

Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek.
Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitised at Gothenburg University Library.
All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text.
This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.





POLHEM

TIDSKRIFT FÖR TEKNIKHISTORIA

1984/1

Innehåll

Årgång 2

Uppsatser:	David A. Hounshell: Mass Production in American History, 1800-1932	Sida	1
	Mikael Hård: Carl von Lindes kylmaskiner i gränslandet mellan vetenskap och ekonomi		29
Debatt:	Nils Göran Sjöstrand: Kärnteknikens historia är delvis skriven, men mycket fattas		47
Recensioner:	Bengt-Arne Vedin, Alla tiders patent (rec. av Ulf Edstam)		49
	Timo Myllyntaus, The introduction of hydraulic turbines and its socio-economic setting in Finland, 1840-1940 (rec. av Jan Hult)		52
Notiser:	Nyutkommen litteratur		54
	Den belgiska kvartalstidskriften TECHNOLOGICA		55
	Danmarks tekniske museum		55
	Den första svenska sättmaskinen 100 år		55
	Ivar Bohms "Den svenska masugnen under 1800-talet" nu åter tillgänglig		56
	Jernkontorets Forskningsserie H, förteckning		57
	Författare i detta häfte		58

POLHEM

Tidskrift för teknikhistoria

Utgiven av Svenska Nationalkommittén för teknikhistoria (SNT)
Ingenjörsvetenskapsakademien, Box 5073, 102 42 STOCKHOLM

ISSN 0281-2142

Redaktör och ansvarig utgivare

Jan Hult

Redaktionskommitté

Stig Elg

Svante Lindqvist

Wilhelm Odelberg

Sven Rydberg

Tryck

Vasastadens Bokbinderi AB, 414 59 GÖTEBORG

Omslag och rubriker: Svensk Typografi, Gudmund Nyström AB,
170 10 EKERÖ

Prenumeration

75 kronor/år (4 häften)

Beställes genom inbetalning på postgirokonto 599 05-0.

Ange "IVA-konto 2412" på talongen.

MASS PRODUCTION IN AMERICAN HISTORY, 1800-1932

Mass production became the Great American art.
-- Paul Mazur, American Prosperity (1928)

Since the 1920s the term "mass production" has become so deeply ingrained in our vocabulary and our thought that we seldom stop to ask how it arose and what lay behind its appearance. The purpose of this brief essay is to provide an overview of the development of mass production in America as a means of getting at these questions. In the first half of the nineteenth century, manufacturing in the United States developed along such distinct lines that by the 1850s English observers came to speak of an "American system" of manufactures. Subsequently, the American system grew and changed in character so much that by the 1920s, the United States possessed the most prolific production technology the world has ever known. This was "mass production."

In 1925, the American editor of the Encyclopaedia Britannica wrote to Henry Ford asking him to submit an article on "Mass Production" for the three-volume supplement to the Britannica, the so-called 13th Edition.¹ Apparently Ford's office, if not Ford himself, responded favorably and promptly set Ford's spokesman, William J. Cameron, to work on the article. Cameron consulted the company's chief production planner about how the "general reader" might comprehend the principles of mass production. When Cameron completed the article, he placed

¹ Henry Ford, "Mass Production," Encyclopaedia Britannica, 13th ed., Supl. Vol. 2. Unfortunately, the initial letter from the American editor to Ford requesting the article is not to be found in the Ford Archives, Dearborn, Michigan. All other related correspondence survives. See especially, C. A. Zahnnow to W. Cameron, October 29, 1925. Acc. 285, Henry Ford Office, Box 359.

Henry Ford's name beneath it and sent it to the Britannica's New York office.²

Although Cameron would later say that he "should be very much surprised to learn that [Henry Ford] read it," this article played a fundamental role in giving the phrase "mass production" a place in the English vocabulary.³ Even before the article appeared in the Britannica, the New York Times published it as a full-page, feature article in a Sunday edition.⁴ Under the banner, "Henry Ford Expounds Mass Production: Calls It the Focussing of the Principles of Power, Economy, Continuity and Speed," the article attracted the attention of a wide segment of the American population, especially since it also went through the wire service. While one can certainly wonder what led the Britannica editor to choose the term, mass production, there is little doubt that the ghost-written Ford article led to the widespread use of the term and its identification with the assembly line manufacturing techniques that were the hallmark of automobile production.⁵ Immediately, the

2 W. J. Cameron to L. J. Thompson, September 28, 1953. Acc. 1, Fair Lane Papers, Box 89, Ford Archives. See in this same file much of the supporting contemporary documentation for how this article was written.

3 Ibid.

4 New York Times, September 19, 1926, sec. 10; p.1.

5 Prior to the appearance of the Britannica article, one seldom sees the term, mass production, in print. See W. E. Freeland, "Mass Production at the Winchester Shops," Iron Age 101 (1918): 616-21; "Mass Motor Car Works," Engineer 128 (1919): 627-28; and Henry Obermeyer and Arthur L. Greene, "Mass Production in British Motor Industries," American Machinist 57 (1922): 524-26. In 1925 a British journal entitled Mass Production was first published. However, within a few issues, its title was changed to Fuel Economist, an indication of how the term had gained neither meaning nor currency. In several instances Carter Goodrich used the expression The Miner's Freedom: A Study of Working Life in a Changing Industry (Boston: Marshall Jones Company, 1925), pp.3, 12, 105, 169. Goodrich clearly had Ford in mind when he wrote the words, "mass production as efficient as that at Ford's." A much more deliberate and influential linking of "mass production" with the work of the Ford Motor Company appeared in Edward A. Filene's widely read book, The Way Out: A Forecast of Coming Changes in American Business and Industry (Garden City, N.Y.: Doubleday, Page & Co., 1925). Filene equated "Fordism" or

article proved interesting enough to provoke a Times editorial.⁶ The term, which had not commonly appeared in reference works such as the Reader's Guide to Periodic Literature prior to the Britannica Times article,⁷ soon passed into general use in both popular and scholarly literature.⁸ After the appearance of "Mass Production," the previously popular expression, "Fordism," soon disappeared. The Ford article endowed mass production with a certain universality despite its ambiguity and its status as poor grammar.⁹

Much more important than the story of how mass production entered the English vocabulary are the developments that lay behind the manufacturing system described in the article. Commenting in 1940 on Henry Ford and the Britannica article in his Engines of Democracy, Roger Burlingame raised the essential questions:

"Fordizing" with "mass production" and argued that this was indeed "the way out," the way of the future. I suspect, but I have not been able to prove, that Filene's book stimulated the Britannica's editor to request the article on "mass production" by Henry Ford. Although Filene's book may have led to the Britannica article, it is clear to me that Ford's article brought the term into currency in the American language. All of the standard works on the English and American language, save one, do not deal with "mass production." Raymond Williams, Keywords: A Vocabulary of Culture and Society (New York: Oxford University Press, 1976) is the exception. See pp.161-162. Williams's identification of the term as from the United States in the 1920s supports the notion of the importance of the Ford article. I am indebted to George Basalla for this reference.

⁶ "The Super-Factory System," New York Times, September 19, 1926, sec. 2; p.1.

⁷ I know of only one exception to this. In March 1923, the Canadian Magazine published an article entitled "Mass Production," but the piece turns out to be a short story by Harry Amos, which has nothing to do with manufacturing technology.

⁸ See Reader's Guide beginning with Vol. 7 (1925-28) and the New York Times Index beginning in 1926.

⁹ "Mass" was -- and most grammarians would say still is -- a noun rather than an adjective. The term "mass production" raises the question of whether this is production aimed at the "masses" or merely quantity production.

With [Ford's] great one-man show moving toward a dictatorship of which any totalitarian leader might well be proud he was ready for what he calls [Mass] Production. [Mass] Production, Ford believes, had never existed in the world before. With the magnificent contempt of men immune to history, he disregards all predecessors: Whitney, Evans, Colt, Singer, McCormick, the whole chain of patient, laborious workers who wrought his assembly lines and all the ramifications of his processes out of the void of handicrafts. In a colossal blurb printed in the Encyclopaedia Britannica under the guise of an article on mass production, he writes: "In origin, mass production is American and recent; its notable appearance falls within the first decade of the 20th century," and devotes the remainder of the article and two full pages of half-tone plates to the Ford factory.¹⁰

Burlingame was obviously contemptuous of the claim that mass production was a creation of the Ford Motor Company. Eli Whitney, Oliver Evans, Samuel Colt, Isaac Singer, and Cyrus McCormick, among others, he implied, provided essential building blocks for development at Ford. Burlingame was even more pointed when he later asked rhetorically, "What are those production methods in use today in every large automobile plant with scarcely any variation? They are simply the methods of Eli Whitney and Samuel Colt, improved, coordinated and applied with intelligent economy--economy in time, space, men, motion, money and material."¹¹

¹⁰ Roger Burlingame, Engines of Democracy (New York: Scribner, 1940), p.391.

¹¹ Ibid., p.395. A more recent restatement of this thesis appears in Edwin A. Battison, From Muskets to Mass Production: The Men & the Times that Shaped American Manufacturing (Windsor, Vermont: American Precision Museum, 1976), p.3: "The period of time begins shortly after the American Revolution and ends in the mid-1800s. In this relatively short span of years, the ideas in the minds of a host of men merged into the manufacturing system used around the world today. The history of the succeeding 125 years

Since the establishment of the history of technology as an academic discipline in the United States, the assertions contained both in Ford's encyclopaedia article and in Burlingame's popular work have come under close study by a number of investigators. Indeed, the so-called "American system of manufactures," which describes the methods of Whitney, Colt, and the rest, has become one of the most productive areas of American scholarship in the history of technology, and there now exists a rich body of literature on this historical phenomenon.¹² Portions of that new scholarship, as well as the findings in my forthcoming book, From the American System to Mass Production, 1800-1932,¹³ indicate that the Ford article came much nearer the truth than did Burlingame and his followers. "[I]n origin," as the Ford piece suggested, "mass production is American and recent"--what Whitney et al., did in the nineteenth century was not true mass production. As the title of my book suggests, mass production differed in kind as well as in scale from the techniques referred to in the antebellum period as the American system of manufactures. This can be seen most clearly by first considering the American system itself.

Two decades of research on this topic have yielded a number of conclusions, particularly concerning a basic aspect of modern manufacturing, the interchangeability of parts. The symbolic kingpin of interchangeable parts production fell in 1960 when Robert S. Woodbury published his essay, "The Legend of Eli Whitney," in the first volume of Technology and Culture.¹⁴ Woodbury convincingly argued that the parts of Whitney's guns

represents only a refinement of this system."

¹² The following works provide an introduction to the American system: Nathan Rosenberg, ed., The American System of Manufactures (Edinburgh: University Press, 1969); Merritt Roe Smith, Harpers Ferry Armory and the New Technology (Ithaca: Cornell University Press, 1977); and Otto Mayr and Robert C. Post, eds., Yankee Enterprise: The Rise of the American System of Manufactures (Washington, D.C.: Smithsonian Institution Press, 1982).

¹³ (Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1984).

¹⁴ (1960): 235-53.

were not in fact constructed with interchangeable parts. In 1966, the artifactual research of Edwin A. Battison solidly confirmed Woodbury's more traditional, document-based research findings.¹⁵ Eugene S. Ferguson later wrote of Woodbury's pioneering article, "Except for Whitney's ability to sell an undeveloped idea, little remains of his title as father of mass production."¹⁶

With Eli Whitney reinterpreted as a promoter rather than as a pioneer of machine-made interchangeable parts manufacture,¹⁷ it remained for Merritt Roe Smith to identify conclusively the personnel and the circumstances of this fundamental step in the development of mass production.¹⁸ Smith demonstrated that the United States Ordnance Department was the prime mover in bringing about machine-made interchangeable parts production of small arms. The national armory at Springfield, Massachusetts, played a major role in this process, especially as it tried to coordinate its operations with those of its sister armory at Harpers Ferry and John Hall's experimental rifle factory, also located in Harpers Ferry. While these federally owned arms plants occupied a central place in its efforts, the Ordnance Department also used contracts with private arms makers to further its aims. By specifying interchangeability in its contracts and by giving contractors access to techniques used in the national armories, the Ordnance Department contributed

15 "Eli Whitney and the Milling Machine," Smithsonian Journal of History 1 (1966): 9-34.

16 Bibliography of the History of Technology (Cambridge MIT Press, 1968, p. 299.

17 Merritt Roe Smith, "Eli Whitney and the American System of Manufacturing," in Technology in America: A History of Individuals and Ideas, ed. Carroll W. Pursell (Cambridge: MIT Press, 1981), pp. 45-61. See also Robert Howard, "Interchangeable Parts Reexamined: The Private Sector on the Eve of the Civil War," Technology and Culture 19 (1978): 633-649 and Chapter One in Hounshell, From the American System to Mass Production. It should be noted that Samuel Colt's work can be seen in much the same light as that of Eli Whitney.

18 Harpers Ferry Armory and the New Technology. See particularly Chapter Seven, "John H. Hall: Yankee in the Garden, 1819-1841," pp. 184-218, and Chapter Eight, "Hall and the American System, 1824-1840," pp. 219-251.

significantly to the growing sophistication of metalworking and woodworking (in the case of gunstock production) in the United States by the 1850s.¹⁹ British observers found these techniques sufficiently different from their own and alluded to them in expressions such as the "American system," the "American plan," and the "American principle."²⁰

Although British visitors to the United States in the 1850s, especially Joseph Whitworth and John Anderson, were impressed with every aspect of American manufacturing, small arms production received their most careful and detailed analysis. Certainly this was Anderson's job, for he had been sent to the United States to find out everything he could about small arms production and to purchase arms-making machinery for the Enfield Arsenal. In his report, Anderson indicated that the federal armory at Springfield had indeed achieved what the Ordnance Department had sought since its inception: true interchangeability of parts. Anderson and his committee went into Springfield's arsenal and randomly selected ten muskets, each made in a different year from 1844 to 1853. A workman then disassembled these muskets, and their parts were mixed together. According to Anderson, the committee then "requested the workman, whose duty it is to 'assemble' the arms, to put them together, which he did -- the Committee handing him the parts, taken at hazard -- with the use of a turnscrew only, and as quickly as though they had been English muskets whose parts had carefully been kept separate."²¹

What Anderson was not likely to have known was the extraordinary sum of money that the Ordnance Department had expended over a forty or fifty year period, "[i]n order," as an Ordnance Officer wrote in 1819, "to attain this grand object of

¹⁹ See Merritt Roe Smith, "Military Enterprise," in Mayr and Post, eds., Yankee Enterprise, pp. 63-103.

²⁰ See Chapter One and Appendix I in Hounshell, From the American System to Mass Production.

²¹ Report of the Committee on the Machinery of the United States of America in Rosenberg, ed., The American System of Manufactures, pp. 121-122.

uniformity of parts."²² Nor was Anderson necessarily aware that the unit cost of Springfield small arms with interchangeable parts almost certainly was significantly higher than arms produced by more traditional methods.²³ He should, however, have been aware that the Ordnance Department could annually turn out only a relatively small number of Springfield arms manufactured with interchangeable parts.²⁴ Despite the high costs and limited output, Anderson pointed out that the special techniques used in the Springfield Armory as well as in some private armories could be applied almost universally in metalworking and woodworking establishments.²⁵ In fact, by the time Anderson reached this conclusion, the application of those techniques in other industries was already under way.

The new manufacturing technology spread first to the production of a new consumer item, the sewing machine, and eventually it diffused into other areas, including consumer durables such as typewriters, bicycles, and eventually automobiles. Nathan Rosenberg has provided economic and technological historians with an excellent analysis of a major way in which this diffusion occurred.²⁶ Rosenberg identified the American machine tool industry, which grew out of the small arms industry (notably the Colt armory and the firm of Robbins & Lawrence in Windsor, Vermont, and Hartford, Connecticut) as the key agent

²² Major James Dalliba, as quoted in Smith, Harpers Ferry Armory and the New Technology, p.109.

²³ Felicia Johnson Deyrup suggests that, for most of the antebellum period, "the cost of the Springfield musket was always well above the contract price of military weapons of the same model. . . ." Arms Makers of the Connecticut Valley, Smith College Studies in History, 33 (Northampton, Mass.: Smith College, 1948), p. 132. See also Deyrup's discussion of costs on pp. 52, 118-119 and Table 1, Appendix B, pp. 229-232.

²⁴ See the figures for Springfield Armory's production of muskets, rifles, and carbines, 1795-1870, in *ibid.*, p. 233. The exception to this, of course, occurred during the Civil War when production in 1864 exceeded 276,000 arms.

²⁵ Rosenberg, ed., The American System of Manufactures, pp. 65-66.

²⁶ "Technological Change in the Machine Tool Industry, 1840-1910," Journal of Economic History 23 (1963): 414-443.

for introducing arms-making technology into the sewing machine industry, the bicycle industry, and the automobile industry. The makers of machine tools worked with manufacturers in various industries as they encountered and overcame production problems relating to the cutting, planing, boring, and shaping of metal parts. As each problem was solved, new knowledge went back into the machine tool firms, which then could be used for solving production problems in other industries. Rosenberg called this phenomenon "technological convergence." In many industries that worked with metal, the final products were vastly different in terms of the kinds of markets in which they were sold -- the Springfield Armory, for example, "sold" its products to a single customer, the government, while sewing machine producers faced a widely scattered group of individual consumers. Nevertheless, these products had technological things in common because their manufacture depended upon similar metalworking techniques. These common needs "converged" at the point where the machine tool industry interacted with the firms that bought its machine tools.

Although he did not emphasize the point, Rosenberg recognized that individual mechanics played an equally important role in diffusing know-how as they moved from the firearms industry to sewing machine manufacture to bicycle production and even to automobile manufacture. Examples of such mechanics abound. Henry M. Leland is an obvious example: he worked at Springfield Armory, carried this knowledge to Brown & Sharpe Manufacturing Company when it was making both machine tools and Willcox & Gibbs sewing machines, next created the Cadillac Motor Car Company and finally the Lincoln Motor Company.²⁷

But the process of diffusion was neither as smooth nor as simple as Rosenberg and others would have it. New research suggests that the factories of two of the giants of nineteenth century manufacturing, the Singer Manufacturing Company and the McCormick Harvesting Machine Company, were continually beset with production problems. Previously, many historians attributed the success of these two companies to their advanced

²⁷ Ottilie M. Leland, Master of Precision: Henry M. Leland (Detroit: Wayne State University Press, 1966).

production technology. But it now appears that a superior marketing strategy (including advertising and sales techniques and policies) proved to be the decisive factor.²⁸

Although the Singer sewing machine was the product of Isaac Singer, the successful enterprise known as I. M. Singer & Company (incorporated in 1863 as Singer Manufacturing Company) was primarily the handiwork of lawyer Edward Clark. Clark's success rested on marketing, not on production techniques. The Singer company initially held no technical advantages and no decisive patent monopoly over major competitors because in order to construct a workable sewing machine, four organizations (including Singer) had been forced to pool their patents. In fact, one member of the pool, the Wheeler and Wilson Manufacturing Company, jumped out to an early and wide lead until Singer surpassed its production in 1867 (43,000 Singer machines vs. 38,000 Wheeler and Wilson). After 1867, Singer dominated the industry and eventually absorbed Wheeler and Wilson. Wheeler and Wilson had based its production on what contemporaries called "armory practice," that is, the production techniques used at leading armories, such as Springfield. Its manufacturing system was established by three former arms-making machinists, one trained at Colt's Hartford armory, one who worked at Nathan Ames's armory and for eight years at the Springfield Armory, and the other who had been a contractor at the Robbins & Lawrence - Sharps rifle factory at Hartford.

Unlike Wheeler and Wilson, Singer initially built its machines in a Boston scientific instrument maker's shop and later in rented "rooms" in a New York manufacturing district. Not until 1862 did the Singer company hire any mechanic familiar with arms production technology, and then it chose a man whose experiences had been gained in the small, New Jersey-based

28 See Chapter Two and Chapter Four in Hounshell, From the American System to Mass Production. One notable exception to the prevailing interpretation of Singer's success is Andrew B. Jack, "The Channels of Distribution for an Innovation: The Sewing-Machine Industry in America, 1860-1865," Explorations in Entrepreneurial History 9 (1951): 113-141. See also Elizabeth M. Bacon, "Marketing Sewing Machines in the Post Civil War Years," Bulletin of the Business History Society 20, no.6 (1946): 90-94.

Manhattan Firearms Company, rather than in one of the great advanced armories of New England. As the company's leader, Edward Clark had emphasized marketing rather than production. In 1855 he wrote to a high-level company employee, saying that "a large part of our own success we attribute to our numerous advertisements and publications. To insure success only two things are required: 1st to have the best machines and 2nd to let the public know it."²⁹ "To have the best machines" implied not only excellence in design but also quality in manufacture. There was no question in Clark's mind that the Singer approach to manufacture, often called the European method since it depended largely on skilled machinists, provided this quality essential for commercial success.

One of the notable things about Singer's marketing strategy -- and the same was true of Cyrus McCormick's -- was that the Singer machine was deliberately sold at the top of the price list for the industry throughout the nineteenth century. Moreover, Singer maintained its high price for most of this period despite significant growth in production and sales. Its marketing strategy, in addition to advertising which eventually included retail dealerships and service centers and an installment purchasing plan, allowed the company to continue to sell more and more machines at the same price level.³⁰

Singer's business continued to expand both in the United States and abroad. By 1880 the firm's world output had reached 500,000 machines annually. Singer's factory superintendent, who had been hired away from the Manhattan Arms Company, had gradually introduced special-purpose machinery and had striven toward production of more uniform parts. Yet for a long time, as B. F. Spalding pointed out in the American Machinist in

²⁹ I. M. Singer and Company [Edward Clark] to William F. Proctor, July 16, 1855. Papers of the Singer Manufacturing Company, State Historical Society of Wisconsin, Madison, Box 189.

³⁰ On Singer's marketing strategy see Robert Bruce Davies, Peacefully Working to Conquer the World Singer Sewing Machines in Foreign Markets, 1854-1920 (New York: Arno Press, 1976), *passim*, and Alfred D. Chandler, The Visible Hand (Cambridge: Harvard University Press, 1977), pp. 303-305, 402-405.

1890, Singer "compromised with the European method [of manufacture] by employing many cheap workmen in finishing pieces by dubious hand work which could have been more economically made by the absolutely certain processes of machinery."³¹ The records of the company show this conclusively. In fact, despite the increasing use of a rational jig, fixture, and gauging system"³² (a hallmark of arms production technology), parts of Singer sewing machines were hand fitted together by skilled fitters as late as 1883. The inability of Singer's major U.S. factory to meet the continually growing demand for sewing machines finally led the president of the company, who had "worked his way up from the bench," to establish an ad hoc production committee. This committee, which included the president, the factory superintendent, and the superintendent's chief assistants, resolved in March 1883 that "each piece commenced in a department shall be finished there to gauge [sic] ready for assembling and no part shall be made in the department where it is assembled into the machine."³³

³¹ "The 'American' System of Manufacture," American Machinist 13 (November 20, 1890): 11.

³² It is important to understand what is meant by the expression, "a rational jig, fixture, and gauging system," because it was with this system that firearms makers in the antebellum period were able to produce weapons with interchangeable parts. The system was "rational" because it was based on a model, which in one sense can be interpreted as a kind of Platonic model in that armasmakers viewed the model weapon as an ideal form. All production arms were but imperfect imitations of this ideal (but real) model. Jigs and fixtures are devices to fix or mount workpieces in machine tools. How a workpiece is fixed in a machine tool determines (in part) its accuracy, especially when more than one machining operation is involved. If several operations are performed on a workpiece which requires several different fixtures to hold it in a machine tool or a series of machine tools, then accuracy becomes problematic unless the fixtures are designed on some common, rational basis. In the nineteenth century, the model provided this basis. All fixtures were designed with reference to the model thereby ensuring uniformity. In addition, gauges to verify this uniformity were also constructed. Where dimensions and fits were critical, gauges were made based on the model, or ideal form. With such designed gauges and fixtures, parts produced in machine tools approximated comparable parts of the model.

³³ Minutes of a meeting held at Elizabethport Factory, March 26, 1883. Singer Papers, Box 239.

This resolution clearly indicates that extensive hand fitting and custom machining were done during the process that Singer publicly called "assembly." Try as they would to attain interchangeable parts on Singer machines, however, a Singer official noted almost two years later that the factory was "no further ahead than we were two years ago" in perfecting interchangeable parts manufacture.³⁴ Whereas Springfield Armory had turned out arms numbering into the thousands constructed with perfectly interchangeable parts, the Singer Manufacturing Company could not achieve the goal at a time when it made a half million sewing machines annually. Singer simply could not afford to lavish the same amount of care in machining and inspection on its sewing machine parts as Springfield did on its muskets. In this connection, one cannot help but notice a central requirement for mass production stated by Ford in the Encyclopaedia Britannica: "in mass production there are no fitters."³⁵ Despite its grand successes in both sales and production, the Singer Manufacturing Company left the development of mass production unfinished because it continued to rely upon fitters. The same was even more the case at the McCormick Harvesting Company.

Perhaps no major American manufacturing establishment has been more misunderstood than the McCormick reaper works in the nineteenth century. Throughout popular literature of the nineteenth century³⁶ and in secondary historical literature of this century, the McCormick works is described as a model manufacturing establishment in terms of its advanced production techniques. This certainly may have been true when compared to other agricultural implement makers, but when viewed alongside the Springfield Armory or even an establishment such as the

³⁴ A. D. Pentz to G. R. McKenzie, August 17, 1884. Singer Papers, Box 198.

³⁵ "Mass Production," p.822.

³⁶ David A. Hounshell, "Public Relations or Public Understanding? The American Industries Series in Scientific American," Technology and Culture 21 (1980): 589-593 and Chapter Four of Hounshell, From the American System to Mass Production.

Singer Manufacturing Company, the production technology at the McCormick works appears crude. It has long been asserted that Cyrus McCormick adopted the manufacturing techniques developed in New England armories when he established the reaper works in Chicago in 1848. But the firm's founder never took a serious interest in the manufacture of his reaper. He left that to his youngest brother, Leander J. McCormick, who had learned only the craft of blacksmithing before he left the family's Virginia homestead to superintend Cyrus's Chicago factory.

Between that date, 1848, and 1880 there is little evidence that Leander expanded his technical horizons to encompass the developments that have become known as the American system of manufactures. The McCormick factory employed almost no special- or single-purpose machinery, and there is little evidence that Leander knew of the techniques of special gauges, jigs, and fixtures which distinguished the arms industry. Handwork and skilled machine work appear to have prevailed during this period. Moreover, the output of reapers and mowers remained surprisingly small. In 1873, slightly more than 10,000 machines were produced while in 1880, 21,600 machines were made, including some 5000 of the smaller but more mechanically sophisticated binder attachments. Compared to the half million sewing machines Singer made that year and to the half million Model T automobiles Ford Motor Company produced in 1916, McCormick was manufacturing on a small scale.

Like the Singer machine, McCormick's products were top-of-the-line in terms of price. From the outset, Cyrus McCormick had marketed his machine aggressively, spending what his other brother William considered "enormous" sums of money on advertising. As the years proceeded, McCormick changed his initial agent or distributor system of sales to franchised dealerships supervised by regional office managers.³⁷ While these changes resulted in greater sales and the potential for even more, Leander steadfastly refused to allow significant increases in the factory's output. For this reason and for related personal ones, Cyrus McCormick finally fired his brother as

³⁷ Chandler, The Visible Hand, pp. 406-408.

superintendent of the factory in 1880 and replaced him with a mechanic who was familiar with the latest production technology. This person, Lewis Wilkinson, had been employed at the Colt armory, the Connecticut Firearms Company, and the Wilson Sewing Machine Company.

The arrival of Wilkinson and his tutelage of Princeton-educated Cyrus McCormick, Jr., played a major role in bringing about radical change in McCormick production methods. Drawing on his experience in small arms production, he introduced the principles of armory practice into the McCormick factory. Although Wilkinson stayed at McCormick for only one year, Cyrus McCormick, Jr., who served as his assistant during this year, learned the principles well. Cyrus, Jr., carried the new approach forward in his "new regime" as superintendent and soon as the chief executive officer of the company. Output under the new regime expanded rapidly.

Despite the introduction of production methods commonly used in American small arms plants, the McCormick company continued to be plagued by the farm implement industry's propensity for what could be termed "annual model" changes. Indeed, these changes may have been the principal reason Leander McCormick wanted to maintain the more flexible but less productive traditional approach to manufacture during his tenure as superintendent from 1848 to 1880. The perceived necessity to make annual changes in order to keep the McCormick machines attractive in the market imposed severe production limitations on the McCormick factory. In fact, they made it impossible for the McCormick works to become the birthplace of mass production.

At about the same time the McCormicks were adopting important elements of the American system, a new product was being born that would serve as a bridge between that system and mass production. That new product was the bicycle. The American bicycle industry played a transitional role in the development of mass production for a number of reasons.³⁸ The physical

³⁸ David A. Hounshell, "The Bicycle and Technology in Late Nineteenth Century America," in Transport Technology and Social Change, Per Sörbom, ed. (Stockholm: Tekniska Museet, 1980), pp. 173-185 and Chapter Five of Hounshell, From the

nature of the product itself clearly provided a stepping stone to the automobile. With important exceptions, early automobile chassis consisted of bicycle tubing and tires, and many early automobile makers were also manufacturers of bicycles. In addition, the safety bicycle served to introduce the American public to the wonders of personalized transportation, which was probably used more for recreation than for transportation to the workplace. During the 1890s, with more and more Americans riding bicycles (sales in 1896 exceeded 1.2 million bicycles), speed in personalized transportation came to be looked upon as a virtue and as a necessity for a mobile nation, and this hastened the day of the automobile. Furthermore, with the American bicycle industry, advertising grew in importance and sophistication. During this period a number of commercial artists became famous for their bicycle advertising poster work and advertising layouts in popular journals. But it was in production technology above all that the bicycle left its mark as a transitional industry to mass production.

Joseph Woodworth, author of American Tool Making and Interchangeable Manufacturing, argued that the "manufacture of the bicycle . . . brought out the capabilities of the American mechanic as nothing else had ever done. It demonstrated to the world that he and his kind were capable of designing and making special machinery, tools, fixtures, and devices for economic manufacturing in a manner truly marvellous; and has led to the installation of the interchangeable system of manufacturing in a thousand and one shops when it was formerly thought to be impractical."³⁹ Clearly the bicycle industry as a staging ground for the diffusion of armory practice cannot be over-emphasized. Rosenberg's idea that the machine tool industry played a leading role in this diffusion applies even more clearly to the bicycle than to the sewing machine. The bicycle boom of the 1890s kept the machine tool industry in relatively good health during the serious depression that began in 1893, and it was accompanied by changes in production techniques.

American System to Mass Production.

³⁹ (New York: N. W. Henley Co., 1907), p. 516.

Entirely new developments occurred in bicycle production -- sheet metal stamping and electric resistance welding techniques. These new techniques rivalled in importance the diffusion of older metalworking technologies. During the 1890s, bicycle makers located principally but not exclusively in areas west of New England began to manufacture bicycles with many components (pedals, crank hangers, steering heads, joints, forks, hubs, etc.) made from sheet steel. Punch pressing or stamping operations were combined with the recent invention of electric resistance welding to produce parts at significantly lower costs. This technology would become fundamental to the automobile industry.

Albert A. Pope is regarded as the father of the American bicycle industry because he first imported English ordinary or high wheel bicycles to the U.S. and then began to make them here. Pope initially built an effective patent monopoly for his high wheel Columbia bicycle (the bicycle with the big front wheel), but his patent position faded during the first years of the safety bicycle era (the chain driven bicycle we know today). Because of this and because no single manufacturer gained a strong patent position, the industry became highly competitive during the bicycle boom which began about 1892-93 and ended abruptly in 1896-97. Nevertheless, Pope had created a large enterprise during the high wheel era and had (because of his virtual patent monopoly) sold his Columbia at the high price of \$125-135. Through aggressive marketing and advertising, he managed to maintain for his safety bicycle both the prestige and the price of the high wheel Columbia, whose name was also used for the Pope safety bicycle. Made by methods growing directly out of New England armory practice and refined by sewing machine manufacture, the Columbia was decidedly the most expensive bicycle made in America. Despite the price, the Pope Columbia, like the Singer machine and the McCormick implement, dominated its industry. At the peak of the boom, Pope Manufacturing Company produced 60,000 Columbias in a year, each carefully hand assembled and adjusted.

Bicycle makers such as Pope who used traditional armory-type production techniques looked with disdain at those who manufactured bicycles with parts made by the new techniques in pressing and stamping steel. An executive at the Columbia works called

them cheap and nasty.⁴⁰ Despite such views, the one manufacturer that outstripped Pope's production at the peak of the bicycle boom was the Western Wheel Works of Chicago, which made a "first class" bicycle out of pressed steel hubs, steering head, sprocket, frame joints, crank hanger, fork, seat, handlebar, and various brackets. Although not quite as expensive as the Columbia, the Western Wheel bicycle ranked high in the top price category among some 200 to 300 manufacturers. Production of this bicycle reached 70,000 in 1896, an output that was significantly less than that of the Ford Model T in 1912, the last full year of its pre-assembly line manufacture.

Singer, McCormick, Pope, and the Western Wheel Works all held one thing in common. Although they sold the most expensive products in their respective industries, they were the dominant firms. This fact raises serious questions about the widely held notion that American-made products succeeded in the market because they were cheaply made and were priced low. Only Singer annually produced numbers of products ranging into the hundreds of thousands -- figures which conjure up in our own minds an image of "mass production." But the techniques used by Singer near the end of the nineteenth century proved problematic. As late as 1883 Singer was still using many fitters, and the manuscript records end before resolution of these problems is apparent. In terms of production, it is only with the rise of the Ford Motor Company and its Model T that there clearly appears an approach to manufacture capable of handling an output of multi-component consumer durables ranging into the millions each year.

Moreover, the rise of Ford marks an entirely new epoch in the manufacture of consumer durables in America. The Ford enterprise may well have been more responsible for the rise of "mass production," particularly for the attachment of the noun "mass" to the expression, than we have realized. Unlike Singer, McCormick, and Pope, Ford sought to manufacture the lowest priced automobile and to use continuing price reductions to

⁴⁰ George Pope to David Post, January 12, 1891. Papers of the Hartford Cycle Company, Connecticut State Library, Hartford.

produce ever greater demand. Ford designed the Model T to be a "car for the masses." Prior to the era of the Model T, the word "masses" had carried a largely negative connotation, but with such a clearly stated goal and his company's ability to achieve it, Ford recognized "the masses"⁴¹ as a legitimate and seemingly unlimited market for the most sophisticated consumer durable product of the early twentieth century. Whether Henry Ford envisioned "the masses" as "the populace or 'lower orders'"⁴² of late nineteenth parlance or merely as a large number of potential customers hardly matters, for the results were the same. Peter Drucker long ago maintained that Ford's work demonstrated for the first time that maximum profit could be achieved by maximizing production while minimizing cost. He added that "the essence of the mass-production process is the reversal of the conditions from which the theory of monopoly was deduced. The new assumptions constitute a veritable economic revolution."⁴³ For Drucker, mass production was as much an economic doctrine as an approach to manufacture. For this reason if for no other, the work of the national armories, Singer, McCormick, Pope et al., differed substantially from Ford's. But Ford was able to initiate this new "economic revolution" because of advances in production technology, especially the assembly line.⁴⁴

Before the adoption of the revolutionary assembly line in 1913, Ford's production engineers had synthesized the two different approaches to manufacture that had prevailed in the bicycle era. On the one hand, Ford adopted the techniques of armory practice. All of the company's earliest employees recalled how ardently Henry Ford had supported efforts to improve precision

⁴¹ See Henry Ford to the Editor, The Automobile 16 (January 11, 1906): 107-09, as quoted from John B. Rae, ed., Henry Ford (Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall, 1969), pp. 18-19.

⁴² Oxford English Dictionary.

⁴³ Concept of the Corporation (New York: John Day Co., Rev. ed., 1972), pp. 219-220.

⁴⁴ See Chapter Six of Hounshell, From the American System to Mass Production.

in machining. Although he knew little about jig, fixture, and gauge techniques, Ford nevertheless became a champion of interchangeability within the Ford Motor Company, and he hired mechanics who knew what was required to achieve that goal. Certainly by 1913, most of the problems of interchangeable parts manufacture had been solved at Ford. In addition to armory practice, Ford adopted sheet steel punch and press work in an important way. Initially he contracted for stamping work with the John R. Keim Company in Buffalo, New York, which had been a major supplier of bicycle components. Soon after opening his new Highland Park factory in Detroit, however, Ford purchased the Keim plant and promptly moved its presses and other machines to the new factory. More and more Model T components were stamped out of sheet steel rather than being fabricated with traditional machining methods. Together, armory practice and sheet steel work equipped Ford with the capability to turn out virtually unlimited numbers of components. It remained for the assembly line to eliminate the remaining bottleneck -- how to put these parts together.

The advent of line assembly at Ford Motor Company in 1913 is one of the most confused episodes in American history. Although a detailed version of those events is recounted in my forthcoming book, some general observations are needed here. First, the assembly line, once it was first tried on April 1, 1913, came swiftly and with great force. Within eighteen months of the first experiments with moving line assembly, assembly lines were used in almost all sub-assemblies and in the most symbolic mass production operation of all, the final chassis assembly. Ford engineers witnessed productivity gains ranging from fifty percent to as much as ten times the output of static assembly methods.⁴⁵ Allan Nevins quite correctly called the moving assembly line "a lever to move the world."⁴⁶

⁴⁵ See Horace Lucien Arnold and Fay Leone Faurote, Ford Methods and the Ford Shops (New York: Engineering Magazine, 1915) for figures on productivity gains.

⁴⁶ Allan Nevins with Frank Ernest Hill, Ford: The Times, the Man, the Company (New York: Scribner's, 1954), p.447.

Second, there can be little doubt that Ford engineers received their inspiration for the moving assembly line from outside the metalworking industries. Henry Ford himself claimed that the idea derived from the "disassembly lines" of meatpackers in Chicago and Cincinnati. William Klann, a Ford deputy who was deeply involved in the innovation, agreed but noted that an equally important source of inspiration was flour milling technology as practiced in Minnesota. Klann summarized this technology in the expression "flow production."⁴⁷ Of course, early twentieth-century flour milling technology had clear antecedents in the automatic flour mill developed by the Delawarean Oliver Evans. For this reason, one might agree with Roger Burlingame that Ford's mass production owed much to Oliver Evans, a debt never recognized in Ford's Britannica article. While there is merit to this view, it should be recalled that Evans's flour mill, especially in terms of flour handling machinery, represented a brilliant synthesis of existing components, not an entirely new technology.⁴⁸ Similarly, although there may have been a clear connection in the minds of Ford engineers between "flow production" and the moving assembly line, there is little justification for saying that the assembly line came directly from flour milling. The materials and processes of both were simply too different to support such a view.

The origins of the Ford assembly line are less important than its effect. While providing a clear solution to the problems of assembly, the line brought with it serious labor problems. Already, Ford's highly mechanized and subdivided manufacturing operations imposed severe demands on labor. Even more than previous manufacturing technologies, the assembly line implied that men, too, could be mechanized. Consequently during 1913 the Ford company saw its annual labor turnover soar to 380 percent and even higher.⁴⁹ Henry Ford moved swiftly to stem

47 Reminiscences. Ford Archives.

48 This is the general interpretation of Eugene S. Ferguson, Oliver Evans (Greenville, Delaware: The Hagley Museum, 1980), pp. 13-28.

49 Henry Ford, in collaboration with Samuel Crowther, My

this inherently inefficient turn-over rate. On January 5, 1914, he instituted what became known as the "five-dollar day." Although some historians have argued that this was a wage system that more than doubled the wages of "acceptable" workers, most recently the five-dollar day has been interpreted as a profit sharing plan whereby Ford shared excess profits with employees who were judged to be fit to handle such profits.⁵⁰ In any case, the five-dollar day effectively doubled the earnings of Ford workers, and provided a tremendous incentive for workers to stay "on the line." With highly mechanized production, moving line assembly, high wages, and low prices on products, "Fordism" was born.

During the years between the birth of "Fordism" and the widespread appearance of the term, "mass production," the Ford Motor Company expanded its annual output of Model T's from 300,000 in 1914 to more than 2,000,000 in 1923. In an era when most prices were rising, those of the Model T dropped significantly -- about sixty percent in current dollars. Throughout the Model T's life, Henry Ford opened his factories to technical journalists to write articles, series of articles, and books on the secrets of production at Ford Motor Company. Soon after the appearance of the first articles on the Ford assembly lines, other automobile companies began putting their cars together "on the line." Manufacturers of other consumer durables also followed suit. Ford's five-dollar day forced automakers in the Detroit vicinity to increase their wage scales. Because Ford secured more than fifty percent of the American automobile market by 1921, his actions had a notable impact on American industry.

Ford's work and the emulation of it on the part of other manufacturers led to the establishment of what could be called an "ethos of mass production" in America. The creation of this ethos marks a significant moment in the development of mass

Life and Work (Garden City, N.Y.: Garden City Publishing Co., 1922), pp. 129-30.

⁵⁰ Stephen Meyer III, The Five Dollar Day: Labor Management and Social Control in the Ford Motor Company, 1908-1921 (Albany: State University of New York Press, 1981).

production and consumption in America. Certain segments of American society looked at Ford's and the entire automobile industry's ability to produce large quantities of goods at surprisingly low costs. When they did so, they wondered why, for example, housing, furniture, and even agriculture could not be approached in precisely the same manner in which Ford approached the automobile.

Consequently, during the years that the Model T was in production, movements arose within each of these industries to introduce mass production methods. In housing, an industry always looked upon as one of the most staid and pre-industrial of all, prefabrication efforts reached heights not achieved by the pioneers of prefabrication. Foster Gunnison, for example, strove to become the "Henry Ford of housing" by establishing a factory to turn out houses on a moving assembly line,⁵¹ and Gunnison was only one among many such entrepreneurs. Furniture production also saw the influence of Ford and the automobile industry. In the 1920's a large number of mechanical engineers in America banded together within the American Society of Mechanical Engineers in an effort to bring the woodworking industry into the twentieth century -- into the century of mass production.⁵² Consequently, the ASME established in 1925 a Wood Industries Division, which served to focus the supposed great powers of mechanical engineering on all aspects of woodworking technology. In agriculture, Henry Ford himself argued that the problems of American agriculture could all be solved simply by adopting mass production techniques.⁵³ Ford conducted experiments in this direction, but he was no more successful in agriculture than the mechanical engineers and housing fabricators were in bringing about mass production in their respective industries. One could argue, however, that

51 See the article on Gunnison in the Dictionary of American Biography, Seventh Supplement (1981), and Chapter Eight of Hounshell, From the American System to Mass Production.

52 This mission may be followed in the pages of Mechanical Engineering between 1919 and 1925, the date when the Wood Industries Division was established.

53 See, for example, New York Times, March 7, 1930, p.48.

today such an agricultural product as the hybrid tomato, bred to be picked, sorted, packaged, and transported by machinery, demonstrates that mass production methods have penetrated American agriculture. But in furniture and housing, there seems to be no equivalent to the hybrid tomato.

A conclusive exploration of why mass production in housing, furniture, and some other industries failed to take hold must be the subject of an entirely different study than this one. Still, it is worth speculating about. One hypothesis has been explored in recent seminars at the University of Delaware on material culture, economic history, and the history of technology. In housing, furnishings, and clothing, Americans would for some reason simply not allow their tastes to succumb to mass production techniques and its concomitant standardization. Certainly technology itself was not the limiting factor. Gunnison actually assembled houses on a line in a factory. Yet he sold few houses in comparison with the number of on-site, traditionally built houses in the United States. Singer Manufacturing Company built two large woodworking factories that produced cabinets and tables for its entire U.S. and European output of sewing machines. But the production of a phenomenally large number of sewing machine cabinets failed to lead to a true mass production furniture industry.⁵⁴ American furniture manufacturers continued to operate relatively small factories employing around 150 workers, annually turning out between 5,000 and 50,000 units. Beliefs that automotive production technology holds the key to abundance in all areas of consumption persist today. As recently as 1973, Richard Bender observed in his book on industrial building that "much of the problem of industrializing the building industry has grown out of the mistaken image of the automobile industry as a model."⁵⁵ In many areas, the panacea of Fordism will continue to appeal to those who see in it solutions to difficult

⁵⁴ See Chapter Three of Hounshell, From the American System to Mass Production.

⁵⁵ A Crack in the Rear View Mirror: A View of Industrialized Building (New York: Van Nostrand, 1973), as quoted in William J. Abernathy, Productivity Dilemma (Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1978), p. 8.

economic and social problems. The ethos of mass production, established largely by Ford, will die a hard death, if it ever disappears completely.

Yet the very timing of the rise of this ethos along with the appearance of the Encyclopaedia Britannica article, "Mass Production," shows how full of paradox and irony history is. Although automotive America was rapidly growing in its consumption of everything under the sun and although Ford's achievements were known by all, mass production as Ford had made it and defined it was, for all intents and purposes, dead by 1926.⁵⁶ Ford and his production experts had driven mass production into a deep cul-de-sac. American buyers had given up on the Ford Model T, and the Ford Motor Company watched its sales drop precipitously amid caustic criticism of its inability to accept and make changes. In mid-1927, Henry Ford himself finally gave up on the Model T after 15,000,000 of them had been produced. What followed in the changeover to the Model A was one of the most wrenching nightmares in American industrial history. Designing the new model, tooling up for its production, and achieving satisfactory production levels posed an array of unanticipated problems that led to a long delay in the Model A's introduction. In some respects, the Ford Motor Company never recovered from the effects of its first big changeover. Changes in consumers' tastes and gains in their disposable incomes made the Model T and the Model T idea obsolete. Automobile consumption in the late 1920s called for a new kind of mass production, a system which could accommodate frequent change and which was no longer wedded to the idea of maximum production at minimum cost. General Motors, not Ford, proved to be in tune with changes in American consumption with its explicit policy of "a car for every purpose and every purse," its unwritten policy of annual change, and its encouragement of "trading up" to a more expensive car. Ford learned painfully and at great cost that the times called for a new era, that of "flexible mass production."⁵⁷

⁵⁶ See Chapter Seven of Hounshell, From the American System to Mass Production.

⁵⁷ Henry Ford's term. See Henry Ford in collaboration

The Great Depression dealt additional blows to Ford's version of mass production. With dramatic decreases in sales following the Great Crash, Ford and the entire industry began laying off workers. As a result, Detroit became known as the "beleaguered capital of mass production."⁵⁸ Mass production had not prevented mass unemployment or, more properly, unemployment of the masses but seemed rather to have exacerbated it. While overproduction had always posed problems for industrial economies, the high level of unemployment in the Great Depression made mass production an easy culprit for critics as they saw hundreds of thousands of men out of work in the Detroit area alone. Writing in the New York Times in 1931 Paul Mazur stressed that, "mass production has not proved itself to be an unmixed blessing; in the course of its onward march lie overproduction and the disastrous discontinuity of industry that comes as a consequence." Call it Fordism or mass production, it was nonetheless, "an alluring but false doctrine." Moreover, Mazur argued, "it is essential for business to realize that unquestioning devotion to mass production can [only] bring disaster."⁵⁹

Mazur's comments came in the wake of a previous Times Magazine article entitled, "Gandhi Dissects the Ford Idea."⁶⁰ The article's author, Harold Callender, pitted Ford's doctrine of mass production against Mahatma Gandhi's notion that handicrafts, not mechanization, offered the solution to global problems of unemployment and hunger. The Times Magazine juxtaposed a photograph of an assembly line against one of a group of Indian hand spinners. Captions under the two photographs read as follows: "The Ford Formula for Happiness --

with Samuel Crowther, Moving Forward (Garden City, N.Y.: Doubleday, 1930), pp. 170-86.

⁵⁸ Anne O'Hare McCormick, "The Future of the Ford Idea," New York Times Magazine, May 22, 1932, p.1.

⁵⁹ "The Doctrine of Mass Production Faces a Challenge," New York Times, November 29, 1931, sec. 9; p. 3. Mazur had earlier published an article "Mass Production, Has it Committed Suicide?" in Review of Reviews 77 (May 1929): 476-79.

⁶⁰ November 8, 1931, pp. 2-3, 19.

A Mass-Production Line" and "The Gandhi Formula for Happiness -- A Group of Handicraft Spinners." While few would have agreed with the Gandhi formula, Americans in the depths of the Depression certainly seem to have concluded that developments in mass production had not been matched by the development of "mass consumption." As Mazur put it, "the power of production . . . has been so great that its products have multiplied at geometric rates . . . at the same time the power of consumption -- even under the influence of stimuli damned as unsocial and tending toward profligacy [e.g., advertising and built-in obsolescence (frequent style changes)] -- has expanded only at a comparatively slow arithmetic rate."⁶¹

While Americans may have had doubts about the doctrine of mass production, they by no means were willing to scrap it in favor of the Gandhi formula. Already their desire for style and novelty, coupled with increased purchasing power in the 1920s, had forced even Henry Ford to change his system of mass production. When pushed by the Depression, the greater part of Americans looked for solutions in the sphere of "mass consumption." The 1930s witnessed the publication of an extensive amount of literature on the "economics of consumption."⁶² As

⁶¹ Mazur, "The Doctrine of Mass Production."

⁶² There are several dozens of books on "economics of consumption" published in the 1930s, each suggesting in one way or another that getting the consumer straightened out will lead to the return of good times. For starters see the following literature: E. E. Calkins, "The New Consumption Engineer and the Artist," in A Philosophy of Production, Justis George Frederick, ed. (New York: The Business Bourse, 1930); Harry Tippen, The New Challenge of Distribution: The Paramount Industrial Problem (New York: Harper & Bros., 1932); John B. Cheadle et al., No More Unemployed (Norman, Okla.: University of Oklahoma Press, 1934); Lewis Corey, The Decline of American Capitalism (New York: Covic, 1934); Maurice Leven, et al., America's Capacity to Consume (Washington, D.C.: The Brookings Institution, 1934); William H. Lough, High Level Consumption: Its Behavior; Its Consequences (New York: McGraw-Hill, 1935); Carle C. Zimmerman, Consumption and Standards of Living (New York: D. Van Nostrand Co., 1936); Charles S. Wyand, The Economics of Consumption (New York: Macmillan, 1937); Elizabeth Ellis Hoyt, Consumption in Our Society (New York: H. Holt, 1938); Roland Snow Vaile, Income and Consumption (New York: H. Holt, 1938); and Alfred P. Sloan, Jr., "The Creation of Abundance," Pamphlet, March 11, 1939, Eleutherian Mills Historical Library.

history would have it, the prophets of mass production were proven at least temporarily correct as the United States pulled itself out of the Depression by the mass consumption of war materiel and, after the war, by the golden age of American consumption in the 1950s and 1960s.

Today, however, when we live in a period labelled variously as the "space age," the "information era," the "nuclear age," the "computer society," and "post industrial civilization," mass production and mass consumption have lost much of their centrality as concerns shared by Americans. There are simply few discussions about mass production today that mirror those of the late 1920s and early 1930s. Nevertheless, one still reads about our nation's "productivity dilemma" -- the problem of choosing between frequent product changes and lower productivity or no change and higher productivity.⁶³ This dilemma is by no means new. It was born with the establishment of the ethos of mass production and the new consumption patterns of the late 1920s. Henry Ford, whose company brought mass production into being, well knew the productivity dilemma, even though he seems never to have been able to resolve it. Indeed, the dilemma itself may be insoluble.

⁶³ For an interesting discussion of the productivity dilemma, see William J. Abernathy, Productivity Dilemma.

CARL von LINDES KYLMASKINER I GRÄNSLANDET MELLAN VETENSKAP OCH
EKONOMI

I dag används nedkylningsteknik i en mängd industriella sammanhang liksom i varje modernt hushåll. Denna teknologi, som bygger på mekaniska eller kemiska principer, är av relativt sent datum. Först för ett sekel sedan började kylmaskinerna göra sitt inträde på slakterier och bryggerier, och ännu på tjugotalet var ismannen en vanlig syn i våra bostadsområden. När tyska och amerikanska bryggare under 1800-talets sista decennier kunde överge sitt beroende av naturis nåddes kulmen på femtio års strävanden att alstra köld billigt. Förutom bryggarna själva hade både uppfinnare, ingenjörer, vetenskapsmän, maskintillverkare, måttlighetsivrare och några ljumma vintrar bidragit till dessa ansträngningar.

Denna uppsats kommer att koncentrera sig på ingenjören och högskollärarens Carl von Linde¹ insatser och på det dynamiska spelet mellan honom och övriga aktörer. Den kommer att visa hur Linde kombinerade sina kunskaper i värmelära och maskinkonstruktion för att under 1870-talet framställa en väsentligt förbättrad kylmaskin. Med denna "tekniska termodynamik" representerade han ett nyare ingenjörsideal, där vetenskapliga rön och metoder intog en framskjuten position (Krug 1981). Lindes maskiner fick rykte om sig att stå nära den teoretiskt fulländade Carnotprocessen och att vara mycket driftsäkra, vilket medförde att de på åttiotalet spred sig i stor skala över Tyskland och också vann insteg på den amerikanska marknaden. I likhet med vad flera teknikhistoriker observerat i andra fall kommer vi att se hur viktigt det var med personliga kontakter för att ny teknik skulle kunna föras över Atlanten (Rosenberg 1972; Braun 1983).

I både USA och Europa kom Lindes konstruktion snart att få åtskilliga efterföljare som avvek endast i vissa detaljer. För att illustrera dess inflytande har jag valt att kalla Lindes första framgångsrika maskin för en teknisk arketyp och alla versioner

¹ Han adlades 1897 och hette dessförinnan egentligen Karl (ibland Carl) Linde

som bygger på denna för prototyper. Vidare utvecklingar av dessa benämns typer. Fördelen med att införa denna terminologi är att - förhoppningsvis - underlätta studier i teknikspridning och att försöka skilja på smärre respektive banbrytande tekniska förändringar.

I sekler hade folk sökt svalka under den varma årstiden genom att lagra is från föregående vinter, men det var inte förrän på 1800-talet som handel med naturis blev en stor affär. Frederic Tudor byggde upp ett amerikanskt isimperium med transporter från New England till södra USA och Västindien, medan Norge blev Europas största isexportör (Anderson 1953). Norsk is återfanns på bayerska bryggerier och bättre restauranger i London. Fr o m 1860-talet uppfördes i de större städerna iskylda lokaler för lagring av livsmedel, vilket gjorde det möjligt för befolkningen att hålla en mer varierad kost än tidigare.

Naturisen fick sin största ekonomiska betydelse i produktionen av kött och öl. I USA byggde ett fåtal slakterifirmor upp ett gigantiskt distributionsnät med hjälp av iskylda järnvägsvagnar som förde kött från mellanvästern till Atlantkustens storstäder (Yeager 1981). Slaktningen utfördes nu centralt i Chicagotrakten i stället för hos de lokala slaktarna som inledde bojkotter och skräckkampanjer, där kylt kött påstods vara en hälsorisk. Samma debatt fördes i England dit kylt kött exporterades från hela Amerika och Australien (Perren 1978). I takt med fallande priser och förbättrad köttkvalitet accepterade dock konsumenterna att is användes. Detsamma gjorde bryggeriernas kunder, eftersom förekomsten av iskylda lagerkällare innebar att öl bryggt vintertid kunde inmundigas under större delen av året. Speciellt i USA och Tyskland ledde detta till ett uppsving för det s k lagerölet med flera månaders hållbarhet. Till skillnad från det mindre hållbara toppjästa ölet kräver det bottenjästa lagerölet nämligen låga temperaturer (1-4 grader) vid både jäsning och lagring.

Inom både köttindustrin och bryggerinäringen blev man mer beroende av is, samtidigt som produktionen blev mer storskalig och koncentrerad (Chandler 1977). På samma sätt som varje samhälle inte längre behövde ha sin egen slaktare var det inte nödvändigt att det hade en lokal bryggare. Liksom Chicago blev USAs köttmetropol växte städer som St Louis, Missouri, upp som natio-

nella bryggericentra (Plavchan 1976). Iskylning möjliggjorde både ett större avsättningsområde och produktion under en större del av året än tidigare. Som vi kommer att se nedan förstärktes alla dessa tendenser när man började skaffa kylmaskiner. Naturen hade röjt vägen för de senare genom att göra vissa industrigrenar beroende av kylanläggningar, men den hade också placerat dem i en riskfylld situation. En mild vinter ledde ofelbart till upptrissade ispriser följande sommar. Istransporterna var långväga och inte alltid pålitliga. Dessutom fick den naturliga produkten utstå hårda attacker i den allmänna debatten för sin ohälsosamhet. De vattendrag och sjöar, där man skördade isen kunde ju vara förorenade.

Samma kritik kunde naturligtvis riktas mot artificiellt framställd konstis, men för denna använde man i allt högre utsträckning destillerat och filtrerat vatten. I början av 1860-talet blev ismaskinen ett ekonomiskt tänkbart alternativ för t ex den bryggare som ville komma ur sitt naturisberoende, men bristfällig konstruktion och stor bränsleåtgång kunde ofta ge honom mycken huvudvärk. Därtill kom att han fortfarande fick finna sig i de nackdelar som all slags is besitter: Den är skrymmande och medför hög luftfuktighet. Isen upptog ofta halva golvytan i en lagerlokal som blev svår att hålla torr och fri från mögel. Vidare var det inte enkelt att medelst iskylning nå och bibehålla en låg och konstant temperatur. Dessa problem kunde endast lösas med hjälp av ett direktverkande kylsystem, som inte tog omvägen över is (fig 1). I en sådan anläggning kopplas en kylmaskin till

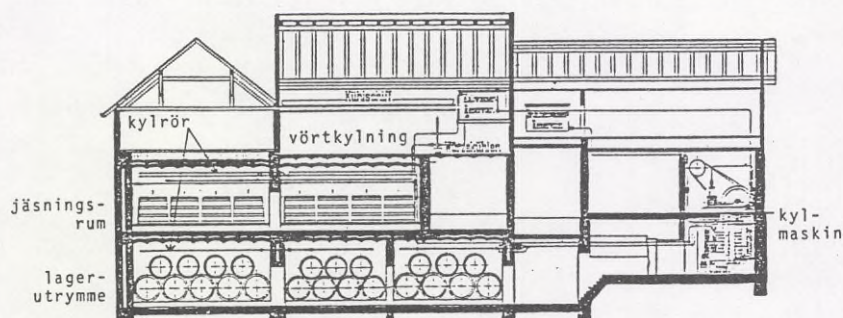


Fig. 1. Bryggeri med direktverkande kylanläggning (från Lehnert 1905)

ett rörsystem vari strömmar en kall gas eller saltlösning, som direkt kyler lokalen ifråga. Dessa rör hängs i utrymmets tak eller placeras i ett särskilt rum vars nedkylda luft förs genom de lokaliteter man önskar hålla svala och torra. Eftersom en stor del av luftens fuktighet avsätter sig på de kalla rören - som regelbundet måste knackas fria från is - bidrar ett direktverkande system automatiskt till att luften hålls torr, så länge den tillåts cirkulera genom lokaliteterna.

Om man betraktar det sena 1800-talets kylmaskiner kan man dela in dem i tre huvudgrupper: Kallluft-, absorptions- och ångkompressionsmaskiner. Kategoriseringen görs oberoende om de användes för istillverkning eller direktkylning. Eftersom alla på den tiden tillverkade maskiner - med undantag av ett fåtal hybrider - kan fogas in i någon av de tre grupperna, kallar jag dessa för grundprinciper. Alla arketyper, prototyper och typer är alltså ytterst tillämpningar av en av grundprinciperna.

Principen hos kallluft- eller luftexpansionsmaskinerna framgår av fig 2. Luften i cylinder A komprimeras innan man sänker dess temperatur med hjälp av kylvatten. Efter det att man öppnat ventilen C tillåts luften hastigt expandera mot kolven i cylinder B. Då luften härvid uträttar ett visst arbete kommer den att dra värme från sin omgivning. Problemen med denna grundprincip var flera: Den krävde enorma dimensioner och hade ringa verkningsgrad. Dessutom uppstod lätt isbildning inne i maskineriet eftersom luften alltid innehåller en viss mängd vattenånga (Gale 1893/94). Detta till trots konstruerade britterna James Colemann och John och Henry Bell i slutet av 1870-talet en kallluftmaskin som användes i köttransporterande fartyg (Nywallson 1905).

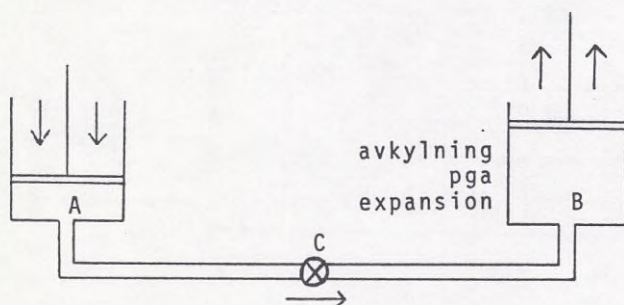


Fig. 2. Grundprincipen för luftexpansionsmaskiner

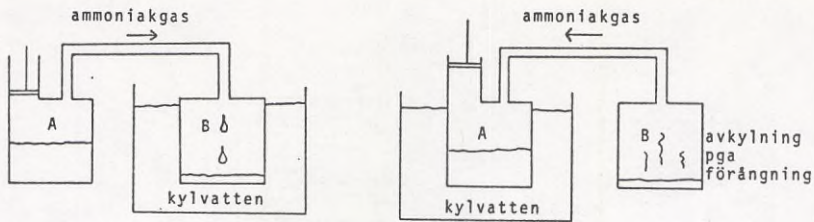


Fig. 3a, 3b. Grundprincipen för absorptionsmaskiner, steg a resp. steg b

I absorptionsmaskinerna använder man en förening som villigt löser sig i och har lägre kokpunkt än vatten - oftast ammoniak. Vatten-ammoniak-lösningen i behållare A värms, varvid ammoniaken förångas och leds över till B där den kondenseras (fig 3a). Då trycket minskas kommer ammoniaken åter att förångas under upptagande av värme och därpå absorberas av det nu nedkylda vattnet (fig 3b). 1859 erhöll fransmannen Ferdinand Carré ett på denna princip baserat patent, som fick mycket stor betydelse för de följande två decennierna. Carrés maskin blev vad vi kan kalla en arketyp för åtskilliga absorptionsanläggningar, eller som en senare betraktare uttryckt det: Carré "införde den första ammoniakbaserade absorptionsmaskinen som blev mönstret för åtskilliga amerikanska absorptionsanläggningar" (Woolrich 1967:24, min övers). Daniel Holden var en av dem som i slutet av 1860-talet byggde vidare på Carrés arketyp och med en förbättrad version - lämpligen kallad prototyp - gjorde absorptionsprocessen kommersiellt gångbar i amerikanska södern. Dess största nackdel var explosionsrisken, som uppstod på grund av läckage eller gasansamling inuti maskinen (Hall 1888).

Den tredje grundprincipen är ångkompressionsmaskinens, illustrerad i fig 4. Även här används oftast ammoniak som cirkulerande köldmedium, men även eter och svavel- och koldioxid har förekommit. Den vattenfria ammoniaken lämnar kondensorn A i flytande form och leds till förångaren B, där den möts av lågt tryck och snabbt övergår i gasform, varpå omgivningen - i detta fall en saltlösning - avkyls. Ammoniakgasen sugas in i kompressorn C och komprimeras där åter till vätska. Före Carl von Lindes inträde på scenen trodde de flesta specialister att kompressions- eller - som de också betecknades - kallångsanläggningarna inte hade någon lovande framtid. Konstruktörerna hade svårt att hålla

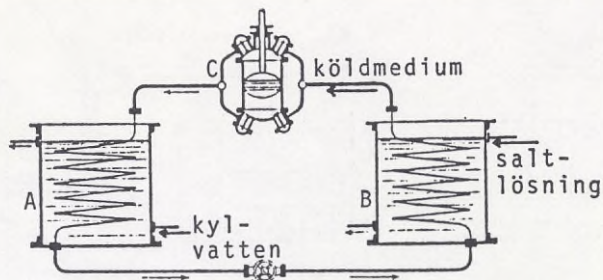


Fig. 4. Grundprincipen för ångkompressionsmaskiner (från Lehnert 1905)

cylindrarna täta, och läckage medförde lägre verkningsgrad samt risk för kvävning och explosioner. I synnerhet koldioxid fordrade - på grund av sitt låga ångbildningsvärme - maskiner av stora dimensioner eller tålande höga tryck, vilket krävde en väl utvecklad maskinteknik och metallurgi.

På 1870-talet medförde en mogen teoribildning i kombination med en förbättrad teknologi att kompressionsmaskinerna började bli konkurrenskraftiga. Det var alltså främst Linde som bidrog här till genom att - både teoretiskt och praktiskt - bevisa denna grundprincips överlägsenhet. Han gjorde detta först genom publicerandet av två teknikvetenskapliga artiklar och därefter genom utvecklandet av flera kylmaskintyper, som snart erövrade en betydande del av marknaden. Vi skall nu se närmare på Lindes bakgrund och hur han gick till väga samt analysera de faktorer som befordrade uppkomsten av en på termodynamiken baserad kylteknik.

Linde föddes 1842 i Berndorf, Oberfranken. För en son till en kyrkoherde låg teologbanan närmast till hands, men feriearbete under tonåren vid ett bomullsspinneri väckte hans intresse för tekniken. Vid 19 års ålder for han till Zürich och skrev in sig vid Das Eidgenössige Polytechnikum, en skola som i högsta grad strävade efter att ge sina studenter en matematisk och teoretisk grund. Detta mål framgår tydligt, om man ser på den undervisning Linde erhöll i värmelära och maskinteknik. I maskinkonstruktion åhörde han Franz Reuleaux, en av Tysklands främsta företrädare för en vetenskapligt rigorös teknologi (Manegold 1978). Enligt Reuleaux måste teknologin baseras på vetenskapliga fakta och metoder, och skolan bör ge studenten en allmängiltig problemlösningsskema som han senare kan använda i praktiken (jfr t ex Reuleaux 1861).

Vi kan också sluta oss till att Lindes studier hade en teoretisk karaktär av det faktum att hans lärare i värmelära hette Rudolf Clausius - entropibegreppets uppfinnare. På hans föreläsningar kom Züricheleverna i kontakt med den allra senaste fysiken, i enlighet med Reuleaux' program. Detsamma kan sägas om Gustaf Zeuners lektioner i maskinlära, där bl a dennes Grundzüge der mechanischen Wärmetheorie användes. Här beskrev Zeuner vilken uppgift en modern lärare vid en teknisk läroanstalt "framför allt" måste ha, nämligen "att med uppmärksamhet följa fysikens framsteg" (Zeuner 1866:V, min övers). I sin strävan att göra fysikens lagar förståeliga för tekniker nyttjade han åtskilliga mekaniska analogier och sökte på så sätt skapa en "teknisk termodynamik" baserad på energiprincipen. I sina beräkningar utnyttjade Zeuner flitigt de energimässiga sambanden mellan mekaniska, kemiska, termiska och elektriska processer. Som K Krug observerat blev Zeuner i bokstavlig mening skolbildande; på ett programmatiskt vis lanserade han sin värmelära som en "teknikvetenskaplig disciplin" och fick flera lärjungar, bland dem Linde (Krug 1981).

Bland Lindes övriga lärare märks t ex P A Bolley i kemiteknik, Karl Culmann i ingenjörsvetenskap och J W R Dedekind i matematik. Av allt det ovan nämnda torde framgå att man i Zürich lade tyngdpunkten på teknologins vetenskapliga aspekter, vilket man hoppades skulle öka teknologernas anseende och göra dem till bättre problemlösare. I Monte A Calverts terminologi representerade Das Polytechnikum den tekniska "skolkulturen" där läroböcker, vetenskapliga metoder och laborationer spelade en central roll (Calvert 1967). Under andra hälften av 1800-talet började denna slå ut den äldre sk "verkstadskulturen" med dess betoning på muntlig kunskapsöverföring och praktisk maskinträning.

När Linde utexaminerades från Zürich 1864 var han sålunda i stort behov av praktisk erfarenhet för att bli en fullfjädrad ingenjör. Denna erfarenhet skaffade han sig under fyra års tid genom olika anställningar i Kempten, Berlin och München. Som praktikant på konstruktionsavdelningen vid Borsigs lokomotivfabrik i Berlin lärde han sig att praktiskt lösa komplicerade maskintekniska problem. Hans arbete med lokbromsar var av hög klass och renderade honom ett pris vid en utställning i Paris. Med andra ord, Linde hade både en fin teoretisk bakgrund och bevis på praktisk kompetens, då han 1868 kallades till Münchens

Polytechnische Schule (som strax därpå omorganiserades och blev Technische Hochschule). Han erhöll där en extraordinarie professorstjänst i teoretisk maskinlära och blev 1872 ordinarie professor - vid trettio års ålder. Med sig till München tog Linde den "skolkulturella" tradition han fostrats i; sålunda grundade han t ex 1875 ett av Tysklands första maskintekniska laboratorier. Det Zeunerska inflytandet framgår klart, om man undersöker de föreläsningssanteckningar som fördes av Lindes mest kände elev, Rudolf Diesel. Det var för övrig Lindes lektioner i värmelära som gav Diesel den första inspiration, som kom att leda till utvecklingen av hans berömda eller beryktade motor.

Som ung professor kom Linde på allvar i kontakt med kyltekniken, närmare bestämt 1870, då en prisfråga i Zeitschrift des Verein deutscher Ingenieure väckte hans intresse. Uppgiften bestod i att finna en metod för förvaring av paraffin vid -5° och motive- rade Linde att skriva två artiklar i Bayerisches Industrie- und Gewerbeblatt. I den första, från 1870, går han igenom kyltekni- kens termodynamiska grunder och beskriver för- och nackdelar hos befintliga kylsystem, medan han i den andra, publicerad följande år, föreslår hur en maskin bör konstrueras för att vara maximalt effektiv.

Redan i inledningen till sin första uppsats slår Linde fast att huvudproblemet är att bestämma vilken "process" eller - för att använda den ovan nämnda terminologin - grundprincip, som bör vara mest fördelaktig (Linde 1870). Men innan han anser sig beredd att ta ställning till den frågan kommer han fram till att alst- rande av köld lämpligen bör ske genom att man låter en gas uträt- ta arbete under expansion. Efter en något förvirrad genomgång drar Linde den förhastade slutsatsen att man skulle kunna över- träffa Carnotcykelns effektivitet om man lät expansionen ske vid gradvis ökande temperatur och tryck. För hans fortsatta diskus- sion spelar detta resultat dock ingen roll, ty han konstaterar omgående att man i praktiken måste följa - den i våra ögon idea- la - Carnotprocessen. Här låter man gasen utvidga sig i två steg: först utan värmeförlust och därefter vid konstant temperatur, då köldalstring sker. I och med att Linde i fortsättningen hål- ler sig till Carnotcykeln har han möjlighet att med ett enkelt uttryck beräkna vad vi i dag kallar köldfaktorn för olika ut- gångs- och sluttemperaturer. Köldfaktorn är ett värde på en kyl-

maskins effektivitet: ju lägre siffra desto bränslesnålare apparat. I ett exempel förutsätter Linde att man vill framställa -3° kall is. Han kommer fram till att om man har riklig tillgång på tiogradigt kylvatten, kan man teoretiskt erhålla maximalt 98 kg is per hästkraft och timma (hkt).² Tyvärr tvingas han dock konstatera att befintliga ismaskiner inte förmår producera mer än högst 15 kg/hkt. Efter en jämförelse mellan de tre grundprinciperna finner Linde att kompression verkar ha de mest lovande utsikterna, men också att avsevärda konstruktionsförbättringar är av nöden. Hans undersökning av engelsmannens D E Siebe etyletermaskin visar att otätheter och avvikelser från idealcykeln resulterar i en produktion av endast 9 kg is per hkt. I Siebes apparat expanderar gasen vid konstant tryck i stället för vid konstant temperatur, vilket Carnotprocessen kräver. Dessutom är etyleter av tvivelaktigt värde på grund av sitt låga specifika värme, dvs värmekapacitivet. Om man däremot låter expansionen ske vid konstant temperatur, använder ett bättre köldmedium och lyckas täta alla läckor bör alltså ångkompression bli en framgångsrik metod.

I sin påföljande artikel ger Linde just en beskrivning av hur en förbättrad maskin skulle kunna se ut (Linde 1871). Tillfälligtvis träder här de termodynamiska beräkningarna i bakgrunden och han visar en annan sida av sitt ingenjörssansikte då han diskuterar smörjmedel och packboxar. Som köldmedium lanserar Linde metyleter, vilken sägs kräva relativt lågt arbetstryck och inte föranleda explosioner eller påverka material som järn och stål. Metyleter gör dock inte problemet med läckor mindre påträngande; man måste dels finna ett lämpligt smörjmedel, dels konstruera en tät kompressor. Linde föreslår att kvicksilver används för att både smörja och täta en dubbelverkande kompressor. I stort sett följer hans system den grundprincip för ångkompression som redogjorts för ovan. Att Lindes beskrivning saknar noggranna detaljer är knappast förvånande, eftersom vi har att göra med en allmänt hållen ingenjörsvetenskaplig uppsats - inte en patentansökan eller konstruktionsritning.

² Siffrorna är justerade så att förutsättningarna i exemplet blir lika med de värden Linde laborerar med senare. Detta för att jämförelser ska bli rättvisa.

På vilket sätt Linde angriper tekniska problem med termodynamiska verktyg framgår klart av hans genomgång av olika typer av verk-ningsgrader (ibid). Den hjälper honom t ex att konstatera att en vanlig kallluftmaskin aldrig blir lika effektiv som en eterappa-rat, men att skillnaden dem emellan minskar då temperaturinter-vallet maskinerna arbetar inom växer. Han visar vidare att de 98 kg is per hkt från det ovan nämnda exemplet i allmänhet inte kan uppnås, eftersom köldalstringen måste ske vid en betydligt lägre temperatur än -3° , om inte anläggningen ska få oerhörda dimensioner eller tvingas arbeta mycket långsamt. Ett mer prak-tiskt exempel ger då 41% verkningsgrad, eller 40 kg is per hkt, om man låter isen bildas vid -15° och om kylvattnet är $+15^{\circ}$. Slutligen gör Linde en grov uppskattning av förluster på grund av friktion, läckage, strålning och värmeledning och kommer fram till att en produktion av 30 kg is per hkt vore ett fullt rea-listiskt mål. Med andra ord borde t o m de allra bästa kylmaski-nerna kunna överträffas med hundra procent.

Denna slutsats drog alltså Linde 1871 men övergav därpå ämnet för en tid. Först två år senare blev han uppmuntrad att fortsät-ta på den inslagna stigen, då han presenterade sina idéer vid en internationell bryggerikongress i Wien. Lindes föredrag väckte stort intresse hos flera bryggare, som just genomlevde sviterna efter en ovanligt mild vinter med åtföljande astronomiska is-priser. Gabriel Sedlmayr från München erbjöd sig mer eller mind-re på stående fot att stödja utvecklandet av ett effektivt kyl-system. Linde förklarade sig villig att ta steget till praktiskt konstruktionsarbete under förutsättning att Sedlmayrs Spaten-brauerei stod för omkostnader och lokaler. Han behöll sin nyvunna ordinarie professorstjänst med skaffade sig sålunda vad vi skulle kunna kalla ett kyltekniskt forsknings- och utvecklingslaboratori-um vid detta bryggeri.

Även om ett bryggeri inte verkar vara den bästa miljön för ma-skintekniskt konstruktionsarbete dröjde det inte länge förrän Linde fått fram en fungerande maskin, vars kompressor är avbildad i fig 5. Denna modell ett laddades med metyleter och lär ha varit dubbelt så effektiv som någon existerande kylmaskin.

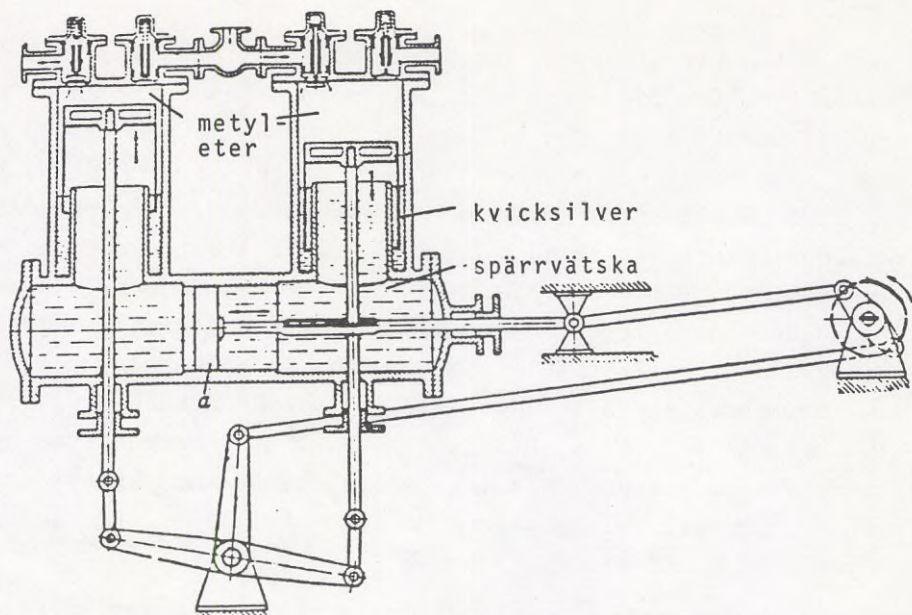


Fig. 5. Lindes kompressor, modell nr 1

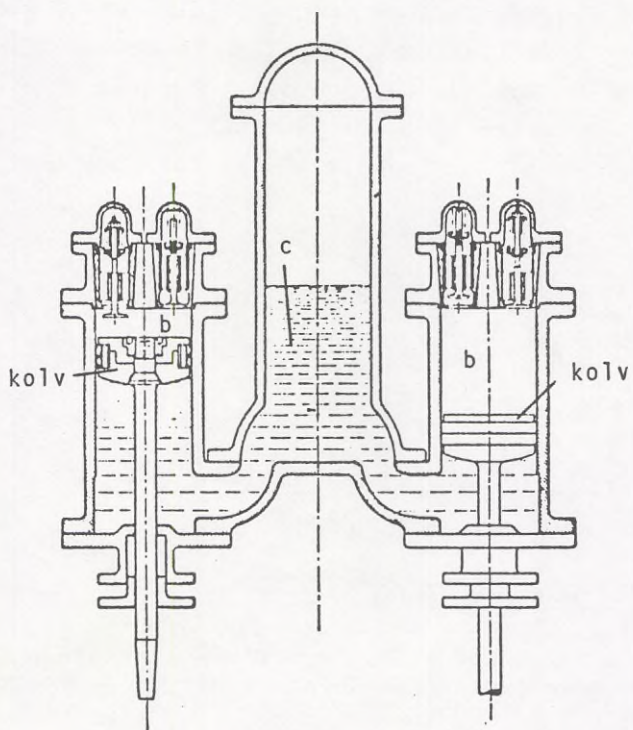


Fig. 6. Lindes kompressor, modell nr 2

Trots detta var Linde och hans medarbetare³ inte nöjda med dess omständliga och långsamma gång utan började utveckla en ny kompressor, modell nr 2 (fig 6). Som en följd av de problem de haft med transport av och olyckor med metyletern övergick de nu till att använda vattenfri ammoniak (b) som köldmedium. Läckor motverkades på ett bättre sätt än i modell nr 1 genom att den kombinerade smörj- och spärrvätskan (c) - glycerin - hela tiden stod under högre tryck än ammoniakerna. De två återstående kolvarna var dessutom läderpackningsförsedda. En anläggning med en dylik kompressor installerades 1877 vid det Dreherska bryggeriet i Triest. Redan i Wien 1873 hade Anton Dreher personligen uppmantrat Linde att utveckla ett tillfredsställande kylsystem. Eftersom maskineriet fungerade ända fram till 1908 torde den förre ha varit nöjd med Lindes insats.

Version nr två med sina stående cylindrar blev underlag för Lindes första patent på det kyltekniska området (fig 7). Köldalstring sker i förångaren A som i genomskärning ser likadan ut som kondensorn B. I bägges rörsystem strömmar köldmediet, som efter hand förnyas från destillationskärlet K. Rörsystemet i förångaren är omgivet av en saltlösning och det i kondensorn av kylvatten. Figuren visar tyvärr allt för få detaljer av Lindes stolthet, packningssystemet. Det framgår i alla fall att överflödigt

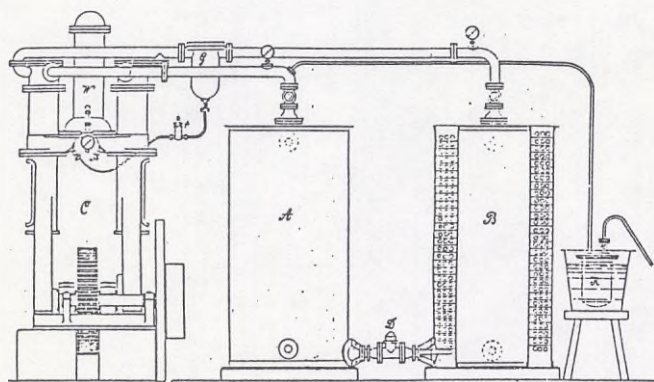


Fig. 7. Patentschrift No. 1250: Karl Linde in München. Kälteerzeugungsmaschine. Patentierte im Deutschen Reiche vom 9. August 1877 ab."

³ I gruppen kring Linde ingick bl a Georg Krauss (direktör vid Krauss' lokfabrik där Linde tidigare varit anställd), ingenjör Friedrich Schipper och Robert Banfield

glycerin uppsamlas i G och leds tillbaka till undre delen av kompressorn. I övrigt innehåller patentet en beskrivning av en isgenerator till vilken den nedkylda saltlösningen förs från förångaren. Patentbrevet säger däremot ingenting om prestanda eller vilket termodynamiskt kretslopp anläggningen är avsedd för. Liksom grundprincipen - dvs ångkompression - var Carnot-cykeln inte patentbar, men själva maskineriet kunde Linde erhålla patent på. Stora delar av patentet blev dock snart inaktuella då Lindes lilla grupp lanserade modell nr 3, en snabbare maskin med horisontell och dubbelverkande kompressor (fig 8). Trean vann snart stor popularitet bland bryggare och förblev i grund och botten densamma under flera decennier. Den kom också att inspirera andra tekniker till smärre förändringar. Vi kan säga att deras versioner var nya prototyper baserade på Lindes modell nr 3 - arketypen.

Under de första åren skedde alltså det ovan nämnda konstruktionsarbetet vid Spatenbryggeriet, medan Maschinenfabrik Augsburg (MA) tog hand om tillverkningen. Då ryktet om Lindes effektiva och pålitliga anläggningar spritt sig även utanför Tyskland började han sälja tillverkningslicenser till flera verkstadsföretag i väst- och sydeuropa. 1877 exporterades den första maskinen till England. Denna expansion pockade på en organisatorisk förändring av Lindes verksamhet. För att säkra mer resurser till teknisk utveckling och marknadsföring lämnade Linde 1879 Münchens tekniska högskola och flyttade till Wiesbaden, där ett aktiebolag bildades på initiativ av järnvägsbyggnadsdirektören Carl Lang. Enligt stadgarna för Gesellschaft für Linde's Eismaschinen (GLE) var dess mål tvåfaldigt, dels "exploateringen av Lindes patent",

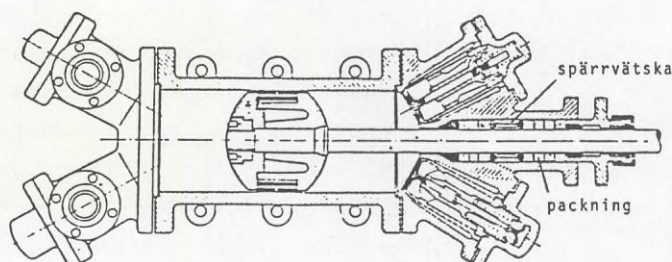


Fig. 8. Lindes kompressor, modell nr 3

dels "uppförandet av kylanläggningar och isfabriker". På grund av att själva tillverkningen togs om hand av stora verkstadsindustrier som MA kunde en ökad efterfrågan snabbt tillgodoses. Till GLEs framgångar bidrog i högsta grad att man kunde ytnyttja MAs resurser och kunnande på maskinproduktionens område. Från en sammanlagd tillverkning av 41 maskiner under GLEs första tre år steg produktionen raskt till 133 anläggningar under enbart 1884. Året därpå hade aktiekapitalet vuxit till 1,2 miljoner Mark från ursprungligen 0,2 miljoner. För att praktiskt bevisa sitt maskineris förträfflighet och ekonomiska potential lät GLE i flera tyska storstäder uppföra kylhus där lokala handlare kunde hyra lagerutrymme.

Kylhus och isfabriker kom annars att uppföras av lokala producentkooperativ jämte enskilda företag och kapitalägare. Avsikten var lagring av - oftast - livsmedel respektive försäljning av konstis. GLEs alltigenom största kundgrupp var dock bryggerier, vilka svarade för ca 40% av inköpen. Inledningsvis använde bryggarna sina kylanläggningar för att raskt kyla ner den kokande vörten. Av rädsla för maskinhaveri drog man sig för att inrätta ett direktverkande kylsystem också i jäsnings- och lagerlokaler, men under 1880-talet försvann skepsisen.

Till en början hade Linde haft god nytta av sin vetenskapliga prestige och Gabriel Sedlmayrs status i bryggarkretsar. Efter hand kunde GLE också använda sig av mycket smickrande siffror om driftsäkerhet och ekonomisk lönsamhet i sin marknadsföring. Det var en kombination av vetenskaplig auktoritet och tekniskt precisionsarbete som gjorde GLE till Europas ledande kylmaskin-konstruktör och bidrog till att företaget kunde exportera sin första anläggning till USA under vintern 1879/80. Den installerades vid ett Chicagobryggeri av verkstadsföretaget Fred W Wolf Co, som 1881 erhöll rätten att tillverka GLEs maskiner på licens (Goosman 1925). Wolf hade själv rest över Atlanten för att säkerställa licensavtalet och kunde snart bygga upp en betydande marknad i mellanvästern. Trots sin erfarenhet av maskinkonstruktion såg sig Wolf Co nödgat att anställa en tysk mekaniker, Julius Rebsamen, som behärskade Lindes produkter. Det rådde fortfarande brist på amerikanska kyltekniker, och flera europeer var behjälpliga vid överförandet av know-how. Det var ofta otillräckligt

att sända enbart ritningar eller en maskin över Atlanten, och kyltekniska läroböcker existerade ännu inte.

I Europa kom GLEs absoluta genombrott 1881 då två bryggerier i Dortmund skaffade var sin anläggning för att hålla sina lagerkällare svala och torra (Carl ... 1919). Härmed slapp de vara beroende av skrymmande is; tidigare hade det i genomsnitt gått åt 1,5 kg is för varje liter framställt öl. Mekanisk kylning innebar att de tendenser till ökad kontroll av produktionen, som inletts under naturisperioden, förstärktes. Bryggaren var inte längre beroende av vädrets makter för att kyla sina lokaler, och han kunde nu mer i detalj reglera temperatur och luftfuktighet. Verksamheten behövde inte längre ligga nere under sommarmånaderna utan kunde fortgå året om. Den ökade kontrollen innebar också att konsumenten kunde erbjudas en enhetlig produkt året om i stället för ett vinter- och ett sommaröl. Tillsammans med iskyllda transporter och pastörisering bidrog mekanisk kylteknik till en centralisering av ölproduktionen, genom att ett företag kunde frakta sina hållbarare varor längre sträckor. Det är intressant att notera att man på allvar började införa konstis och direktverkande kylsystem samtidigt som ölproduktionen kraftigt ökade. Under 1880-talet steg den i Tyskland med i genomsnitt 5,5 procent årligen, mer än under något annat decennium 1850-1900 (One ... 1903).

Förvisso vore det förhastat att hävda att bryggeriernas produktionsökning var en direkt följd av att de anammat mekanisk kylteknik, men det är ovedersägligen så att Lindes apparater dök upp vid en lämplig tidpunkt. För att möta en växande ölkonsumtion hade bryggarna gjort sig allt mer beroende av naturis - en knapp och opålitlig resurs. Eftersom de var missnöjda med 1860-talets kylmaskiner blev flera av dem mycket entusiastiska, då Linde med vetenskaplig pondus kunde utlova fördubblad effektivitet. När hans maskiner sedan visade sig vara välkonstruerade och tekniskt genomtänkta strömmade köpare till. Med Calverts terminologi skulle vi kunna tolka Lindes framgångar så att han förmådde kombinera skolkulturen från Zürichs Polytechnikum med verkstadskulturen från Borsigs och Krauss' lokfabriker. Den förra ledde honom till bl a insikten att ångkompression är termodynamiskt sett mest fördelaktig och den senare till bl a utvecklandet av en revolutionerande packbox.

Ingenjörsarbete är dock inte bara idé och konstruktion utan också fabrikation. I producentledet erhöll Linde särskilt värdefull hjälp från Maschinenfabrik Augsburg, som inte verkar ha haft några större problem med att börja tillverka kylanläggningar. Som många andra verkstadsföretag kunde MA med sina kunskaper och sitt kapital relativt lätt gå från produktion av ett slags maskiner till ett annat. Denna flexibilitet kallas ofta "teknisk konvergens" och har föranlett flera ekonomi- och teknikhistoriker att placera verkstadssektorn i centrum av 1800-talets industrialiseringsprocess (Rosenberg 1976).

Vi bör alltså modifiera bilden av Lindes framgångar. De berodde inte enbart på hans skol- och verkstadsbakgrund utan i lika hög grad på samspelet mellan honom, MA, Sedlmayr, Dreher, Krauss, m fl. Alla bidrog på sitt sätt till utvecklingen av den Lindeska arketypen och de inspirerade varandra. Om t ex Sedlmayr inte hade erbjudit Linde sina resurser vid kongressen i Wien 1873 hade kanske Lindes insatser på kylteknikens område begränsat sig till de två uppsatserna från 1870-1871.

Avslutningsvis några ord om sekvensen grundprincip - arketyp - prototyp - typ, som jag lanserat som hjälpmedel vid studier av teknisk utveckling och diffusion. Med grundprincip förstås den icke patenterbara process som de övriga tre elementen är tillämpningar av. En arketyp kan vara patenterad men behöver inte vara det. I det förra fallet fastnar alla produktutvecklare utom patentinnehavaren i en återvändsgränd och blir tvungna att få fram en ny och väsentligen annorlunda arketyp. I andra fallet är det däremot fritt fram att konstruera något liknande. Jag benämner den senare prototyp, om den inte är identisk med arketypen men likväl baserad på denna i väsentliga stycken. Schemat skulle kunna illustreras av ett träd, där grundprincipen representeras av stammen, arketyperna av större grenar, prototyperna av smågrenar och typerna av kvistar.

För att vara relevant måste ett dylikt klassificeringssystem vara förankrat i historiska relationer. Om två uppfinningar gjorts oberoende av varandra kan man knappast påstå att den ena är en prototyp som utvecklats ur den andra, utan man bör placera dem på olika grenar. Härvid blir systemet användbart även i fall där tekniköverföring inte förekommit. I fallet med kylteknik är

t ex den ovan gjorda tredelningen av grundprincipnivån högst naturlig, eftersom den sammanfaller med den uppspaltning tidens tekniker själva gjorde (Linde 1871, Ewing 1908). Om vi betraktar grundprincipen ångkompression kan vi säga att Siebes etyletermaskin och Lindes modell nr 3 utgjorde arketyper. På den senare gjorde bl a Wolf vissa förändringar och skapade på sätt en prototyp för den amerikanska marknaden. Hans olika modeller och storlekar kan vi slutligen kalla typer - avknoppningar från prototypen.

Inte bara USA importerade GLEs maskiner på ett tidigt stadium, också i Indien och Sydamerika förekom installationer under 1880-talet. Europa förblev dock den viktigaste marknaden med ca 80% av GLEs totala försäljning. Vid sidan av de traditionella kunderna - köttproducenter och bryggerier - dök med tiden allt fler andra företag upp som intressenter: den kemiska industrin, choklad- och gummifabriker. Det dröjde dock ända till 1930-talet innan mekaniska eller kemiska kylskåp gjorde sitt intåg i hushållen, men det är en annan historia.

Källor och litteratur

(Jag har dessutom utnyttjat opublicerat material vid arkiven hos Linde AG i Höllsriegelkreuth utanför München och biblioteket på Deutsches Museum i München)

Anderson, Oscar E: Refrigeration in America: A History of a New Technology and Its Impact. Princeton 1953

Braun, Hans-Joachim: Methodenprobleme der Ingenieurwissenschaft, 1850 bis 1900. Technikgeschichte, 44 (1977) 1-18

Calvert, Monte A: The Mechanical Engineer in America, 1830-1910. Baltimore, Maryland 1967

Carl von Lindes Kältemaschine und ihre Bedeutung für die Entwicklung der modernen Lagerbierbrauerei. Berlin 1929

Chandler, Alfred D, Jr: The Visible Hand: the Managerial Revolution in American Business. Cambridge, Mass, 1977

Ewing, J A: the Mechanical Production of Cold. Cambridge 1908

Gale, Arthur R: Refridgerating-Machines. Min of Proc of The Inst of Civ Eng, 118 (1893-1894)

Goosman, J C: History of Refrigeration. Ice & Refrigeration, 66-71 (1924-1926)

Hall, Henry: The Ice Industry of the United States. I US Dept of the Interior, Census Office: Report on Power and Machinery Employed in Manufactures (Tenth Census). Washington, DC, 1888

- Krug, K: Zur Herausbildung der technischen Thermodynamik am Beispiel der wissenschaftlichen Schule von G A Zeuner. NTM-Schriftenreihe Gesch naturwiss Technik, Med, 18 (1981), 79-97
- Lehnert, W M: Leitfaden der Modernen Kältetechnik, ihr Anwendungsgebiet, ihre Maschinen und ihre Apparate. Leipzig 1905
- Linde, C: Ueber die Wärmeentziehung bei niedrigen Temperaturen durch mechanische Mittel. Bayerische Industrie- und Gewerbeblatt (1870), 205-210, 321-326, 363-367
- Linde, C: Verbesserte Aies- und Kühlmaschinen. Ibid (1871), 264-272
- Manegold, Karl-Heinz: Technology Academised: Education and Training of the Engineer in the 19th Century. I Krohn, Layton, Weingart (red): The Dynamics of Science and Technology. Dordrecht, Holland, 1978, s 137-158
- Nywallson, C V: Kylmaskinen. Göteborg 1905
- One Hundred Years of Brewing: A Supplement to the Western Brewer, 1903. Chicago & New York 1903 (nytryck New York 1974)
- Perren, Richard: The Meat Trade in Britain 1840-1914. London 1978
- Plavchan, Ronald J: a History of Anheuser-Busch, 1852-1933. New York 1976
- Reuleaux, Franz: Der Constructeur. Ein Handbuch zum Gebrauch beim Maschinen-Entwerfen. Braunschweig 1861
- Rosenberg, Nathan: Perspectives on Technology. Cambridge 1976
- Rosenberg, Nathan: Technology and American Economic Growth. New York 1967
- Yeager, Mary: Competition and Regulation: The Development of Oligopoly in the Meat Packing Industry. Greenwich, Conn 1981
- Zeuner, Gustav A: Grundzüge der mechanischen Wärmetheorie (2:a uppl). Leipzig 1866

Nils Göran Sjöstrand

KÄRNTEKNIKENS HISTORIA ÄR DELVIS SKRIVEN, MEN MYCKET FATTAS

Per Ragnarson pläderar¹ för att efterkrigstidens teknikhistoria skall bli bättre belyst. Som ett eftersatt område nämner han kärntekniken. Jag håller med honom om att de mer eller mindre officiella redogörelserna för kärnteknikens framväxt i USA², Storbritannien³, Canada⁴, Frankrike⁵ och Tyskland⁶ innehåller mer politik än teknik. En motsvarande beskrivning av Sovjetunionens kärntekniska utveckling är mera rik på tekniska detaljer⁷.

Förutom dessa nationella översikter finns det dock en del böcker om speciella kärntekniska projekt. Här belyses ofta de praktiska problemen på ett utmärkt sätt. I en bok om de amerikanska nukleära ubåtarna⁸ diskuteras bl a valet mellan en natriumkyld reaktor och en lättvattenreaktor som drivkälla. Att den senare segrade för ubåtsdriften ledde till att denna reaktortyp fick ett tekniskt försprång, som det har varit svårt för andra slags reaktorer att hämta in. I en annan bok⁹ behandlas den snabba brydreaktorn Fermi-I, som var i drift under åren 1963-1966 men som fick läggas ned efter ett missöde. Av större intresse för svenskt vidkommande är ett arbete om den i OECDs regi byggda experimentreaktorn Dragon¹⁰, som under åren 1964-1975 gav värdefulla erfarenheter åt medlemsländerna. Sverige bidrog till detta projekt både finansiellt och personellt.

Avsikten med dessa rader är bara att påpeka att det verkligen finns ett antal arbeten, som på ett förtjänstfullt sätt tar upp en del aspekter av kärnteknikens efterkrigshistoria. Men mycket återstår att skildra, så Per Ragnarsons synpunkter bör inte förklunga ohörda. Vem skriver t ex den historik som förklarar hur vårt lilla land har kunnat utveckla en kärnteknisk industri, som framgångsrikt tävlar med de stora nationerna?

Referenser

1. P Ragnarson, Efterkrigstidens teknikhistoria. Polhem 1:4, 1983, 26
2. R G Hewlett & O E Anderson, The New World 1939-1946. The Pennsylvania State University Press, University Park, 1962
R G Hewlett & F Duncan, Atomic Shield 1947-52. The Pennsylvania State university Press, University Park, 1969
3. M Gowing, Britain and Atomic Energy 1939-45 and 1945-52. MacMillan & Co, London, 1964 and 1974
4. W Eggleston, Canada's nuclear Story. Clarke, Irwing & Co, Toronto, 1965
5. B Goldschmidt, L'aventure atomique. Fayard, Paris, 1962
6. K Winnacker & K Wirtz, Das unverstandene Wunder: Kernenergie in Deutschland. Econ Verlag, Düsseldorf, 1975
7. A M Petrosyants, From Scientific Search to Atomic Industry. The Interstate Printers and Publishers Inc, Danville, 1975
8. R G Hewlett & F Duncan, Nuclear Navy 1946-62. The University of Chicago Press, Chicago, 1974
9. E P Alexanderson (Ed), Fermi-I, New Age for Nuclear Power. American Nuclear Society, La Grange Park, 1979
10. E N Shaw, Europe's Nuclear Power Experiment. Pergamon Press, Oxford, 1983

Recensioner

Bengt-Arne Vedin, Alla tiders patent. Liber Förlag, Stockholm 1983, 127 sidor, ISBN 91-38-90268-0.

Den lite vitsiga titeln på Bengt-Arne Vedins senaste bok antyder en skildring både av patenthistoria och av historier om möjliga och omöjliga patent. Av bokens nitton kapitel är det något mindre än hälften som svarar mot den förra karakteristiken eller mer allmänt diskuterar patentsituationen, i Sverige och annorstädes. I några kapitel behandlas speciella patentområden och slutligen tas i ett par kapitel fram mer udda aspekter på patentverksamheten i Patent per postorder - vilket mest är en roande genomgång av postorderkataloger från förr och nu - och Skämt om patent.

Inledningskapitlen behandlar patenthistorien, hur patent fungerar och de allmänna villkoren för att få patent på olika håll i världen. Här är det gott om praktiska tips för den som funderar på att söka patent - och därför hade också några rader om patentbyråernas verksamhet fyllt sin plats.

Ordet patent har ett latinskt ursprung och betyder ungefär "öppet brev", dvs man offentliggör att man har gjort en uppfinning. Historien går tillbaka till slutet av 1400-talet, då det första patentet anses ha beviljats (i Venedig). Den engelska patentlagstiftningen daterar sig från början av 1600-talet och är en faktor bakom den tidiga industrialiseringen i England, medan Sverige efter tidigare privilegieförordningar fick sin första riktiga patentförordning 1834 och Patentverket sitt tegelhus vid Valhallavägen 1921.

1700-talets patent- (och teknik-) historia behandlas i ett särskilt kapitel och författaren visar hur bl a utvecklingen inom ångtekniken i England starkt påverkades av patentsituationen. James Watt med kompanjonen Matthew Boulton fick i praktiken ett monopol beviljat av parlamentet 1775 med konsekvens att deras patenträttigheter utsträcktes till år 1800 - och Watts första patent på grunduppfinningen, den separata kondensorn, var då redan 6 år gammalt. Men monopolet täckte inte hela ångmaskinen

- 1780 lyckades James Pickard patentera vevrörelsen trots att denna redan var känd från andra tillämpningar! Följaktligen uppfann och patenterade Watt den planetdrift som fungerade som vevrörelse och som ingick i Boulton/Watts maskiner.

Patentinnehavarna blockerade varandra men Vedin - liksom andra - menar att Watt för en tid blockerade hela utvecklingen på ångteknikens område; så kan patent också fungera.

1800-talets ångteknik berör Vedin i ett särskilt kapitel om "Två stora ångmaskinister", det är Robert Fulton och John Ericsson. Men John Ericsson var verksam på flera av energiteknikens områden: Vedin påpekar att hans varmluftsmotor och solvärmedrivna vattenpump såldes i flera tiotusentals exemplar. Mångsysslare, universalgeni - i ett kapitel om svenska uppfinnare påpekar Vedin just - apropå trefassystemets uppfinnare Jonas Wennström - att detta karakteriserade de flesta (?) av den tidens uppfinnare.

Lionardo da Vinci får ett eget kapitel. da Vinci hade inga patent, men Vedin tar med honom i boken av, som han själv säger, två skäl: dels vill han visa hur da Vinci genom att bygga in dolda fel i sina konstruktioner - som en hemlig kod - ville förhindra en meningsfull kopiering av obehöriga, och dels vill han diskutera da Vinci som konstruktör och uppfinnare i förhållande till da Vinci som konstnär. I denna diskussion kommer han också in i ett resonemang om hur den skapande människan fungerar.

Mycket av vad da Vinci sysslade med förblev ofullbordat, förblev utkast, i en del fall därför att han tröttnade, i andra därför att han var "före sin tid" - även om det inte alltid är klart hur. Kapitlet om honom är intressant.

da Vincis konstruktioner stannade alltså på papperet och återuppfanns och kom till utförande först flera hundra år senare, t ex den med kedja bakhjulsdrivna cykeln, "ett underverk av förutseende" med Vedins ord.

Liksom tre uppfinnare får sina särskilda kapitel får också tre uppfinningar - eller komplex av uppfinningar - det: fotot, cykeln och transistorn. Fotokapitlet domineras av skildringen av innovatören, och kanske också entreprenören, George Eastman. Eastman utvecklade sitt företag Kodak och fotokonsten med stän-

digt nya förändringar inom teknik, produktion och försäljning. Men i detta kapitel skriver Vedin entusiastiskt också om vår tids Eastman, Polaroidkamerans skapare Edward H Land som, enligt den i boken återgivna legenden, skapade direktbildskameran sedan hans lilla dotter efter en vanlig fotografering begärt att omedelbart få se bilden. Det gick nu inte, men uppfinnaren började tänka.

Under rubriken "Den underbara cykeln" skildras utvecklingen hos denna fantastiska apparat, som fick sin nuvarande utformning för snart hundra år sedan (om man inte vill räkna från da Vincis tid). Lika stora hjul, kedjedrivnet bakhjul, avtagbara pumpade däck - detta var etablerad teknik i mitten av 1890-talet. Två svenska konstruktioner beskrivs: Birger och Fredrik Ljungströms velociped Svea från 1893-95, på vilken man trampade upp och ned i stället för runt, och som var femväxlad, och Itera-cykeln, plastkonstruktionen från 1980. Men varför finns det ingen bild av Svea? Om Itera påpekar Vedin att denna cykel som idé - en cykel i plast och kompositmaterial - inte visade sig vara patenterbar. Däremot kunde enskilda delar av konstruktions- och produktionslösningarna patenteras.

Ingen bok om patent kan förbigå perpetuum mobile. Också Vedin studerar uppfinningarna och framför allt kanske uppfinnarna på detta område: både de ärliga, troende, som slet ut sig själva och förstörde sin ekonomi med sina tallösa och meningslösa förändringar på maskinerna, och skojarna, som kunde få sina maskiner att fungera så övertygande; tills de dolda fjädrarna eller inlåsta medhjälparna tagits fram bakom döljande paneler och stativ. I detta kapitel ingår också en återhållsam diskussion om Baltzar von Platens patentansökan i mitten av 1970-talet.

Hur skall en uppfinning dateras? Den första transistorn fungerade på Bells laboratorium den 23 december 1947, och man sökte patent i februari 1948. Den 1 juli 1948 fick uppfinningen ett kort omnämnande i New York Times. Men i A Short History of Twentieth-Century Technology av T I Williams (rec i Polhem 1983/2) används formuleringen 'Their work led in 1950 to the development of the transistor ...'. 1948, patentåret, bör vara födelseåret. Eller var det ännu tidigare? På annat håll i sin bok visar Vedin att han själv är tveksam.

Hur skall en uppfinnare omnämnas? James Watt är ibland Watt men aldrig James, John Ericsson är aldrig John, men, och här följer Vedin gängse språkbruk, Lionardo da Vinci är oftast Lionardo. Men varför inte Leonardo, enligt vad som nu synes vara den internationellt vanliga stavningen?

Alla tiders patent är en mycket personligt skriven bok i ämnet. Den är lite osystematiskt redigerad och innehåller här och var mycket personliga utvecklingar. Strängt taget är den ett långt teknikhistoriskt kåseri - men som sådant också en underhållande och lärorik bok.

Ulf Edstam

Timo Myllyntaus, The introduction of hydraulic turbines and its socio-economic setting in Finland, 1840-1940. Institutionen för ekonomisk och socialhistoria, Helsingfors universitet, Communicatio N:o 14, 1984. ISBN 951-45-3233-3, ISSN 0356-9195. 37 sidor.

Sedan 1980 drivs i Finland två teknikhistoriskt intressanta forskningsprojekt kring energianvändning. Risto Keskinen vid Tammerfors Tekniska Högskola leder projektet "Energiteknologins historia" och Timo Myllyntaus det närliggande "Energihushållningens historia". Att vattenkraften intar en central plats i dessa studier är självklart. Det finns visserligen inte många höga vattenfall i Finland, men det finns desto fler lägre, och de är utbyggbara till en större andel än något annat europeiskt lands. Utvecklingen av effektiva vattenturbiner (Fourneyron 1827, Jonval 1843, Francis 1851, Pelton 1880, Kaplan 1913) kom att få genomgripande ekonomisk och social betydelse i Finland. Myllyntaus' projekt behandlar detta händelseförlopp, och han har sammanfattat sina hittills vunna resultat i en rapport till ett internationellt symposium om "Technological innovation - a factor of change. Resistance or adaption, reflection of the mentalities from the 18th century to our time" (Neapel 1984).

Startpunkten är 1840, då ännu bara 4% av den finska arbetskraften var verksam inom industri och hantverk. Det är nu mekaniseringen tar fart, och textilfabriker, järnverk och sågverk börjar anläggas. Energin fås från vattenhjul; ända fram till 1857 är det i lag förbudet att använda ångmaskiner i sågverk. De nya vattenturbinerna med sin högre verkningsgrad avlöser snabbt gamla vattenhjul. Redan vid sekelskiftet 1900 svarar de för mer än hälften av industrins energibehov, en ställning som de skulle komma att inneha ännu 1938. Turbinerna användes länge för direktdrift av anläggningar på platsen; först med trefassystemet kom möjligheten till energitransport över längre sträckor. Första världskrigets avspärrning med fotogenbrist drev på utbyggnaden av elverk i mängder av små vattendrag över hela Finland.

Denna exploatering av vattendragen kunde inte ske utan sociala konsekvenser. Lantbrukare fruktade för att mista odlingsmark genom uppdämningar, fiskare att mista fångster, båtfolk att mista frakter och flottare att mista arbetet. Lagstiftningen gynnade i början lantbruk och fiske, men efter Krimkriget lättades restriktionerna och kraftverksbyggen kom i gång på många håll. I små vattendrag behövdes inte ens något tillstånd. Allt detta kom att leda till en politisk kamp mellan de olika intressegrupperna, som är huvudämnet för Myllyntaus' studie. Det är intressant att följa konjunkturväxlingarna i detta skeende, som givetvis påverkades av yttre politiska förhållanden både under den ryska tiden fram till 1918 och den därpå följande, då bland annat en nationalromantisk miljö rörelse började växa fram.

I vinterkriget 1939-1940 förlorade Finland en tredjedel av all sin vattenkraft. Den samtidiga avspärrningen från yttervärldens kol och olja ställde oerhörda krav på den fortsatta utbyggnaden av vattenkraften, men denna fas ligger efter den behandlade perioden.

Den tidiga exploateringen av vattenkraft i Finland, före trefassystemets tid, ledde till en jämnare lokalisering av industrin än t.ex. i Sverige med dess koncentration till kuststäder. Detta innebär givetvis också nackdelar, bland annat för transporter. En förtjänst med Myllyntaus' studie är att han så klart visar hur dessa och andra ekonomiska och sociala förhållanden ytterst var beroende av en teknisk idé: den högeffektiva vattenturbinen.

Notiser

Nyutkommen litteratur

- Lars Ekdahl, Arbete mot kapital. Typografer och ny teknik - studier av Stockholms tryckeriindustri under det industriella genombrottet. Diss. Stockholm 1984. Arkiv avhandlingsserie 19. ISBN 91 85118 591. 229 sidor.
- Kjell Gustafsson, Teknoindustrin och förändringarna i den internationella arbetsfördelningen - konsekvenser för lokalisering och sysselsättning i Sverige. Diss. Göteborg 1983. Meddelanden från Göteborgs universitets geografiska institutioner, Serie B Nr 73. ISBN 91-96472-03-8. ISSN 0346-6663. 391 sidor.
- Bodil Jönsson & Aadu Ott, Att använda fysikhistoria i en förnyad fysikutbildning. Rapport från konferensen "Using History of Physics in Innovative Physics Education", Pavia, 5-9 september 1983. Institutionen för fysik, LTH, Lund 1984. 38 sidor.
- Daedalus 1983. Tekniska Museets årsbok. ISBN 91-7616-008-4. 205 sidor.
- Kerstin G:son Berg, Redare i Roslagen. Segelfartygsrederier och deras verksamhet i gamla Vätö socken. Nordiska Museets Handlingar 100, Stockholm 1984. ISBN 91 7108231 X. 394 sidor.
- Lena A:son-Palmqvist, Building traditions among Swedish settlers in rural Minnesota. Nordiska Museet/Emigrantinstitutet, Stockholm 1983. ISBN 91 7108 2298. 121 sidor.
- Mats Rehnberg (red.), Anläggarminnen. Nordiska Museet, Stockholm 1983. ISBN 91-7108-223-9. 256 sidor.
- Mátyás Szabó, Töreboda. Ett samhälle vid räls och kanal. Nordiska Museet, Stockholm 1983. ISBN 91 7108 225 5. 90 sidor.
- Gustaf Edling, Sodahuset 1930-1945. Den tekniska utvecklingen belyst i tio artiklar. Ångpanneföreningen, Stockholm 1983. 77 sidor.
- E Bertil Persson, Gammelstad-Karlsvikshyttans järnväg. Svenska Järnvägsklubbens skrifteserie nr 32, Borås 1982. ISBN 91-85098-32-9. 95 sidor.
- F R Conder, The men who built railways, a reprint of Personal recollections of English engineers. Red. Jack Simmons. Thomas Telford, London 1983.
- Edwin M Good, Giraffes, Black Dragons, and Other Pianos: A Technological History from Christofori to the Modern Concert Grand. Stanford University Press 1982. 305 sidor.
- James K Feibleman, Technology and Reality. Martinus Nijhoff, Amsterdam 1982. 210 sidor.

Den belgiska kvartalstidskriften TECHNOLOGICA (1978-)

utges av l'Association des Ingénieurs industriels et Ingénieurs techniciens de Bruxelles (AIIBr) i samarbete med Comité belge d'histoire des sciences. Redaktör är Dr. Ing. Jean C. Baudet. Adress: Avenue de l'Amarante 26, B-1020 BRUXELLES, Belgien. Från och med 1983 publicerar TECHNOLOGICA i årets sista nummer en förteckning över nyutkomna arbeten i teknik- och vetenskapshistoria av belgiska författare eller med anknytning till Belgien. I häfte 1983 nr 4 upptas 246 arbeten. Härutöver finns en artikel om den belgiska kommittén för vetenskapshistoria, som grundades 1933, samt recensioner och notiser.

Danmarks tekniske museum

förbereder nu överflyttning av Hans Christian Ørsteds minnesrum från Danmarks Tekniske Højskole i Lyngby till museets byggnad vid Ndr. Strandvej 23 i Helsingør. Det Danske Filmmuseums många apparater och maskiner kommer också att överföras till Helsingør.

Vidare planeras ett komplett kommunikationsmuseum på ca 1000 m² i Aalborg. Detta har bekostats genom en donation på 10 miljoner danska kronor från en privatperson. Museet beräknas klart 1984.

Den första svenska sättmaskinen 100 år

I Grafisk Faktorstidning 1983:12 skriver Rolf Gavare, verksam vid Språkdata, Göteborgs Universitet, om Alexander Lagermans (1836-1904) stilsättmaskin från 1883. Lagerman, känd framför allt för sina tändsticksmaskiner, gjorde de första ritningarna till en sättmaskin, då han var knappt 17 år. De hjälpte honom att få arbete vid Motala mekaniska verkstad. Han arbetade sedan vidare med förbättringar, och 1881-82 provades en första prototyp vid Jönköpings Lithografiska AB. En förbättrad modell från 1882-83 klarade både sättning och radutslutning (ändring av mellanrum mellan orden, så att en rak högermarginal uppkommer). För avläggning (återförande av typerna till sina fack) behövdes ett extra biträde.

Lagermans maskin var färdig till den utställning i Stockholm, som firade boktryckarkonstens 400-åriga tillvaro i Sverige. Maskinen, som var snabbare än alla andra då existerande sätt-

maskiner, visades endast för ett fåtal, speciellt inbjudna, fackmän, då den inte hunnit patenteras. En tredje version, klar 1884, inköptes bl a till Stockholms Dagblad och Dagens Nyheter, och utställdes även i London och Paris. Den drevs med trampkraft (men även med maskindrift) och klarade upp till ca 5000 typer per timme, villket var tre eller fyra gånger så snabbt som vid handsättning. När Otto Mergenthalers sättmaskin Linotype kom 1886 försvann Lagermans maskin mycket snabbt.

Ivar Bohms "Den svenska masugnen under 1800-talet" nu åter tillgänglig

Jernkontorets Bergshistoriska utskott har under årens lopp utgivit ett betydande antal skrifter. Dess bergshistoriska serie omfattar 19 titlar och dess "Forskningsserie H" 25 titlar. Med tanke på det växande intresset för teknikhistoria, ofta i kombination med studier av den egna hembygden, finns anledning att fästa uppmärksamheten på dessa två serier.

Det förefaller som om skrifterna inte är särskilt väl kända utanför en trängre krets, kanske beroende på att alltför litet intresse ägnats åt marknadsföringen. Trots detta har skrifterna rönt en sådan efterfrågan att vissa inte längre går att få tag på. Detta har t ex drabbat Marie Nissers "Hyttor i Örebro län" (1975) och Gösta A Erikssons "Bruksdöden i Bergslagen efter 1850" (1955). Den senare har såsom en raritet till och med försvunnit från offentliga biblioteks hyllor.

En av de sedan länge utgångna skrifterna har nu emellertid utkommit i nyutgåva. Det gäller den svenska versionen av Ivar Bohms "Den svenska masugnen under 1800-talet" (1972), en pedagogisk och välredigerad skrift (A4, 40 sidor) om den svenska stålhanterings viktigaste och mest omhuldade anläggning under ett intensivt utvecklingsskede. I början av 1800-talet fanns i vårt land inte mindre än 400 masugnar.

Den historiska och beskrivande delen illustreras med 25-talet fotografier och ritningar. Hela 14 sidor ägnas åt "Träkolshyttans terminologi - de viktigaste begreppen" (ca 40 termer, 32 bilder).

Denna och andra skrifter i serien kan beställas från Jernkontoret, Forskningsavdelningen, Box 1721, 111 87 STOCKHOLM. Tel 08-22 46 20. En summarisk förteckning över serien ges på nästa sida.

- 1 Nils Björkenstam: Osmundtillverkning ur tackjärn (1971)
- 2 Om osmund. Erik Tholander: Osmundgruppen, en presentation. Karin Calissendorff: Om ordet osmund. Martin Fritz: Den äldre svenska järnexporten. Gunnar Pipping: Om mått och vikt i osmundsammanhang. Helfrid & Sten Molin: Metallografiska undersökningar av äldre järnföremål i syfte att bestämma osmundjärnets struktur. (1971)
- 3 Hans Hagfeldt: Metod att bestämma förhistoriska slaggers sammansättning och smältpunkt.
- 4 Nils Björkenstam & Erik Tholander: Diskussion rörande osmundtillverkning (1972)
- 5 Sven Rydberg: Arbetsmetoder och arbetsvillkor i Falu gruva under äldre tid (1972)
- 6 Åke Hyenstrand: Järnframställning i randbygd och problemet Järnbäraland (1972)
- 7 Ivar Bohm: Den svenska masugnen under 1800-talet (1972)
- 8 Osmundgruppen: Slutrapport (1973)
- 9 Inga Serning: Förhistorisk järnhantering i Dalarna (1973)
- 10 Marie Nisser: Hyttor i Örebro län (1975)
- 11 Nils Björkenstam: Läsöskeppets järnlast. En studie i 1600-talets metallurgi och bearbetningsteknik (1975)
- 12 Bergshistoriska utskottets höstmöte i Finland 1974
- 13 Bergshistoriska utskottets höstmöte i Norge 1976
- 14 Åke Hyenstrand: Hyttor och järnframställningsplatser - sammanfattningar kring inventerat material (1977)
- 15 Gunnar Thuesen: Noen norske jernverker - Bevarte minner fra den gamle jernverkstiden (1977)
- 16 Bergshistoriska utskottets höstmöte i Stockholm 1975
- 17 Bergshistoriska utskottets arkeologiska sektionens höstmöte i Östersund 1977
- 18 Bergshistoriska utskottets höstmöte i Jönköping 1978
- 19 Ulf Qvarfort: Sedimenten i sjön Tisken och Falu gruvans ålder. Förhistorisk järnframställning vid Kölsjön, Kopparberg, Örebro län (1980)
- 20 Ulf Qvarfort: Sulfidmalmsanteringens början vid Garpenberg och Öster Silvberg
- 21 Inga Serning, Hans Hagfeldt & Peter Kresten: Vinarhyttan. En medeltida hyttanläggning vid sjön Haggen, Norrbärke socken, Dalarna
- 22 Ivar Bohm: A study of the blast furnace process (1983)
- 23 Evert Baudou & Sigvard Montelius: Föredrag vid U90:s höstmöte i Hudiksvall 1979
- 24 Sigmund Jakobsen: The reducibility of iron ores found on prehistoric iron production sites. A preliminary study (1983)
- 25 Peter Kresten & Inga Serning: The calculation of normative constituents from the chemical analyses of ancient slags (1983)

Författare i detta häfte:

Ulf Edstam, Tekn.lic.

Lektor vid Aschebergsgymnasiet, Molinsgatan 23,
411 33 GÖTEBORG

David A. Hounshell, Ph.D.

Associate professor in history of technology vid University of Delaware, en av de största institutionerna i USA för forskarutbildning i teknikhistoria.

Artikeln "Mass Production in American History, 1800-1932" är en sammanfattning av hans doktorsavhandling, som 1984 utkommer på Johns Hopkins University Press.

Jan Hult, Tekn.dr.

Professor i hållfasthetslära, Chalmers Tekniska Högskola,
412 96 GÖTEBORG.

Ordförande i Centrum för teknikhistoria vid Chalmers

Mikael Hård, Fil.kand.

Doktorand i idé- och lärdoms historia vid Göteborgs
Universitet, Västra Hamngatan 3, 411 17 GÖTEBORG

Nils Göran Sjöstrand, Tekn.dr.

Professor i reaktorfysik, Chalmers Tekniska Högskola,
412 96 GÖTEBORG

Redaktionen

POLHEM kommer att publicera uppsatser, recensioner, notiser och andra inlägg i teknikhistoriska ämnen. Bidrag mottas på svenska, norska, danska och engelska. I undantagsfall kan bidrag på tyska eller franska accepteras.

Maximalt omfång för uppsatser är 20 sidor. Debattartiklar mottas med intresse. Skriv kort, en à två sidor. Korta presentationer av teknikhistoriska kurser, utställningar m.m. är också välkomna.

Författaranvisningar

Manuskript insänds i två exemplar. De skall vara maskinskrivna med dubbelt radavstånd (som i denna text) och bara på en sida av papperet. Vänstermarginalen skall vara 4 cm.

Noter numreras löpande 1, 2, 3, ... Text för sig och noter för sig.

Litteraturreferenser skrivs enligt Historisk Tidskrift.

Illustrationer och tabeller skall förses med förklarande text.

Måttenheter bör anges i SI-systemet.

Manuskript kan sändas till endera av följande medlemmar av redaktionen:

Jan Hult, Centrum för teknikhistoria, CTH, 412 96 GÖTEBORG

Svante Lindqvist, Teknikhistoria, KTHB, 100 44 STOCKHOLM

