniken blev alltmer komplicerad kom de här idealen att attackeras av folk tillhörande en *skolkultur*. Dessa introducerade laboratorieövningar där tyngdpunkten låg på vetenskapsliknande experiment och analys av maskiners funktionssätt. I skolkulturen spelade formaliserbar kunskap, överförbar i skriftlig form, en betydande roll.[6] Till en av dess huvudaktörer måste vi räkna Carl Linde.

Redan från och med 1861, när Linde som 19-åring började på Eidgenössische Polytechnische Schule i Zürich, fick han de första inblickarna i skolkulturens program. Detta polyteknikum var en av de mest avancerade tekniska skolorna i Europa vid denna tid, och man sökte där föra tekniken så nära naturvetenskapen som möjligt. Bland Lindes lärare märks Rudolph Clausius, entropibegreppets myntare, och Franz Reuleaux, en pionjär för maskinteknikens "förvetenskapligande". För oss är det notabelt att Reuleaux underströk vetenskapens andliga och uppfostrande inverkan på ingenjören.[7] Vi kan tolka detta som att han såg vetenskap som ett medel att göra teknikerna mer bildade.

Trots Zürichskolans vetenskapliga inriktning torde inte dess forskning varit nämnvärt institutionaliserad. Under sina tre år där kom Linde inte i kontakt med någon egentlig forskningsverksamhet. Undervisning och forskning var ännu åtskilda. En skola som försökte föra ihop dessa tu var Münchens tekniska högskola, vilken grundades 1868 med det uttryckliga målet "att undervisa i de exakta vetenskaperna och deras tillämpningar på den högre tekniken".[8] Skolans förste rektor betonade naturvetenskapens betydelse för "den allmänna bildningen" och uppmuntrade därför skapandet av bland annat tekniskt-vetenskapliga laboratorier.[9] Redan under skolans första år öppnades ett mekaniskt-tekniskt laboratorium med materialprovning som sitt huvudsakliga arbetsområde. På Lindes initiativ kompletterades det

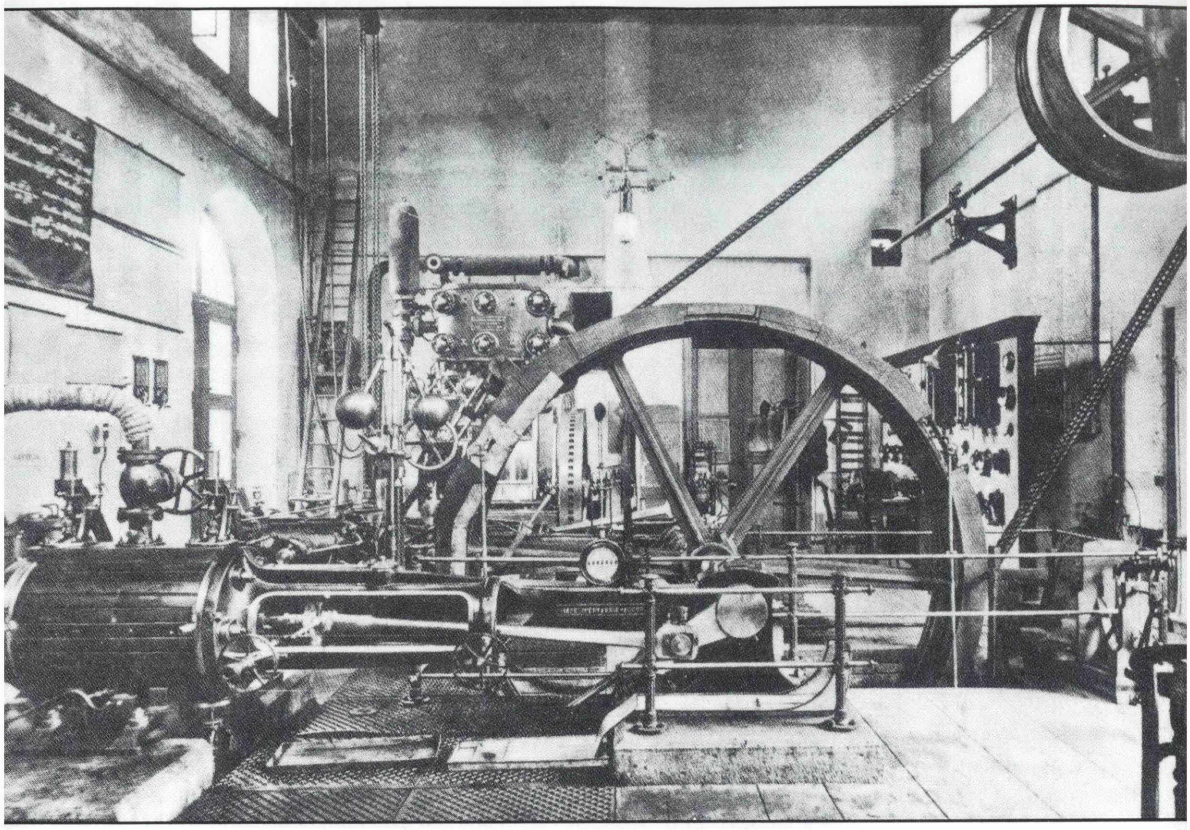


Bild 2. Laboratoriet för teoretisk maskinlära vid Münchens tekniska högskola

sju år senare med ett laboratorium för teoretisk maskinlära – det första i sitt slag i Tyskland; se bild 2. Här skulle eleverna inte bedriva manuellt verkstadsarbete utan i stället bli "förtrogna med de metoder som används då man undersöker olika maskiners arbetssätt".[10] Det viktigaste objektet i laboratoriet var en ångmaskin, vars funktion bland annat analyserades med hjälp av indikatordiagram. Linde menade att "studenterna måste ges tillfälle att själva utföra försök, samt diskutera resultaten och jämföra dem med teorin".[11] Han betraktade med andra ord övningarna som ett nödvändigt komple-

ment till föreläsningarna, alltså som ett led i *skolningen* av eleverna, men han såg också till att dessa fick delta i diverse forskningsuppgifter. Man utförde systematiska undersökningar av förhållandet mellan tryck och temperatur (vid konstant volym) hos överhettad vattenånga samt vissa energitekniska experiment. Det skolkulturella klimatet vid Münchens tekniska högskola bidrog således direkt till att viktig teknisk forskning kunde utföras.

## Kylteknisk utveckling

Samtidigt som han fullgjorde sina läraruppgifter arbetade Linde med att utveckla sin sedermera så berömda kylmaskin. I början av 1870-talet hade han ställt kyltekniken på en god termodynamisk grund samt erhållit sitt första ismaskinpatent.[12] Intresset från framför allt bryggerinäringen visade sig snart vara betydande, och 1879 grundades *Gesellschaft für Linde's Eismaschinen* i syfte att omsätta Lindes patent i marknadsmässiga produkter. Detta innebar att Linde bestämde sig för att på heltid ägna sig åt företagsledning och produktutveckling. Han attraherade flera av sina före detta högskoleelever till företagets hjärta i Wiesbaden, vilket efterhand blev en för sin tid ovanligt kunskapsintensiv ingenjörsbyrå. De forskningsliknande uppgifter man där utförde rörde sig naturligtvis inom den ekonomiska sfären; man sysslade med större innovationer, smärre förändringar och nödvändig kundanpassning.

Under 1880-talet intog företaget en ledande ställning inom det kyltekniska området i Tyskland. Det allvarligaste hotet kom från schweizaren Raoul Pictet, då denne började lansera ett köldmedel som uppgavs ha den fantastiska egenskapen att kunna gå emot termodynamikens andra huvudsats. Som vetenskapligt skolad företagsledare kunde inte Linde låta bli att reagera emot detta. Om Pictet hade rätt vore både Lindes vetenskap och företag hotade. Därför föreslog han 1884 att den bayerska polytekniska föreningen i München skulle jämföra olika kylmaskiner genom att "utföra vetenskapligt exakta undersökningar".[13] På grund av bristfälliga experimentella arrangemang blev dock inte resultaten av dessa tillfredsställande. Därför förklarade Linde 1888 att hans firma var villig att finansiera uppförandet av en kylteknisk försöksstation där enhetliga undersökningsbetingelser kunde garanteras. Ett år senare stod en för ändamålet nyuppförd byggnad färdig i München, och snart kunde den polytekniska föreningen återuppta de jämförande testen; se bild 3. Slutsatsen blev att Lindes maskin var cirka 25 % mer effektiv än Pictets.[14]

Det är nog tveksamt om man kan beteckna dessa test som egentlig forskning, även om de utfördes med vetenskaplig precision och under kontrollerade former. Efter 1893 förändrades dock stationens uppgifter till att bli klart forskningsinriktade. Konkurrensen med Pictet var nu avslutad och Linde själv hade lämnat företagsvärlden. Numera var han ekonomiskt oberoende och kunde därför tillåta sig att följa forskningsimperativets bud. Under hans ledning genomförde man vid

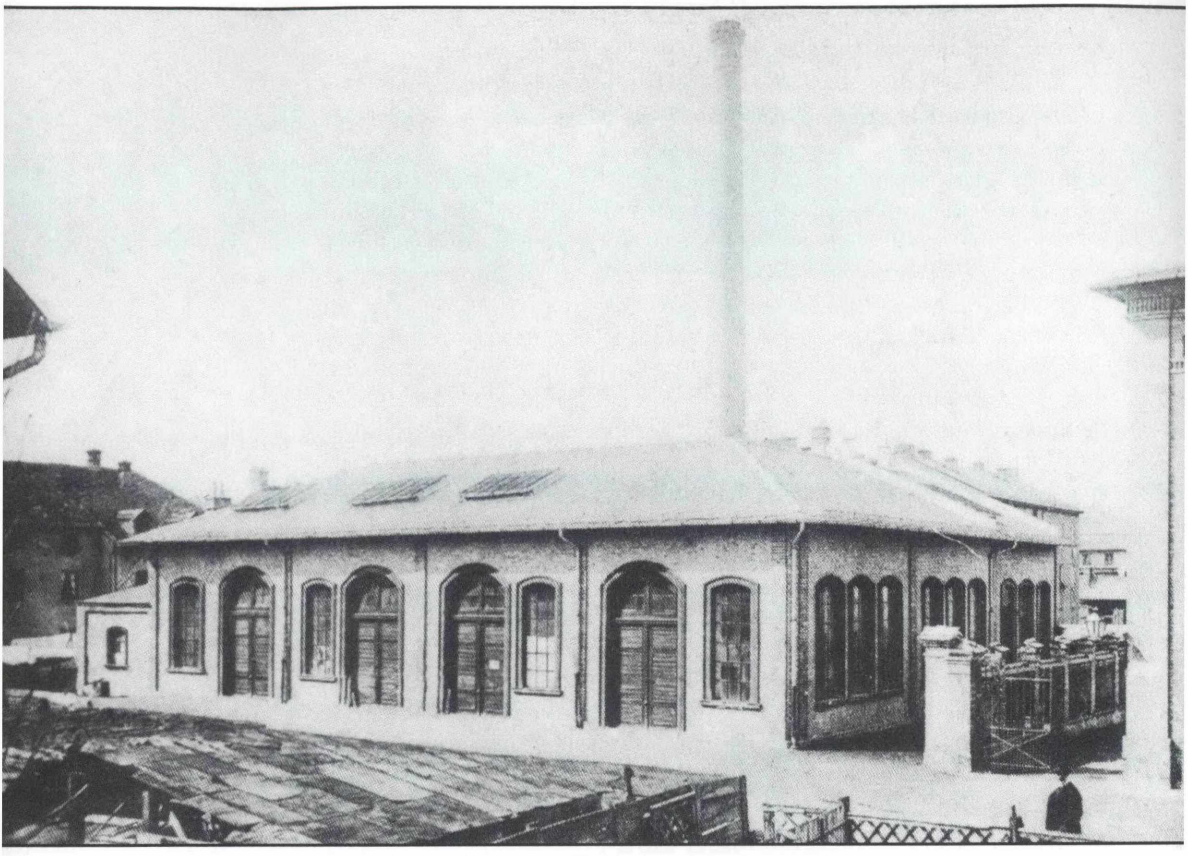


Bild 3. Den kyltekniska försöksstationen i München

stationen ett flertal projekt i gränslandet mellan teknologi och naturvetenskap.[15] Man bestämde koldioxids smältvärme och analyserade dess beteende kring den så kallade kritiska punkten. Man gjorde experiment med dikväveoxid (lustgas), som köldmedel i kylmaskiner. Mest känt är dock Lindes framtagande av en metod för att nå mycket låga temperaturer. 1895 kunde han vid en spektakulär demonstration framställa flytande luft i en kontinuerlig process. Denna byggde på den relativt okända Joule–Thomson-effekten som innebär att inre arbete åtgår då en gas hastigt expanderar, varvid temperaturen sjunker. Stationens huvuduppgift under de följande sex åren blev att på olika sätt utveckla denna begynnande lågtemperaturteknik – ett arbete som efter sekelskiftet kom att överflyttas till en nystartad gren av Linde-bolaget.

## Högskoleforskning

Parallellt med detta tekniska forsknings- och utvecklingsarbete gav Linde under 1890-talet en del kurser vid Münchens tekniska högskola. Han var också engagerad i olika reformförsök för att göra de tekniska högskolorna till universitetens jämlikar. I debatten stod han nära matematikern Felix Klein, vars strävanden i denna riktning blivit mycket omskrivna.[16] Kleins långsiktiga mål var att föra ihop all högre utbildning under ett organisatoriskt tak, och när han i mitten av 1890-talet arbetade för grundandet av en teknisk avdelning vid den fysiska institutionen vid Göttingens universitet erhöll han både verbalt och ekonomiskt stöd av Linde. Vid den tyska ingenjörsföreningens årsmöte 1895 hamnade Linde och Klein på den skolkulturella sidan i en diskussion om grundandet av tekniska laboratorier – alltså tjugo år efter det att Linde öppnat sitt i München. Mötet var enigt i att uttala sitt stöd för inrättandet av fler laboratorier vid de tekniska högskolorna, men man var inte överens om vad de skulle ha för syften. Företrädarna för verkstadskulturen ville att eleverna där skulle lära sig handha olika maskiner. För dem verkar det främst ha varit ett statushöjande trick att döpa om gamla verkstäder till laboratorier. Deras motståndare däremot menade att laboratorierna skulle åskådliggöra det stoff som presenterats under föreläsningarna och dessutom ge möjlighet till fördjupade studier och även forskning.

Vid detta årsmöte befann sig skolkulturens anhängare i någon minoritet, men endast fyra år senare kunde Klein och Linde med belåtenhet konstatera att de tyska tekniska högskolorna givits rätten att utdela doktorsgraden. Detta innebar att staten nu erkände dels att dessa skolor befann sig på samma nivå som universiteten och dels att även teknisk forskning var en bildande verksamhet. Styrkt av dessa politiska signaler föreslog Linde strax efter sekelskiftet att ett laboratorium för teknisk fysik skulle inrättas vid högskolan i München. Han erbjöd skolan att för ändamålet begagna sig av den kyltekniska försöksstationens lokaler. Förslaget vann snabbt anklang både hos högskolans rektor och hos den bayerska industrin, som gav visst ekonomiskt stöd. Redan 1902 kunde så detta teknisk-fysik-laboratorium öppnas som det första i sitt slag i Tyskland. I begynnelsen hade Linde onekligen ett betydande inflytande över organisation och forskningsinriktning. Till laboratoriets föreståndare utsågs fysikern Oscar Knoblauch, eftersom Linde menade att "en fysiker bäst känner till de experimentella observationsmetoderna".[17] Linde ansåg nämligen att teknisk och vetenskaplig forskning måste använda sig av samma metodologi, medan de däremot bör skiljas åt vad gäller mål och syften. För att inte det specifikt tekniska skulle försvinna borde därför resten av de anställda vara ingenjörer. Till dem hörde bland andra en av Lindes söner, Richard.

Vid sidan av föreståndare och assistenter var flera doktorander verksamma vid laboratoriet. Vi får inte glömma bort att det officiella syftet var att få fram skickliga forskare, att bilda intresserade tekniker genom att inviga dem i forskningens metoder. De områden man lade

tyngdpunkten på låg inom vad man då kallade den tekniska termodynamiken.[18] Lindes inflytande kan spåras i undersökningar av olika köldmedel, Joule–Thomson-effekten, överhettad vattenånga och diverse isoleringsmaterial, samt i ett område som temperaturmätningsteknik.

## Lindes insatser

Vi har nu mycket hastigt följt Lindes insatser för att upprätta, som han själv uttryckte det, "en levande växelverkan mellan vetenskaplig forskning och praktisk teknik".[19] Vi har sett hur han var aktiv i grundandet av ett flertal institutioner med forskningsliknande verksamhet på programmet. Ofta var deras inriktningar uteslutande ekonomiska. Både i sitt företag och i den kyltekniska försöksstationen ledde Linde arbeten som var kopplade till innoverande, produktutveckling och undersökning. I fallen med laboratorierna för teoretisk maskinlära och för teknisk fysik var dock andra ideal mycket betydelsefulla. Här spelade begrepp som bildning och skolning centrala roller. Laboratoriernas huvudsyfte var ytterst av pedagogisk natur, men det skadade förstås inte att man samtidigt ägnade sig åt viktiga tekniska problem.

Jag tror att Lindes framgångsrika och berömda forsknings- och utvecklingsarbete inom kyltekniken hade kraftiga rötter i de skolkulturella idealen. Om Linde inte varit en vetenskapligt utbildad och av forskningsimperativet tidigt påverkad högskolelärare, hade han säkert bedrivit sin ekonomiskt relaterade verksamhet på ett ganska annorlunda sätt. Mer allmänt vill jag hävda att den kanske viktigaste anledningen till att maskintekniken fick en mer vetenskaplig forskningsprägel mot slutet av förra seklet står att finna inom det tekniska högskoleväsendet.

Exakt vilka argument som låg bakom ingenjörernas anammande av forskningsimperativet kan naturligtvis diskuteras. Klart är att det idealistiska klimatet i Tyskland var mycket starkt under 1800-talet och att flera tekniker, bland dem Linde, knappast var oberörda av det. Dessutom kände sig åtskilliga ingenjörer vid denna tid relativt åsidosatta av det övriga samhället, och genom att göra utbildningssystemet mer bildande kunde de höja sin status i allmänhetens ögon.[20] I detta perspektiv kunde givetvis forskning vara ett medel för att bättra på ingenjörernas rykte, men det fanns förstås andra sätt, som till exempel att i ord och bild propagera för teknikens stora betydelse för västerlandets kulturella och ekonomiska uppbyggnad.

Det förefaller lämpligt att avsluta en artikel i Sveriges Tekniska Museums årsbok med att kort referera till ett sådant prestigehöjande projekt som vår vän Linde var inblandad i. Vad jag har i tankarna är grundandet av *Deutsches Museum* – det mycket stora teknik- och vetenskapshistoriska museet i München som bland annat varit förebild för vårt tekniska museum i Stockholm. Idén bakom museet fördes fram officiellt 1903 av Oskar von Miller, och den erhöll ome-

delbart stöd av prominenta tyska personligheter med Bayerns prins Ludwig i spetsen. En tremannastyrelse, med Linde som en av medlemmarna, utsågs. Den utarbetade en syftesbeskrivning, där det angavs att museet "skall åskådliggöra den vetenskapliga forskningens inflytande på tekniken" – en formulering som vi förstår att Linde inte hade något emot.[21] Efter hårt slit kunde så de första utställningslokalerna öppnas redan 1906. Vid invigningen betonade von Miller att museet skulle visa i vilken utsträckning vår moderna kultur är beroende av den vetenskapliga och tekniska utvecklingen.[22]

För Linde och hans likasinnade var det väsentligt att tekniken blev allmänt accepterad som en kulturell och bildande verksamhet. En bit in på det nya århundradet hade de också lyckats väl i sina strävanden. Till ingredienserna i denna kamp måste vi, förutom grundandet av tekniska museer, räkna de olika ansatser som hade gjorts för att initiera och institutionalisera avancerad teknisk forskning.

## Noter

1. Införandet av mer eller mindre vetenskapliga forskningsmetoder i tekniken kan ses som ett utslag av teknikens *förvetenskapligande*. Det tyska utbildningssystemets roll för detta allmänna förvetenskapligande har behandlats av Kurt Mauel: "Die Aufnahme naturwissenschaftlicher Erkenntnisse und Methoden durch die Ingenieure im 19. Jahrhundert", *Technikgeschichte in Einzeldarstellungen*, vol 11 (1969) och Karl-Heinz Manegold: "Die Entwicklung der technischen Hochschule Hannover zur wissenschaftlichen Hochschule", *ibid*, vol 16 (1970a).

   Notera att vi i den här artikeln fr a kommer att koncentrera oss på maskintekniken – ett område med helt andra traditioner än kemi- och elteknik, där forskning genomgående spelat en betydande roll.
2. Hur forskningen vann insteg i Sverige har beskrivits av Gunnar Eriksson: *Kartläggarna: Naturvetenskapens tillväxt och tillämpningar i det industriella genombrottets Sverige* 1870–1914 (Umeå 1978).
3. Ang forskningsimperativet och dess uppkomst, se R. Steven Turner: "Prussian Universities and the Concept of Research", *Intern. Archiv f. Sozialgesch. d. deutschen Literatur*, vol 5 (1980).
4. Jfr Edwin T Laytons klassiska artikel "Mirror-Image Twins: The Communities of Science and Technology in 19th Century America", *Techn. & Culture*, vol 12 (1971), där han beskriver hur den amerikanska forskning och utbildning som bedrevs vid olika tekniska institutioner kom att efterlikna universitetens.
5. Begreppen *verkstads-* och *skolkultur* har jag hämtat från Monte A Calvert: *The Mechanical Engineer in America, 1830–1910: Professional Cultures in Conflict* (Baltimore 1967).
6. Ang skillnaden mellan tyst och formaliserbar kunskap, se Bo Göranzon (red): *Datautvecklingens filosofi: tyst kunskap och ny teknik* (Stockholm 1983).
7. Jfr Karl-Heinz Manegold: *Universität, Technische Hochschule und Industrie: Ein Beitrag zur Emanzipation der Technik im 19. Jahrhundert unter besonderer Berücksichtigung der Bestrebungen Felix Kleins* (Berlin 1970b), där det just talas om (s 58) Reuleaux' betoning av vetenskapens *geistige* och *erzierische* verkan.
8. Carl Max Bauernfeind: *Reden und Vorträge zur Einweihungsfeier der neuen Technischen Hochschule in München* (München 1869), s 22.
9. Titeln på rektor Bauernfeinds öppningstal var (i översättning) "De exakta naturvetenskapernas inflytande på den allmänna bildningen och speciellt på de tekniska fackstudierna", se Bauernfeind (1869).

10. Carl Linde: *Aus meinem Leben und von meiner Arbeit* (München 1979 (1:a uppl 1916), s 32.
11. Citerat ur Karl-Heinz Manegold: "Das Verhältnis von Naturwissenschaft und Technik im 19. Jahrhundert im Spiegel der Wissenschaftsorganisation", *Technik in Einzeldarstellungen*, vol 11 (1969), s 176.
12. Ang Lindes arbete inom kyltekniken, se Linde (1979) och Mikael Hård: "Carl von Lindes kylmaskiner i gränslandet mellan vetenskap och ekonomi", *Polhem*, vol 2 (1984).
13. Brev från Linde till föreningen 1884–03–22. Orig i Deutsches Museums Sondersammlung.
14. Slutrapporten är Moritz Schröter: *Untersuchungen an Kältemaschinen verschiedener Systeme. Zweiter Bericht an den Ausschuß des Polytechnischen Vereins zu München* (München & Leipzig 1890).
15. Stationens arbete under perioden 1893–1901 har sammanfattats av Carl Linde: "Die wissenschaftlichen Ergebnisse der Münchener Kälte-Versuchstation", *Zeitschr. d. Vereins deutsch. Ingenieure, Festnummer* (München 1903).
16. Kleins verksamhet har utretts grundligast av Manegold (1970b), som jag bygger mycket av detta stycke på.
17. Citerat ur Oscar Knoblauch: "Die Geschichte des Laboratoriums für technische Physik der Technischen Hochschule München 1902–1934", *opublicerat* (1941/42), s 2 f. En kopia av skriften finns i Münchens tekniska universitets bibliotek.
18. För laboratoriets tidiga verksamhet, se även Max Jakob: "Zum 25jährigen Bestehen des Laboratoriums für technische Physik der Technischen Hochschule München", *Zeitschr. f. techn. Physik* (1927).
19. Citerat ur Manegold (1970b), s 165.
20. Ang de tyska resp de svenska ingenjörernas kamp för högre status, se Cornelis W R Gispen: "Technical Education and Social Status: The Emergence of the Mechanical Engineering Occupation in Germany: 1820–1890", *opublicerad doktorsavhandling*, University of California, Berkeley (1981) resp Mikael Hård: "Ingenjören i slutet av 1800-talet", *opublicerad rapport*, Vetenskapsteoretiska institutionen vid Göteborgs universitet (1981). Om bildningens roll i detta sammanhang, se Nils Runeby: *Teknikerna, vetenskapen och kulturen: Ingenjörsundervisning och ingenjörsorganisationer i* 1870-talets Sverige (Uppsala 1976) och Boel Berner: *Teknikens värld: Teknisk förändring och ingenjörsarbete i svensk industri* (Lund 1981).
21. Citatet kommer från *Chronik des Deutschen Museums von Meisterwerken der Naturwissenschaft und Technik* (München 1927), s 16.
22. Maria Osietzki har i "Die Gründungsgeschichte des Deutschen Museums von Meisterwerken der Naturwissenschaft und Technik in München 1903–1906", *Technikgesch.*, vol 52 (1985), betonat hur museets grundare såg projektet som ett led i kampen för att göra teknik och vetenskap till en del av den bildade kulturen.




Axel F Enström, den tekniska forskningens ambassadör i Sverige. Etsning av Isaac Grünewald år 1916.