

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.

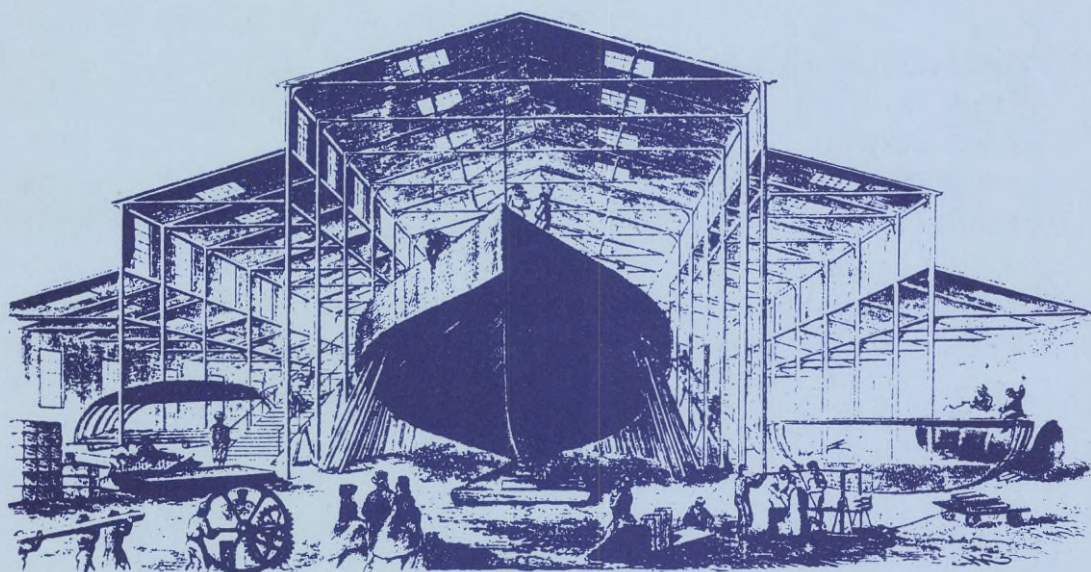
This work has been digitised at Gothenburg University Library.  
All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text.  
This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors,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





# POLHEM

TIDSKRIFT  
FÖR TEKNIKHISTORIA



---

1991/3

Årgång 9

---

# **POLHEM**

**Tidskrift för teknikhistoria**

Utgiven av Svenska Nationalkommittén för teknikhistoria (SNT),  
Chalmers Tekniska Högskola, Biblioteket, 412 96 GÖTEBORG

med stöd av Humanistisk-samhällsvetenskapliga forskningsrådet  
och Statens kulturråd

ISSN 0281-2142

## **Redaktör och ansvarig utgivare**

Jan Hult

## **Redaktionskommitté**

Henrik Björck

Svante Lindqvist

Wilhelm Odelberg

Sven Rydberg

## **Tryck**

Vasastadens Bokbinderi AB, 421 52 VÄSTRA FRÖLUNDA

Omslag och rubriker: Svensk Typografi, Gudmund Nyström AB,

178 00 EKERÖ

## **Prenumeration**

1991: 150 kr (4 häften)

Beställes genom inbetalning på postgirokonto nr 441 65 94 - 2

## **Lösnummer**

1991: 50 kr/st

Beställes som ovan

## INNEHÅLL

Uppsatser:	Graham Hollister-Short: The First Half Century of the Rod Engine (c 1540 - c 1600)	192
	Jan-Olov Jansson: Motala Verkstad i äldre svensk verkstadsindustri: Maskinteknik och arbetsorganisation 1822-1843	211
	Helge Kragh: Om Paradigmer i Teknologien og Udviklingen af Teknologisk Viden	249
	Sven Rask: Något om salpetersjudningen i Sverige	278
Recensioner:	Jan-Olof Schröder: <i>En gruvlig bok. En berättelse om Västerbergslagens gruvfält</i> (rec. av Sven Rydberg)	295
	Svante Beckman: <i>Utvecklingens hjältar: Om den innovativa individen i samhällstänkandet</i> (rec. av Thomas Kaiserfeld)	297
	Hilding Brosenius: <i>Uppfinnarminnen</i> (rec. av Jan Hult)	300
ICOHTEC:	Report from Secretary-General	302
Notiser:	Nyutkommen litteratur, m.m.	303
	Författare i detta häfte	306
Omslagsbild:	Motala Verkstads varv i Norrköping, anlagt 1844. Träsnitt i <i>Ny illustrerad tidning</i> 1865 (till uppsats av Jan-Olov Jansson, sid 211)	

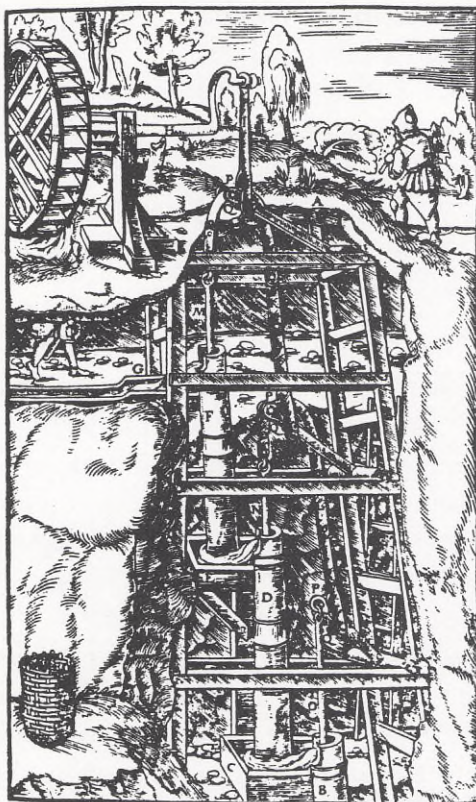
**GRAHAM HOLLISTER-SHORT**

## **The First Half Century of the Rod Engine (c 1540 - c 1600)**

A spacious and well maintained adit, with its channel for water and slime, letting fresh air in and foul air out, and affording an easy path for the passage of ore trucks, is certainly the most beautiful device in the whole art of mining.<sup>1</sup>

So wrote Johann Mathesius, pastor of Joachimsthal, in 1559 in his 12th mining sermon, and who would wish to quarrel with his judgment? The driving of tunnels to drain mines of unwanted water, always the minor's worst enemy, runs like a leit-motif through the entire history of mining. Yet even deepest adit could offer no more than a stay of execution against flooding. As the veins above adit were exhausted and extraction began below the level of free drainage, the problem returned. Lifting equipment of some kind to remove water then become an immediate necessity. For much of the mediaeval period such machines as existed for this purpose were certainly inadequate. It is significant that the mining code of Kuttenberg of 1300 should contain a specific chapter setting out the procedure, termed aptly enough 'resignatio', to be followed when a mine was to be abandoned because of uncontrollable flooding.<sup>2</sup>

During the 15th century, however, the coming into use and then the rapid diffusion of two new machines, the rag and chain pump (in German, 'Heinzenkunst') from about 1430, and the water wheel driven bag hoist (in German, 'Kehrrad' or 'Wassergöpel') from about 1470, offered miners, for the first time, effective means of unwatering mines.<sup>3</sup> This meant that workings could now be driven significantly deeper below adit than had hitherto been possible, the depth increasing as the potential of each machine was progressively realised. By the 1530s, however, the limit had been reached with both. The largest horse or water-driven rag and chain pump could raise water no more than about 80 metres from sump to adit, while water-driven bag hoists, able to manage about 150 metres, worked so slowly that only modest inflows could be handled. As extraction neared these limits, the prospect of enforced abandonment of mines on a large scale (in default of new technology) must have appeared alarmingly close. It was in these circumstances of crisis and design impasse that a new type of pumping machine, the rod-engine (Stangenkunst) was invented.

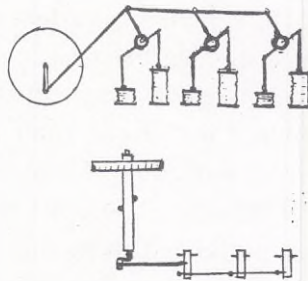


1. Georgius Agricola 1556: The prototype rod-engine of c1540.

According to Georgius Agricola, completing the text of his *De re metallica* late in 1550, such machines had then been in existence for some ten years. The machine, at least in the form he knew it, was still at a very early stage of its development, not far removed, as I shall argue, from its prototype form. Its performance was modest, Agricola indicating, for example, that it could pump water from only a little over 20 metres. Despite this he did not hesitate to describe it as the most robust, useful and cheap machine of any exploiting the suction/lift principle.<sup>4</sup> This was the rod-engine, the seventh type of suction/lift pumping machine in Agricola's classification although inspection of his illustration of it (fig. 1) might leave one somewhat reluctant to believe that it really

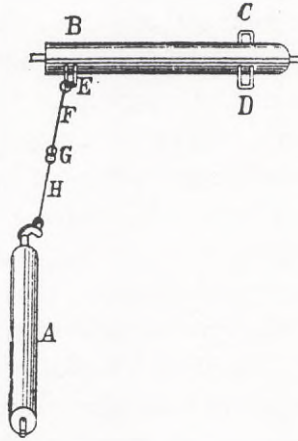
possessed all the virtues Agricola ascribed to it. In such machines water was transported upwards via a series of communicating suction/lift pumps and water boxes ranged one above the other. But thereafter all is complexity. The proliferation of rocking rollers, push roads, curved iron members and connecting rods constituting the transmission system that set the pumps in motion was mechanically inept. It was perceived to be such and underwent a thoroughgoing revision within a very few years. Its presence in the wood-cut, however, provides an important clue as to the nature of the gestalt forms in terms of which the invention was almost certainly first conceived.

It is reasonably clear that in the thirty years before 1540 systems similar to the rod engine system but working in a horizontal manner had been in use for transmitting the power of a single water wheel to large numbers of bellows or pumps operating simultaneously. The invention of such horizontally acting machines may well be owing to Vanocchio Biringuccio. In a passage from his *Pirotechnia* of 1540, which certainly deserves more attention than it has so far received, he describes how, when he was in charge of the ironworks at Boccheggiano about 1510, he had devised a means by which one water wheel was made to work bellows at four separate forges.<sup>5</sup> Although he excused himself from drawing his device as being too difficult for him to manage, it is possible, from his verbal description of the machine and from the drawings he did provide of rather simpler devices, to deduce what it may have looked like (fig. 2). Whether he was the true inventor or whether such ideas were then 'in the air' there is no doubt that cognate machines were in general use by the 1540s. The evidence for this is provided by Jerome Cardano in his *De Subtilitate* of 1540. He mentions such systems as working 'aut emboli aut folles' ('either pumps or bellows') and describes how such systems could be multiplied 'quod fabri facere solent' ('as the smiths are accustomed to doing') by fitting cranks to

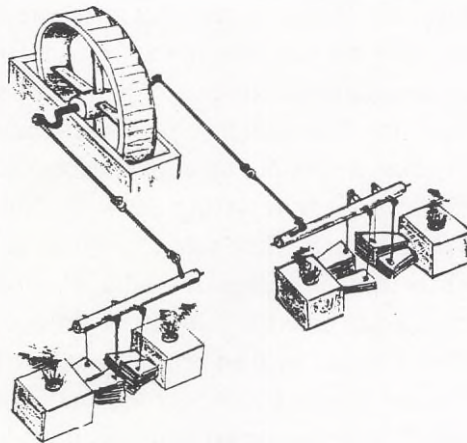


2. The Boccheggiano machine of 1510: an interpretation of Biringuccio's description.

both ends of the water wheel axle.<sup>6</sup> Cardano's original sketch, and my rendering of it, are shown in figs. 3 and 4.



3. Jerome Cardano: the engraving of 1550.

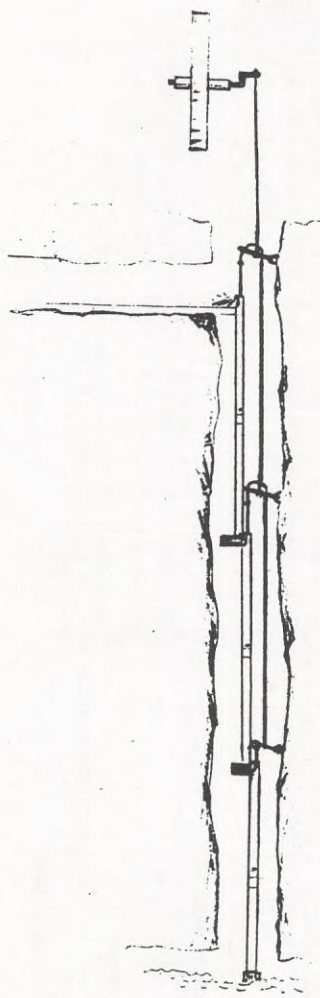


4. Cardano's machine as it would have appeared equipped with double cranks.



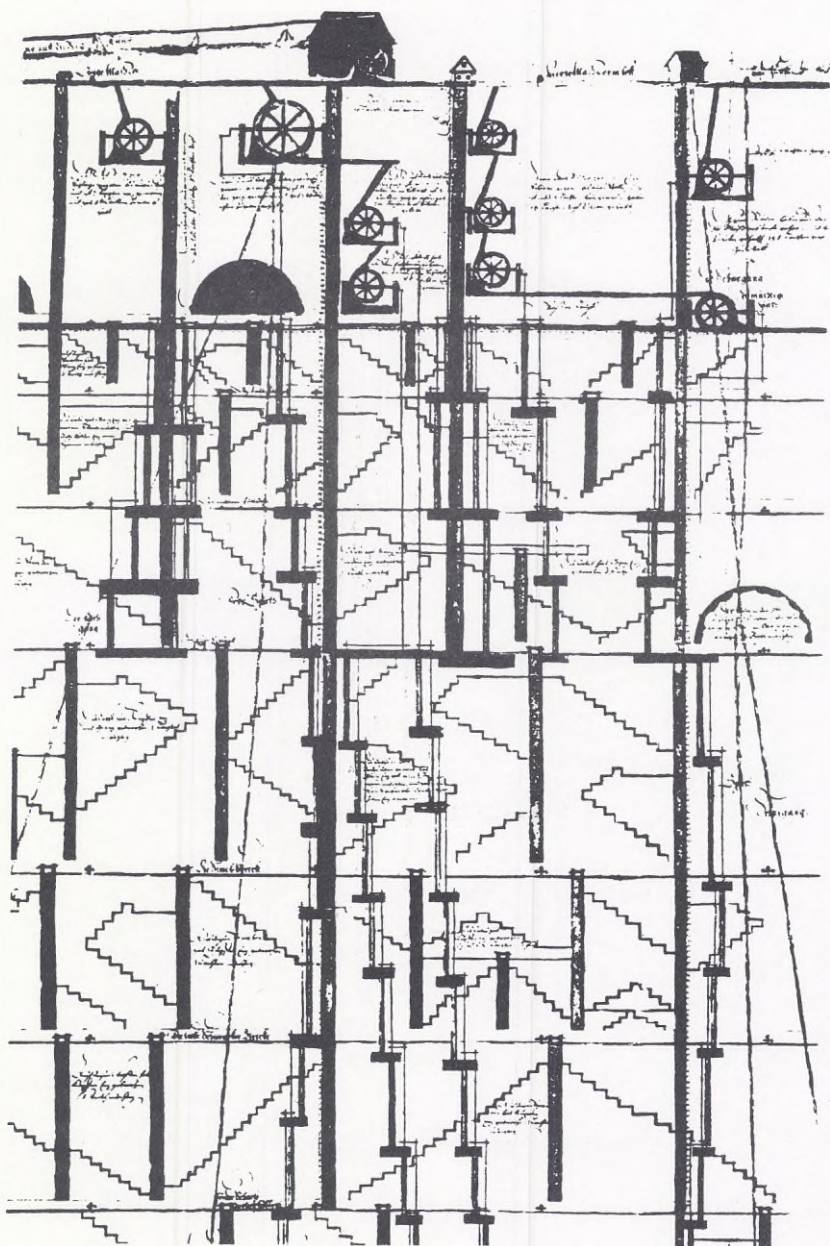
The germinal idea of the rod engine involved the rotation in imagination of a horizontally acting assembly of some such kind as has been shown in the figures through 90° so as to produce a vertically operating system. But not only this: also part of that novel conception was the idea that each pump was no longer to work in isolation but was to form part of a chain. Each pump was to supply the one above it so as to form a linked series. Agricola implies that three pumps to a wheel (as in fig. 1) was the normal complement. Looking at Agricola's figure one might be tempted to think, like Johann Lempe in his commentary of 1799 on this machine, that with so many moving parts and so much friction three would also be the limit.<sup>7</sup> But not so. Georg von Löhneys, mine generalissimo (Berghauptmann) of Zellerfeld, noted in his *Bericht vom Bergwerk* of 1617 that up to twenty pumps might be mounted one above the other.<sup>8</sup> A column of pumps of that order would have yielded a lift of nearly 200 metres and makes readily understandable the scramble to scrap older devices (the rag and chain machines and water bag hoist) that was taking place in Saxony and Bohemia in the 1550s, even if 200 metres was not then achievable. Here one should point out that Agricola's artist was so concerned to exhibit the details of the machine's transmission system that he did not hesitate to distort its real appearance. Redrawn and dimensioned correctly, the difference is striking (fig. 5).

If the dating of the rod-engine's invention and its conceptual origins are reasonably clear, the same cannot be said, in my view, about its provenance. It was not invented in Saxony or western Bohemia, for what is very revealing is that when Agricola wanted a name for the machine in the vernacular he could not find one.<sup>9</sup> Its real name, the Stangenkunst, appears only in 1551 when Mathesius recorded the construction of the first such machine in Joachimsthal in his mining chronicle.<sup>10</sup> Thereafter another was put up at Schneeberg in 1554; in 1557 the building of a great number of them, replacing the water bag hoist, began at the Thurmhof mines outside Freiberg. They were the work of Martin Planer, the machine master (Kunst-meister) in charge of the building programme. What he accomplished can be studied in detail in a report he drew up for the Elector of Saxony in 1570. Altogether he had by then been responsible for the construction of 38 rod-engines, 21 in the Freiberg mining zone and 17 in the Brand field a few kilometres to the south. In his report he itemised, mine by mine, the savings in pumping costs that the new machines had made possible. On average, costs had been cut by something like 90 per cent.<sup>11</sup> A drawing of the 3rd, 4th and 5th

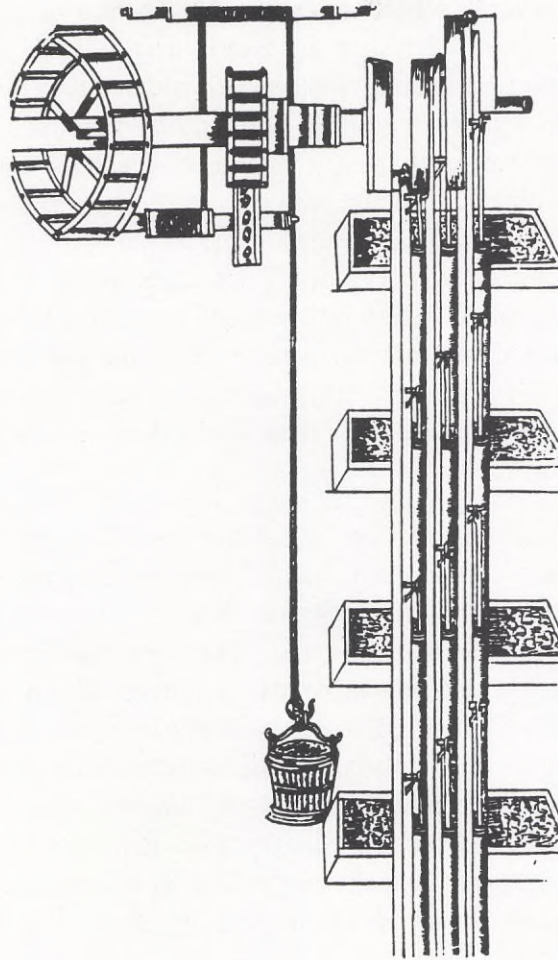


5. The prototype rod-engine redrawn to scale.

mines on the Thurmhof vein made by Valentin Fritzsche in 1608<sup>12</sup> illustrates a portion of Planer's work and shows also that the transmission system in use was still unchanged from that described by Agricola (fig. 6).



6. Valentin Fritzsche 1608: the 3rd, 4th and 5th mines on the Thurmhof vein, Freiberg.



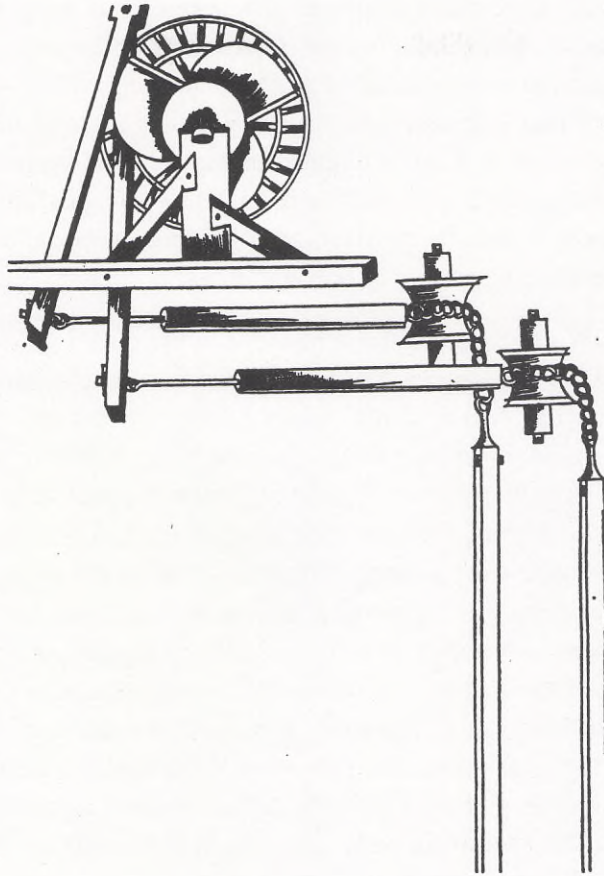
7. Vavrinec Kricka c1560: rod-engine with shaft rods.

Long before this, even in Planer's time in fact, these cumbersome arrangements had been superseded elsewhere. This much appears from a number of sketches in the notebook of the Moravian foundry master, Vavrinec Kricka, compiled about 1560.<sup>13</sup> Typical of the new arrangements is his drawing of a water wheel working three columns of pumps (fig. 7). Here, as in all of Kricka's other drawings of mine pumping machines, the rocking rollers of the old system are no more. Their place is taken by continuous shaft rods hanging from the crank shaft of the wheel while the pumps, or rather the piston rods of the pumps, hang suspended from the iron pins of brackets bolted to the shaft rod timbers.

The engineer, whoever he was, who first grasped this idea had perceived that the rocking roller and push rod system was totally irrational. He saw that a single vertical reciprocating motion only was required and that there was no need for it to be split up into a series of discrete but connected motions. He had broken free, in fact, of the force of the gestalt in terms of which the machine (as in fig. 1) had been conceived. Rollers and push rods made sense in horizontally acting machines where the connecting rods had, in the nature of things, to be supported against the force of gravity. In a vertically operating system the force of gravity, far from being a negative quality, was actually something to be exploited. The weight of the shaft rod was, after all, what served to transfer the water lifted (by the suction phase of the pumps on their up strokes) from beneath the pistons to their top sides. What better idea than to allow the shaft rod to respond to gravity with an unhindered drop?

Since the old style rod-engines could yield the startling economies that Planer reported, it may be supposed that these modified machines were capable of performing with even greater efficiency and reliability. The costs of construction were obviously less, while with the number of moving parts greatly reduced, the breakdown rate would also be considerably improved. All this was true but the savings (one might almost say salvation) were available only if one were fortunate enough to have a supply of water on site to drive wheels positioned either in the shaft or over it. Often enough that was not the case without a good deal of preliminary hydraulic engineering work first making it available. Dams, derivations canals, aqueducts and tunnels were frequently necessary to bring water to where it was needed, for all of which surveying skills of a high order were obviously a prerequisite.<sup>14</sup>

But what if the most careful survey demonstrated that a mine lay beyond the reach of water and hence of all hope of assistance from rod-engines? Horses-driven machines or pumping by teams of men were usually too costly to be an alternative, so what solution might there be? Was it possible in some way to 'bridge' such waterless gaps; in a word, accept the separation of mine from water as a fact but look for some way of transmitting power from where a water wheel could be sited to the place where the power was needed? Kricka's notebook contains a sketch of what is undoubtedly an early stage in the successful search for an answer to this problem (fig. 8). In the drawing the cams on the axle of the water wheel act alternately against the vertical arms suspended from an overhead framework (not shown). As each arm is pushed by its cam it pulls back



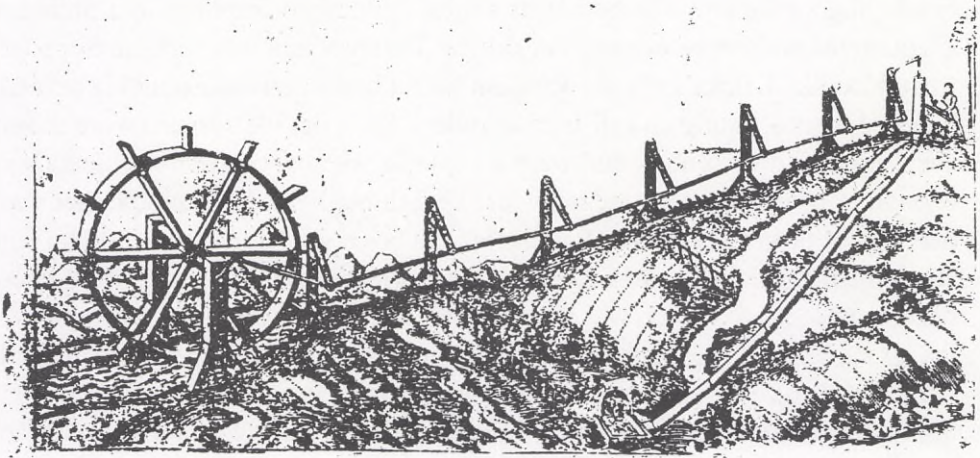
8. Vavrinec Kricka c1560: rod-engine with horizontal transmission to the shaft rods.

with it the horizontal rod attached to its lower end. This rod in turn pulls on the chain passing over the anti-friction roller, the pull of the chain, switched through 90°, lifting that shaft rod (its pumps not shown) attached to its further end. The action of the cam completed, the weight of the shaft and of the water lying on the backs of the piston in the pump column returns the assembly to its original position, exactly as would be the case in an orthodox crank-driven, vertically operating machine.

Interpreted literally, this drawing shows only a trifling separation (measured by the horizontal rod) of the place of power generation from the place of power delivery. It is equally possible, however, to see it as an exemplary case. If a horizontal transmission rod could be 10 metres or so long, what was to prevent its being extended, first in imagination, to many tens of metres? All that would then be necessary would be a series of anti-friction rollers to support it along its route. One would then have achieved the mechanical transmission of power in its earliest and most simple form. Machines like these were called in German 'Geschleppe', literally 'tuggers' or as one would say in English, 'flat-rods'.

At this point it is worth reverting for a moment to the question where the rod-engine may have been invented. Kricka was not a mining engineer and was recording what he had learnt in his travels before settling down in Prague. Between his native Moravia and Prague lay the greatest centre of mining in Bohemia: Kuttenberg. Was it there that the original machine had been invented, later re-equipped with shaft rods and then adapted to transmit power horizontally? If an origin to the west or north of Bohemia can be ruled out, what about further east and the great mining zones of Kremnitz, Schemnitz and Neusohl in Slovakia, which then formed part of Hungary? Johann Mathesius tells in 1554 of an adage current in the Kuttenberg of his time which seems to exclude them also. According to Mathesius the miners of Kuttenberg had a saying that 'the miners of Hungary should pay tribute money ('Wassergeld', 'Steuer') to those of Kuttenberg' since it was from them that they learned to drain mines.<sup>15</sup> It might seem from this that at the very time the new technology was reaching Saxony it was also being taken up in Slovakia.

It seems almost certain the 'tuggers' or flat rods were coming into general use by the 1570s but, in default of contemporary drawings, that this was so can only be determined indirectly. In 1584 Jean Errard, a military engineer then in the service of the Duke of Lorraine, published a small book containing 48 engravings of machines and inventions under the title Le premier livre de mathématiques mécaniques. It belongs, with the works of Besson (1578), Ramelli (1588) and Zonca (1608), to the genre known collectively as 'the machine books'.<sup>16</sup> There is, to say the least, a certain difficulty in using these books as evidence of concrete achievement in the three dimensional world of applied technology. It is not for nothing that most display the word 'theatre' in their titles. In varying degrees their contents are a compounds of imagination (or virtue) and reality. They cannot often be taken literally, yet most certainly they cannot be ignored as simple fantasy.



9. Jean Errard 1584: transmission via single suspended rod.

Errard's 17th engraving is a case in point (fig. 9). The caption to the figure explains what is happening as 'another method by which the action of a distant river may be made to work over a long distance'.<sup>17</sup> Now the problem begins. Errard completely changed (or did not understand) the one stroke nature of the machine he had taken as his model. His machine delivers two power strokes but here, certainly, more means worse. He shows the crank in its forward position pushing the rod line towards the pump. The rod line pushes in its turn on the lower arm of the rocking-roller like device at its further end. This causes the upper arm to move upwards, carrying with it the piston rod of the pump. A real machine, a 'tugger' in fact, not a 'pusher', with rocking roller arms suitably repositioned, could and would have worked only in the opposite sense, its single power stroke exerted on the pull to raise the piston, with gravity taking care of the return. This aside, let us draw a decent veil over the performance of Errard's machine: all this construction to fill a pitcher from a depth of 10 metres!<sup>18</sup> The rod line, however, its supporting structure and the method of converting horizontal into vertical motion to work the pump, are not fantasy. What Errard had done was to take a real machine working mine pumps, expend a certain (mistaken) degree of virtu upon it (the two power strokes) and transpose the whole to a buccolic setting.



A couple of further observations may be added. Firstly, a suspended rod system employing swing arms, as here, was almost certainly a response to a problem encountered with some even earlier device. That problem was friction. Suppose a machine like Kricka's (fig. 8) was built with a horizontal rod extending several hundred metres resting on anti-friction rollers. Such flat rod systems were in use even into our own century and were acceptable wherever power was abundant enough to compensate for the huge loss of it through friction. But the fact was that loss of power was more often intolerable because of shortage of water. The single suspended rod system, like the other more elaborate forms of suspension developed somewhat later, was an attempt to address this problem. It also marks the taking up again of the rocking roller system, previously jettisoned in vertical pumping work, but now seen as valuable (as it always had been of course) in horizontal operations.<sup>19</sup> Secondly, largescale machines were undoubtedly at work to provide Errard with a theme. In 1569 Juanello Turriano completed the construction of his first 'ingenio' at Toledo. The rod system there was over 300 metres long, extending from the river Tagus to the royal palace of the Alcazar situated some 100 metres above the river.<sup>20</sup> It was planned to use rod lines also at Liege in 1586 to pump the drowned collieries clear of water, the scheme's initiator claiming that such machines were already in use in Westphalia in western Germany.<sup>21</sup> The authenticity of Errard's field rod machine may be substantiated further as will presently appear.

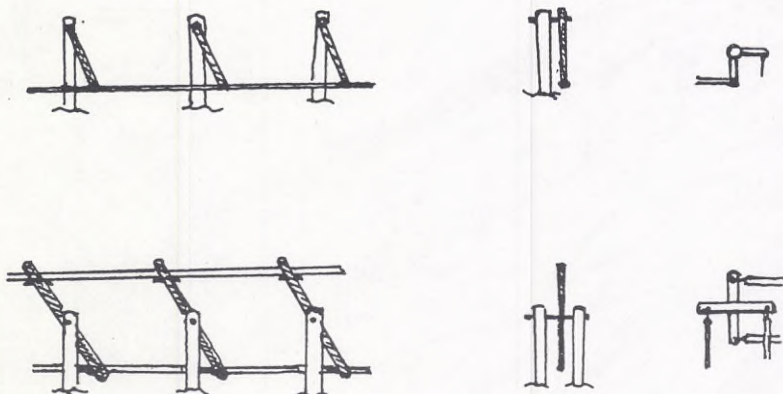
It must not be thought that the engineers of the 16th century were content with the means of transmitting power which they had created by the 1580s. It was probably some time in the decade 1590-1600 that a double rod system was devised which was markedly superior to single rod machines of the Errard type. What this new system looked like may be seen in an engraving from Georg von Löhneyss' book of 1617 (fig. 10). There are now a series of pairs of legs, each pair carrying an iron axle on which the swing arm is mounted. The ends of the swing arms support the upper and lower field rods (FeldGestänge) in a rather complex fashion. The ends of each swing arm are cut out to provide slots. The slots housed not only the rods but also the small pivoted pieces of hard wood on which they reciprocated.<sup>22</sup> At the end of the rod line over the shaft in the foreground the line of motion was switched through 90° by means of an 'engine cross' (Kunst Kreuz). One beam of the cross was attached to the field rods, the other held the shaft rods. Lower down the shaft, however, it may be seen that the old 'Agricolan' type rocking rollers and push rods were used to set the pumps in



10. Georg von Löhneys 1617: transmission and contouring by means of double rods.

motion. In this respect the Harz was still as backward as Saxony (cf fig. 6) if clinging to a mode of construction some fifty years after it had disappeared from Kricka's drawings means anything at all.

The idea of double rods had much to commend it. It was important that a rod (whether single or double) should always be in a state of simple tension whether being pulled one way by the crank or pulled the other by the shaft rods and water column in the pumps. This was much easier so achieve with double rods. It was now also possible to work two columns of pumps; if continuous shaft rods were used, one set could be kept in equilibrium with the other. Single rod systems, however, never disappeared. They are even described in some detail in a description of the oilfields of Pennsylvania published in 1894 and were in use in even more sophisticated form in the oilfields of Galicia.<sup>23</sup> It is at this point that it is worth comparing Errard's engraving with that of von Löhneys and when one does a number of surprising features emerges. In every respect the double rod system represents an exact doubling up of the single rod format. This becomes obvious once the two are shown together in section (fig. 11). Errard was manifestly reporting a real machine.



11. Cross sections of Errard's and von Löhneys's rod lines and direction-changing gear.

Löhneys' engraving is not the earliest visual recording of the double rod system. In 1606 Daniel Lindemeier engraved a largescale panorama showing the mines, machines and smelters lying between Clausthal and Zellerfeld in the Harz mountains.<sup>24</sup> In the section of it reproduced here (fig. 12) one may see numbers of these machines at work. It will be noticed that the angle at which the rod lines work is not constant. This was not poor draughtsmanship; lines could be made more marked in fig. 10, and it will not have escaped notice that the machine in the background of that figure negotiates the changing contours of the mountain in no uncertain fashion.<sup>25</sup> In other sections of the panorama of 1606 one rod line works the pumps at two shafts; in another, two sets of field rods diverge from a single wheel house and head off to two separate shafts. All this is evidence enough that what one is seeing is already a highly developed technology whose beginnings lie well before 1606.

There was at this time, however, one capability which apparently still lay beyond the skill of the engineers. It was still not possible to change the line of motion of a rod in a horizontal sense so as to bypass obstacles which lay in the direct path leading from wheel to shaft. This much appears in a report of 1602



12. Daniel Lindemeier 1606: panorama of the Harz mines.

written by Wilhelm Prechter, mine chief at Markirch in Alsace. In explaining how an adit should be driven he was at pains to stress the importance of maintaining a correct gradient so that water could flow easily along it to the surface. He also warned, however, that its line must be kept straight in case it became necessary to route a rod line along it to work pumps deep in the heart of the mine.<sup>26</sup> During the 1640s, at latest, engineers had learnt how to transmit round corners as well as up hill and down dale.

By 1600, therefore, it had taken little more than fifty years for the machine masters of Bohemia and Germany so to modify the prototype engine of c1540 as to turn it into a marvellously versatile instrument capable of pumping from at least 200 metres either directly through shaft rods or via field rods up to 2000 metres long, working on the surface or along adit. At the beginning of the 17th century this technology had been diffused over large parts of central and northern Europe. From Bohemia it passed to Saxony about 1550, reaching the

Harz from Saxony in the 1560s.<sup>27</sup> By c1590 German miners had introduced it into central Sweden, at the famous Kopperberg mines at Falun. To the south, Franz Khisel built the first rod-engine at the mercury mines of Idria in Friuli in 1596. By that time the technology had reached what is now Belgium and very probably England also. Many hundreds of German miners from the Tirol were recruited during the 1560s to work the copper mines of Cumberland in north west England and doubtless brought the then state of the art rod-engine technology with them. Mine accounts for the year 1569 are almost, but not quite, explicit proof of this.

Machines of the kind described, further refined and elaborated and eventually driven by steam-engines and water pressure engines as well as by water wheels, were to serve mines for over three centuries after 1600. The prototypes of the machines used today began to displace these machines of Europe's long yesterday as late as the 1870s and then at first only in the most highly developed mining regions such as the Ruhr.<sup>28</sup>

## Notes

- 1 Mathesius, Sarepta oder Bergpostill, Nuremberg 1564, p cciiii. Joachimsthal, now Jachymov, lies close to the north western section of the Czechoslovak-German frontier.
- 2 The text of the Constitutiones iuris metallici is printed in J. T. A. Peithner, Versuch über die naturliche und politische Geschichte der böhmischen und mährischen Bergwerke, Vienna 1789. See p 335 for the clause in question, 'de iure montanorum... de aquis in fodinis'. Kuttenberg, now Kutna Hora
- 3 (i) The earliest drawing of a rag and chain pump (poorly understood) occurs in an MS of Mariano Taccola and is reproduced in J. H. Beck (ed), Mariano di Jacopo detto il Taccola: Liber tertius de ingeneis ac edifiitiis non usitatis, Il Polifilo, Milan 1969, f4v. Taccola completed this work in 1433.  
(ii) The origins of the wheel hoist are discussed in P. Braunstein, 'Innovations in mining and metal production in Europe in the late Middle Ages', Journal of European economic history, Vol. 12, No. 3, 1983, pp 573-592.
- 4 G. Agricola, De re metallica libri XII, Basel 1556, p 143. Agricola commented also that the machine was 'maxime artificiosa', 'most ingenious'.
- 5 V. Biringuccio, Della pirotechnia, Venice 1540, p 112.
- 6 J. Cardano, De subtilitate libri XXI, Nuremberg 1550, p 14. The whole of Cardano's passage dealing with these machines implies that they were widely known in his day.

- 7 J. Lempe, 'Beschreibung der Förderungsmaschinen und Wasserhebezeuge der Alten: nach dem Lateinischen des Agricola. Nebst Bemerkungen über selbige', Magazin für die Bergbaukunde, Vol. 13, Dresden 1799, pp 142-3.
- 8 G. von Löhneys, op. cit., Zellerfeld 1617, pp 62-3.
- 9 G. Agricola, op. cit., Rei metallica nomina Latina Graecaque Germanice reddita: index secundus, p 539. Agricola was reduced to calling it 'die Ehrnfridistorfische Radpompe', ie the 'Wheel pump' (Radpompe) like the one at the tin mines of Ehrenfriedersdorf: a name for the machine which did not catch on! I have explored the problems of rod-engine nomenclature earlier in 'The vocabulary of technology', History of Technology, Vol. 2, 1977, pp 125-155.
- 10 J. Mathesius, op. cit. His Jochimthalischen kurtzen Chronicken was published as an appendix to the Sarepta. The entry sub anno 1551 runs, 'Hat Michel Mittelbach die erste Stangenkunst in Thal auff s. Georgen am Arlesberg gehalten'. Mathesius mentions in the Sarepta (p.cciiii) that rod-engines had rendered the costly rag and chain pumps obsolete.
- 11 Planer's report is printed in R. Wengler, 'Bericht des Bergverwalters Martin Planer über den Stand des Freiburger Bergbaues im Jahre 1570', Mitteilungen des Freiburger Altertums Verein, Vol. 356, 1898, pp 57-83. At Freiberg it was water bag hoists which were displaced.
- 12 Bergarchiv, Freiberg, II A.g.3P.
- 13 Kricka's MS is preserved in the Library of the University of Prague. A facsimile reproduction with translation (into modern Czech) was published by F. Pisek, Vavrince Kricky z Bitysky...Mathesis Bohemica, Prague 1947. Kricka died in 1570.
- 14 Planer's first task at Freiberg in 1557 was to engineer adequate water supplies for the mines, as was Franz Khisel's at Idria in 1595.
- 15 J. Mathesius, op. cit., p xxiib, 2nd Sermon (1554) '...daher der Bergschwanck herkommen. Die von Hungern haben den von Cuttenberg wassergelt geben müssen'. 'Water.money' ('Wassergeld) was payable by a mine whose water was discharged by another, via its adit and/or its pumping machines.
- 16 A. Keller, A theatre of machines, Chapman and Hall, London 1964, provides an interesting anthology of engravings drawn from these and other works. See also P. Rossi, I filosofi et le macchine, Feltrinelli Editore, Milan 1962.
- 17 J. Errard, op. cit., Nancy 1584. The caption to the figure runs: 'Aliud machinamentum quo rota flumine mota aqua ex fonte longe intervallo exhauritur'.
- 18 The line of wooden tubes stretching diagonally downhill is the 'sucking' pipe. In the nature of things this could not have delivered water if the point of 'suction' had been more than about 9 metres vertically below the bottom of the pump barrel.
- 19 Horizontally acting machines working bellows were, of course, then still in use and would be, indeed, for long afterwards: cf A. Ramelli, Le diverse et artificiose machine, Paris 1588, plate cxxxvii. Ramelli here introduces a variation on the theme already announced by Cardano in fig. 3.

- 20 For a careful study of Turriano's work at Toledo see L. Reti, 'El artificio de Juanelo en Toledo: su historia y su tecnica', Provincia, Vol. 60, No. 4, Toledo 1967, pp 5-46. The nature of the rod system employed by Turriano is (pace Reti) uncertain but was, I think, probably like that to be seen in Ramelli, op. cit., plate xcv, ie a suspended rod (like Errard's) held by swing arms.
- 21 M. G. de Louvrex, Recueil contenant led édits et reglements faits pour le pais de Liége et comté de Looz par les évêques et princes, Liége 1750, Vol. 2, pp 204-5. T. Gobert, Liége a travers les âges, Liége 1928, Vol. 5, p 499. The would-be entrepreneur was the Comte de Velden. Work began in July 1586 but its further history is unknown.
- 22 The slips of wood on which the rods reciprocated are clearly visible beneath the rods. They were called 'shoes' (Schuhe) or 'saddles' (Sattel) later in the century.
- 23 (i) R. P. Rothwell, The mineral industry, its statistics, technology and trade...to the end of 1893, The Science Publishing Company, New York and London 1894, Vol. 2, p 500.
- (ii) Anon, 'Feldgestänge für Erdöl-Bohrlochpumpen als Gas-und Flüssigkeitsleitung', Glückauf (Bochum) No. 3, 10th January, 1894, p 40 and figs. 2 and 3 Tafel 2.
- 24 A copy of the engraving is in the possession of the Bergbau Museum, Bochum. I have to thank Dr. Werner Kroker for the photograph of it used here. F. E. Bruckmann, Magnalia Dei in locis subterraneis oder unterirdisches Schatzkammer, Brunswick and Wolfenbuttel 1730, Vol. 2, plate xiv, reproduces it in somewhat cropped form.
- 25 'Contouring' was made possible by the use of what are later termed 'break-swings' (Bruch-Schwinge). A break-swing was not unlike an 'engine cross' although the beams of a break-swing subtended smaller angles than 90° with each other, the actual angle varying with the change of slope of the terrain to be negotiated.
- 26 Archives de Haut-Rhin, Colmar, Serie E, No. 1979. 'Kurtzer schlechter einfältiger Bericht über das löbliche Bergwerck im Leberthal...', p6.
- 27 In adopting this chronology for the diffusion of the machine I am resisting the notion that when Agricola in his work says that the rod-engine was invented 'ten years ago' he is at the same time to be understood as indicating that the rod-engine at Ehrenfriedersdorf was that very machine. Not only is there no licence in Agricola's words for any such assumption, the nature of the developmental history outlined here clearly makes it inherently unlikely. What is known also about the circumstances of the erection of the machine at Schneeberg in 1554 is very difficult to reconcile with any idea of a Saxon birthplace for the rod-engine.
- 28 Anon, Die Entwicklung des Niederrheinisch-Westfälischen Steinkohlen-Bergbaues in der zweiten Hälfte des 19 Jahrhunderts, Julius Springer Verlag, Berlin 1902, Vol. IV, pp 139 et seq and Tafel 1 (p 144).

**JAN-OLOV JANSSON**

## **Motala Verkstad i äldre svensk verkstadsindustri: Maskinteknik och arbetsorganisation 1822-1843**

### **Inledning**

Den moderna svenska verkstadsindustrin uppkom under första fjärdedelen av 1800-talet. Då anlades mekaniska verkstäder för att tillgodose jordbrukets och den övriga industrins växande behov av maskiner och järnkonstruktioner. Man kan dock spåra ansatser långt tidigare till en sådan verkstadsindustri. En omfattande svensk vapenfabrikation hade bedrivits sedan århundraden. Redan på 1600-talet göts järnkanoner i industriell skala vid Finspång, Åkers och Stafsjö styckebruk. Samtidigt inleddes en betydande statlig gevärstillverkning vid fabriker i bl a Jönköping, Örebro och Eskilstuna. Genom att sammanföra de självständiga bondesmederna kunde handeldvapnen framställas mera metodiskt till standardiserade format. Värjklings och andra blanka vapen av hög klass smiddes vid Vira m fl bruk.

Manufaktursmedjor med enkel utrustning uppstod tidigt vid järnbruken, där en ganska betydande tillverkning av redskap, spik, hjulbeslag, yxor, sågar m m utvecklades under 1700-talet. Sedan gammalt fanns det även en från bruken skild smidesindustri, särskilt den på 1770-talet inrättade Eskilstuna fristad. Den hade sitt ursprung i holländaren Rademachers manufakturverk, anlagt 1654. Verket bestod av flera små smedjor som var för sig tillverkade någon hushållsartikel, knivar, lås, beslag o d. Arbetslokalerna var liksom bondesmidet helt omekaniserade.



Som exempel på mekaniserade föregångare till 1800-talets verkstäder kan nämnas Christopher Polhems år 1700 grundade manufakturverk Stjärnsund i södra Dalarna. För att tillverka kuggjul och andra delar till de berömda stjärnsundsuren och polhemslåsen utnyttjade han bl a automatiska kuggfräsar. Plåten framställdes i valsverk. De klumpiga trämaskinerna blev emellertid aldrig lika pålitliga som efterföljarna.

Vid skeppsvarven i Karlskrona, Oskarshamn, Stockholm m fl hade också förekommit metallsmide långt innan de mekaniska verkstäderna kom till. Grovsmeder, svarvare och ankarsmeder tillverkade där bultar, blockskivor, ankare och fartygets alla övriga detaljer av järn.

Förutom att smida föremål av stångjärnet göt många bruk även grytor och andra enklare husgeråd av det tackjärn som tappades direkt ur masugnarna. Det grövre hyttstöpet bestod länge enbart av trapphällar o d, men en bit in på 1800-talet började bl a Finspång och Åkers styckebruk dessutom att bearbeta godset och sedan sammanfoga det till fungerande maskiner. Det gick så länge tekniken var baserad på vattenkraft men ångkraftens ökade krav på precision klarade de inte. Därtill var material och arbetsmetoder alltför outvecklade. Det var i stället ett par från järnbruken fristående mekaniska verkstäder som först började använda den nya gjuteri- och verkstadstekniken, nämligen Samuel Owens företag på Kungsholmen och Motala verkstad.

Samuel Owen anlade sin verkstad 1809, sedan han lämnat Bergsunds gjuteri. Han hade en grundlig utbildning från England, fyra år vid Boulton & Watt och sju år vid Fenton, Murray och Wood i Leeds. Hans verkstad tillverkade främst ångmaskiner, kvarnar och tröskverk samt järnångfartyg. Maskinerna "hade ett skaplynne helt olika med det förut vanliga, samt voro vida skiljda från den klumpighet, som med få undantag hittills hade vidlått svenskt gjutgods". Med Owens faktori "började en ny epok i svenska maskinväsendet, vartill mycket bidrog att modellsnickare, gjutare samt även maskinarbetare härifrån spridde sig till de gamla gjuterierna, där de nya arbetssätten så småningom infördes".<sup>1</sup>

Trots det kämpade han med ekonomiska svårigheter och verkstaden upphörde år 1843. Ingen utomstående finansiär gick in och rekonstruerade företaget. Det var det ledande verkstadsföretaget i landet innan Motala verkstad på 1830-talet gick fram i täten.

Motala verkstad var under perioden 1822-1840 en del av Göta kanalbolags rörelse. Den tillverkade först enbart detaljer för kanalen, men snart även maskiner och redskap för utomstående beställare. År 1822 hade bolagets ledare Baltzar Bogislaus von Platen besökt Storbritannien för att köpa ett ångmudderverk och för dess montering och skötsel medföljde verkmästaren Daniel Fraser till Sverige. Han var en av dessa "millwrights" som spred brittisk verkstadsteknik över världen. Mera därom längre fram.

För att kunna montera det nya mudderverket uppsattes i Motala en mindre mekanisk verkstad. von Platen tänkte sig att den efter kanalbygget skulle fortfara som central verkstad/yrkesskola och därmed få lika stor betydelse som Göta kanal. Anläggningen utvidgades enligt ett bestämt mönster. Under 1820-talet byggdes ett första gjuteri, modellsnickeri, filverkstad, maskinverkstad, smedja m fl verkstäder samt fasta installationer som vattenhjul, kupolugnar och transmissioner för blivande arbetsmaskiner. Svarvar, borrhjul och gängskärningsmaskiner och en järnhyvel installerades framför allt på 1830-talet, då även arbetet med puddelugnar och ett valsverk påbörjades. Den utbyggnaden pågick när verkstadens förste arbetschef, Fraser, avgick 1843.

De bägge pionjärverkstäderna fick rätt snart efterföljare och vid mitten av 1800-talet fanns det omkring femton mekaniska verkstäder i Sverige. En tredjedel av dem var startade eller ledda av inflyttade briter.<sup>2</sup>

### **Brott eller jämn utveckling?**

Inledningen ovan antyder hur den historiska forskningen allmänt ser på Sveriges äldsta mekaniska verkstäder. Genom att börja tillverka bl a komplicerade ångmaskiner med inlånad brittisk teknik anses de utgöra ett

brott i landets industriella utveckling. Snävt tekniskt tycks verkstäderna relativt moderna, de sysslade med den tidens spetsteknik, ångkraft och verktygsmaskiner. Betraktar man däremot under vilka övriga förutsättningar verkstäderna arbetade blir avvikelserna från annan industri betydligt mindre. De hade överlag stora problem med att rekrytera arbetskraft och få fram lämpliga material, särskilt ett fullgott tackjärn. Produkterna nådde mest den lokala marknaden, vilket innebar ojämn sysselsättning och diversifierad tillverkning. Någon serieproduktion var ännu inte möjlig. Ofullkomliga material och arbetsmetoder gjorde tillverkningen olönsam. Den mycket begränsade mekaniska yrkesskickligheten samt bristande resurser i att bokföra och kalkylera kostnader försämrade resultaten ytterligare.

Minst utvecklade torde de första svenska verkstäderna ha varit i sättet att organisera produktionen, själva den industriella organisationen. Förmodligen var det här som britterna hade mest kunnande att förmedla. Relativt sett har dock arbetet planläggning och utförande försummats. Den inre organisationen är främst skildrad i sina huvuddrag.

Under hela tiden Göta kanal byggdes eftersträvade kanaldirektionen att införa nya material, ny teknik och modernare arbetsmetoder. Denna strävan att ersätta trä med järn och handkraft med maskinella anordningar resulterade i att Motala verkstad blev anlagd. Samma höga krav på arbetssätten gällde även där. Metoderna hämtades antingen från den ledande brittiska verkstadsindustrin eller så hörde de ursprungligen hemma i äldre inhemska näringar och industrisystem. Att karakterisera verkstadsarbetet med dess många inslag av hantverk och maskinteknik, svensk brukstradition och inlånad brittisk verkstadsorganisation är denna uppsats huvudproblem.<sup>3</sup>

### **Början till Motala verkstad**

Den mekaniska verkstad som Göta kanalbolags direktion lät uppföra i Motala socken var avsedd som hjälpverkstad för kanalarbetet. I privilegierna av år 1810 fastslås bolagets rätt och frihet att för kanalens behov, dess

byggnad och underhåll anlägga verkstäder för att tillverka gjutgods, smiden, verktyg och redskap samt allehanda materiel och att driva dessa verkstäder för hand, med vatten eller genom ångmaskiner. Bolaget ägde också rätt att fritt köpa alla råämnen till de arbeten som vid dess verkstäder och inrättningar skulle komma att tillverkas.

Behovet av gjuteri och mekanisk verkstad uppstod emellertid först en bit in på kanalbygget. De första åren utfördes mest grävningsarbete för hand av indelta soldater. Manskapet var fördelat på 15 arbetsstationer utefter kanalen, där en del enklare smedjor var placerade, bl a vid Sjötorp och Motala. Smedjorna kunde framställa huvudparten av alla spadar och övriga handredskap som kanalarbetet krävde. Bolaget köpte även materiel av järnbruken och hyrde smedjor för sådan tillverkning.

Från och med år 1815 blev direktionen alltmera angelägen om att mekanisera kanalarbetet. Från olika håll inom och utom landet köptes många olika slags maskiner, framför allt lyftkranar som behövdes utefter hela kanalen. Enbart år 1815 togs 48 dylika i bruk. Samma år skaffade bolaget även sin första ångmaskin om 10 hkr, konstruerad av den brittiske mekanikern Samuel Owen i Stockholm. Maskinen installerades vid Sjötorp, där den på våren 1817 började pumpa bort vatten som trängt över kajdammen.

Detta beroende av utomstående tillverkare blev besvärligt när kanalbygget nått så långt att ett stort antal broar och slussportar måste köpas. Enligt den ursprungliga byggnadsplanen för Göta kanal skulle samtliga broar utföras av furu och portarna av ek. I England hade emellertid slussportar av gjutjärn allmänt börjat komma till användning och sådana hade även använts vid den nyligen anlagda torrdockan i Karlskrona. De var visserligen avsevärt dyrare men ansågs desto mera varaktiga. Redan vid anläggandet av den första slussen i Forsvik lät direktionens ordförande Baltzar von Platen därför från England beställa slussportarna och den klaffbro som behövdes. Denna Sveriges förmodligen första gjutjärnsbro från år 1813 var i bruk till 1940 och finns alltjämt bevarad.

När direktionen några år senare skulle beställa ytterligare fyra svängbroar av gjutjärn till bl a landsvägen i Motala insåg man att det var omöjligt att låta även den beställningen gå till England. Tidens merkantilistiska tänkesätt medgav inte detta. Direktionen begärde därför anbud på dessa broar inom landet och fick sådana från Finspångs, Stavsjö, Forsviks och Karlsdals bruk samt från Owens mekaniska verkstad i Stockholm. Den senare ansågs bäst kunna utföra arbetet men priset var för högt och den långa transporten alltför riskabel. Beställningen delades därför mellan Finspångs och Karlsdals bruk, varifrån transporten kunde ske på kanalen.

Resultaten av denna första brogjutning i landet verkade allt annat än lovande. Karlsdal misslyckades helt med gjutningen. Vid Finspång var yrkesskickligheten visserligen större men anläggningen visade sig vara för liten att gå i land med hela beställningen. För att inte gå miste om en del smärre gjutgoods som behövdes under år 1816 avstod kanalbolaget från den bron. Trots detta blev den andra inte färdig förrän på våren 1817. Direktionen insåg naturligtvis att kanalarbetet riskerade att försenas genom denna bristande gjutningskapacitet. Ingen del av kanalen kunde fullbordas förrän alla nödvändiga broar, närmare ett 30-tal, hade skaffats. I det läget kom von Platen underfund med att bolaget borde anlägga ett tackjärnsgjuteri för att göra kanalbygget oberoende av leveranser från andra tillverkare. Saken fördes på tal vid ett direktionsammansträde i januari 1817. Då han på förhand räknat med att ingen av direktionens medlemmar skulle komma med invändningar var den brittiske väg- och kanalbyggaren Thomas Telford redan ombedd att sända över några skickliga gjutare till Sverige för att uppföra och leda gjuteriet. Denna åtgärd godkändes nu av direktionen och för detta ändamål köptes hemmanet Hårstorp i närheten av Motala.

I maj 1817 kom den skotske gjutmästaren James Thompson från Glasgow till Sverige för att övervaka uppsättningen av det planerade gjuteriet. Thompson och von Platen gjorde först en studieresa till liknande anläggningar i landet. Därefter granskade Thompson kanallinjen och valde bland tre föreslagna platser, Motala, Forsvik och Sörkvarn, den sista som bäst

lämpad för gjuteriet. Platsen, som låg i Västergötland där sjön Unden hade sitt utlopp i sjön Viken, hade goda förbindelser och riklig tillgång på bränsle, byggnadsmaterial och vattenkraft. Vid det närbelägna Sättra bruk tillverkades stångjárn. Där hade kanalbolaget tidigare arrenderat en knippjärnsmedja. Direktionen godkände valet av Sörkvarn och köpte ett torp för gjuteriet. Kostnaden beräknades till 6 000 rdr banko.

Kritiken mot den kostsamma gjuterianläggningen lät inte vänta på sig. 1817 års revisorer framhöll att direktionen i första hand borde se till att kanalen blev färdig. De föreslog därför att gjuteriet skulle nedläggas, tackjärn i största möjliga utsträckning ersättas med furuvirke och i övrigt nödvändiga gjuteriarbeten beställas av redan befintliga gjuterier i landet. Gjuterihanteringen ansåg man fortfarande vara mycket ofullkomlig, även i föregångslandet England. För att framgångsrikt kunna bedriva sådana i Sverige fordrades därför dyrbara experiment och en kostsam utbildning av yrkesskickliga arbetare. Dessutom skulle anläggningen inte kunna få någon större betydelse utan säker tillgång på ändamålsenligt tackjärn och på den punkten rådde nästan oöverstigliga hinder. Tackjärn var enligt gällande förordningar anslaget till brukssmiden och först sedan dessa behov tillgodosetts kunde det säljas till andra. Tillgången skulle på så vis bli knapp, och härmed följde sannolikt ett med stegrad efterfrågan ökat pris. Allt talade således mot fullföljande av gjuteriet.

von Platen höll emellertid fast vid att det borde byggas färdigt och så tyckte även direktionen. Under sommaren 1818 fortsatte arbetet vid Sörkvarn med oförminskad kraft. Genom Thompsons förmedling importerades från England 10 000 eldfasta tegel och fem ton lera. Mot slutet av året befann sig dock kanalbolaget i sådan penningnöd att direktionen tvingades slå till reträtt. Den beslöt att nedlägga gjuteriet, trots att cirka 15 000 rdr banko därmed gick förlorade. Sörkvarns korta historia som tilltänkt industricentrum var över och Thompson återvände till England. Tackjärnsgjuteriet var första uppslaget till Motala verkstad.

## Verkstaden blir till

von Platen förblev i den fasta övertygelsen att Göta kanalbolag borde anlägga ett eget gjuteri med verkstad för tillverkning av alla de gjutjärnspjäser och smiden som kanalanläggningen fordrade. Och det var särskilt en nytillkommen omständighet som han kunde utnyttja för sina verkstadsplaner. Kanalen passerade flera sjöar som måste muddras för att få samma djup som kanalens grävda partier. Direktionen diskuterade problemet i augusti 1820 och kom fram till att det blev billigast att köpa ett mudderverk. Samuel Owen hade redan erbjudit sig att leverera ett sådant för 19 650 rdr banko, men direktionen tackade nej. Detta fick den följande månad samlade bolagsstämman aldrig del av. I stället framställdes ett förslag om att mudderverket skulle köpas från England då von Platen misstrodde svenskt mekaniskt kunnande. Bolagsstämman godtog de anförda skälen och gav direktionen fria händer att köpa verket. I brist på medel kunde beställningen dock göras först på våren 1822. Den gick till Bryan Donkin Company. Samma firma hade byggt en liknande grävmaskin för Thomas Telford när han ledde arbetet med Caledoniakanalen i Skottland. Den hade varit mycket effektiv. Paternosterverket drevs av en 8 hkr ångmaskin och förmådde muddra till 3,5 meters djup. Det var tillverkat av trä och försett med 22 smidda skopor. Priset var 1 500 pund, närmare 18 000 rdr banko.

Den 22 april 1822 avreste von Platen från Göteborg till London för att inspektera mudderverket och diskutera en del andra problem som rörde Göta kanal med Telford. Efter deras överläggning var von Platen än mer övertygad om att mudderverket inte kunde få lämplig tillsyn i Sverige. Från början var det tänkt att att en kompetent engelsman skulle följa verket till Sverige, montera det på en vid kanalen byggd pråm och sedan återvända hem. På eget bevåg sökte nu von Platen förmå den utsedde mekanikern att stanna en längre tid i Sverige. Härtill medverkade också två andra skäl. Den vid Sjötorp använda ångpumpen skulle snart transporteras till Östergötland och sättas i gång vid Söderköping. Detta kunde den införskrivne engelsmannen till lägre kostnad ombesörja lika bra som maskinens konstruktör,

Samuel Owen. Dessutom hade Telford förklarat sig vara mycket nöjd med de svängbroar och slussportar av gjutjärn som var i bruk vid Caledonia canal. För sådana arbeten men också för andra göromål fordrades en mekanisk verkstad, utan vilken aldrig så väl utförda gjutningar oftast var obrukbara. Här kan man skönja von Platens planer på en verkstadsanläggning i Motala. Engelsmannen blev nog i första hand anställd för att sköta den blivande verkstaden.

Genom Telfords förmedling upprättades den 22 april 1822 kontrakt mellan von Platen och en av Bryan Donkins bästa arbetare, Daniel Fraser. Han ansågs äga all den sakkunskap som krävdes för de olika uppgifterna och kunde dessutom, om så behövdes, "förfärdiga sådana pjäser som med mekaniska verkstäder fordra handläggning". Men kontraktet har inget att säga om den tilltänkta verkstaden. Detta syfte har dolts under den allmänna bestämmelsen att Fraser skulle instruera svenska arbetare i att sköta mudderverket och ångmaskinerna samt att rätt hantera de svarvar och verktyg som Donkin levererade. Det var först vid hemkomsten som kollegerna i direktionen blev informerade om att han också haft i tankarna att anlägga en mekanisk verkstad. Den skulle bli till stor nytta för kanalverket och det allmänna. Kontraktet godkändes av kanaldirektionen den 8 augusti 1822. Lönen var 210 pund per år eller motsvarande belopp i svenska mynt, cirka 2 400 rdr banko. Arbetstiden fick inte överstiga 6 dagar per vecka med 10 timmar dagligen. Han skulle få instruktioner av von Platen under de två år som kontraktet gällde.

Redan på sommaren 1822 uppfördes mudderverket under Frasers överinseende i Motala, där det först skulle börja användas. I direktionens berättelse till bolagsstämman den 27 september samma år meddelades att en förbättrad mekanisk verkstad hade såväl för denna inrättning som för reparation av bolagets äldre ångmaskin måst uppsättas under egna arbetares ledning. På detta anspråkslösa sätt tillkom Motala verkstad. Få utomstående kan ha anat att det här gällde något vida betydelsefullare än gjuteriet i Sörkvarn. När verkstaden formellt började sin verksamhet går inte att fastställa, vare sig till dag eller månad. Den verkliga starten kan dock



inringas till hösten 1822. Mudderverket provkördes under september, oktober månader och de första verkstadsbyggnaderna var då uppförda. Vid den tiden borde också de bägge donkinsvarvarna ha varit installerade. De avsändes från London den 6 september.

Det fanns flera skäl att förlägga verkstaden till Motala. Vid denna arbetsstation började grävningen av Göta kanal i maj 1810. Då kanaldelen beräknades bli färdig år 1825 kunde man begagna det manskap som ännu var sysselsatt där. På platsen fanns redan en äldre smedja och en av kanalbolagets torrdockor, byggd 1815. Motala var även en lämplig plats för verkstaden's gjuteri då tackjärn lätt kunde fraktas över Vättern. Vad som mest talade för Motala var ändå läget, mitt på kanalen, och den goda tillgången på vattenkraft. Dessutom var von Platen särskilt förtjust i Motalatrakten. Där avsåg han att anlägga en av fyra tilltänkta kanalstäder.

Sammanfattningsvis tillkom Motala verkstad så här. I mitten av 1810-talet aktualiserades frågan om att anlägga ett tackjärnsgjuteri, lämpligen i Motala. Efter det misslyckade Sörkvarnsprojektet beslutades att Motala åter skulle bli platsen för gjuteriet. Det fick emellertid stå tillbaka någon tid för den mekaniska verkstad som von Platen nu i första hand ville uppföra. Ångmudderverket och annan mekanisk utrustning fordrade detta. Intresset för gjuteriet, som från början varit huvudsak, tycks alltmer ha överflyttats på verkstaden. Anläggningen började att uppföras i liten skala och år 1822 stod de första byggnaderna klara. När sedan gjuteriet och de övriga betydande verkstadsbyggnaderna kom till behandlas i följande avsnitt.

### **Verkstaden byggs upp**

Nedanstående beskrivning av Göta kanalbolags gjorda investeringar i byggnader och maskiner under perioden 1822-1843 disponeras på följande sätt. Först framställs den stegvisa utvidgningen, när byggnaderna uppfördes, deras funktioner, mått och inredningar. Därefter skildras särskilt hur arbetet med verkstadens egenhändigt tillverkade maskinpark förlöpte.

## Byggnaderna

De första husen var enligt revisionsberättelsen för år 1822 en fullbordad verkstadsbyggnad samt en klensmedja och en snickarverkstad som var nästan färdiga.

**Verkstadsbyggnaden** (21x8 m) uppfördes av timmer i ett plan men byggdes snart på med en våning för skriv- och ritkontor, arkiv samt rum för verkstadsstyrelsens sammanträden. I början av 1830-talet rymde övervåningen även apotek och filförråd. Nedre planet upptogs först av en fil- och svarvarverkstad innan härtill bestämda lokaler blev färdiga. Då inrättades där i stället ett par ritsalar och tre förrådsrum för verktyg, olja, ljus m m. Dessa lagerlokaler blev efter några år arbetsrum för ett växande antal verkmästare och ritare. Byggnaden fungerade således som verkstad bara en kortare tid. Från år 1828 kallades den för kontorsbyggnaden. Den flyttades på 1850-talet bakom det så kallade bolagshuset och inreddes till bostadshus för tjänsterum.

**Smedjan** (21x9 m) hade tre dubbla fristående härdar med sex inmurade släckhoar. Vid varje härd, som hade två städ och två läderbälgar, arbetade två smeder med hantlangare. Den innehöll flera filbänkar och på vinden förvarades verkstadens förråd av ämnesjärn. Klensmedjan togs bort år 1841 för att ge plats åt uppsättarverkstaden. Den uppfördes emellertid åter, förlängdes och försågs med tre fyrdubbla härdar. Bläster fick de från nedan beskrivna vattenhjuldrivna blåsmaskin.

**Snickarverkstaden** (29x11 m) omfattade till att börja med två rum men utvidgades år 1832 med ytterligare ett, sex meter långt. Det skulle hysa de modellsnickare som hittills varit verksamma på övre våningen av maskinverkstaden, där filare sedermera kom att arbeta.

**Maskinverkstaden** (29x15x8 m) uppfördes åren 1823-25. Den var byggd av huggen kalksten i två våningar med vardera två rum. Nedre våningsgolvet som låg jäms med marken var av granit. Då fallhöjden mellan kanalen och den lägre liggande strömmen var hela tio meter skulle de tilltänkta

arbetsmaskinerna drivas med vattenkraft. Vid sidan om byggnaden uppsattes därför år 1826 ett vattenhjul. Vattnet leddes i täckta rör från kanalen mot hjulet till strömmen via en däremellan öppet liggande kulvert. Denna metod att driva en mekanisk verkstad med vatten från en trafikkanal hade förmodligen aldrig prövats tidigare.

Närmast i tidsföljd uppfördes år 1825 en **filverkstad** (30x16 m). Den var avsedd för montering av järnbroar, ångmaskiner m fl större konstruktioner. För det ändamålet fanns en plan (16x4 m) av huggen kalksten inlagd i den övriga golvfyllningen av lera. Den rymde fyra större ångmaskiner. Längs med filbänkarna var anlagt plankgolv. Eftersom byggnaden saknade skiljeväggar var bjälklagret försett med kraftiga tackjärnsknän. Taket bars upp av pilastrar. I början hade man tänkt att här anlägga ett tackjärnsgjuteri med reverberugnar men planerna ändrades sedan lokalen visat sig vara mindre lämplig.

Samma år, 1825, byggdes även det första **gjuteriet** (34x9 m). Det försågs med en större och en mindre kupolugn samt en torkugn. Bläster för ugnarna erhöles från en importerad engelsk blåsmaskin som drogs av två hästar. I byggnadens södra del rymdes en kopparslagarverkstad med en dubbelhård, vars förbränningsluft alstrades av ett par i taket upplagda bälgar. Till gjuteriet hörde även ett stall. Efter någon tid tillkom en bod (26x9 m) för gjuteriets många modeller. Som mest uppgick samlingen till 5 000 modeller, "den största och dyrbaraste i landet". I anslutning till järngjuteriet uppfördes även två hus för stenkol och och träkol. Huset för stenkol och koks (21x16 m) försågs år 1828 med en koksugn samt en kvarn som malde sandsten, lera, pulver m m för gjutningarna. Koksugnen som var av eldfast tegel hade tackjärnssluckor och en kran efter skotsk modell. Träkolsmagasinet rymde 400 läster, drygt 7 000 hektoliter. År 1833 blev en tillbyggnad för materialkontoret och ämnesjärnsförrådet färdig.

Nästa steg i utbyggnaden blev den år 1827 påbörjade stora smedjan eller **plåtverkstaden** (37x16 m). Den var främst avsedd för ångpannetillverkningen och utrustades först med en plåtglödugn och två fristående härdar, vilka

fick bläster från i taket placerade läderbälgar.

På andra sidan kanalen bredvid dockan byggdes år 1829 en **mallbod** (17x7 m). Nedre våningen begagnades till snickarverkstad och på den övre utslogs mallar för fartygsbyggena. Övervåningen kunde ändras om till sommar-kasern åt extra arbetare.

År 1831 lades grunden till ett nytt **tackjärnsgjuteri** av tegel (30x16x6 m). Det provisoriska "gjuthuset" hade endast brädväggar, vilket starkt försvårade gjutningen på vintern. Följande år var den nya gjuteribyggnaden uppförd och på samma grundmur dessutom ett kupolugnshus (9x5x5 m) med plåttak och ett två rums renshus för gjutgodsets rengöring, vägning och förvaring. En ny vattenhjulsdriven blåsmaskin samt sedermera murbruks-kvarn och slipstenar placerades vid gjuteriets norra del i en egen trä-byggnad. Det äldre järngjuteriet ändrades till metallgjuteri och försågs med tre dragugnar. Dess södra ända som varit stallvind för den gamla hästdrivna blåsmaskinen blev modellvirkesförråd. Maskinen, hädanefter handdriven, placerades i stora smedjan.

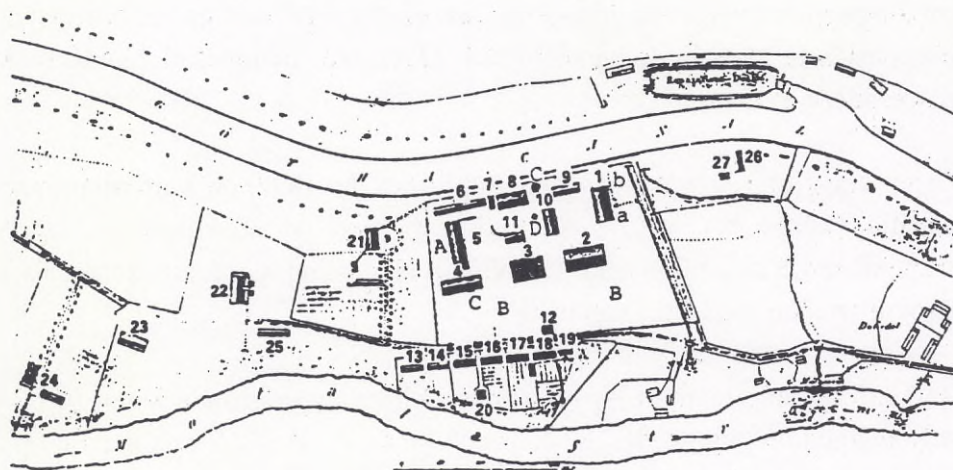
Öster om gjuteriet vid kulverten uppfördes år 1833 en **vattenhammar-smedja** (19x11 m). Grovsmedjan försågs med två räckhammare om 9 respektive 4,5 skeppund samt två härdar. Hamrarna klarade 6 tums pjäser. Grövre smiden togs från annat håll.

År 1836 började man att lägga grunden till en ny **maskinverkstad** (40x18 m). Byggnaden uppfördes av kalksten, först i ett plan och sedan med ytterligare två. Den blev i sin helhet färdig år 1841 men stod länge oanvänd, inredning och arbetsmaskiner insattes först på 1850-talet.

I början av 1843 blev den två år tidigare grundlagda **uppsättningsverkstaden** (33x18x9 m) färdig. Den bestod av ett rum, där två 500 hkr ångmaskiner samtidigt kunde monteras. Så stora pjäser rymde inte gamla filverkstaden. Uppsättningsverkstaden fick flera lyftanordningar och genom hela byggnaden samt vidare ut på kajen anlades räls för särskilda vagnar.

Så länge Göta kanalbolag ägde Motala verkstad måste plåt, vinkeljärn och grövre smiden tas från annat håll. Detta var dyrt och besvärligt. Ofta nödgades man efter bearbetning kassera smidesämnen till följd av dåligt järn. Ett gammalt önskemål var därför att verkstaden skulle utrustas med eget järnverk. Detta började att förverkligas åren 1842-43 då två tegelbyggnader för ett större valsverk respektive puddlingsverk och grovsmedja uppfördes. Mot slutet av år 1843 var smedjans båda avdelningar försedda med tre puddelugnar, vällugn, plåtglödningsugn, mumblingshammare, plåtsax och ett mindre valsverk med fyra par valsstolar. Vattenhjulet för hela detta maskineri hade en diameter av drygt åtta meter och två meters bredd. Husét för stora valsverket blev likaså färdigt 1843, men bara till det yttre. Maskineriet kom dit i mitten av 1850-talet.

#### Plankarta över Motala verkstad från 1830-talet.



Förklaringar: 1. maskinverkstad med a) hjulhus och b) vattenrör från kanalen, 2. filverkstad, 3. plåtslageri, 4. kolhus, 5. gjuteri, 6. modellbod, 7. förrådshus, 8. modellverkstad, 9. kontor, 10. smedja, 11. mindre kolhus, 12. portvakt, 13-18. arbetarhus, 19. uthus, 20. bryggeri och bagarstuga, 21. verkmästarebostäder, 22. värdshus, 23. arbetarbarack, 24. kamrerarbostad, 25. stall, 26. bostadshus, 27. källare.

Källor: Berättelser över fortgången av Motala verkstad, inlämnade till Kommerskollegiet 1828-1835.

## Maskinverkstaden

År 1828 ålade Kommerskollegiet direktionen över Göta kanalbolag att varje år insända en rapport om Motala verkstad. Direktionen uppdrog detta åt verkstadsstyrelsen. Sex avskrifter av sådana redogörelser finns i kollegiets arkiv. De är upprättade i november 1828, juni 1830, augusti 1831 och juli 1832, 1833, 1835. Berättelserna beskriver ingående i vilket tillstånd verkstaden var, vad som uträttats sedan föregående år och vilka arbeten som för närvarande pågick. Maskinverkstaden är den utförligast beskrivna av alla arbetslokaler. Här sammanfattas i första hand när maskinerna byggdes och deras prestanda. Delvis återges även själva arbetet med maskinerna.

Enligt den ursprungliga planen skulle **maskinverkstaden** förses med tio svarvar av järn, en horisontell bormaskin för borring av cylindrar, en rördraingsmaskin, ett gängverk och tre slipskivor. Vardera våningen var tänkt att rymma fem svarvar, de större på markplanet och de mindre på övervåningen. Vattenhjulet skulle genom ett utväxlingsverk driva samtliga maskiner på båda våningarna. Vid sidan om verkstadsbyggnaden uppsattes år 1826 i särskilt hjulhus ett överfallsvattenhjul, 4,9 m i diameter och 1,2 m brett, kalkylerat att ge 16 hkr. Ringarna, armarna och den 43 cm grova, vertikalt liggande axeln var av gjutjärn och de dubbla skovlarna av järnplåt. Drivvattnet erhöles från kanalen genom ett 54 cm tjockt järnrör, försett med en inslipad lucka i vardera änden. En regulator anpassade den vattenmängd som behövdes för att sätta i gång hjulet och ge maskinerna jämn fart. Verkstadens 3 m djupa grund gav plats för utväxlingen från vattenhjulet och för maskineriets fastsättning. Det större svänghjul som ledde rörelsen från hjulet till arbetsmaskinerna vilade på infällda gjutjärnsramar, fixerade med genomgående bultar. Transmissionen till övervåningen bestod av två uppstående och flera liggande axlar som var 10-15 cm i diameter och 2-4 m långa.

Maskinverkstadens utrustning behandlas lämpligen våningsvis. På **nedre planet** insattes följande maskiner och arbetsredskap. *Svarvar*: 1828 var

verkstadens största svarv (44 tum) nästan färdig. De tre bäddarna, 7,3 m långa, var gjutna, hyvlade och insatta. Dockan, vägande närmare ett ton, var modellerad och avgjuten samt slipad och inpassad med bäddarna. Spindeln och övriga smiden var likaså tillverkade. De flesta metallarbeten av lager, matningsskruvar m m var gjutna och under sammanpassning.

År 1830 var svarven i drift. Med en största svarvdiameter av drygt 2 m hade den tillräcklig kapacitet för att bearbeta de största pjäser. Arbetsstyckena kunde väga upp till tio ton. Svarven var dessutom försedd med en horisontell bormaskin för att borra cylindrar. Med den kunde man svarva och borra cylindrar som var 2,4 m långa och 1,5 m i diameter. Borrstångens skärhuvud avancerade en tum (2,5 cm) på 28 varv eller 0,0375 tum per varv med lägsta hastighet. Mellan dockorna uppsattes 6,5 m långa och 2,1 m grova pjäser. Med patronskiva kunde man svarva ringar, flänsar, hjul m m som var 4,5 m i diameter.

Maskinverkstadens näst största svarv blev färdig i juli 1827. Svarven hade 18 tums radie, dvs den bearbetade pjäser av 36 tums diameter. Svarven var försedd med ledarskruv och åtta kugghjul för olika matningsrörelser. För gängoperationer fanns det en särskild gängningsskruv med 36 olika utväxlingar. "Gängverket" blev färdigt år 1828. Svarven bar på spindeln 1 190 kg och mellan dockorna det dubbla. 4,8 m långa axlar och valsar kunde uppsättas i svarven.

Den tredje största maskinen, en 15 tums svarv, hade varit i gång sedan augusti 1828. Den hade åtta utväxlingshjul, men skulle försees med ytterligare tre. Maskinen bar samma tyngd som 18 tums svarven, dvs 1 190 kg på spindeln och mellan dockorna 2 380 kg. Den svarvade även koner.

Uppgifterna om de mindre 10,5 tums svarvarna är ofullständigare än för de tre största. År 1828 meddelades att gjutgodset och smidena var färdiga och att sammanpassningen var avklarad. De bägge svarvarna var i drift 1830, kanske redan året innan. I dem kunde uppsättas 4,5 m långa och 65 cm grova valsar mellan dockorna. Följande år pågick arbetet med ytterligare en 10,5 tums svarv. Delarna var gjutna och hopsättningen påbörjad. Sista

upplysningen om svarven lämnades 1833, då den var monterad och försedd med utväxlingsverk.

*Övriga maskiner och redskap:* 1828 var ramarna och utväxlingen för slipstenarna färdiggjorda och under uppsättning. Denna slipanordning kom förmodligen i bruk följande år. I varje fall var två slipstenar med 1,2 m diameter installerade år 1830. De drevs av vattenhjulet.

För den stora kranen var år 1828 åtskilliga modeller till gjutgodset färdiga och en del av dem avgjutna. Kranen, beräknad att lyfta drygt 5 ton, var ämnad för de grövre pjäser som skulle bearbetas i svarv eller bormaskin. Följande år var den dubbla kranarmen gjuten, riktad och sammanpassad. Även tillhörande lager var färdiga. År 1832 var kranen med dess maskineri uppsatt och i drift. Därtill fanns det på nedre planet diverse bänkar och skruvstäd.

**Övervåningens** mindre svarvar var under arbete år 1828. Alla bäddarna var hyvlade och slipade. Två år senare hade fyra 8 tums svarvar börjat användas. De bar på spindeln 25 kg och mellan dockorna 75 kg. I svarvarna kunde uppsättas 2,3 m långa axlar. De drevs med handkraft till dess utväxlingsverket för övre planet hunnit fullbordas. År 1833 var verket färdigt och svarvarna anslutna.

Till en början inrymde maskinverkstadens övervåning även delar av fil- och modellverkstäderna. År 1828 var den första filbänken uppsatt samt skruvstyckena därtill smidda och under arbete. Två år senare kunde 20 filare arbeta vid sina bänkar. För modellsnickring fanns 10 hyvelbänkar. Dessa flyttades år 1833 till den utbyggda snickarverkstaden och i stället uppsattes nya filbänkar med skruvstycken. Därmed fanns det på övervåningen 23 skruvstycken och plats för ytterligare 7.

Sammanfattningsvis utrustades maskinverkstaden så här. Rörelsen från vattenhjulet överfördes till arbetsmaskinerna via ett så kallat utväxlingsverk. Transmissionen byggdes i två etapper. Först anslöts verkstadens nedre våning, där 10,5 tums och större svarvar, bormaskinen, slipstenarna och lyftkranen var placerade, sedan övre våningens 4-8 tums svarvar. Utväxling-



en till nedervåningen kom i bruk 1828 eller tidigare och till övervåningen fem år senare, 1833. Från år 1827 ägde verkstaden större vattendrivna svarvar. En av dem försågs året därpå med en anordning för att gänga skruvar. Då 44 tums svarven med dess horisontalborrmaskin blev färdig 1830 kunde större cylindrar för ångmaskiner borras. För att tillverka hjul, ringar, flänsar m m behövdes även mindre svarvar. Dessa 8 tums maskiner var handdrivna fram till 1833. År 1830 blev ett par slipstenar inkopplade på vattenhjulet. Den stora lyftkranen blev färdig 1832. Kranen måste ha underlättat arbetet med att hissa och transportera tyngre pjäser högst väsentligt. Även i maskinverkstaden bearbetades arbetsstyckena delvis i bänk. På bågge våningsplanen fanns filbänkar med åtskilliga skruvstycken. Det gällde särskilt för övervåningen som var en del av filverkstaden. Där fanns år 1833 plats för 30 bänkarbetare.

Tre år efter grundläggningen var **filverkstadens** utrustning mycket ofullständig. År 1828 fanns där en mindre trampsvarv (två höll på att monteras), en handdriven borrmaskin samt bänkar med 13 skruvstycken och övriga tillbehör. Fyra av skruvstyckena hade tillkommit under året. Två år senare hade maskinerna och redskapen blivit avsevärt fler. Då fanns det en stor handdriven borrmaskin av trä. Med den borrades pjäser som var svåra att applicera i maskinverkstadens vattendrivna borrsvarv. Maskinen var försedd med en borrsats. Av de fyra svarvarna hade en 10,5 tums radie. Den var handdriven och därför försedd med svänghjul. De tre 8 tums svarvarna drevs med trampvevar. Till verkstaden hörde även flera mindre drillborrar samt diverse gängskärningsverktyg. Vidare fanns där år 1830 filbänkar och skruvstycken för cirka 40 filare.

Fram till 1830 utrustades **plåtslagarverkstaden** med en stor fristående öppen härd, inrättad för grovsmide, bl a en kran var uppsatt där. Två mindre dubbla härdar användes mest vid tillverkning av ångpannor. Därtill ägde verkstaden en större så kallad punchingmaskin för att klippa och stansa hål i ångpanneplåtarna. Särskilda pressar fanns för att bocka plåtarna. Arbetslokalen var försedd med åtskilliga filbänkar. Samtliga maskiner och bälgar drevs med handkraft.

År 1828 var **gamla gjuteriet** försett med en större rund kupolugn. Den var 2,2 m hög, 1,2 m i diameter och smälte minst 2,7 ton tackjärn på 3,5 timmar. Ugnen, som var gjuten i ett stycke hade 2,5 cm gods och vägde 1,6 ton. I gjuteriet fanns även en mindre fyrkantig ugn, hopsatt av fyra gjutjärnshällar, som smälte 2 ton. En större ugn med luckor för torrsandsformningen samt för att torka lerformar och kärnor var uppmurad på ena sidan av gjuteriet. Genom ugnen var räls anlagd, på vilken större formar transporterades i vagn in och ur ugnen. En kran av trä användes för att lyfta gjutskänkar, gjutflaskor och större gjutna pjäser. Gjuteriet var även inrättat för metallgjutning. För denna, som verkställdes i deglar, fanns tre murade dragugnar samt bänkar och verktyg till formningsarbetet.

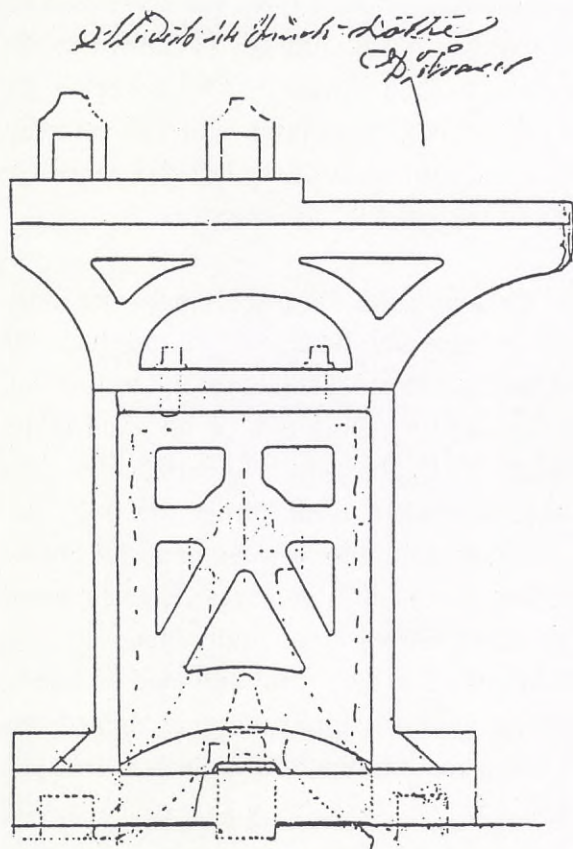
**Nya gjuteriet** kom förmodligen i gång år 1832. Då installerades det äldre gjuteriets stora kupolugn bredvid två nya. Av dessa var den ena lika stor som gamla ugnen och den andra avsevärt större. I stället för 2,7 tons utslag kunde man vid gjutning av stora pjäser ur denna ugn på en gång tappa drygt 5 ton tackjärn. Den föregående år påbörjade cylinderblåsmaskinen med tillhörande vattenränna och överfallshjul var färdig och inbyggd. Blåsmaskinen hade tre dubbelverkande cylindrar och lämnade 52 kubikmeter luft per minut. Blästern leddes genom ett 8 m långt och 30 cm grovt järnrör som nedgrävt i marken gick från blåsmaskinen under gjuteriets golv till kupolugnarna. Golvet bestod av cirka 1 m djup formsand med en rymlig gjutgrop. Gjuteriet var även utrustat med två stora torkugnar, anlagd räls samt ett par kraftiga kranar. Vid sidan om gjuteribygnaden stod en krosskran, så kallad hejare, försedd med en 700 kg tung kula som krossade kasserat gjutgods för omsmältning i kupolugnarna. För vägning av gjutgods m m fanns det på verkstadsområdet en större våg.

Den år 1823 uppförda **snickarverkstaden** innehöll fem år senare två 8 tums trampsvarvar av järn och en handdriven för svarvning av modeller och större trähjul. Kring väggarna fanns det hyvelbänkar för 20 snickare plus fem fristående bänkar. Nästa upplysning om verkstaden lämnades år 1832, då den hade blivit tillbyggd i västra änden med ett 11x6 m stort rum. Tillbyggnaden var avsedd för de 10 modellsnickare som dittills arbetat på

maskinverkstadens övervåning. Därmed rymde modellverkstaden minst 30 arbetare.

**Konstruktionsritning av Daniel Fraser 1828.**

Släde för 44 tums svarv.



**Daniel Fraser**

Daniel Fraser föddes i Ancrum (grevskapet Roxburgh) i Skottland år 1787. Hans far, Alexander Fraser, var snickare och kvarnbyggare. Åren 1805-09 utbildade han sig till mekaniker hos John Rule i Bonchester och fick därefter anställning som konstruktör och maskinbyggare vid Bryan Donkin Company. Verkstaden, som låg i Bermondsey utanför London, tillverkade

huvudsakligen pappersmaskiner, tryckpressar, mudderverk och ångmaskiner. Då han kom att stanna där i 13 år förtjänar företaget och dess grundare Bryan Donkin att presenteras något närmare. Det var framför allt vid Donkin Company som Fraser blev utlärd till maskinkonstruktör innan han år 1822 for till Sverige.

År 1802 konstruerade Bryan Donkin (1768-1855) den första praktiskt fungerande pappersmaskinen för Henry och Sealy Fourdriniers. Maskinen, som uppsattes i Frogmore, blev trots sina brister mycket lönsam. Fourdriniers började därför i april 1803 att uppföra en verkstad för sådan tillverkning vid Spa road i Bermondsey. Till arbetschef utsågs Donkin. Denna anläggning blev början till Bryan Donkin Company. Efter någon tid, förmodligen 1807, överlät nämligen bröderna Fourdriniers Bermondsey Work på Donkin, som fortsatte att tillverka framför allt pappersmaskiner. Då han mestadels även konstruerade vattenhjulen för att driva maskinerna var titeln millwright mycket passande.

Bryan Donkin hade kontakter med flera av tidens förnämsta tekniker och företagsledare. Här kan nämnas Henry Maudslay med sin berömda mekaniska verkstad i London, instrumentmakaren James Watt samt väg- och kanalbyggaren Thomas Telford. År 1806 tog Donkin och Maudslay tillsammans ut patent på en kuggväxel för bl a svarvar. Det tyder på att de var bekanta redan då, om inte ännu tidigare. De samarbetade framgent om diverse konstruktioner. Han besökte Birmingham och Boulton & Watts Soho Foundry i januari 1814 för att diskutera gjuteriteknik: "...the foundry, which is large enough to melt 30 cwt of iron in one time". Två år senare for han till Inverness för att träffa Telford, som förestod arbetet med Caledonia canal. De diskuterade bl a det mudderverk som Donkin konstruerat för kanalbygget. Mudderverket hade visat sig fungera väl utan att skada kanalbankarna som man befarat. Sannolikt var det framgången med detta mudderverk som fick den preussiska regeringen år 1817 att beställa ett liknande verk för utgrävning av Swinemündes hamn. Och den montör Donkin gav i uppdrag att medfölja och sätta upp verket var Daniel Fraser.

Det finns därför skäl att antaga att Donkin redan då ansåg honom bäst

kvalificerad för uppgiften. Fem år senare blev han ju anförtrodd att montera mudderverket i Motala. Vad lärde sig då Fraser om mekaniskt arbete hos Donkin? Faktiska uppgifter saknas men en allmän reflexion kan ändå göras. Bryan Donkins nära förbindelser med ledande tekniker måste rimligen ha bibringat Fraser kunskaper i modern maskinkonstruktion och industriellt tänkande. Han fick även viss teoretisk utbildning. År 1818 grundades Society of Civil Engineering av bl a Donkin och Telford. Fraser brukade bevista sällskapets anordnade föreläsningar. Hans duglighet gjorde honom till förman vid företaget med en årslön av 200 pund.

Som ansedd mekaniker var Bryan Donkin en av de fem londonföretagare som utfrågades i 1824 års parlamentsrapport rörande exporten av maskiner. Där meddelade han några intressanta upplysningar om sin verkstad. På frågan om någon utsänd maskinuppsättare efter fullgjort uppdrag stannat kvar i utlandet svarade han att "I have had some return, and others stay, the last man I sent was to Sweden; he is remaining there still". Med stor sannolikhet var detta arbetschefen vid Motala verkstad, Daniel Fraser. Beträffande lönesättningen uppgav Donkin att arbetarna i hans bransch vanligen hade lika lön, men att han själv betalade olika lönesatser beroende på kvalifikationer. Här skymtar en förklaring till den individuella lönesättning som också Motala verkstad tillämpade.

### **Arbetschef vid Motala verkstad**

Som tidigare framhållits uppkom tidigt större planer för verkstaden. Det kom att innebära ökade befogenheter för den från Donkin Company införskrivne maskinuppsättaren Daniel Fraser. Sedan mudderverket väl var monterat gav von Platen honom uppdraget att ensam uppgöra planen för hela verkstadsanläggningen. Det förekom dock att von Platen försökte lägga band på Frasers expansionslusta. Denne kunde t ex i brev bli påmind om sin pionjärställning, han var som "a settler on the Ohio or in Port Jackson, not that of a Mr artisan in Bermondsey". von Platen anspelade på att Fraser innan han kom till Sverige hade varit anställd hos Bryan Donkin i Bermondsey. Kanske försökte Fraser bygga upp en anläggning som kunde mäta

sig med de stora engelska verkstäderna. von Platen var däremot väl medveten om att hans finansiärer hellre såg att verkstaden producerade vad som behövdes för kanalen och sådant som kunde säljas och inte bara byggdes ut med nya anläggningar. Å andra sidan kunde han, som i brev till Fraser den 27 december 1827 uttrycka sin oro över verkstaden och beklaga att den egentligen inte kunde tillverka gjutgods bättre än von Warendorff på Åkers styckebruk eller kapten Cronstrand som ledde arbetet vid Södertälje kanal, trots att dessa bägge företagare inte hade annat än utbildade arbetare och vanliga smältugnar. I allt väsentligt hade dock von Platen mycket höga tankar om Frasers kapacitet. Han kompenenserades också med synnerligen fördelaktiga anställningsvillkor. Näst ordföranden var han högst avlönad inom Göta kanalbolag. Förnyade åtaganden att tekniskt leda Motala verkstad visar likaså att Fraser länge ansågs oumbärlig. Hans första kontrakt med kanalbolaget förlängdes med två år. Därefter förlängdes det vanligen med fem år i taget.

Det förekom dock att Fraser blev kritiserad, t ex vid bolagsstämman i mars 1833. Anmärkningarna var av tre slag, han: 1. saknade teoretisk utbildning, 2. kunde inte självständigt göra ångmaskinsritningar, 3. hade för hög lön, i England skulle han inte kunna förtjäna hälften så mycket.

Styrelsen bemötte kritiken i ett längre anförande. Det var riktigt att Fraser saknade längre teoretisk utbildning, men var han därmed endast hantverkare? Inte alls, eftersom han hade kunnat konstruera och till effekten beräkna alla de maskiner som Motala verkstad ägde. Påståendet att Fraser inte kunde göra ritningar till ångmaskiner var ogrundat. Vem hade i så fall hjälpt honom att bygga den 40 hkr ångmaskin som för närvarande var under uppsättning i verkstaden? Eller de bägge 15 hkr maskiner med ångpanna, vars ritning nyss blivit uppgjord på ritkontoret? Under sin vistelse i England sommaren 1831 skaffade han på verkstadens begäran ritningar till 50 hkr ångmaskiner enligt senaste konstruktion. När dessa jämfördes med de av honom före resan uppgjorda, fann man ganska obetydliga skillnader dem emellan. Sannolikt hade kritiken mot honom tillkommit genom ett missförstånd. De flesta av verkstadens tidigare ångmaskiner med ångpannor var tillverkade efter beställarens egna

ritningar. Detta hade ofta vållat verkstaden bekymmer. Men är det så nödvändigt med teoretiska insikter i ett praktiskt yrke? Började inte Henry Maudslay som släggare, James Watt med att arbeta på en instrumentverkstad och Thomas Telford som stenhuggare? Varför inte jämföra honom med dessa?

Daniel Fraser stannade inte som arbetschef till den avtalade perioden löpt ut 1 augusti 1844. Han lämnade sin befattning den 1 april 1843, men behöll bostället till mitten av maj då köpet av egendomen Charlottenborg var avklarat. Herrgården låg i Vinnerstad socken vid Motala ström, nära verkstaden. Från sitt arbete hade han tagit med sig en kista med verktyg, ritbord, bestick och vattenpass. Han avled i december 1849, 62 år gammal.

### **Produkter och kunder**

Under sina första fem år tillverkade Motala verkstad nästan enbart detaljer för Göta kanalbolags räkning. Merparten bestod av broar, lyftkranar, rör och handredskap samt bultar o d i tusental. Denna tillverkning fick minskad betydelse när verkstaden började åtaga sig större privata beställningar. Sak samma med kanalens fullbordan 1832. Därefter utfördes mest diverse reparations- och ersättningsarbeten. De många träbroarna började t ex att bytas ut mot broar av järn.

Verkstaden göt påfallande få slussportar. Först 1831 levererade den fyra par låga portar till kanalen. Året därpå göts ett par högre slussportar. Det tyder på att verkstadens första gjuteri hade liten kapacitet, man nöjde sig med att göra bl a portplanksbult, lås och stag. Förmågan att tillverka stora pjäser kom med det nya tackjärnsgjuteriet, färdigt i slutet av 1832. Men då var kanalen redan anlagd och under återstoden av decenniet göts tydligen inte en enda slussport i Motala. Denna ringa insats berördes i samband med verkstadens försäljning 1840. Av kanalens 116 par slussportar hade Finspångs och Stavsjö bruk gjutit hela 86. Motala verkstad kom huvudsakligen till för att gjuta slussportar, men därav blev knappast något så länge den ägdes av Göta kanalbolag.

År 1827 fick Motala verkstad sin första stororder, ett ångfartyg av svenska postverket för att trafikera rutten Ystad-Greifswald. Det döptes i september 1830 till Motala. Enligt kontraktet av den 15 juni 1827 var postfartyget drygt 29 m långt, 5 m brett och 2,2 m djupgående. Det försågs med två 30 hkr ångmaskiner, byggda av verkstaden liksom träskrov och ångpanna. Hela arbetet utfördes på vanligt sätt efter räkning, plus 15 procent för verkstadens vinst. Postverket betalade 30 000 rdr banko i förskott under 1827. Något pris fastställdes aldrig. Fartyget skulle vara färdigt inom 26 månader. Detta åtagande klarade inte Motala verkstad. Fartyget levererades först i juni 1831 till ett pris långt utöver vad poststyrelsen tänkt sig. Skälen härtill var flera. Verkstaden saknade länge resurser för så omfattande beställningar. Först 1830 ägde den tillräckligt stora svarvar för att bearbeta cylindrar och grovsmide. Försenade materialleveranser och misslyckade gjutningar blev dyra. Det kostade mycket lärpengar att arbetschefen Fraser inte tidigare byggt fartyg.

Verkstadens andra ångfartyg, Rosen, beställdes våren 1829 av fabrikör John Swartz i Norrköping. Det utfördes efter samma konstruktions- och maskinritningar som postfartyget. Både Motala och Rosen var så stora att de inte med hjulen kunde passera slussarna, varför de fick segla till Göteborg, där hjulhusen byggdes. Den 16 juli 1831 företogs med Rosen en provtur i Göteborgs skärgård.

Det tredje byggda fartyget vid Motala verkstad var Scandia. Dess dimensioner var avpassade för slussarna och vid sidohjulen var skrovet indraget för att minska bredden. Fartygskonstruktionen benämndes fiolbåtar. Scandia, byggt 1841-42 för verkstadens räkning, var Sveriges andra järnfartyg. Det första byggdes strax förut vid Nyköpings varv.

Med postfartyget Motala inriktades verkstadens produktion alltmera på maskiner och mekaniska anordningar. Ångmaskiner blev huvudtillverkningen. Under Frasers chefskap tillkom 57 sjöångmaskiner, 5 landångmaskiner och 5 maskiner för mudderverk, totalt 67 ångmaskiner av varierande styrka.



De blev byggda och installerade enligt tablå nedan. Merparten var balansmaskiner, men från 1838 byggdes även s k triangelmaskiner av hans egen patenterade modell, bl a till Scandia.

### Ångmaskiner tillverkade vid Motala verkstad 1829-1842:

#### Fartygsmaskinerier

färdigt år	fartygets namn	antal maskiner	summa hkr	färdigt år	fartygets namn	antal maskiner	summa hkr
1831	Motala	2	60	1837	Uppland	2	32
	Rosen	2	60		Malmö	2	70
1832	Finspång	1	20	1838	Telford	2	32
	Sjöhästen	1	20		Polhem	2	32
1833	Sleipner	2	32		Östergötland	2	32
1834	Amiral von Platen	2	28		Siljan	2	14
	Gylfe	2	100	1839	Wettern	2	20
	Gustaf Vasa	1	40		Heimdals	2	14
1835	Daniel Thunberg	2	32		Raketen	2	70
	Eric Nordevall	2	32	1840	Murtaja	2	70
	Cometen	2	70		Öland	2	10
1836	Furst Menschikoff	2	90		Gripen	2	10
	Svenska Lejonet	2	70	1841	Christiania	2	120
	Svithiod	2	90		Thor	2	210
1837	Kommandörkapten	2	32	1842	Scandia	2	60
				Summa:		57	1 572

Mudderverk				Landångmaskiner			
färdigt år	ort	antal maskiner	hkr	färdigt år	ort	antal	hkr
1831	Göta älv	1	10	1839	Utö	1	16
1839	Trollhättan	1	10		Röraas	1	6
	Malmö	1	10	1840	Malmö	1	6
1840	Rostock	1	16	1841	Rostock	1	16
1842	Göteborg	1	16	1842	Norrköping	1	6
Summa:		5	62	Summa:		5	50

Källa: Förteckning över ångmaskiner som tillverkats vid Motala verkstad från 1822 till 1843. Ingenjör Daniel Frasers papper.

#### Verkstadens anställda arbetare

Motala verkstads personal omfattade från början olika kategorier av arbetare. Det berodde framför allt på två omständigheter: verkstadens produktion och anläggningens geografiska läge. Produktionen hade huvudsakligen följande tredelade indelning. Som ämnat var försåg verkstaden för det första Göta kanal med en mängd järnkonstruktioner, bultar, handredskap m m. Den egenhändigt byggda maskinparken, skildrad

i tidigare avsnitt, tog likaså stora resurser i anspråk. Dessutom åtog sig verkstaden allehanda beställningsarbeten för utomstående, alltifrån hjulnav till hela ångfartyg.

Denna diversifierade tillverkning fordrade en stam av skickliga järnarbetare och snickare, som oftast måste rekryteras från större industriorter. Men det faktum att anläggningen låg på landsbygden påverkade förmodligen än mer arbetspersonalens sammansättning. Jordbruket blev därmed den stora rekryteringsbasen och mekaniskt okunniga drängar något av en huvudkategori. En mindre, likartad kategori utgjorde de arbetare som via kanalbygget kom till verkstaden. Deras namn, Dunder, Rot, Svärd etc, tillhörde indelningsverket.

Under verkstadens uppbyggnad var anläggarna en viktig arbetarkategori. Dessa tillfälligt eller säsongvis anställda arbetare kunde antingen komma från trakten eller bestå av mera långväga arbetsvandrare. En sådan ofta anlitad grupp säsongarbetare var timmermännen från Ale, Bjärke och Kullings härader i Västergötland. De är skildrade i litteraturen och liknas vid många andra landskaps vandringsarbetare, inte minst "herrarbetarna" från Dalarna.<sup>4</sup>

Ett av Motala verkstads huvudproblem var bristen på yrkesskickliga arbetare. Dess styrelse försökte därför på olika sätt värva kunniga yrkesarbetare samt få dem att stanna vid verkstaden med goda anställningsvillkor och bindande kontrakt. Det kunde t ex gälla att engagera skolade arbetare från det nya Teknologiska institutet i Stockholm, grundat år 1827. Men sådana åtgärder var otillräckliga. Verkstaden måste också själv utbilda sin arbetspersonal, dvs antaga så kallade elever. Utbildningen började redan 1824 men det var först 1830 som verkstaden fick ett större antal elever. Därefter förblev antalet tämligen konstant fram till 1830-talets senare hälft, då det minskade för att åter öka med den nya regimen år 1840.

År 1829 började elevutbildningen få en mera organiserad form. Verkstadsstyrelsen angav då tre stora fördelar med att förfoga över bättre bildade

personer än den "simple arbetaren". De skulle för det första kunna ersätta en avgående förman eller verkmästare. För det andra behövde verkstaden goda personella resurser för att montera och sköta maskiner på annan ort. Dessutom borde vanliga arbetare stimuleras av att umgås med studerade. Styrelsens ordförande, von Platen, föreslog därför att unga arbetare med teoretisk underbyggnad och fallenhet för sådant arbete som förekom vid verkstaden borde uppmuntras att ta anställning som elev. Där skulle de förkovras i sådana färdighetsämnen som kunde vara av nytta för verkstaden, matematik, göra ritningar m m. Genom kontrakt blev det bestämt inom vilken av verkstadens nedanstående fyra arbetsavdelningar som en elev skulle sysselsättas:

1. modellarbete, 2. formning och gjutning, 3. filning och svarvning, 4. smide och plåtslageriarbete. Därefter borde han uppöva följande insikter och färdigheter för att självständigt kunna fullgöra arbetet vid någon av dem:

*Första avdelningen:* Snickra eller svarva modeller samt behövlig kunskap i linjärteckning och formning.

*Andra avdelningen:* Hit hörde formning i rå sand, torr sand och lera, smältning av tackjärn och metaller samt behövlig kunskap i linjärteckning och tillverkning av modeller.

*Tredje avdelningen:* Fila, svarva, borra och mejsla järn och metall, uppsätta och sköta maskiner samt behövlig kunskap i linjärteckning, smide och härdning.

*Fjärde avdelningen:* Smide, härdning och plåtarbete, ävensom behövlig kunskap i linjärteckning.

Motala verkstad yrkesutbildade två slags elever, sina egna arbetarlärningar och Jernkontorets stipendierade verkmästareelever. Den första kategorin tillmättes störst betydelse, eftersom verkstaden hade konstant brist på teoretiskt och praktiskt skolade arbetare. Jernkontorseleverna däremot ansågs närmast som en belastning. De brukade verkstadens husrum och service utan att kunna ge en fullgod arbetsinsats tillbaka. Flertalet stannade bara en kortare tid. Under hela tiden fram till 1892, så länge överenskommelsen mellan Jernkontoret och Motala verkstad gällde, hade undervis-

ningen dock stor nationell betydelse. Flera av de mest framgångsrika teknikerna och industriledarna i 1800-talets Sverige hade som unga män varit elever vid Motala. Här kan nämnas Otto Carlsund, Carl Bolinder, Jacques Lamm, Gottfried Kockum och Wilhelm Tham.

### Arbetsorganisationen

Nedanstående plan åskådliggör schematiskt tillverkningsprocessen vid Motala verkstad på 1830-talet. Som exempel antages att verkstaden fått beställning på en ångmaskin. Gången var följande. Arbetschefen Fraser gjorde alla maskinritningarna samt hur och av vilket material de olika delarna skulle tillverkas, dvs trä, smide eller gjutjärn. Han beräknade även tiden för varje större arbetsmoment och hur mycket de ännu få svarvarna måste utnyttjas. Därmed var arbetsuppläggningsplanen klar och de framtagna beskrivningarna kunde överlämnas till verkstadens olika arbetslokaler.

Snickarna fick order att göra gjutmodeller av trä. När modellerna var färdiga överfördes de till gjuteriet. För tillverkning av gjutjärnsdelar köptes tackjärn bl a från Hagelsrums, Pauliströms och Åhs bruk. Dessutom importerades till en början tackjärn från England, eftersom det var mera lättflytande. Järnet smältes i gjuteriets kupolugnar, eldade med koksat engelskt stenkolk. I den gjutsand som bildade gjuteriets golv gjordes för hand formar till gjutningen. Gjutformarna byggdes upp runt trämodellerna, tillverkade av snickarverkstaden. Det var viktigt att sanden packades riktigt runt modellen. Den måste också ha rätt sammansättning för att tåla påfrestningarna när det smälta järnet hälldes i gjutformen. Gjuteriet hade tre slags formningsmaterial: våt sand, torr sand samt lera. För enklare pjäser som efter gjutningen inte behövde svarvas och filas användes våt sand. För sådana pjäser som efter gjutningen måste svarvas och filas användes torr sand. Järnytan blev då inte fullt så hård. Lerformning användes vid gjutning av cylindrar och kondensatorer. Materialet, s k loom, bestod av 16 delar fin sjösand, 4 delar ren lera och 1 del hästgödsel. Det gjutna godset motsvarade ungefär 75 % av ångmaskinens vikt.

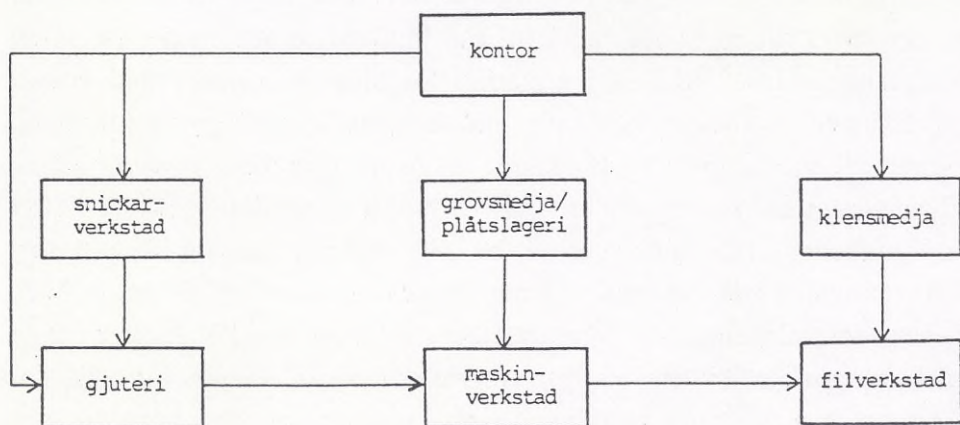
Jämsides med gjutningen tillverkade smedjorna axlar, sidstänger, ventiler m m av smidbart järn. Grovsmedjan tillverkade ångpannan och andra stora

maskinelement och klensmedjan gjorde smådelarna. Smidesjärnet köptes utifrån på samma sätt som tackjärnet. Det var t ex främst Skebo bruk som försåg verkstaden med ångpanneplåtar så länge den saknade eget valsverk. Större plåtar importerades från England. Det gav säkrare pannor med färre skarvar och mindre nitningsarbete.

Maskinverkstaden utförde nästa produktionsled. I den svarvades och borrades det halvfärdiga grövre gjutgodset och smidet till sin rätta form. Cylindern var en sådan pjäs. Den måste borraras noga för att ångmaskinen skulle få avsedd effekt.

När ångmaskinens alla delar var framtagna och grovbearbetade transporterades de till filverkstaden för att sammanfogas. Montering utfördes av skickliga arbetare, som med mejsel, fil och smärgel fick delarna att passa till varandra. Här var det ännu fråga om att bygga maskiner, varje del bearbetades för hand. Sedan maskinen väl blivit uppsatt återstod det att måla och provköra den.

#### Plan över tillverkningsprocessen vid Motala verkstad på 1830-talet.



Översiktsplanen visar i vilken ordning verkstadens olika produktionsenheter verkade till att framställa en ångmaskin. För att få produktionen att flyta måste Fraser ta hänsyn till verkstädernas kapacitet. Han måste veta hur mycket gjutgods ett utslag från kupolugnen gav och kunna förutse när detta

kunde bearbetas i maskinverkstaden. Om gjutningarna stockade sig vållade det avbräck i följande produktionsled. Han behövde även känna till produktionsförmågan vid överväganden om nya beställningar.

Arbetsfördelningen skedde efter de olika tekniska processer som förekom, gjutning, svarvning, borring etc. Arbetarna anvisades uppgifter efter skicklighet. Avsnittet ger Motala verkstads horisontella organisation, hur arbetet på verkstadsgolvet var ordnat. I det följande framställs verkstadens vertikala organisation, arbetsledningen. Syftet är att påvisa vilka huvuduppgifter högre chefer och arbetsledare hade att sköta.

Organisationsschemat nedan beskriver dessa befattningshavares formella status och ansvarsområden. Relationerna var enkla som i de flesta linjeorganisationer, man hade endast en överordnad i alla frågor som rörde arbetet, s k enhetsbefäl.

Disponenten mottog de flesta beställningar, vanligen med posten men också av kunden personligen på verkstadens kontor. Något egentligt försäljningsarbete förekom ännu inte. Gällde det ett större arbete informerade han verkstadsdirektören och Göta kanalbolags direktion. Denna beslutade t ex om fartygsbyggen. Arbetschefen blev också tillfrågad. Hans synpunkter var viktiga.

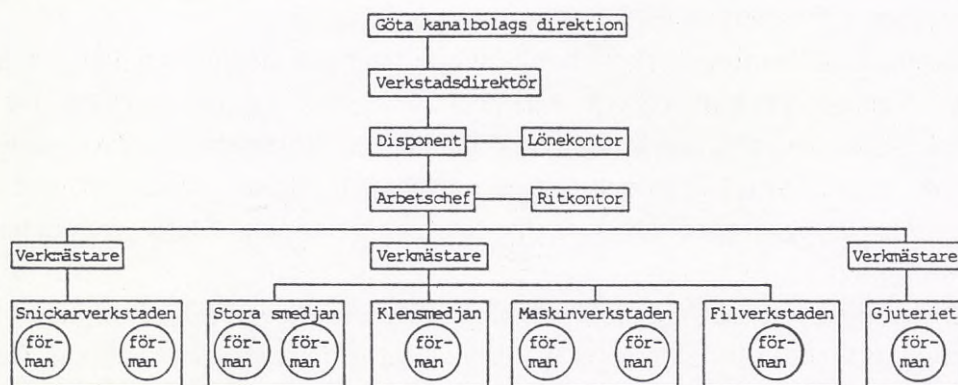
Om verkstaden åtog sig en beställning måste disponenten laga att arbetsstyrkan räckte till och inköpa material. Som driftschef ansvarade han för personalens flit och ordning, att tillverkningen flöt och kostnaderna hölls nere. Till sin hjälp hade han kamrerare, bokhållare, skrivare och materialförvaltare, totalt cirka tio personer.

Arbetschefen utförde allt konstruktionsarbete. Gjorde han inte ritningarna själv så ledde och övervakade han ritarnas arbete därmed. Han bestämde material och arbetsmetoder för varje enskild del. Hade beställaren inlämnat egna ritningar och arbetsbeskrivningar granskades de ingående. Färdiga ritningar och arbetsbeskrivningar överlämnades till verkmästarna så att de kunde beräkna materialåtgång och nödvändig arbetstid för smide, gjutning, filning m m. Särskilt noga måste svarvarnas driftstider bestämmas. Maskintiden var ännu relativt begränsad. Om en del eller hela arbetet kunde sättas på beting och i så fall till vilket pris skulle verkmästarna också

avgöra. Det upprättade material- och arbetsförslaget gick sedan till kontoret, som hade "att åsätta och uträkna priserna".

År 1830 hade Motala verkstad tre verkmästare anställda, två briter vilka ledde järnarbetet och en svensk som förestod snickeriet. De hade alla månadslön och var relativt självständiga. Arbetsuppgifterna innefattade både planering, konstruktion och tillverkning. Verkmästarna fördelade arbetet bland arbetarna. De gav order till förmän och yrkesarbetare. Förmännen hade oftast en kollega på sin arbetsplats. De var skickliga yrkesmän som deltog i produktionen. Vid sidan om arbetet förrättade de upprop om mornarna och höll ordning i verkstäderna.

### Motala verkstads organisation år 1930.



Källor: Revisionsberättelser; Styrelseprotokoll.

Motala verkstad ägde tidigt en fast och välutvecklad organisation med flera beslutsnivåer. Den administrativa delen omfattade förutom kanalens direktion både en direktör och en disponent samt många kontorister. Produktionen leddes av en arbetschef, tre verkmästare och nio förmän. Hierarkin förklaras av att anläggningen var relativt stor och tillverkningen blandad. De cirka två hundra anställda arbetarna tillhörde olika yrken och verkstäder. Mera osäkert är hur vanlig denna organisation var, om andra stora arbetsplatser fungerade på liknande sätt. Det finns därför skäl att kort diskutera några sådana tänkbara förebilder för Motala verkstad.

## Avslutande synpunkter

En tydlig påverkan på motalaanläggningen utövade den arbetsorganisation som användes för att anlägga Göta kanal. Termerna var ofta desamma som i verkstaden. Arbetschefen hade den högsta tekniska ledningen och hans närmast underställda var verkmästarna, vilka i sin tur instruerade förmännen. Arbetsdagen omfattade 12 timmar och lön utbetalades varannan vecka. Beting var vanligt.

Den stora organisatoriska skillnaden var att kanalarbetet bedrevs militärt. Huvudparten av arbetarna var indelta soldater, vilka jämte befäl hade kommanderats dit från kringliggande regementen. Svårigheten därmed var att man från den militära organisationen inte kunde få yrkesfolk som murare, timmermän och smeder. Dessa fanns mest i städerna, där de tillhörde skråväsendet och var uppdelade i mästare, gesäller och lärlingar, ett system som inte passade för anläggningar av den storlek det här var frågan om. Varje arbetskompani indelades av arbetschefen i arbets- eller schaktlag på 12-16 man under sin för- eller schaktman, korpral eller vicekorpral i mån av tillgång, annars en pålitlig soldat inom laget. Vid schaktlagsindelningen bildade om möjligt hantverkare, murare, timmermän, bergsprängare, smeder, puddlare etc, särskilda lag, de övriga uttogs till jordgrävare.

Så stora arbetslag förekom inte i Motala verkstad, flertalet beting utfördes av en eller två man. De största lagen, upp till sju man, bildade smeder och gjutare. Verkstadens arbetare tillhörde nästan alla något yrke, bara en mindre grupp kallades enbart för hantlangare eller "utarbetare". De motsvarade närmast Göta kanals många jordgrävare. Man kan därför likna yrkeskategorierna i Motala vid de arbetslag som kanalens olika hantverkare var indelade i.

En annan verksamhet som kan ha påverkat Motala verkstad var kronans gevärsfaktorier. De tillkom på 1620-talet och befann sig tidvis tekniskt och organisatoriskt längst fram. Genom att koncentrera produktionen till särskilda faktorier sökte kronan förbättra vapnens kvalitet och uppnå en noggrannare kontroll över tillverkningen. Den skulle delvis efter utländska



förebilder göras mera fabriksmässig. Faktoriorganisationen innebar att smeder, stockmakare m fl samlades under gemensam arbetsledning. Deras arbetstid var bestämd och disciplinen säkrades genom straffbestämmelser. Betalningen var grundad på ackordsystem. Arbetarna skulle i viss omfattning själva hålla material och verktyg. Produktionen bedrevs i förlagsform. Mästaren hämtade ut material, bearbetade det och levererade färdiga produkter tillbaka till fabriken.

Ett gevärsfaktori som Husqvarna var liksom Motala verkstad en relativt stor fabriksanläggning med över hundratalet anställda arbetare. Jämförs de närmare framträder dock betydande skillnader. Faktoriets arbetare var enligt skråordningen uppdelade i mästare, gesäller och lärlingar. Tillverkningen var ensartad men precisionskrävande. Det finmekaniska hantverket omfattade många goda yrkesmän, låssmeder, vällare, borrar, beslagssmeder m fl. Arbetet var lite fördelat, man gjorde i regel alla momenten som tillhörde en viss gevärssedel. Hade en mästare flera gesäller och lärlingar övades de på olika arbetsmoment. Faktoriorganisationen var tämligen platt. En mästare stod under kronan, representerad av faktorn. I sin verkstad svarade mästaren för arbete och ordning.

Motala verkstad tillämpade aldrig hantverkets organisation med mästare, gesäller och lärlingar. Samtliga anställda var lönearbetare, betalda per timme efter visad flit och skicklighet. Den formella hierarkin omfattade endast yrkesarbetare och hantlangare. Faktiskt var dock kunskapsnivån ännu tredelad. Den differentierade timlönen innebar att förmän och särskilt yrkesskickliga framstod som mästare, medan vanliga yrkesarbetare och hantlangare gällde för gesäller respektive lärlingar. Beteckningarna mästersmed, kopparslagaregesäll och gjutarlärling förekom.

Verkstaden sysslade huvudsakligen med grovmekanik, ångmaskiner, pressar, blåsmaskiner o d. Den var försedd med landets mest kompletta uppsättningar verktygsmaskiner och arbetsredskap. Produktionen innefattade delmoment som gjutning och svarvning, dvs ett slags flytande tillverkning där varje större arbetsstycke bearbetades av flera yrkeskategorier. Fabriken däremot hade mera av modultillverkning, fristående verkstäder som gjorde färdiga delar utan närmare samarbete. De skilda tillverkningssätten förklaras av att produkterna var helt olika, finsmida gevär respektive stora,

komplexa maskiner i gjutjärn. Verkstadens arbetsorganisation var mest utvecklad. Den hade både arbetschef, verkmästare och förmän.

Skeppsvarven är en tredje typ av industrianläggning som Motala verkstad kan liknas vid. Deras metoder och arbetsorganisation för att bygga träfartyg vid sekelskiftet 1800 var huvudsakligen desamma som några hundra år tidigare. Stockholms skeppsgård t ex hade en relativt differentierad kommandostruktur redan i början av 1600-talet. Den fasta personalen bestod av olika hantverkargrupper, sammansatta av mästare, mästersvenner och drängar. Varje arbetsgrupp leddes av en mästare. Uppgifter som inte tillkom hantverkarna utfördes av hantlangare och båtsmän. De egentliga skeppsbyggarna var timmermännen, handsågarna, smederna, bultslagarna, snickarna och bildsnidarna. Smedernas produktion var i stor utsträckning standardiserad, ankare, olika slag av av bultar, spik, gångjärn osv. Timmermännen indelades från 1609 i undergrupper: "förrämsta timmermän, gemene timmermän och drivare, nidrige timmermän och gemene borrhare".<sup>5</sup>

Denna organisatoriska överensstämmelse med Motala verkstad var säkert ingen tillfällighet. Båda arbetsplatserna var relativt stora med produktionstekniskt likartade problem. Flottan och det övriga försvaret ägde stor vana att administrera trupper och materiel av olika slag. Den erfarenheten kunde Motala m fl tidiga industrianläggningar delvis utnyttja.

Motala verkstads arbetsorganisation kan beskrivas som en blandning av gammalt och nytt. Den kombinerade traditionsbundna hantverk med sträng fabriksdisciplin. Verkstaden anlät många yrken och produktionen omfattade såväl klenare som grövre konstruktioner. Tillverkningsätten var delvis desamma som vid gevärsfaktorier och skeppsvarv, en blandform av finsmide och grovmekanik. Men verkstaden skilde sig också påtagligt från de äldre industrigrenarna. Den nya tackjärnsgjutningen, maskintekniken samt mera komplexa tillverkningar förutsatte en betydligt fastare organisation. Genom att arbetsföremålen genomlöpte flera verkstäder blev kravet på samordning dem emellan här större än vid faktorier och varv. Sannolikt var det också därför som Daniel Fraser länge ansågs outhärlig.

Som utlärare millwright kunde han inte bara konstruera maskiner och kraftöverföringar. Han förstod sig även på industriell organisation. Verkstaden var på hans tid en heterogen manufaktur. Den bestod av närmare tiotalet fristående arbetslokaler, sammanhållna till en organisatorisk enhet. Arbetet bedrevs i nya banor. Med motalaanläggningen fick den moderna verkstadstekniken sitt definitiva genombrott i Sverige. Timlöner och fri yrkesutbildning likaså.

James Nasmyth, den välkände brittiske maskinkonstruktören, karakteriserade verkstaden så här vid sitt besök hösten 1842: "Motala is a place of great importance in the manufacturing industry of Sweden...excellently arranged workshops, good machine tools, as well as abundant employment for them. Indeed, this is the largest ironfoundry in Sweden, where iron steamers, steam-engines, and rolling mills are made. From its central position it has a great future before it".<sup>6</sup>

Beskrivningen hade fog för sig. Motala verkstad blev bjässen i 1800-talets svenska verkstadsindustri. Fram till 1850 motsvarade dess tillverkningsvärde ungefär vad övriga verkstäder producerade tillsammans. Därmed blev verkstadens tillverkningsätt också bestämmande för efterföljare som Bolinders och Nyköpings verkstad.

### **Sammanfattning**

Ett av de större och mera kända projekt som 1800-talets Sverige åstadkom var Göta kanal. Den kom till genom Baltzar von Platen och anlades under åren 1810-1832. Arbetet utfördes av tusentals hantverkare och grenadjärer, vilket ställde stora krav på materialförsörjning och arbetsorganisation.

Mindre känd är den mekaniska verkstad han lät grunda år 1822 i Motala. Anläggningen var i första hand ämnad att tillverka allt vad Göta kanalbolag behövde av slussportar o d, men snart började den även att producera för utomstående beställare. Förutom broar, mudderverk m fl järnkonstruktioner fabricerades en mängd ångmaskiner, verkstadens huvudtillverkning från 1820-talets slut.

Expansionen fick flera konsekvenser. Den förutsatte många arbetsmaskiner

och ett stort tackjärnsgjuteri. Ångmaskiner och annan komplicerad mekanik kunde bara byggas med hjälp av skickliga arbetare, vilka antingen fick hämtas från Stockholm och andra stora industriorter eller läras upp i verkstadens yrkesskola. Det ringa industriella kunnandet i landet gjorde att arbetet måste ledas av en brittisk chef, Daniel Fraser. Till sin hjälp hade han cirka femton landsmän, gjuteriföreståndare, verkmästare och goda yrkesmän. Flera hade stor erfarenhet av brittiska verkstadsföretag som låg något årtionde före Sverige och Motala i sin tekniska utveckling.

Motala verkstad blev tidigt en tung mekanisk verkstad som till stor del producerade för svensk ångsjöfart. Under Frasers drygt tjugoåriga chefskap byggdes bl a tre fartyg, fem mudderverk och närmare sjuttio ångmaskiner. Tillverkningskvaliteten hade oftast hög kvalitet, "motalapassning" blev ett allmänt uttryck.

Denna fabrikation behandlas i föreliggande uppsats. En översiktsplan visar hur gjuteriet, smedjan m fl verkstäder gemensamt åstadkom en ångmaskin år 1830. Materialflöden och huvudsakliga bearbetningar framställs schematiskt, från det Fraser gjorde ritningar tills maskinen var målad och provkörd. De komplicerade uppgifterna utfördes alltid av verkstadens mest skickliga arbetare, väl förtrogna med material, verktyg och maskiner. Tillsammans bildade de verkstadens egentliga arbetararistokrati. Medelskickliga arbetare och hantlangare framställde mindre och enklare delar som inte krävde lika stor yrkeskunnande. Arbetsfördelningen i Motala verkstad hade alltså drivits rätt långt redan på Frasers tid.

## Noter

<sup>1</sup> Bagge, J, s 471.

<sup>2</sup> För allmän kännedom om Motala verkstad, Owens verkstad och andra tidigt anlagda mekaniska verkstäder i Sverige, se t ex Boo; Glete; Gårdlund och Hult, Lindqvist, Odelberg, Rydberg.

<sup>3</sup> För en utförligare beskrivning av Motala verkstads arbetsorganisation under "den engelska tiden", 1822-1843, se min avhandling.

<sup>4</sup> Alebönderna behandlas av bl a Gårdlund och Utterström. Om dalfolkets herrarbeten, se Boethius och Rosander.

<sup>5</sup> Cederlund, s 25-27, 48-49, 108-09.

<sup>6</sup> Smiles, s 302.

## Litteratur

Bagge, J., Biografi över Samuel Owen. Kungl. Vetenskapsakademiens handlingar från år 1853.

Boëthius, B., Dalfolkets herrarbete. RIG 1933.

Boëthius, B., Kromnow, Å., Jernkontorets historia. Del III:1. Jernkontoret och tekniken före götstålsprocesserna. Stockholm 1955.

Bring, S. E. (red), Göta kanals historia. Del I-II. Uppsala 1922-30.

Cederlund, C. O., Stockholms skeppsgård 1605-1640. Personalens struktur och organisation. Stockholm 1964.

Glete, J., Ägande och industriell omvandling. Ägargrupper, skogsindustri, verkstadsindustri 1850-1950. Kristianstad 1987.

Gårdlund, T., Industrialismens samhälle. Den svenska arbetarklassens historia. Stockholm 1942.

Hult, J., Lindqvist, S., Odelberg, W., Rydberg, S., Svensk teknikhistoria. Värnamo 1989.

Olsson, S.-O., Husqvarna arbetare 1850-1900. Med jämförande studier av arbetare vid Carl Gustafs stads gevärsfaktori i Eskilstuna. Jönköping 1983.

Jansson, J.-O., Arbetsorganisationen vid Motala verkstad 1822-1843: Den engelska tiden. Stockholm 1990.

Rosander, G., Herrarbete. Dalfolkets säsongvisa arbetsvandringar i jämförande belysning. Uppsala 1967.

Smiles, S., James Nasmyth, engineer. An autobiography. London 1883.

Utterström, G., Jordbrukets arbetare. Levnadsvillkor och arbetsliv på landsbygden från frihetstiden till mitten av 1800-talet. Stockholm 1957.

**HELGE KRAGH**

## **Om Paradigmer i Teknologien og Udviklingen af Teknologisk Viden**

I dette essay vil jeg diskutere i hvilket omfang modeller for udviklingen af videnskabelig erkendelse kan bidrage til en forståelse af generelle udviklingstendenser i teknologisk viden og praksis. Mere specifikt vil jeg fokusere på karakteren af teknologiske paradigmer og anvendeligheden af Kuhns skema; og, i tilknytning hertil, forekomsten af anomalier og kriser i den teknologiske udvikling. Disse aspekter er tidligere blevet behandlet af flere forfattere, men uden at der synes at være enighed om dem. Her-værende artikel er ment som et historisk orienteret bidrag til teknologiteorien og samtidig som en kritisk oversigt over dele af den eksisterende litteratur.

Ethvert forsøg på at sige noget alment om teknologiens udvikling, d.v.s. formulere fragmenter af en teknologiteori, er hasarderet, da det må manøvrere mellem apriorismens Scylla og empirismens Charybdis: En traditionel filosofisk (d.v.s. systematisk og analytisk) approach vil kun forholde sig platonisk til den virkelige teknologis udvikling, sådan som den empirisk rekonstrueres gennem teknologihistorien; og en historisk-deskriptiv approach vil p.g. af teknologiens kaotiske mangfoldighed tendere mod at blive blot en strukturløs eksempelsamling uden mulighed for teoretisk generalisering. Dette problem deler teknologiteorien med videnskabsteorien og i almindelighed med enhver metateori for historiske hændelser.<sup>1</sup>

På et mindre generelt og ambitiøst niveau kan man dog i det mindste lade sig vejlede af repræsentative historiske eksempler og bruge sådanne til at forstå lovmæssigheder indenfor en bestemt type af teknologi (hvordan man ved, eller fornemmer, at et case er "repræsentativt" er naturligvis et problem i sig selv). Jeg skal her diskutere de nævnte teknologiteoretiske spørgsmål i relation til især et bestemt historisk case, nemlig udviklingen af telefoni i perioden ca. 1880-1930. Dette eksempel illustrerer visse almene mekanismer i teknologiudviklingen, men er naturligvis ikke repræsentativt for teknologi i al almindelighed.

## Teknologiske paradigmer

Thomas Kuhns velkendte model for videnskabens kognitive udvikling er modelleret efter de fysiske videnskabers historie, men er med større eller mindre held også søgt anvendt indenfor andre områder. Et centralt punkt i denne model er eksistensen af *paradigmer*, grundlæggende og alment accepterede anskuelser af både ontologisk og metodologisk art, der styrer den normale forskning. Paradigmet er den ramme, indenfor hvilken forskning foregår og som angiver den videnskabelige disciplins indhold og kriterier for bedømmelse af forskning. Kun når en normalvidenskabelig tradition mister sin forklaringskraft vil dens paradigmatiske grundlag kunne udfordres af et nyt paradigme. Dette fører ifl. Kuhn til en *krisetilstand* med en efterfølgende *revolutionær* udvikling mod etableringen af et nyt paradigme. Dette nye paradigme er *inkommensurabelt* med det gamle, men vil normalt fremstå som et fremskridt i forhold til dette.<sup>2</sup>

Siden fremkomsten i 1962 er Kuhns opfattelse blevet stærkt kritiseret og delvist modificeret, idet bl.a. paradigmernes inkommensurable karakter er blevet nedtonet og modellens socialpsykologiske indhold blevet opprioriteret. Den er blevet diskuteret i teknologihistoriske - eller filosofiske sammenhænge af bl.a. Johnston (1972), Schopman (1981), Gutting (1984) og Nordin (1988). Af disse har Schopman søgt at identificere et Kuhnsk udviklingsmønster i mikroelektronikkens udvikling, men konkluderet, at dette dårligt lader sig gøre og at Kuhns model altså ikke slår til på dette område.<sup>3</sup> Andre forfattere har fokuseret på Kuhns skema ud fra et mere teknologipolitisk perspektiv og uden at inddrage historiske erfaringer.

Visse af de træk, der karakteriserer et paradigmes s.k. faglige matrix og som ikke er knyttet til generelle, abstrakte teorier, kan utvivlsomt genfindes i teknologiens historie. Den faglige matrix indeholder bl.a. *værdier* og *eksemplarer*, der begge er centrale elementer hos Kuhn. I teknologiske discipliner vil der til en bestemt tid være en fælles, indiskutabel opfattelse af de kriterier, der må gælde for god teknologi eller for at en teknisk løsning skal være bedre end en anden løsning. Disse paradigmatiske værdier er vel at mærke knyttet til det pågældende paradigme og har ingen transparadigmatisk gyldighed. Ganske vist findes der overordnede teknologiske værdier gældende for enhver teknologi, f.eks. 'effektivitet,' 'prisbillighed' og 'holdbarhed.' Men dels kan disse værdier fortolkes forskelligt i konkrete tilfælde, og dels vil opfattelsen af tekniske værdier i høj grad være kriterier for ideer eller opfindelser, der endnu ikke har nået et innovationsstadium.

De vil derfor være regulative og ikke evaluerende. Jeg skal vende tilbage til dette forhold nedenfor.

Eksemplarer betegner hos Kuhn forbilledlige problemløsninger, der virker som reproduktionsmønstre og inspiration for normalvidenskabelig forskning og har en sådan status, at de er alment accepterede som idealtypiske løsninger. Dette begreb kan umiddelbart overføres til teknologien, hvis udøvere via deres uddannelse og træning vil blive udlært i (eller indoktrineret med) bestemte eksemplariske teknologier. Både eksemplarer og de øvrige komponenter i et paradigme virker konservativt, idet de fastholder udviklingen indenfor de rammer, paradigmet definerer. Ny viden, hvad enten den er teknologisk eller videnskabelig, vil blive fortolket i termer af etableret viden og dermed bidrage til dennes fortsatte inertie.

En ny teknologi, der viser sig succesrig, vil ofte fungere eksemplarisk for den fremtidige udvikling, idet den skaber forventninger om at succesen ikke er tilfældig, men netop skyldes den ny teknologis særpræg. Dens paradigmatisk karakter viser sig ved, at antallet af mulige varianter for en fremtidig udvikling realistisk indsnævres til netop dem, der harmonerer med den eksemplariske teknologi. Paradigmet har en selekterende såvel som fokuserende effekt, idet ikke-paradigmatisk løsning udelukkes; ikke fordi de vurderes som dårlige, men fordi de slet ikke eksisterer som løsningsmuligheder inden for paradigmets rammer. Den eksemplariske teknologi udstikker hvilke veje, eller *teknologiske trajektorier*, der skal følges i fremtiden. Eksempelvis udgjorde DC-3 flyet, udviklet af Douglas i 1930'erne, en eksemplarisk teknologi eller design, der bestemte udviklingen i flyindustrien i de kommende tiår.<sup>4</sup> Tilsvarende fungerede fremkomsten af syntetiske azo-farvestoffer i 1870'erne regulativt og determinerende for den organisk-kemiske teknik. De kemiske reaktioner muliggjorde et meget stort antal syntetiske farvestoffer, men azo-forbindelsernes succes skabte en ramme, der reducerede de producerede farvestoffer til dem, der fulgte azo-forbindelsernes kemi.<sup>5</sup> I begge tilfælde virkede et eksemplar som regulator for en iøvrigt fri, evolutionær udvikling af teknologi.

Som vi skal se nedenfor, er der væsentlige forskelle mellem videnskabelige paradigmer i Kuhns radikale, kosmologiske forstand og de paradigmer, der optræder i teknologiens historie. Andre filosoffer har foreslået mindre omfattende og rigide strukturer, der groft set kan opfattes som modifikationer af Kuhns paradigmer. Imre Lakatos's forskningsprogrammer og Larry Laudans forskningstraditioner kan i vor sammen-



hæng betragtes som sådanne modifikationer, der på en række områder bedre beskriver den faktiske videnskabshistorie.<sup>6</sup> Af praktiske grunde vil jeg dog kalde også disse kategorier for paradigmer og specielt referere til Kuhn, hvor dette er nødvendigt. I det mindste i denne mindre radikale forståelse af paradigmebegrebet som praktiske og teoretiske traditioner eller programmer, er der ikke tvivl om, at der findes paradigmer i teknologihistorien.

Ifl. Edward Constant kan den teknologiske udvikling forstås som en række praksis-traditioner ('technological traditions of practice'), der som paradigmer inkluderer både en kognitiv og sociologisk dimension. Constant undgår betegnelsen 'teknologisk paradigme,' idet han associerer det Kuhnske paradigmebegreb med eksistensen af stærke paradigmer, han ikke mener at kunne genfinde i teknologiens historie.<sup>7</sup> Der er gode grunde til ikke at identificere tekniske traditioner med videnskabelige paradigmer, men eksistensen eller fraværet af eksemplarer er ikke en af dem. Som allerede antydnet, og som jeg argumentere nedenfor, er eksemplarer netop fælles for videnskabelige og tekniske paradigmer.

Tekniske traditioner eller paradigmer manifesterer sig bl.a. i at fastholde teknikere i eksisterende opfattelser, således at nye opfindelser vil blive søgt forstået via analogier til eksemplarisk normalteknologi. Radikalt nye opfindelser sker netop ofte i de tilfælde, hvor opfinderen som outsider ikke er bundet af en bestemt tradition, men via sin relative frihed kan skabe en alternativ vision. Cardwell har f.eks. gjort opmærksom på, at James Watts tidlige vision om en damptryksmaskine var uortodoks og stred imod erfarne ingeniørers opfattelse af hvad der var muligt og ikke muligt; disse opfattelser var baseret på Newcomen maskinen, der her var den eksemplariske teknologi. Men som instrumentmager var Watt uden for dette paradigme og ikke hæmmet af dets begrænsninger.<sup>8</sup> Den inertie, som karakteriserer en normalteknologisk fase, har både en sociologisk og teknisk *raison d'être*: Paradigmets medlemmer har investeret en stor del af deres status og professionelle interesse i den tekniske tradition, der alene af socialpsykologiske årsager vil have stor overlevelseskraft; desuden, og mere specifikt for netop teknologien, vil inertien forstærkes af det systemiske miljø, teknologien er en del af. En bestemt teknologisk tradition kan ikke udskiftes med en ny, uden at dette får konsekvenser for en række andre traditioner, både inden og uden for det pågældende tekniske system. Des større kompleksitet og systemkarakter, des stærkere inertiel tendens.

### Imitationer og teknologisk inert

En del af paradigmets konservative funktion består i at levere heuristik og konstruktionsskitser til ny teknologi, der indenfor samme tekniske tradition tendentielt vil imitere eksisterende teknologi. Paradigmet leverer det idegrundlag, hvorpå ny teknologi i første omgang baseres, ligesom ny videnskab ofte formuleres via analogier til eksisterende videnskab; som når de tidlige teorier for elektrisk strøm blev konstrueret i nøje analogi med væskers passage gennem et rør.

Dette fører til en karakteristisk kontinuitet i opfindelsernes historie, hvilket bl.a. er et kardinalpunkt i George Basallas evolutionære opfattelse af teknologihistorien. "Hver gang vi møder en artefakt," skriver Basalla, "så kan vi, uanset dens alder og oprindelse, være sikre på, at den var modelleret over en eller flere allerede eksisterende artefakter."<sup>9</sup> Nyttig som Basallas tese er som anti-tese til det mytiske opfindelse-ud-af-ingenting begreb, er den radikale ingenting-nyt-under-solen opfattelse dog utvivlsomt overdrevet. Basalla viser at mange opfindelser er "baseret på" tidligere artefakter eller evt. naturligt forekommende objekter; hvorpå han slutter, at dette gælder for enhver opfindelse. Bortset fra det upræcise i termer som "baseret på" og "modelleret over," er dette naturligvis et eksempel på en logisk ugyldig slutning via simpel induktion. Det forekommer mig svært at se, hvorledes f.eks. fonografen og atombomben kan beskrives i et evolutionært mønster af Basallas type.

Blandt de mange eksempler på *imitation* i teknologihistorien, drejer de fleste sig om nye teknologier, hvis anvendelse minder om velkendte teknologiers og som derfor konstrueres i analogi med disse. Derved imiteres den ny teknologis design efter den gamles, også selv om de to teknologier måske er væsensforskellige i deres virkemåde. I første halvdel af det 19. århundrede var dampmaskinen den paradigmatiske energiteknologi, hvorfor det var naturligt at konstruere nye kraftmaskiner i dampmaskinens billede. Et eksempel er de store vandtryksmaskiner, der til forveksling lignede dampmaskiner, men fungerede hydraulisk og ikke termisk.<sup>10</sup> På grund af den funktionelle lighed mellem damptryk og væsketryk var denne imitation i design rationel; og den fremkom som endnu mere rationel ud fra datidens caloricteorier, der fremstillede varmekraft i nøje analogi med vandkraft. Men der var også mindre rationelle imitationer, hvor overtagelsen af dampmaskinens design blot udtrykte en mangel på teknisk fantasi.<sup>11</sup> En elektromotor fungerer efter helt andre principper end en dampmaskine, men alligevel var mange af de tidlige elektromotorer

designet efter det paradigmatisk forbillede (fig. <Hjort ?>). Paradigmet gjorde sig ikke blot gældende for designet, men også den måde, man tænkte på elektromotorens funktion. F.eks. opgjorde man en motors effektivitet i hvor stor en mængde "brændstof" (kul, zink eller kobber fra elementet), den forbrugte. Det var først efter nogen tids eksperimentering at man helt frigjorde sig fra paradigmet og erkendte at elektromotoren var en radikal ny teknologi, og at dens nye funktion krævede et selvstændigt design. Endnu et eksempel kan være de tidlige jernbanevogne, der tydeligt var imiteret efter diligencen, der her fungerede som eksemplarisk teknologi. Diligencen var o. 1840 stadig en progressiv teknologi, den 'naturlige' form til komfortabel opbevaring af mennesker under landtransport. Denne binding til et (transport-)paradigme viste sig ikke kun i jernbanevognenes design, men også i mange af de tidligste forslag til jernbaner; i disse blev jernbanen opfattet som en vej og ikke som et nyt, autonomt transportsystem.<sup>12</sup>

Det er dog ikke alle nye teknologier, der har eksemplariske teknologier at støtte sig til. Den optiske telegraf havde nok sine forgængere i form af forskellige traditionelle metoder til visuel signalering, men var alligevel et nyt system, der måtte designes uden et egentligt forbillede. Den blev derfor konstrueret i mange forskellige former, der inspireredes af lokale forhold og nærliggende teknologier. I sømagten Danmark var den optiske telegraf, kommandørkaptajn Lorenz Fiskers s.k. mastetelegraf, således tydeligvis modelleret efter maritime forbilleder (fig. ) og afspejlede flådens afgørende betydning i dansk teknologi.<sup>13</sup> I landmagter som Prøjsen, Sverige og Frankrig havde telegrafer ingen lighed med skibsmaster. Det er i denne forbindelse værd at bemærke, at selvom der i Europa o. 1840 eksisterede et udbygget net af optiske telegrafer, så fungerede dette kommunikationssystem ikke som paradigmatisk grundlag for den elektriske telegraf. De to telegrafteknikkens udviklingshistorier var i det væsentligste uafhængige.

To forskellige teknologier eller tekniske systemer ( $T_1$ ,  $T_2$ ) med samme anvendelsesområde vil være rivaler på omtrent samme måde som to alternative videnskabelige teorier ( $S_1$ ,  $S_2$ ) vil være det. Men der er den vigtige forskel, at mens der i et udviklet videnskabeligt system kun er plads til en teori,  $S_1$  eller  $S_2$ , så vil  $T_1$  og  $T_2$  ikke nødvendigvis udelukke hinanden. Der findes tilfælde, hvor radikale tekniske ændringer næsten momentant har elimineret tidligere teknologi og de tilhørende færdigheder. I disse tilfælde vil der ikke blot ske et fremskridt i teknisk viden, men også et tab i viden og de kvalificering af færdigheder. Da regnestokken, efter at

have været brugt i 300 år, blev afløst af den elektroniske lommeregner, skete det med en næsten brutal fart; ingeniører, der havde opnået virtuositet og status i at bruge regnestokken, havde ikke længere brug for deres færdighed. Men denne fremskridt-gennem-elimination er ikke karakteristisk for teknologisk udvikling. Telegrafens historie er mere repræsentativ. Her overtog den elektriske telegrafi hurtigt markedet (eller rettere, skabte et nyt marked), men uden at det optiske system derfor blev aldeles elimineret. De to telegrafsystemer levede fredeligt sammen i en længere periode. F.eks. blev de sidste optiske telegraflinjer i Sverige først nedlagt i 1880'erne.

Den fredelige sameksistens af teknologier kan føres tilbage til en grundlæggende forskel mellem videnskab og teknologi: Mens videnskabelige teorier vurderes efter deres *sandhed*, så vurderes teknologier efter deres effektivitet og *hensigtsmæssighed* i en given social sammenhæng. Det giver ingen mening at tale om en teknologi som 'sand' eller 'falsk,' da den ikke kan testes mod en uafhængig natur. Omvendt er

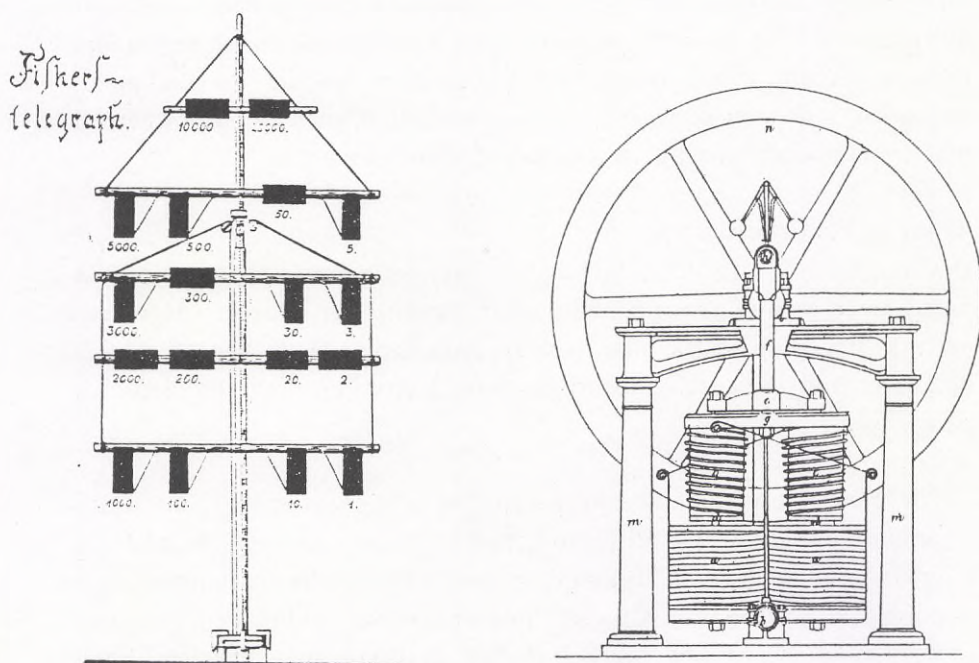


Fig. 1. To danske eksempler på teknologisk imitation. Til venstre Fiskers mastetelegraf (ca. 1800), hvis design var inspireret af skibsmasten og som blev betjent ligesom rebning af sejl på et skib. Tilhøjre Hjørts elektromotor fra 1851, konstrueret i nøje analogi med dampmaskinen, inkl. svinghjul og centrifugalregulator.

den nødvendige klausul "i en given social sammenhæng" irrelevant for videnskabelige teorier. En teoris nytte og betydning kan afhænge af sociale omstændigheder, dens sandhed ikke.

To rivaliserende videnskabelige teorier, f.eks. relativitetsteorien og klassisk mekanik, giver forskellige forudsigelser og har forskellig forklaringskraft; de kan sammenlignes rationelt med det resultat, at den ene teori utvetydigt vurderes som en bedre og sandere teori. At en sådan sammenligning i praksis er en kompliceret og ofte kontroversiel affære, er i denne sammenhæng uvæsentligt. Selvom man i praksis og af pædagogiske grunde kan anvende to modstridende teorier på samme tid, vil der i normalvidenskabelige perioder aldrig være tvivl om, hvilken der er den rigtige(re) og sande(re) teori. At forholdet er anderledes i teknologien ses alene af det meningsløse i at tale om 'modstridende teknologier.' Kopernikus' planetteori var i modstrid med Keplers, men gasbelysningen var ikke i 'modstrid' med den elektriske belysning; de to teknologier var bare forskellige. Forholdet manifesterer sig i det velkendte faktum, at to forskellige teknologier inden for samme område meget vel kan, og ofte vil, sameksistere i en længere periode. Bilen har nedprioriteret jernbanens relative betydning som transportteknologi, men langtfra overflødiggjort jernbanen; telefonen konkurrerede med telegrafene, men begge former for telekommunikation har nu sameksisteret i mere end 100 år.

### Kriser og kontroverser

Det dogmatiske og til tider missionerende aspekt af teknologiske paradigmer er understreget af Ingemar Nordin, der bruger betegnelsen *paraprax* for et praktisk eller teknisk paradigme. Dette aspekt er vel-dokumenteret i videnskabshistorien, og ifl. Nordin også karakteristisk for *parapraxet*:<sup>14</sup>

För *paraprax*-medlemmen är *parapraxet* någet av en religion. Hans primära uppgift är inte att rätt och slätt lösa praktiska problem med den enklaste tekniken, utan att lösa dem med hjälp av idéerna inom sitt eget *paraprax*. ... Han vill till varje pris sprida sin teknik och öka dess inflytande. ... ju fler saker han kan betrakta som problem inom *parapraxet*, desto större möjlighet finns det för *parapraxet* att expandera.

Selvom *parapraxet* er et *praktisk* paradigme, har det også en ideologisk komponent, der er adskilt fra teknologiens praktiske anvendelighed. Denne

komponent viser sig bl.a. i den måde, hvorpå tilhængere af et paradigme behandler problemer i paradigmet (anomalier, se nedenfor). Selv om en paradigmatiske teknologi fungerer dårligt eller udsættes for konkurrence fra en anden teknologi, vil tilhængerne opretholde troen på dens værdier. Et moderne eksempel kan være kernekraften, der som bekendt har været udsat for mange problemer af miljømæssig og økonomisk art. Dette er imidlertid mindre relevant for dedikerede tilhængere af kernekraft, der *ved* at denne teknologi er den rigtige.

I almindelighed er denne kosmologiske, missionerende holdning dog næppe så udpræget for teknologiske traditioner, som antaget af Nordin, idet den vil modvirkes af det overordnede pragmatiske ideal, der er fælles for al teknologi. Holdningen er desuden hovedsageligt relevant for mere generelle teknologier, der ikke er snævert knyttet til bestemte anvendelsesområder. Områder som elektroteknik og datateknik er ikke knyttet til bestemte artefakter eller anvendelser, hvorfor tilhængere af tilknyttede paraprafer kan se det som deres opgave at sprede dem mest muligt. Andre teknologier er derimod defineret via deres anvendelse og giver mindre anledning til mission. Det giver ingen mening at søge at udvide jernbaneteknik til f.eks. kemisk teknologi. Paradigmeskift i videnskaben er i visse tilfælde foregået næsten momentant (som et 'gestalt switch') og har haft karakter af religiøs omvendelse, hvor konvertiten pludselig ser verden i et nyt lys. Teknologiske revolutioner er næsten altid langvarige og partielle processer med en tilsvarende mangel på drastiske ændringer i teknikerens verdensbillede.

I moderne teknologi er det desuden en bevidst og anerkendt politik konstant at arbejde for at udkonkurrere både konkurrenters og egne produkter. En stor del af det tekniske innovative arbejde, der finder sted i firmaer, er beregnet på at overfløddiggøre eksisterende teknologi og erstatte den med ny. Accepten af denne politik, sammen med det faktum at teknologier sjældent kan opnå monopol, vanskeliggør dybtgående kriser og hindrer ingeniøren i at forpligte sig over for en bestemt teknologi; for det er jo en del af hans overordnede ideologi, at enhver teknologi kun er transitiv og hurtigst muligt bør erstattes af en ny. Hans forpligtelse kan gå på en generel type teknologi eller et teknologisk system, men sjældent på en konkret innovation. En sådan vil typisk have en stærk appel til den individuelle opfinder, der vil tendere mod at overdrive dens betydning og anvendelsesmuligheder, men i så fald er der ikke tale om en paradigmatiske

binding (da paradigmet kræver et professionelt samfund som basis og ikke kan være knyttet til blot et enkelt individ).

Den indbyggede, næsten rutinemæssige udskiftning af teknologier, der kendetegner moderne ingeniørers arbejde, står i modsætning til den mere konservative normalvidenskabelige udvikling. I videnskaben sker der også en fortsat teoriudvikling, men på en anderledes reguleret og disciplineret måde. Eksisterende teorier vil kun modvilligt opgives helt, ved de sjældne revolutionære lejligheder, og så kun hvis de er i alvorlige vanskeligheder. Der kræves særdeles omfattende argumentation for at kuldaste en videnskabelig teori. Mens ingeniørers opgave er at producere nye teknologier på bekostning af gamle, er videnskabsmandens at udvikle og forbedre eksisterende viden indenfor et bestemt paradigmatisk grundlag. For videnskabsmanden er kontinuiteten mellem ny og gammel viden af afgørende betydning, mens dette 'historiske aspekt' ikke findes blandt ingeniører undtagen i den praktiske forstand, at nye komponenter helst bør kunne integreres i eksisterende tekniske systemer. Da historie og kontinuitet er centrale dele af et paradigme, vil de paradigmer, ingeniører er underkastet, have mindre styrke end de tilsvarende videnskabelige.

De væsentlige forskelle, der er mellem teknologiske og videnskabelige paradigmer, hænger sammen med at paradigmebegrebet er tilknyttet discipliner og professionelle samfund ('communities'). Sådanne er velundersøgte og veldefinerede i videnskaben, men ikke i teknologiens verden. Denne verdens sociale struktur er i højere grad hierarkisk; der er et betydeligt overlap mellem forskellige tekniske samfund, og eksterne faktorer spiller en langt større rolle. Den kohærens og isolation fra omverdenen, der kendetegner videnskabelige samfund, findes ikke på samme måde blandt teknologiske samfund. Forskellen mellem tekniske og videnskabelige paradigmer manifesterer sig bl.a. i selve paradigmeskiftet. Dette indledes ifl. Kuhn med en krisetilstand i det etablerede paradigme, hvis tilhængere desperat vil søge at redde paradigmet og kun modvilligt, eller aldrig, anerkender det rivaliserende system. Et videnskabeligt paradigme opløses, når dets tilhængere marginaliseres, men uddør først, når de dør. Den dramatiske følelse af krise og kontrovers, der karakteriserer mange videnskabelige revolutioner, synes ikke at genfindes ved radikale teknologiske ændringer. Teknologiens historie er ganske vist rig på kontroverser, men disse er typisk patentstridigheder, økonomisk baserede stridigheder eller politiske kontroverser, og ikke internt-tekniske stridigheder om hvilken type teknologi, der grundlæggende er bedst.<sup>15</sup>

Dette hænger sammen med de vanskeligheder, der er med intrateknologisk at definere relationen 'bedre end' for teknologiers vedkommende (se nedenfor).

Sjældenheden af inter-paradigmatiske kontroverser i teknologien hænger sammen med karakteren af teknologiske paradigmer. Disse har ikke det tillukkede forhold over for andre paradigmer, som tilfældet kan være i videnskaben, hvor to rivaliserende paradigmer ifl. Kuhn jo er inkommensurable. Klassiske videnskabelige paradigmer skaber i et vist omfang deres egen form for rationalitet, definerer gyldighedskriterier for eksperimenter og fastsætter værdier for teories accept. Denne *kognitive autonomi* findes ikke på samme måde i teknologien, der som helhed er underlagt et pragmatisk effektivitetskriterium, som gælder for enhver teknologisk tradition. Naturligvis er dette en sandhed med modifikationer, for 'pragmatisk effektivitet' er ikke et entydigt eller indiskutabelt begreb, som vi straks skal se.

### **Anomalier og problemer**

Paradigmatiske ændringer i videnskaben indledes af en stagnerende fase, hvori den herskende teoris forklarende og prediktive kraft udtømmes; der sker en ophobning af anomalier, d.v.s. alvorlige uoverensstemmelser mellem teori og eksperiment. Findes der på tilsvarende vis anomalier i teknologien, og hvad er deres rolle ved radikale ændringer i teknologisk praksis? *Teknologiske anomalier* må i almindelighed forstås som uoverensstemmelser mellem faktisk teknisk formåen og mulig eller forventet formåen. Dette er naturligvis et noget andet begreb end i videnskaben, men i sig selv nyttigt til at belyse tekniske ændringer.

I teknologien, som i videnskaben, vil fremskridt normalt ske trinvist og kumulativt; men på et vist udviklingsniveau vil en teknologisk tradition ofte støde på problemer og ikke fungere som forventet. Der kan være tale om en kvantitativ grænse, over hvilken teknologien virker dårligt eller bryder helt sammen; eller om problemer med at integrere teknologien med andre komponenter i et større system. Uanset om problemet er intra- eller intersystemisk, manifesterer det sig i en mangel på ligevægt i det samlede tekniske system. I sådanne situationer, hvor teknologien ikke virker eller kun virker utilfredsstillende på grund af 'fejl,' kan man tale om en *funktionel anomali*. Funktionsfejl kan vurderes forskelligt: De kan (1) accepteres som vedvarende, men ikke alvorlige fejl, man vælger at leve med som en del af teknologien; de kan (2) erkendes som



principielt uløselige; de kan (3) være løselige inden for traditionen eller en udbygning af denne; og de kan (4) være løselige, men kun ved en radikal ændring af traditionen, d.v.s. uden for den eksisterende tradition. Kun i sidstnævnte tilfælde vil der være tale om en egentlig anomali.

Men selv om teknologien virker udmærket p.t., kan teknikerne have begrundede formodninger om, at den snart vil fejle eller blive overhalet af en alternativ teknologi. Edward Constant, der i sin undersøgelse af turbojettens udvikling konsistent har anvendt en Kuhnsk beskrivelsesmåde, betegner sådanne som *forventede anomalier* ('presumptive anomalies').<sup>16</sup> Når teknikere forventer at en teknologi vil fejle, kan det have flere årsager. I nogle tilfælde kan man ud fra videnskabelig teori forudsige et funktionelt sammenbrud i en vis grænse; f.eks. at propelfly med stempelmotorer ikke kan flyve hurtigere end ca. 800 km/t eller at huse ikke kan bygges højere end ca. 900 m.<sup>17</sup> I andre tilfælde vil forventningen være baseret på erfaringer og induktivt begrundede fornemmelser. Hvis en teknologis effektivitet (f.eks. virkningsgraden af en maskintype) ikke er forbedret igennem en længere periode, vil man forvente at en meget mere effektiv maskine ikke kan udvikles inden for den pågældende tradition, men kun i en alternativ tradition. Der er ingen grund til at knytte begrebet om forventede anomalier snævert til forholdet mellem videnskabelig teori og teknologisk praksis, sådan som Constant gør. Dette forhold er en af kilderne, men ikke den eneste. Som jeg skal argumentere nedenfor, er der desuden ingen skarp grænse mellem funktionelle og forventede anomalier.

Men før jeg gør dette, vil jeg anføre et andet aspekt, der supplerer anomaliers rolle i tekniske ændringer.<sup>18</sup> Anomalier, som brugt af Constant og andre, er internt-tekniske forhold, der viser en teknologis mangel på succes. Når en teknologi vurderes som 'ikke god nok,' sker dette indenfor bestemte standarder for teknisk vurdering, der udtrykker paradigmatisk værdier. Men ved paradigmeskift kan disse standarder selv ændres, og den grundlæggende vurdering af teknologiers værdi vil normalt ikke selv være af teknologisk natur. Dette vil den kun være i et teknokratisk samfund. I praksis er der tale om en konfrontation mellem traditionelle teknologiske standarder og samfundsmæssige værdier (af politisk, kulturel og etisk art). Hvis standarden 'godt miljø' bliver til en afgørende faktor i teknologi-vurderingen, vil en teknologi, der tidligere vurderedes som 'ikke god nok' kunne blive 'god nok' uden at ændres det mindste; og omvendt. Det er netop sådanne overvejelser, der danner basis for de forskellige versioner af 'blød' eller 'tilpasset' teknologi.<sup>19</sup> I almindelighed vil radikale ændringer i

vurderingen af teknologi dog ikke blot føre til en omfordeling af eksisterende teknologiers status, men selv virke som inspiration for udvikling af nye teknologier.

Anomaliers natur og betydning er mere kompleks end antydnet af Constant, der præsenterer dem som indiskutable og objektive kendsgerninger: "Alle problemer eller anomalier, der er baseret på funktionelle fejl, er objektive: et bestemt system fungerer rent faktisk ikke særlig godt i en bestemt sammenhæng."<sup>20</sup> For at være en anomali, hvad enten det er videnskabeligt eller teknologisk, må en uoverensstemmelse erkendes som en anomali, d.v.s. som problematisk for paradigmet og ikke blot som et problem, der nok engang kan løses. Det er velkendt at videnskabelige paradigmer har en række mekanismer til immunisering af potentielle anomalier og således beskytte paradigmet; uoverensstemmelser mellem teori og eksperiment kan f.eks. neutraliseres ved at kritisere eksperimentet, ved at erklære eksperimentet irrelevant, eller ved simpelthen at ignorere uoverensstemmelsen. Eller man kan hævde, at selv om teorien ikke i øjeblikket kan forklare det eksperimentelle resultat, så vil en videreudvikling af teorien nok kunne gøre det. Uoverensstemmelser erkendes ofte først som anomalier retrospektivt, i lyset af et nyt paradigme.

I almindelighed er der ikke noget objektivt mål for hvornår en uoverensstemmelse er alvorlig nok til at være en anomali. Dette er endnu mindre tilfældet for et teknologisk paradigme. Ikke blot har dette sine egne immuniseringsmekanismer (for et eksempel, se nedenfor), men hele begrebet om en teknologi, der 'bryder sammen' eller ikke 'virker godt nok' er langt fra entydigt og objektivt. Dette af den simple grund, at sådanne vurderinger afhænger af ønsker og forventninger, også når det drejer sig om funktionelle anomalier. Hvis et samfund er tilfreds med en teknologis formåen - hvilket ikke er et teknisk, men et socialt og kulturelt spørgsmål - så er denne teknologi god; eller i det mindste god nok. Den vil kunne vurderes som mindre god, og måske komme i krise, hvis den konfronteres med en sammenlignelig teknologi. Denne nye teknologi kan varetage den gamle teknologis opgaver mere tilfredsstillende (gøre samfundet mere tilpas), men vil ofte gøre dette ved at tilbyde nogle funktioner, der ikke er socialt efterspurgt og først bliver det som følge af den ny teknologis omdefinering af hvad der er legitime menneskelige behov.

Der findes naturligvis situationer, hvor funktionelle anomalier er relativt uproblematisk og objektivt kan fastlås inden for et bestemt, alment accepteret vurderingsgrundlag. En sådan situation haves, hvor præstationer

af to sameksisterende teknologiske traditioner kan sammenlignes; hvis en teknologi i en periode ikke har gjort fremskridt i præstation (f.eks. en maskines virkningsgrad, et transportmiddels hastighed, eller holdbarheden af fødevarer) og konfronteres med en rivaliserende teknologi med bedre præstation til samme omkostninger, så er der ikke tvivl om at den sidstnævnte vil være den bedste teknologi; og at førstnævntes manglende fremskridt derfor vil fremstå som en funktionel anomali. Fjernsynets tidlige udvikling illustrerer dette. I starten af 1930'erne eksisterede to klart adskilte traditioner inden for denne teknik, baseret på hvert deres paradigmatiske grundlag, det mekaniske fjernsyn og det elektroniske fjernsyn. Disse to systemer konkurrerede på markedet med det resultat, at det mekaniske system blev udkonkurreret af det elektroniske. Den væsentligste grund var simpelthen forskel i kvalitet, eksemplificeret ved billedopløsningens finhed. Mens det mekaniske system maksimalt kunne klare 240 linjer (til scanning af skærmen), kunne det elektroniske TV operere med 405 linjer. I denne situation var det elektroniske system objektivt set bedre end dets rival, hvis svagheder fremtrådte, og kun fremtrådte, på grund af en konkurrerende teknologisk succes. I fraværet af det elektroniske TV ville den lave opløsning ikke have været noget stort problem.

Men, som nævnt, i almindelighed er det langt fra klart, hvornår noget er anomalt eller problematisk. Hvorfor var erkendelsen af at propelfly ikke kan flyve hurtigere end 650 km/t en anomali for flyteknologien? Kun fordi denne grænse var i modstrid med de forventninger og ønsker, man havde. Erkendelsen af at fly ikke kan bevæge sig baglæns, var ingen anomali, da man aldrig havde forventet det. Ligesom anomalier i videnskaben kan opløses ved at kritisere eksperimentet, kan nogle teknologiske anomalier så ikke opløses ved at ændre på forventningerne? Det er det, der sker i de mange tilfælde, hvor en ny, opreklameret teknologi ikke lever op til de oprindelige forventninger. I midten af 1950'erne blev det mere eller mindre stillet i udsigt, at kernekraften ville føre til et energimæssigt Nirvana. Sådant kom det ikke til at gå, men de skuffede forventninger udgjorde ikke en anomali for kernekraften. Man - videnskabsmænd, ingeniører og forbrugere - lærte blot at dæmpe de urealistiske forventninger.

Når en teknologi ikke virker godt nok (så godt som forventet), skyldes det så fundamentale træk i arten af teknologi eller kan problemerne overvindes ved normal-teknologiske forbedringer inden for paradigmet? Da svaret sjældent er klart på forhånd, vil det ofte være rationelt at fortsætte

med forbedringer af den eksisterende teknologi, eller evt. vende tilbage til tidligere, velprøvet teknologi. Sådant - evt. midlertidigt - opgivelse af en ny teknologi til fordel for en gammel, er et velkendt træk fra teknologihistorien, sådan som to danske eksempler viser. Den Kgl. Danske Mønt havde o. 1810 fået installeret et avanceret dampdrevet møntmaskineri fra Boulton & Watt, der efter 20 års funktion delvis blev erstattet med en manuelt betjent presse; i 1890'erne, på et tidspunkt hvor elektriske sporveje var almindelige i mange storbyer, blev den københavnske dampsporvej opgivet, og erstattet, ikke med elektrisk drevne vogne, med hestedrevne sporvogne. Erstatningen af ny med gammel teknologi har ikke noget sidestykke i videnskaben, hvor 'ny' er synonymt med 'bedre.' Men i teknologien refererer 'bedre' altid til specifikke omstændigheder og er ikke en generel relation mellem to teknologier.

Det er vigtigt at gøre sig klart, at begreber som 'præstation' og 'effektivitet' kun kan være reelle teknologiske kvaliteter, hvis de ses i sammenhæng med sociale og økonomiske faktorer. En teknologisk tradition, hvis præstationer aftager, kan meget vel være en teknologi i fremskridt. Man kan ikke hævde at Concorde flyet er bedre end DC-10, blot fordi det er hurtigere; det er også dyrere, bruger mere brændstof og støjer mere. Begrebet 'en god teknologi' omfatter normalt teknisk ydeevne, der i sig selv er en objektiv størrelse, i relation til pris, efterspørgsel m.v. Når Woolf dampmaskinerne anno 1850 var mindre effektive (d.v.s. havde mindre ydeevne og dårligere brændselsøkonomi) end generationen af samme maskiner anno 1830, var de så dermed blevet dårligere og var faldet i effektivitet udtryk for en krise? Nej, det udtrykte blot at fabrikanter anså de højeffektive maskiner med deres hyppige fejl som en dårlig investering i en periode, hvor kulprisen ikke var en kritisk faktor.<sup>21</sup> På samme måde var der ikke tale om en irrationel handling, da man i København besluttede sig til at erstatte den dampdrevne møntpresse med en hestedrevet, der *under de specifikke omstændigheder* var den bedre løsning.

Vi kan formulere dette velkendte forhold som at relationerne god/dårlig og bedre/dårligere involverer en række ceteris paribus klausuler, der normalt er urealistiske for teknologiens vedkommende. I videnskabelige eksperimenter kan man designe tests af teorier, således at 'alt andet' faktisk er lige. Noget sådant er i almindelighed ikke muligt i teknologien, hvor det fri marked er den nærmeste analogi til laboratoriet. Diskussionen heraf viser en tvetydighed i teknologibegrebet, der ganske vist er trivielt, men som der ikke altid tages hensyn til. Med en bestemt type

teknologi kan der tænkes på den mest effektive og avancerede version; eller der kan tænkes på den version, der faktisk anvendes. De to versioner vil normalt være vidt forskellige og bedømmes ud fra forskellige kriterier. I 1850 havde man dampmaskiner, der var langt mere effektive end i 1830, men de blev blot ikke brugt noget videre; de var mere effektive, men havde mindre succes. Ud fra et økonomisk og socialhistorisk perspektiv vil det være rimeligt at karakterisere en epokes teknologi ud fra den faktisk anvendte og markedsførte teknologi, og ikke ud fra den mere visionære, state-of-the art teknologi.

Jeg har hidtil antaget, at anomalier viser sig ved at en teknologi fungerer dårligt. Imidlertid kan det modsatte også være tilfældet, nemlig at overraskende god teknisk formåen udgør en anomali for en bestemt teknologisk tradition. For at belyse dette forhold, vil jeg først kort vende tilbage til de videnskabelige anomalier, der kan inddeles i to klasser. Hvis en teori foreskriver, at noget ikke kan finde sted, og dette faktisk observeres, vil observationen være en anomali i forhold til teorien; naturen har, via observationen eller eksperimentet, vist et overskudsindhold. Opdagelsen af superledningen i 1911 var en sådan anomali, idet den viste at naturen var 'rigere' end eksisterende teori kunne forklare. Modsat kan teorien foreskrive, at noget eksisterer eller finder sted, og hvis dette fænomen ikke observeres, kan det udgøre en anomali for teorien; naturen har vist sig mere restriktiv end forventet. I første halvdel af det 19. århundrede mente mange kemikere, at grundstofferne måtte være sammensatte af hydrogenatomer (Prouts hypotese); da det viste sig, at grundstoffernes atomvægte ikke var hele multipla af hydrogens, udgjorde denne negative erfaring en anomali for teorien.

Selvom teknologi ikke direkte relaterer til naturen, men til materielle artefakter (maskiner, apparater o.l.), kan vi blandt teknologiske anomalier genfinde paralleler til de nævnte to typer. Den teknologiske virkelighed, repræsenteret ved de producerede opfindelser og den måde, de udvikles på, kan være mere restriktiv end forventet. I så fald fungerer teknologien dårligt og vi har en funktionel anomali. Hvis teknologien fungerer *overraskende godt*, d.v.s. ud over det niveau den teknologiske tradition giver grundlag for at forvente, vil der også kunne være tale om en anomali i forhold til traditionen. For at denne situation skal indtræffe, må der være en rationelt begrundet påstand om den pågældende teknologiske formåen, evt. en teori for denne. Den overraskende gode teknologi viser at den teknologiske virkelighed er rigere end forventet; den vil ikke være

anomal i forhold til den teknologiske traditions artefakter, men til de teknologiske opfattelser og teorier, der knytter sig til disse. Hvis disse teorier er direkte afledt af en videnskabelig teori, vil den overraskende godt fungerende teknologi udgøre en anomali for såvel teknologien som videnskaben; for teknologien fordi den antyder et potentiel, der ligger uden for den eksisterende tradition, og for videnskaben fordi dens præstation er teoretisk uforklarlig. Hvis en opfinder lavede en raket, der kunne bevæge sig med 400.000 km/sek, ville dette godt nok være et chock for rumfartsteknologien; men det ville være et endnu større chock for fysikken. Begrebet om overraskende godt fungerende teknologi, der her er indført på en abstrakt måde, behøver ikke illustreres med science-fiction teknologi. Vi skal nedenfor se et konkret historisk eksempel på en sådan situation, og hvordan den virkede anomalt.

#### **Et eksempel: telegrafparadigmet**

Den udbyggede og succesrige elektromagnetiske telegraf udgjorde grundlaget for et stærkt paradigme for al telekommunikation i det meste af et halvt århundrede. Dette telegrafparadigme påvirkede såvel teknologiens 'context of discovery' som dens 'context of justification,' altså både opfindelsen af nye kommunikationsteknikker og modtagelsen, evalueringen og udformningen af disse. Socialt var det organiseret omkring det store samfund af telegrafingeniører, der i en lang periode næsten monopoliserede elektrisk teknologi.

Alle tidlige forslag til telefoni var modelleret efter telegraferen, der blev opfattet som den 'naturlige' og strengt taget eneste legitime form for elektrisk overførsel af signaler. Denne mentale identifikation af telefonen med telegraferen var naturligt nok stærkere hos folk med tilknytning til og erfaring i telegrafi, som bl.a. Elisha Gray og Thomas Edison, end hos en faglig outsider som talepædagogen Graham Bell. Den vision, Bell havde om telefonen, var inspireret af hans kendskab til tale snarere end til elektriske signaler og var derfor et (ubevidst) oprør imod telegrafparadigmet. Hans rival, Gray, var derimod hæmmet af sin ekspertise i telegrafien, der indskrænkede hans teknologiske fantasi.<sup>22</sup>

Da telefonen var opfundet og kommet på markedet i 1877, vedblev den for en tid med at blive opfattet som en art telegraf. Ikke blot var telegraferen jo den etablerede og naturlige form for elektrisk signalering, men teknisk set var den langt mere kompliceret og interessant end den primitive telefon. Opfattelsen af telefonen som en variant af telegraferen var stærkere i

Europa end i USA, hvilket tildels var resultatet af at europæisk telefoni hurtigt blev overtaget eller stærkt reguleret af de nationale post- og telegrafsekselskaber; mens den tidlige telefoni i USA blev udviklet af Bell koncernen, der netop ikke var en del af det mægtige telegrafsamfund. Psykologisk og socialt set er det forståeligt at telegrafingeniører, der havde levet deres faglige liv indenfor telegrafteknikken og hvis status og selvforståelse var associeret med denne teknik, havde svært ved at opfatte telefonen som en egentlig ny teknologi. Denne binding blev i England legalt konfirmeret i 1880, da højesteret bestemte at telefonen var en art telegraf og derfor hørte under postvæsnets monopol. Ifl. lovgivningen var en telegraf nemlig "ethvert apparat [beregnet] til at transmittere meddelelser eller anden kommunikation ved hjælp af elektriske signaler,"<sup>23</sup> - et ekstremt udtryk for telegrafparadigmet.

I den forstand telefonen kan betegnes som begyndelsen på et teknologisk paradigmebrud, har den visse lighedspunkter med klassiske eksempler på videnskabelige revolutioner. På trods af Kuhns oprindelige påstand, opstår revolutioner sjældent momentant, men deres revolutionære karakter erkendes først efterhånden. Det er netop en af det eksisterende paradigmes immuniseringsmekanismer at søge at indpasse potentielt revolutionære teorier i den eksisterende tradition og derved neutralisere dem via en slags repressiv tolerance. Da Einsteins relativitetsteori fremkom i 1905 blev den lige så lidt opfattet som en revolutionær teori som telefonen blev opfattet som en revolutionær teknologi i 1877. I lyset af det herskende paradigme (elektronteorien) blev relativitetsteorien opfattet som blot en variant af denne; elektronteorien blev selv forstået som den revolutionære og progressive teori. Analogt opfattede telegrafteknikere anno 1880 telegrafien som en teknologi, der havde fremtiden for sig, og telefonen som en kuriøs variant af denne.

Telegrafparadigmet påvirkede telefoniens udvikling lang tid efter telefonen var blevet udviklet til et populært og selvstændigt kommunikationsmiddel. Mens telefonapparatet indlysende ikke er et telegrafapparat, sker *transmissionen* tilsyneladende på samme måde som i telegrafien, hvorfor man i perioden ca. 1880-1900 generelt opfattede telefonstrømme som blot en variant af de velkendte telegrafstrømme. Dette manifesterede sig i arten af ledninger og kabler - i starten brugte man simpelthen telegraftråde til telefoni - og i opfattelsen af, at telefonisk transmission følger samme lovmæssigheder som i telegrafien. På sidstnævnte område var den eksemplariske praksis det legendariske Atlanterhavskabel fra 1866 og den

eksemplariske teori den af William Thomson i 1855 udarbejdede telegrafteori. Ifl. denne teori bevæger elektriciteten i et kabel sig på samme måde som en usammentrykkelig væske i et rør, d.v.s. diffunderer gennem kablet.

Ved at modellere opfattelsen af telefonisk transmission inden for telegrafparadigmets rammer overtog man ukritisk Thomsons teori. Denne illegitime transfer af viden fra en teknologi til en anden førte til den s.k. Preeces lov eller regel. Ifl. denne 'lov' var den maksimale taleafstand  $x$  givet ved produktet af kablets eller ledningens kapacitans ( $C$ ) og modstand ( $R$ ), nemlig som  $x^2CR = A$ , hvor  $A$  er en empirisk bestemt konstant. Denne lovmæssighed blev formuleret i 1887 af den magtfulde generaldirektør for det engelske post- og telegrafvæsen William Preece, ifl. hvem "den lov, der bestemmer transmissionen af telefonstrømme gennem en ledning, er præcist den samme som den lov, der bestemmer strømmen gennem undersøiske [telegraf] kabler."<sup>24</sup> I virkeligheden adskiller de hastigt varierende talestrømme sig stærkt fra telegrafstrømme, idet selvinduktionen spiller en stor rolle i førstnævnte tilfælde. Men da dette ikke er tilfældet for telegrafkabler, og da selvinduktionen derfor ikke indgik i Thomsons teori, ignorerede man selvinduktionens virkninger også i telefonien.

Resultatet var udviklingen af dyre, ineffektive telefonkabler og en blokering over for de videnskabelige teorier, der forudsagde at kabler med høj selvinduktans ville have overlegne transmissionsegenskaber. Sådanne teorier var blevet forelagt i 1887 af Oliver Heaviside i England og Aimé Vaschy i Frankrig, men de blev ikke taget alvorligt af de praktiske ingeniører.<sup>25</sup> Heaviside viste at Preeces regel ikke havde nogen videnskabelig basis, hvilket imidlertid ikke hindrede den i at optræde autoritativt i lærebøger i telefoni indtil ca. 1900. Blandt et paradigmes metoder til at afværge kritik er ikke blot at tilpasse tilsyneladende anomalier til paradigmet rammer; en anden metode, velkendt fra videnskabshistorien, er at ignorere anomalier eller benægte deres relevans inden for det pågældende domæne. Og telegrafparadigmet, repræsenteret ved Preeces lov, var fra starten konfronteret med anomalier, erfaringer, der ikke stemte med dens indhold. Mange telefonlinjer, især i USA, havde en betydeligt større taleafstand (og  $CR$  værdi) end foreskrevet af Preeces lov, hvilket dog ikke rystede ingeniørernes tillid til loven. Ifl. Preeces regel skulle man ikke kunne føre klar tale hvis  $CR > 50.000$ ; selv en så markant afvigelse som Boston-Omaha linjen, der havde  $CR = 400.000$  og dog virkede tilfreds-



stillende, blev henvist til fodnoter og betragtet som en "undtagelse." Vi har her et eksempel på en teknologi, der i praksis fungerede 'overraskende godt' i den ovenfor nævnte betydning, hvilket derfor udgjorde en anomali for telegrafparadigmet.

Den manglende accept af Heaviside's teori blandt teknikerne skyldtes i høj grad telegrafparadigmets status, omend der også var andre årsager. Først med udviklingen af 'ladede' kabler med påført selvinduktion (M. Pupin 1900; C. E. Krarup 1902) blev teorien anerkendt og en form for paradigmebrud fandt sted. De 'anomalier' som induktivt ladede kabler repræsenterede, var blevet for omfattende og åbenbare til at kunne ignoreres. Når ladede undersøiske kabler i 1903 for mindre omkostninger kunne overføre lyd af bedre kvalitet og over længere afstande end traditionelle kabler, så var dette et praktisk faktum af samme konsekvens som s.k. cruciale eksperimenter i videnskaben.<sup>26</sup> Det var en objektiv kendsgerning, at den ny kabelteknologi var bedre end den gamle.

For langdistancetelefonien indledtes derfor o. 1902 et nyt paradigme, hvis hovedelement var de ladede kabler og hvis eksemplariske teorier var Heavisides og Pupins arbejder. Grundlaget for telefonien ændredes, hvilket bl.a. viste sig i lærebøger i faget.<sup>27</sup> Det ny paradigme var frigjort fra, og

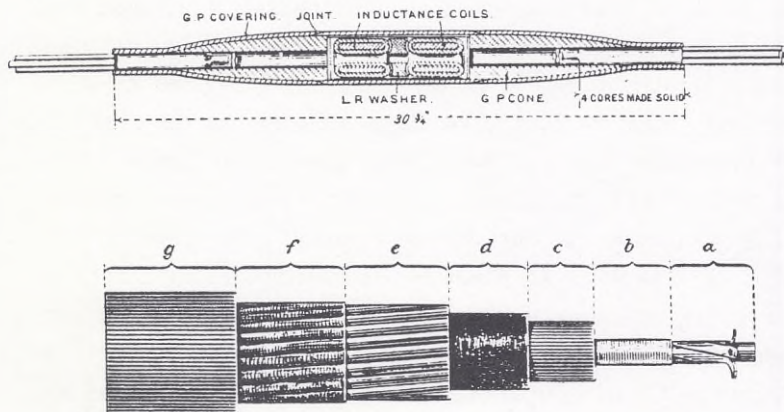


Fig. 2. To konkurrerende teknologier indenfor undersøisk kabeltelefoni. Foroven et Pupin søkabel fra 1910, hvor induktionsspolerne er indbygget i kablet. Forneden et Krarup kabel fra ca. 1920, hvor kobberlederen er omvundet med jerntråd (b på figuren)

ødelagde i en vis forstand, telegrafparadigmet, idet pupinisering af kabler - d.v.s. forhøjelse af selvinduktionen ved indsættelse af spoler - var en teknik, der var eksklusiv for telefonien og ikke umiddelbart kunne overføres til telegrafien. Den forøgede autoritet og teoretiske status som telefonien opnåede med den ny teknik, fik nogle teknikere til at foreslå et 'omvendt telegrafparadigme,' ifl. hvilket telegrafien nu blev opfattet som en variant af telefonien i stedet for omvendt.<sup>28</sup> Hvis vi bliver i analogien med relativitetsteorien, svarer dette til at elektronteorien anno 1920 blev opfattet i termer af den ny relativitetsteori.

Den telefoniske transmissions-teknologi var o. 1900 i en art krise, men denne viste sig blot ved umuligheden af at forbedre taleafstand og -kvalitet inden for realistiske økonomiske rammer. Det vil være forkert at betegne denne stagnation i præstation som en anomali, idet den traditionelle kabelteknologi hverken brød sammen eller forventedes at kunne fungere ved meget lange afstande. Krisen var blot en konstatering af, at man nok ikke kunne nå længere. Der var ikke tale om, at telegrafingeniørerne emotionelt var i krise eller opfattede deres professionelle livsgrundlag smuldre. Det gamle paradigmes mænd bekæmpede ikke den ny kabelteknologi, men erkendte dens overlegenhed.

Fra o. 1905 eksisterede der to varianter af den ny kabelteknologi, idet selvinduktionen enten kunne påføres kontinuert (omvikling af kobberlederen med tynd jerntråd, s.k. Krarup teknik) eller diskret i form af spoler (Pupin teknik), jf. fig. 2. Disse to teknologier var konkurrenter specielt indenfor det undersøiske område og eksisterede i en årrække side om side. Beslutninger om, hvorvidt et søkabel skulle realiseres via den ene eller anden teknik, var ikke markedsbetinget i traditionel forstand, idet det udelukkende var en sag mellem kabelselskaberne og de nationale Post og Telegraf selskaber samt deres ingeniører. I en sådan situation, der er renset for forbrugernes ofte lidet rationelle ønsker, burde det være muligt at fastslå den teknisk bedste af de to løsninger. Historien viser, at dette ikke er tilfældet. Der var o. 1910 lange diskussioner pro et contra de to teknologier, uden at nogen konsensus kunne skabes.<sup>29</sup> Hver teknologisk løsning havde sine fordele og ulemper, og sine tilhængere og modstandere; men selv isoleret fra markeds-mekanismernes og forbrugernes forvirrende indflydelse var det ikke muligt at nå til enighed om hvilken teknologi, der var bedst. Spørgsmålet blev først afklaret o. 1930 og da som følge af forbedringer i især Pupin teknologien og brugen af elektroniske forstærkere. Den nævnte debat var af intraparadigmatisk karakter, idet begge teknologier

var varianter af samme tekniske viden og løsningsforslag til samme problemer. Alligevel var der en grundlæggende uenighed blandt ingeniører om hvilken teknologi, der var bedst. Jeg opfatter eksemplet som repræsentativt og som et argument for umuligheden af at etablere en generel 'bedre end' relation, der både er objektiv og praktisk anvendelig.

### Hvornår er en teknologi bedre end en anden?

Jeg har ovenfor flere gange antydnet, at det er problematisk at vurdere en teknologisk kvalitet enten i absolut eller relativ forstand. Vi må nu konfrontere dette spørgsmål direkte og spørge, hvad det betyder, når vi siger at en teknologi ( $T_1$ ) er bedre end en anden ( $T_2$ ). Lad os for nemheds skyld betegne relationen 'T<sub>1</sub> er bedre end T<sub>2</sub>' som  $T_1 > T_2$ . *Teknologisk fremskridt* betyder at  $T^*(t_2) > T^*(t_1)$  for  $t_2 > t_1$ , hvor  $T^*$  refererer til en bestemt type teknologi, f.eks. skibe eller kloakering. Et sådant lokalt fremskridtsbegreb er lettere at håndtere end et globalt - d.v.s.  $T^*(t_2) > T^*(t_1)$  for alle  $t_2 > t_1$  og enhver  $T^*$  - og muliggør at nogle teknologier godt kan stagnere eller blive dårligere, samtidig med at andre viser fremskridt. Endvidere bør relationen  $T^*(t_2) > T^*(t_1)$  så opfattes tendentielt, således at fremskridt refererer til den overordnede tendens i en længere periode og ikke til kortvarige fluktuationer.

En fastlæggelse af hvornår en teknologi er bedre end en anden kan naturligvis ikke være en vilkårlig definition, men må tilfredsstillende vise rimelige krav. Blandt disse er især, at relationen skal være empirisk meningsfuld. Dette vil dels sige, at teknologisk fremskridt må sikres uden at blive en tautologi; og dels at forholdet mellem teknologier må stemme overens med visse standardintuitioner. Med sådanne intuitioner tænkes på historiske eksempler, om hvilke vi klart fornemmer, at  $T_1 > T_2$  eller at  $T_1 > T_2$  er en absurd påstand.<sup>30</sup> Vi bør således ikke acceptere en definition på 'bedre end', der indebærer at det dieselelektriske lokomotiv er dårligere end diligencen; at den optiske telegraf er bedre end den elektriske; at regnestokken er bedre end den elektroniske lommeregner; eller at musketten er bedre end maskingeværet.

For overhovedet at sammenligne to teknologier, må de være af samme type eller have et fælles anvendelsesområde. Uden denne forudsætning havner vi i absurde situationer, som at skulle afgøre, hvorvidt en dåseåbner er en bedre teknologi end en atomreaktor. 'Bedre end' betyder i praksis altid 'bedre end ... til noget.' En umiddelbart tillokkende definition er at

$$T_1 > T_2 \Leftrightarrow T_1 \text{ har større succes end } T_2$$

$$\Leftrightarrow T_1 \text{ klarer sig bedre på markedet end } T_2 \quad (\text{a})$$

Dette er et klart pragmatisk kriterium, der svarer til en instrumentalistisk videnskabsopfattelse, hvor en teoris sandhed udtrykkes ved dens pragmatiske succes. Sådanne opfattelser er ofte kritiseret, idet man f.eks. ud fra en realistisk opfattelse af videnskaben ikke kun vil fokusere på en teoris instrumentelle dyder, men også vil kræve overensstemmelse mellem teori og virkelighed. Et sådant realistisk korrespondenskriterium har imidlertid ingen mening i teknologien, hvor der ikke er nogen uafhængig virkelighed at sammenligne med.

Alligevel er kriteriet (a) ikke tilfredsstillende. Vi kan ikke oversætte 'bedre end' med 'mere succesrig end', da dette ville overlade vurderingen af teknologiers kvalitet til markedets ofte modeprægede bevægelser. Vi ville ikke kunne sige, at en populær teknologi i virkeligheden er dårligere end en anden teknologi, og ville f.eks. tvinges til at hævde, at Folkevognen (VW) er en bedre bil end en Rolls Royce. Desuden er det ikke al teknologi, hvis succes afgøres på fri markedsbetingelser. Det forekommer farligt at basere et 'bedre end' kriterium på markeds-mæssig succes, idet et sådant kriterium forlader sig på en urealistisk behovs-model for teknologi, hvor markedet er den faktor, der via dets efterspørgsel determinerer det teknologiske udbud. En sådan model er kritisabel af mange grunde. Den har ringe empirisk støtte og svarer kun dårligt til den historiske indsigt i teknologiens udvikling.<sup>31</sup> Og på det analytiske plan ignorerer modellen det vigtige faktum, at markedet ikke er en statisk eller autonom størrelse: det er velkendt, at teknologi ofte *skaber* sine egne markeder og behov.

Et alternativt kriterium er

$$T_1 > T_2 \Leftrightarrow T_1 \text{ virker bedre end } T_2 \quad (\text{b})$$

som har den fordel, at det refererer til teknisk præstation og derfor er relativt entydigt. Til gengæld forudsætter (b) at de to teknologier er rettet mod helt samme opgave og at de sociale og økonomiske forhold, de virker i, er ens. Da dette sjældent er tilfældet, har (b) kun begrænset værdi. På en eller anden måde må også disse ikke-tekniske forhold genspejles i en rimelig definition på kvaliteten af teknologier. Prisen for en teknologi er klart nok en vigtig faktor i praksis, men også en lang række andre forhold spiller ind. Holdbarhed, fleksibilitet og miljøvenlighed er blot de vigtigste. Selvom  $T_1$  virker bedre end  $T_2$  til et bestemt formål, kan  $T_2$  måske også anvendes til andre formål og vil i kraft af denne større fleksibilitet være at foretrække (det var f.eks. en af fordelene ved elektrisk belysning i forhold til

gasbelysningen); eller  $T_2$  kan være mere holdbar og stabil, omend mindre effektiv. I den nævnte diskussion om søkabler var det f.eks. klart, at Pupin kablerne virkede bedre, i den forstand at de resulterede i mindre dæmpning end Krarup kablerne. Men der var tvivl om holdbarheden af undersøiske induktionsspøler og problemer med at lægge de uensartede Pupin kabler fra sædvanlige kabeltromler. Disse og andre problemer kunne ikke gøres op i et regnestykke, der viste, at den ene kabeltype var bedre end den anden.

Som Henryk Skolimowski har påpeget, er fremskridt karakteristisk for teknologisk udvikling og et nøglebegreb til forståelse heraf.<sup>32</sup> Som et generelt kriterium for fremskridt foreslår han øget effektivitet og produktion af 'bedre objekter', idet et objekt er bedre end et andet objekt af samme type, hvis det er mere holdbart, hurtigere, billigere, mere pålideligt eller mere præcist. Hvilken eller hvilke af disse kvaliteter, der er den eller de relevante, vil afhænge af den pågældende teknologiske art. Stor hastighed og præcision vil være relevante kvaliteter for et jagerfly, men ikke for en kaffemaskine. Skolimowskis ide om teknologisk fremskridt fokuserer på tekniske præstationer og kan derfor opfattes som en variant af kriteriet (b), Men det er hverken præcist eller operationelt, og undgår ikke de allerede nævnte vanskeligheder. En bestemt type teknologi vil altid vurderes ud fra flere kriterier, der sjældent giver samme resultat. En bro kan være mere holdbar og hurtigere at bygge end en anden, men samtidig være dyrere og mindre pålidelig. Vil den i så fald være en bedre bro?

Fælles for enhver sammenligning mellem teknologier, uanset om kriterierne (a) eller (b) eller et tredje benyttes, er, at  $T_1$  og  $T_2$  sjældent sammenlignes på et fuldt udviklet, uforanderligt stadium. Den nye teknologi ( $T_1$ ) vil ofte kun være et program, hvis muligheder endnu ikke er indfriet; og den traditionelle teknologi ( $T_2$ ) vil under konkurrencen fra  $T_1$  udvikle sig på en ikke-forudsigelig måde. Man vil derfor højst kunne sige, at til et bestemt tidspunkt  $t^*$  gælder at f.eks.  $T_1(t^*) > T_2(t^*)$ , hvilket er relativt uinteressant og ikke kan bruges som basis for en teknologivurdering. Det kunne jo tænkes at relationen ville ændre sig i fremtiden, således at  $T_2(t') > T_1(t')$  til et senere tidspunkt  $t'$ . Omkring 1910 var Krarup teknikken måske bedre end Pupin teknikken på det undersøiske område, men det var ikke ensbetydende med, at det ville forblive sådan. Begge teknologier udvikledes, uden man kunne vide, hvilken der ville være overlegen i fremtiden. Det var f.eks. klart, at fremkomsten af nye ferromagnetiske legeringer omkring 1918 åbnede nye muligheder for begge teknikker, men det var aldeles uklart om den ene eller den anden af teknikkerne ville have mest gavn af de nye

materialer. Beslutningsgrundlaget var derfor, og må nødvendigvis være, påvirket af upræcise forventninger om fremtidig udvikling. Med andre ord, selv om man kunne formulere et tilfredsstillende kriterium for 'bedre end,' vil dette ikke sikre en operationel og rationel sammenligning mellem teknologier. Dette forhold er af indlysende betydning for praktisk teknologi-vurdering. Men det har også sin analogi i videnskabsteorien, hvor teorier ofte har en tilsvarende karakter af dynamisk uafsluttethed. Man kan f.eks. nok angive rationelle kriterier for hvornår et forskningsprogram er degenererende i forhold til et andet, progressivt program, sådan som Lakatos har gjort.<sup>33</sup> Men dette resulterer ikke i sig selv i et operationelt kriterium for hvornår en teori skal forkastes til fordel for en anden. Både for videnskabelige og tekniske programmer gælder det, at såvel progressivitet som degeneration kan være midlertidig og tilfældig. Men da vi ikke ved, om dette er tilfældet, eller om der er tale om ægte tendenser, kan vi ikke formulere en forskningspolitik, der både er rationel og operationel.

Jeg ville gerne kunne foreslå et alternativt kriterium, der både tog hensyn til teknisk præstation, historiske intuitioner og socioøkonomiske sammenhænge, men har ikke fundet noget godt forslag. I mangel heraf må jeg nøjes med at konkludere, at det i almindelighed er problematisk at tale om, at en teknologi er bedre end en anden. Som vi har set, kan  $T_1 > T_2$  betyde mange forskellige ting. Det ville være ønskeligt, hvis man i teknologihistorien i højere grad tog hensyn til denne mangetydighed og specificerede i hvilken betydning, man vurderer teknologiers indbyrdes kvalitet. Man kan selvfølgelig indvende, at teknologihistorien ikke er normativ, og at det ikke er historikernes opgave at vurdere teknologier. Hvis de historiske agenter (ingeniører, forbrugere, m.v.) har ment at  $T_1 > T_2$ , så må historikeren blot notere sig dette som et faktum. Men det er ikke en holdbar indvending.

Historikeren ønsker ikke blot at rapportere om hvad der hændte i fortiden, men også at forklare fortidens hændelser. Heri indgår nødvendigvis vurderinger af de historiske agents handlen. Uden en sådan vurdering, der implicerer et anakronisk element i historiografien, vil mange interessante spørgsmål ikke kunne stilles. Hvis en  $T_1$  blev valgt fremfor en  $T_2$ , vil vi ikke være tilfredse med blot at rapportere dette og de grunde, der var til valget. Vi bør også interessere os for valgets rationalitet og f.eks. spørge om  $T_1$  faktisk var den bedste teknologi. Hvis dette ikke var tilfældet, og en ringere teknologi altså blev foretrukket fremfor en bedre,

opstår et forklaringskrævende problem; og det opstår kun i kraft af, at historikeren opererer med et trans-historisk begreb om hvornår  $T_1 > T_2$ . Der er andre grunde til at en rent diakronisk teknologihistorie er utilfredsstillende, men da disse er de samme som i videnskabshistorien, skal jeg ikke gå ind på dem her.<sup>34</sup> Jeg har blot ønsket at påpege et historiografisk argument for betydningen af at undersøge den præcise mening med relationen  $T_1 > T_2$ .

### Konklusion

1. Kuhns teori for videnskabshistorien kan i et vist omfang benyttes i teknologiens historie, specielt hvad angår eksistensen af værdier og eksemplarer som komponenter af et teknologisk paradigme. Men der er også væsentlige forskelle, hidrørende fra den svagere professionelle organisering blandt teknikere og disses rutineprægede arbejde med at erstatte gamle teknologier med nye. Disse forskelle manifesterer sig bl.a. i teknologiske paradigmers mere begrænsede natur og i fraværet af kriser ved selv radikale tekniske ændringer.

2. Imitationer er komponenter af det teknologiske paradigme, idet de reflekterer dettes eksemplariske grundlag. De kan gøre dette via deres funktion eller design. Kun i de tilfælde, hvor der er en overensstemmelse mellem funktion og design, vil imitationen være rationel.

3. Teknologiske anomalier betegner alvorlige uoverensstemmelser mellem faktisk og mulig teknisk formåen. Sondringen mellem funktionelle og forventede anomalier er nyttig, men ikke skarp, da anomalier under alle omstændigheder fremstår i lyset af visse forventninger. I almindelighed findes intet objektivt mål for, hvornår en uoverensstemmelse også er en anomali. Mens anomalier ofte udtrykker problemer ved en vis teknologi, kan de også opstå ved teknologier med en overraskende god præstation.

4. Teknologisk udvikling er en stadig konkurrence, hvor mindre gode teknologier erstattes af bedre. En bedre teknologi er i almindelighed en mere effektiv og/eller mere hensigtsmæssig teknologi, men der findes ingen enkelt formel, der tilfredsstillende beskriver forholdet mellem to teknologier. En sådan formel kan måske formuleres, så den refererer til et bestemt udviklingsniveau, men ikke i almindelighed, d.v.s. så den tager hensyn til fremtidige udviklinger. Hertil ville kræves en præcis viden om teknologiers dynamik, vi ikke har og næppe nogensinde vil få.

## Noter og referencer

- 1 Jf. H. Kragh, "Den problematiske dialektik mellem videnskabshistorie og -filosofi," 9-28 i Kragh, red., *Bidrag til Videnskabshistoriens Teori* (København: Akademisk Forlag, 1982).
- 2 T. S. Kuhn, *Videnskabens Revolutioner* (København: Fremad, 1973); G. Gutting, ed., *Paradigms and Revolutions: Applications and Appraisals of Thomas Kuhn's Philosophy of Science* (South Bend: University of Notre Dame Press, 1980). Se også H. Kragh og S. Andur Pedersen, *Naturvidenskabsteori* (København: Nyt Nordisk Forlag, 1981), 165-96 og især kap. 6 i den udvidede 2. udgave, der udkommer ultimo 1991 under titlen *Naturvidenskabens Teori*.
- 3 R. D. Johnston, "The internal structure of technology," 117-30 i P. Halmos, red., *The Sociology of Science (The Sociological Review Monograph no. 18, 1972)*; J. Schopman, "The history of semiconductor electronics - a Kuhnian story?" *Zeitschrift für allgemeine Wissenschaftstheorie* 12 (1981) 297-302; G. Gutting, "Paradigms, revolutions, and technology," 47-65 i R. Laudan, red., *The Nature of Technological Knowledge: Are Models of Scientific Change Relevant?* (Dordrecht: Reidel, 1984); I. Nordin, *Teknologins Rationalitet* (Göteborg: Timbro, 1988), 216-25.
- 4 R. R. Nelson og S. G. Winter, *An Evolutionary Theory of Economic Change* (Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1982), p. 257. Ideen om teknologiske trajektorier er udviklet i G. Dosi, "Technological paradigms and technological trajectories: A suggested interpretation of the determinants and directions of technical change," *Research Policy* 11 (1982), 147-62. Et tilsvarende begreb om s.k. naturlige trajektorier diskuteres i Nelson og Winter 1982, op.cit., der ser sådanne trajektorier som specifikke for 'teknologiske regimer'; disse betegner "teknologers tro på hvad der er praktisk muligt eller i det mindste værd at forsøge" (p. 158), d.v.s. en paradigmatisk tradition. Se også R.R. Nelson og S.G. Winter, "In search of useful theory of innovation," *Research Policy* 6 (1977), 36-76.
- 5 H. van den Belt og A. Rip, "The Nelson-Winter-Dosi model and synthetic dye chemistry," 135-158 i W. E. Bijker, T. P. Hughes og T. Pinch, eds., *The Social Construction of Technological Systems* (Cambridge, Mass.: MIT Press, 1989).
- 6 I. Lakatos, *The methodology of Scientific Research Programmes* (Cambridge: Cambridge University Press, 1978. Eds. J. Worrall og G. Currie); L. Laudan, *Progress and its Problems* (London: Routledge & Kegan Paul, 1977)
- 7 E. Constant, *The Origins of the Turbojet Revolution* (Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1980), s. 10 og s. 274.
- 8 D. S. L. Cardwell, *From Watt to Clausius: The Rise of Thermodynamics in the Early Industrial Age* (Ames: Iowa State University Press, 1989), 42. Jf. også Hounshell 1975 (note 22, nedenfor).
- 9 G. Basalla, *The Evolution of Technology* (Cambridge: Cambridge University Press, 1988), s. 209.
- 10 Cardwell, op.cit. (note 8), 85-88, 183-85.
- 11 Efterligninger af eksisterende, velkendt teknologi behøver dog ikke skyldes manglende fantasi, men vil ofte have en kommerciel baggrund, idet der kan være en økonomisk værdi i efterligningen, selv om denne er teknisk uhensigtsmæssig, d.v.s. ikke udnytter den ny teknologiske potentialer. Når elektriske lamper omkring 1900 til forveksling lignede gaslys og f.eks. ofte havde deres kontakter anbragt ved selve lampen (og ikke på væggen), var det teknisk uhensigtsmæssigt; men det blev anset for en markedsrettet fordel, da det beroligede kunder, der var tilvænnet gasbelysning.



- 12 W. Schivelbusch, *The Railway Journey: The Industrialization of Time and Space in the 19th Century* (Berkeley: University of California Press, 1986), s. 25.
- 13 N. J. A. Risberg, *Den Optiska Telegrafens Historia i Sverige 1794-1881* (Göteborg: Televerket, 1938), 183-91.
- 14 Nordin 1988, op.cit. (note 3), 217-19. Jf. T. Wästfelt, "Ingemar Nordins teori om den teknologiska forskningens natur," *Polhem* 8 (1990/1), 38-75.
- 15 A. Mazur, *The Dynamics of Technical Controversy* (Washington, D.C.: Communication Press, 1981); H. Tristram Engelhardt og A. L. Caplan, eds., *Scientific Controversies: Case Studies in the Resolution and Closure of Disputes in Science and Technology* (Cambridge: Cambridge University Press, 1987).
- 16 Constant 1980, op. cit. (note 7), 15-17; "Communities and hierachies: Structure in the practice of science and technology," 27-46 i Laudan, ed., 1984, op.cit. (note 3).
- 17 Specielt kan teorien forudsige umuligheden af at udvikle en ide til en teknologi i det hele taget og derved 'forbyde' visse hypotetiske teknologier. Ikke blot vil fundamentale fysiske love, der ofte formuleres som *impotensregler*, principielt forhindre utopiske teknologier som f.eks. evighedsmaskiner eller raketter med overlysfart; mindre fundamental viden kan vise den praktiske (omend ikke principielle) umulighed i at udvikle mulige teknologier til egentlige innovationer. Da videnskabelig viden på dette niveau imidlertid er ufuldstændig og reviderbar, vil disse 'forbud' kunne omstødes af senere udviklet viden. Aerodynamik viste i 1920erne at propelfly maksimalt kunne flyve 650 km/t (Constants eksempel), en grænse, der var passeret o. 1940. Faststoffysikken anno 1960 'forbød' kommerciel teknologisk anvendelse af superledende magneter, men 30 år senere er dette påbud blevet omstødt med opdagelsen af superledende materialer med høj kritisk temperatur.
- 18 Jf. D. Wojick, "The structure of technological revolutions," in G. Bugliarello og D. B. Doner, eds., *The History and Philosophy of Technology* (Urbana: University of Illinois Press, 1979), 238-61. Wojick analyserer radikale ændringer i det teknologipolitiske beslutningsgrundlag, som han sammenligner med Kuhnske revolutioner. I modsætning til de internt-tekniske ændringer, jeg fokuserer på, vil ændring i teknologivurdering typisk ske af lovgivningens vej.
- 19 F.eks. E. F. Schumacher, *Vækst eller Velfærd* (København: Gyldendal, 1975); H. Kragh, *On Science and Underdevelopment* (Roskilde: Roskilde Universitetsforlag, 1980), 154-67.
- 20 Constant, "Communications and hierachies," op.cit. (note 16), p. 31.
- 21 D. S. L. Cardwell og R. L. Hills, "Thermodynamics and practical engineering in the nineteenth century," *History of Technology* 1 (1976), 1-20.
- 22 M. E. Gorman og W. B. Carlson, "Interpreting invention as a cognitive process: The case of Alexander Graham Bell, Thomas Edison, and the telephone," *Science, Technology, & Human Values* 15 (1990), 131-64. D. Hounshell, "Elisha Gray and the telephone: On the disadvantages of being an expert," *Technology & Culture* 16 (1975), 133-62. Se også beskrivelsen i K. Nielsen, H. Nielsen og H. Siggaard Jensen, *Skruen Uden Ende: Den Vestlige Teknologis Historie* (København: Teknisk Forlag, 1990), 134-57.
- 23 F. G. C. Baldwin, *The History of the Telephone in the United Kingdom* (London: Chapman & Hall, 1928), 43-51.
- 24 Cit. D. W. Jordan, "The adoption of self-inductance by telephony, 1886-1889," *Annals of Science* 39 (1982), 433-61, s. 444.

- 25 Jordan, op.cit.; B. J. Hunt, "'Practice vs. theory': The British electrical debate, 1888-1891," *Isis* 74 (1983), 341-55; og R. Appleyard, *Pioneers of Electrical Communication* (London: MacMillan, 1930), 211-62.
- 26 Det engelsk-belgiske kabel fra 1902, der betegnede den traditionelle teknologis ypperste niveau, havde en maximal taleafstand på ca. 90 km og kostede ca. 5700 kr/km; Cuxhaven-Helgoland kablet, bygget efter den ny teknologi, havde en taleafstand på ca. 450 km og en pris på ca. 4900 kr/km. For betydningen af 'cruciale eksperimenter', se Kragh og Pedersen, op.cit. (note 2), 175-78.
- 27 Et eksempel er det tyske post- og telegrafvæsens officielle lærebog, J. Noebels, A. Schuckebier og O. Jentsch, *Telegraphie und Telephonie* (Leipzig: Hirzel, 1902), hvis første udgave omtalte Preeces lov, men ikke Heavisides teori. I anden udgaven fra 1907 var Preeces lov røget ud, mens de ladede kabler blev udførligt omtalt.
- 28 H. W. Malcolm, *The Theory of the Submarine Telegraph and Telephone Cable* (London: "The Electrician" Printing & Publ. Co., 1917), p. 548.
- 29 Se f.eks. E. F. Petrisch, "Pupin- oder Krarup-Kabel?" *Elektrotechnik und Maschinenbau* 30 (1912), 409-1, 440-44.
- 30 Ideen om standardintuitioner er overtaget fra Laudan's diskussion om videnskabelig rationalitet (Laudan 1977, op. cit., note 3, 158 ff.). Det er et rimeligt og i praksis nødvendigt begreb, men hverken logisk tvingende eller empirisk klart. I anden sammenhæng har jeg kritiseret dets værdi i Kragh 1982, op.cit. (note 1).
- 31 Jf. D. Mowery og N. Rosenberg, "The influence of market demand upon innovation: a critical review of some recent empirical studies," *Research Policy* 8 (1979), 102-53.
- 32 H. Skolimowski, "The structure of thinking in technology," *Technology & Culture* 7 (1966), 371-83.
- 33 Lakatos 1978, op.cit. (note 3); Kragh og Pedersen 1981, op.cit. (note 2), 175-78.
- 34 H. Kragh, *An Introduction to the Historiography of Science* (Cambridge: Cambridge University Press, 1987), 89-107.

**SVEN RASK**

## **Något om salpetersjudningen i Sverige**

I och med utgången av 1897 upphörde statens inlösen av svensktillverkad salpeter. Man kan nog också säga att då sattes slutpunkten i den svenska salpetersjudningens historia. Startpunkten går inte att ange med samma säkerhet, men den torde ligga omkring 400 år tillbaka i tiden.

Med salpetersjudning avses här tillverkning av kaliumnitrat (kalisalpeter) genom kokning — sjudning — av vattenlösningar som erhölls genom behandling av så kallad salpeterjord.

Salpetern, eller kaliumnitratet, var nödvändig för tillverkning av svartkrut, vilket innehåller 75 procent salpeter, 15 procent träkol och 10 procent svavel. Salpetern var dessutom inte bara den viktigaste beståndsdelen i svartkrutet, utan också den som var svårast att få tag i.

Utvecklingen av eldvapen ledde till en ökad efterfrågan på svartkrut och därmed salpeter. Enstaka fynd finns noterade från 1300-talet, till exempel Loshultsbössan och Mörkökanonen, men det är under 1400-talet som eldvapen mer allmänt börjar användas.

Under 1600- och 1700-talen började svartkrut även att användas vid gruvbrytning och blev alltmer efterfrågat. Ända långt in på 1800-talet var svartkrut helt dominerande och försörjningen av salpeter var därför mycket viktig.

Till en början verkar behovet ha täckts av import genom Hansestäderna, men redan tidigt anlades krut- och salpeterbruk. I salpeterbruken utvanns salpeter ur jord som mestadels hämtades under fähus och ladugårdar. Man fann att salpetern bildades, eller "växte" som man sa, i sådan jord.

Salpetern urlakades med vatten i träkar och lösningen kokades, sjöds, i stora kittlar eller pannor av koppar. Det krävdes stor yrkesskicklighet av sjudaren för att en godkänd produkt skulle erhållas. Processen krävde god tillgång till ved. Salpetern renades slutligen genom så kallad luttring, en operation som oftast utfördes vid det krutbruk salpetern levererades. (Fig 1).



Fig. 1. Kopparkittel använd vid salpetersjudning i Finland. Teckning av S. Sundberg efter foto i *Ymer* 1964 [Ekström (26)].

### Viktig fråga för riket

Anskaffningen av salpeter blev, som redan antytts, en viktig fråga för riket. Med tiden – under Gustav Vasa – blev salpetersjudningen en angelägenhet för statsmakten.

Sjuderier anlades i bland annat Uppsala och Enköping. Gustav Vasa gjorde salpeterjorden till regale (tillhörig kronan) och bönderna ålades att leverera jord, aska, ved och halm till salpeterbruken. Bönderna fick även utföra vissa dagsverken. Salpeterjorden betraktades som statlig egendom ända in på 1800-talet.

Vad finns då bevarat till eftervärlden om salpetersjudning? Vid en studie av vissa ammunitionshistoriska frågor väcktes mitt intresse för denna fråga. Ett axplock av insamlat material redovisas här.

I nutida historieböcker finns inte mycket att hämta om salpetersjudning. Men artilleriets historiker ägnar, med all rätt, salpetern uppmärksamhet. Nämnas kan arbeten av Theodor Jakobsson (1,2) och Jonas Hedberg (3).

Enligt Jakobsson tillverkades krut och salpeter under hela äldre vasatiden, dock inte i tillräckliga mängder. Uppland producerade mest och stod under åren 1571-1587 för omkring hälften av landets produktion. Sedan följde Västergötland, Östergötland och Småland, medan övriga landskap endast bistod med en ringa del.

Hedberg (3) uppger att salpetertillverkningen endast bedrevs i mindre utsträckning under medeltiden, men att Gustav Vasa tidigt utökade driften. En uppgift om att salpetersjudning skulle ha bedrivits i Sigtuna redan på Erik av Pommerns tid (kung 1397-1439) anser Hedberg bero på ett missförstånd. Han anför i en not (137 s 423) att det är Erik XIV som avses. Han återger också Karl IX:s ord: "Salpeterbruken lända riket och regementet till värn och försvar" för att understryka betydelsen av detta ämne.

År 1561 var 22 salpeterbruk i drift. Produktionen uppgick till 150 skeppund (22,5 ton) luttrad salpeter, vilket inte var tillräckligt eftersom man ända in på 1590-talet var tvungen att importera. Med äldre vasatidens utgång (1611) var dock sjuderiverksamheten utbyggd så att produktionen åtminstone vid denna tid täckte årsbehovet.

Hedbergs arbete innehåller för övrigt en intressant karta över äldre vasatidens krigsindustri, av vilken man även kan se var salpeterbruken låg. (Fig 2).

### **Vilseledande benämning**

Benämningen krutbruk eller salpeterbruk kan vara något vilseledande. Bakom benämningen krutbruk kan det finnas ett salpeterbruk. Skillnaden var inte så stor, eftersom hade man väl tillverkat salpeter var det relativt enkelt att blanda det med träkol och svavel till krut.

Den på sin tid kände industrimannen och sprängämnesteknikern Sigurd Nauckhoff belyser denna fråga i en artikel i Bergslag och bondebygd 1954 kallad Mosås "krutbruk" (4). Han anser det sannolikt att "krutbruket" vid Mosås varit ett av de salpeterbruk som anlades på Gustav Vasas föranstaltande.

Klingnéus (5), som bland annat grundligt studerat salpetersjudningen i Närke, visar i ett nyare arbete att det ingalunda rör sig om något krutbruk och uppger att salpeterbruket i Mosås anlades 1574.



Nauckhoff var mycket intresserad av sprängämnesindustrins historia och studerade ingående kruttillverkning och salpetersjudning. Tyvärr fick han inte tillfälle att publicera sitt material. Men hans efterlämnade anteckningar, som finns på Tekniska Museet, innehåller mycket av intresse. Som exempel kan nämnas att han med hjälp av sprängämnesindustrin i Gyttorp, lät anställa en del försök att bereda salpeterjord.

När Nauckhoff som preses i Vetenskapsakademien nedlade presidiet 1953 gjorde han det med ett föredrag om "De kemiska uppfattningarna om salpetersjuderiet i äldre tider" (9).

### **Naturprodukt?**

Till en början sågs salpeter som en naturprodukt, färdigbildad i naturen. Salpeter fanns till exempel upptaget i Drottning Kristinas utfärdade "General Bergs Privilegium" från 1649 och räknades till de mineraler som var hemfallna till kronans äganderätt.

Olika uppfattningar redovisas och Nauckhoff för oss fram till den ryske bakteriologen Vinogradskij som på 1890-talet visade att salpeter bildas genom oxidation av ammoniak, som bildas vid nedbrytning av urin och annat organiskt material genom inverkan av bakterier i lämplig jord.

Vid tiden för Vinogradskijs upptäckter var salpetersjudningen i det närmaste helt avslutad i Sverige. Den hade då i huvudsak pågått på samma sätt i omkring 400 år.

### **"Gamble fåre dyngio"**

Redan i början av 1500-talet fanns det på svenska en beskrivning över hur salpeter tillverkas. I Peder Månssons skrift "Bergsmanskonst" (10) kan man läsa följande anvisning: "...Item saltpetter till byssor skall så göres. Thag gamble fåre dyngio eller then iorden, ther meniskior haffue lenge pissett (...) och göm ther törtt är, ty thett är Saltpetter, till byssor, och tiener till mångehande andra gärningar, hwilke alle bönder i Swerige skole gøre sielffue och giffue i skaat till rijekssens wärn och beskermilsse."

Under 1500-talet och en bit in på 1600-talet bedrevs tillverkningen vid ett begränsat antal salpeterbruk som tillhörde kronan. Men salpeterbruken förekom inte i alla landskap.

Den tyske mineralogen Gregorius Agricola beskriver i sitt verk *De re metallica* (11) bland annat tillverkningen av salpeter och visar en bild från ett salpeterbruk. (Fig 3)

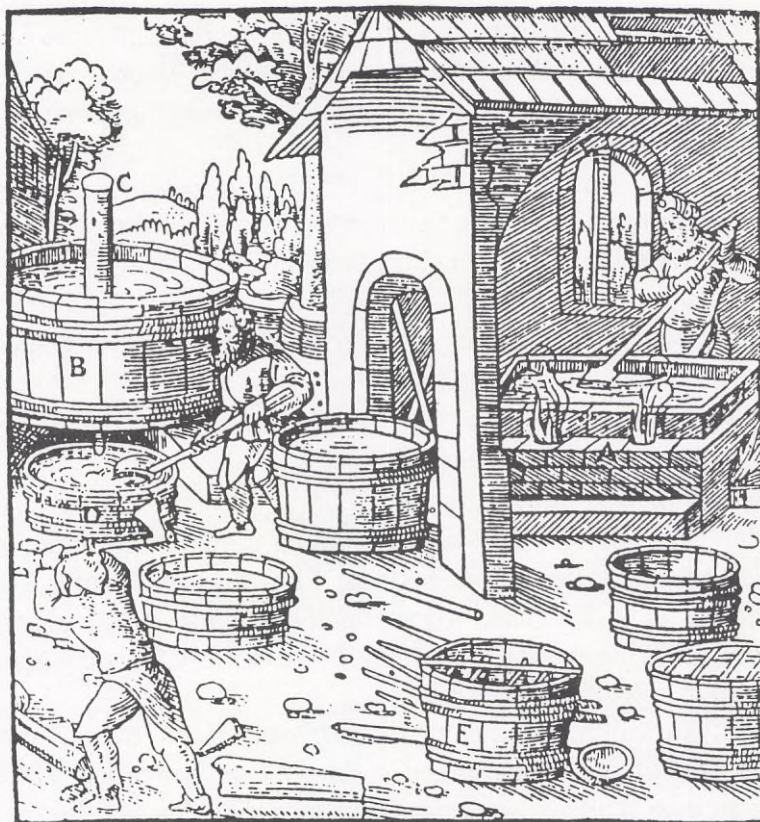


Fig. 3. Salpeterbruk efter Agricola (11). Man ser sjudpannan A och ett stort träkar B i vilket salpeterjorden urlakades. C är en plugg som stänger avloppet. D är en balja och E ett kar med käppar för salpeters kristallisation. Den första upplagan av boken utkom 1556.

Å.G. Ekstrand (12) har gjort en intressant, men inte så känd, översikt över salpeterindustrin i Sverige. Han nämner att sjudning förekom mestadels i Ångermanland, Uppland, Södermanland, Östergötland, Västergötland och Småland med Öland.

Organisationen kring salpetersjudning var dock i geografisk mening svår att administrera och tillämpa rättvist. Men från cirka 1640 blev sjudningen ambulatorisk med sjudare som åkte runt till gårdarna var sjätte år. På så sätt spreds sjudningen över landet.



Sjudarnas besök synes ofta ha varit besvärande för bönderna. Sjudningen utfördes under sommarhalvåret med början den 1 maj. Sjudpannan inlämnades efter sjudningen ofta till en kyrka för förvaring. Även förvaring av salpeter tycks ha förekommit i kyrkorna.

Krigskollegium skriver, den 19 maj 1654, till inspektor Lars Nilsson "att han med forderligst låther dhet Saltpettret, som nu uti Wäxsiö Dombkyrkia inlagdt är, öfwerföhra till Jönköpingz befästningh." Möjligen rör det sig om ett undantagsfall.

År 1639 lades salpetersjudningen under Bergskollegium, men ställdes kort senare under en särskild kommission som torde ha tillhört Krigskollegium.

### **Regleringar och indelningsverk**

Överhuvudtaget tycks 1600-talet ha varit ett oroligt århundrade, och så var fallet även när det gäller salpetersjudning. Flera regleringar infördes. År 1642 omvandlades den så kallade salpeterhjälpen in natura till penningavgift. Ytterligare reglering skedde 1654 och 1668 genom nya förordningar och 1683 tillsattes en ny salpeterkommission.

Som ett kuriosum från denna tid kan nämnas ett förslag om att öka salpeterproduktionen, som förelades Karl XI av generalen Sjöblad. Han föreslog att man skulle bygga krogar med specialinredda stall för 50 hästar på vissa avstånd efter alla landsvägar för att dra nytta av den fallande spillningen.

I början av 1700-talet omorganiserades salpetersjudningen igen. Ett indelningsverk inrättades och i härader och socknar inventerades gårdarnas tillgång på salpeterjord. Varje gård skulle besökas av sjudare – oftast ett pannlag eller parti om tre personer – vart sjätte år enligt upprättade turlistor. Denna organisation tillämpades fram till 1800-talets början och hade Karl XI som upphovsman. Införandet dröjde dock och först i början av 1700-talet ägde den egentliga etableringen rum.

År 1723 utkom en "förordning om salpetersjuderiverken samt deras upphjelpande och vidmakthållande." Verksamheten ställdes nu uttryckligen under Krigskollegium. På 1730-talet infördes indelningsverket i Närke och Värmland.

På landsarkivet i Uppsala finns "Indelningsverk över Kronans salpetersjuderi i Närke och Värmland 1736-1739". I den framgår det var de gårdar och hyttor som påträffats låg. Uppgifter finns också om hur mycket salpeter som beräknades kunna sjudas vart sjätte år.

Gårdarna var fördelade på sammanlagt 21 pannor; nio i Närke och tolv i Värmland. Man har även noterat om det är "ny" eller "gammal" jord som avses. "Gammal" jord har sjudits tidigare, och det är av intresse att konstatera att i Värmland har sådan jord endast antecknats för några enstaka gårdar i länets sydöstra delar. Av en anmärkning framgår att jorden sjudits av västgötar.

Salpetersjudningen i Närke har, som nyss nämnts, behandlats av Klingnéus. Vad Värmland beträffar har jag i Bergslagsarkiv 1990 presenterat påträffat material i en artikel som tjänat som underlag för denna text.

### **Vedkrävande produktion**

Vid indelningsverkets införande inventerades också tillgången på ved. Sjudningen var vedkrävande och långa transporter måste undvikas. I en av de viktigaste äldre avhandlingarna om salpetersjuderiet skriver J.H. Wegelin (24) att sjudningen måste inskränkas på Öland i slutet av 1600-talet på grund av att skogen tog skada.

I Västergötland fick salpeterbruket i Herrljunga år 1616 order av Gustav II Adolf att flytta närmare skogen eftersom vedleverantörerna klagat över långa körsträckor. Vedbrist uppges någon gång i redovisningarna som orsak till utebliven sjudning.

### **Salpeterlador**

I början av 1800-talet organiserades salpetersjuderiet om på nytt. Indelningsverket upplöstes och kronans rätt till jorden under böndernas uthus upphörde med utgången av 1804. I stället ålades varje hemman att årligen leverera en viss mängd, den så kallade salpetergården. Den som inte ville sjuda själv kunde köpa överskottssalpeter, som dock skulle vara av inhemsk tillverkning. Salpetergården avskaffades 1830.

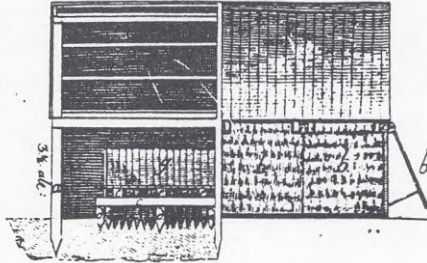
Ofta slog man sig samman i bolag för sjudning och anläggande av så kallade salpeterlador. De vid indelningsverkets upplösning friställda sjudarna kunde anställas för sjudning.

Framställning av jord för sjudning i särskilda salpeterlador blev alltmer vanlig. Kreaturens spillning och annat avfall blandades med jord i särskilda hus.

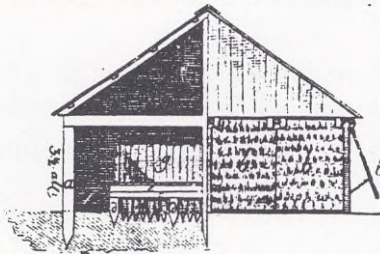
Krigskollegium gav 1747 ut "Berättelse om Salpeter-Ladors anläggande" och staten uppmuntrade uppförande av salpeterlador. Först, från 1756, genom utdelande av premier och senare även genom att bevilja lån. Möjligheten att låna upphävdes först 1850.

*Ribning på en Salpetter Lada : 5*  
*af 14 almars längd och 12 almars bredd.*

Profil och Façade efter linien A.C.B.



Profil och Façade efter linien C.D.E.



*Plan.*

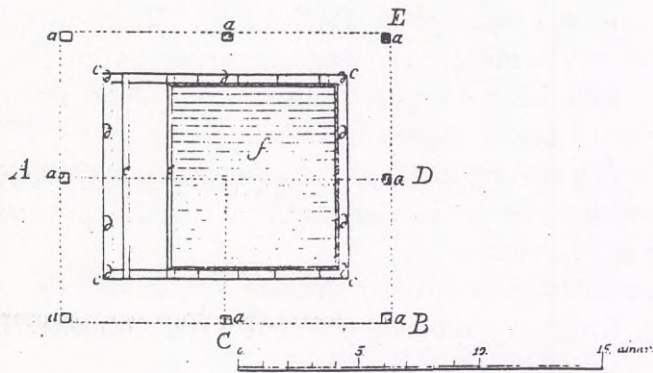


Fig. 4. Salpeterlada. 1700-talet.

Ladorna kunde vara olika utformade. Fig 4 visar en "typlada" från 1700-talet (Krigskollegii kunggörelse 20 juni 1798). Men det kunde också röra sig om endast en överbyggd rötgrop. Ibland gick ladorna under benämningen "plantlador". På friluftsmuseet Jamtli i Östersund finns en salpeterlada från Norra Lit. (Fig 5)

Ett annat och mera speciellt exempel på tillvaratagande av gödsel för salpeterberedning fanns i den tyvärr nyligen nedbrunna ladugården vid Nyby före detta gård i Torshälla. Byggnaden, uppförd 1810, kallades för "Krutladan" och beskrivs nästan lyriskt för sina tekniska och estetiska kvalitéer av Bengt Lindroos i boken "Ur den svenska byggnadskonstens magasin."

I och med att salpetergården upphörde sågs salpeterstillverkningen som en binäring. Som sådan fick den i vissa landskap rätt stor betydelse, till exempel i Norrbotten och Västerbotten.



Fig. 5. Salpeterlada från Norra Lit., Jämtlands Läns Museum.

## Distrikten

Nauckhoff har funnit en salpetersjuderilängd från 1690 (numera i Tekniska museets arkiv) och även gjort upp en kartskiss över distrikten vid denna tid. Värmland, Dalarna och större delen av Norrland ligger utanför det salpetersjuderiindelade området av landet.

Distrikt:	Inspektor:
Uppland och Gästrikland	Joh. Westling
Södermanland, Västmanland och Närke	Lars Rast
Östergötland	Sven Kockert
Jönköpings, Kronobergs och Gotlands län	Jöns Gärman
Västergötland	Arvid Gallander
Kalmar län med Öland	Jonas Lang
Skåne, Blekinge och Halland	Ancker (*)

\* Enligt Erlandsson (18).

År 1783 företogs en omorganisation och i kungligt brev den 17 september 1783 fastställdes nya inspektioner och "produktionsbudget" för dessa. De sju nya inspektionerna/distrikten var följande:

1. Västernorrlands, Kopparbergs, Gävleborgs, Upplands, Västmanlands, Södermanlands och Stockholms läns inspektion.
2. Östergötlands inspektion.
3. Jönköpings inspektion.
4. Kalmar län med Öland och den ena halvan av Kronobergs län.
5. Gotlands inspektion.
6. Skåne, Blekinge och Halland och andra halvan av Kronobergs län.
7. Göteborgs och Bohus, Skaraborgs, Älvsborgs, Närke och Värmlands läns inspektion.

Salpetertillverkningen befann sig i ett bristfälligt skick i slutet av 1700-talet. Men trots många försök till förbättring, bland annat genom den i början av 1800-talet tillsatta salpeterkommittén, avtog emellertid tillverkningen av olika skäl.

Under 1828 drogs distrikt och personal in i Älvsborgs, Värmlands, Kopparbergs, Gotlands, Hallands och Göteborgs län, eftersom ingen större produktion utvecklats där. År 1842 inskränktes antalet distrikt till tre, och fick följande sammansättning:

1. Västerbottens, Norrbottens, Jämtlands och Västernorrlands län.
2. Uppsala, Stockholm, Gävleborgs och Västmanlands län.

### 3. Östergötlands, Jönköpings, Kalmar, Kristianstads, Blekinge och Kronobergs län.

Kommittén upplöstes 1867 och ärendena överflyttades till Arméförvaltningen. En kort sammanfattning av salpeterkommitténs arbete finns hos Krigsarkivet (25), enligt uppgift författad av professor Sam Clason.

#### **Flitiga smålänningar**

Småland var länge framträdande inom salpetersjuderiet, vilket bland annat dokumenterats i ett antal arbeten av Assar Lindberg. Smålänningar sändes till andra län för att hjälpa till.

"Salpeters Rulla öfver Jönekiöpings og Croneborgs Läner 1690" upptar namnen på 622 sjudare placerade enligt följande:

Jönköpings och Kronobergs län	210
Södermanland, Västmanland och Närke	46
Skåne, Halland, Blekinge	28
Västergötland	63
Uppland, Gästrikland	43
Kalmar län	94
Livland	13
Östergötland	24
Luttermästare i Jönköping	1

Sedan man alltmer börjat sjudra jorden från särskilt anlagda salpeterlador blev sjudningen i Norrland betydande. I ett av sina arbeten visar Lindberg en bild som åskådliggör detta. (Fig 6)

Från 1876 upphörde statens åtagande att lösa in svensktillverkad salpeter med undantag för Norrbotten och Västerbottens län. År 1897 upphörde all inlösen av salpeter.

#### **Transportproblem**

Med salpetersjudningen följde ända från början transportproblem, till exempel transport av jord, aska och ved till salpeterbruket eller av salpeter till krutbruket. Johan Ohlsson (16) beskriver transporten av salpeter i Norrbotten och Västerbotten genom Hälsingland 1827. En karavan med 240 hästar på vinterföre var på väg till Klosters krutbruk i Dalarna med omkring 40 ton salpeter. Transporten skedde med så kallad kronoskjuts. Under färden följde tunnbindare med om några transporttunnor råkade gå sönder. Även salpetersjudarna och deras utrustning krävde transporter som ibland kunde vara betungande.



Fig. 6. Antalet salpeterlador i de svenska länen 1815.  
Efter Lindberg (15).

### Avvecklingen

Salpeterisjudningen upphörde i Sverige i slutet av 1890-talet. En faktor som bidrog till detta var att svartkrutet till stor del ersattes av moderna explosivämnen, såsom nitrocellulosa och nitroglycerin. En annan viktig faktor var ett sjunkande världsmarknadspris på salpeter.

Genom konvertering av chilesalpeter (natriumnitrat) erhöles så kallad konversionssalpeter, en produkt som vår salpeter inte kunde konkurrera med.

### Nyväckt intresse

Det finns i dag inte mycket kvar som minner om salpetersjuderiets tid. När Assar Lindberg i sina skrifter ville visa en sjudpanna var man tvungen att vända sig till Finland för att få en bild (17).

Under senare tid kan man notera ett nyväckt intresse för salpetersjuderiet, till exempel vid släktforskning. Det tycks vara salpetersjudarna som yrkesgrupp och deras vandringar som intressear. Även hembygdsforskare har uppmärksammat salpetersjudningen.

Salpetersjudarna var under lång tid underställda Krigskollegium och rullfördes som soldater. Även i namnskicket fanns likheter med soldaterna. Langlet (14) har ingående studerat denna nästan helt glömda yrkeskår och deras hantering i uppsatsen "Salpetersjuderiet och salpetersjudarna" med tonvikt på Västergötland och Älvsborgs län.

Alf Erlandsson (18) har bedrivit noggranna forskningar angående salpetersjudarna i Skåne som dokumenterats väl och Thomas Jonsson (19) erinrar om salpetersjudarna som en bortglömd yrkesgrupp.

Assar Lindbergs studier har redan antytts och bland hans skrifter behandlas också de småländska salpetersjudarna (20).

Även biskopen i Skara, Sven Danell, kom att intressera sig för salpetersjudning (21). Han berättar bland annat om gårdsnamnet Salpetersjudartorp i Tiveden, och kommer även in på det finska inflytandet på sjudningen.

Av de få föremål som minner om salpetersjuderiet kan nämnas en gevaldigerstav med silverbeslag, som skänkts av Karl IX till salpetersjuderistaten i Södermanland, där den använts till 1752. Staven förvaras nu på Armémuseum och silverbeslaget återges i fig 7.

Salpetersjudningen var föremål för många statliga ingripanden. Kristoffersson (22) skriver att inte ens brännvinsbränningen torde ha varit föremål för så många förordningar.

Vill man göra en jämförelse med salpetersjudningen ute i Europa kan Ottomar Thielés omfattande studie över det tidigare europeiska salpeterväsendet vara av intresse (23).

En sammanfattande historik över svensk salpetersjudning saknas. Visserligen har lång tid gått sedan verksamheten upphörde och kanske är den praktiska nyttan inte så stor. Men med tanke på den betydelse – på gott och ont – som sjudningen haft under lång tid i vår historia skulle en mer omfattande översikt hälsas med tillfredsställelse.



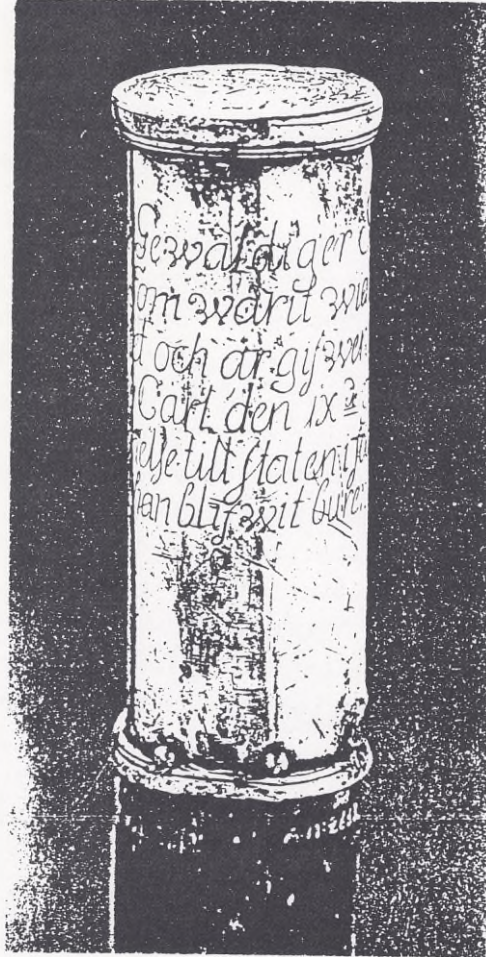


Fig. 7. Silverbeslag till salpetersjuderi-gevaldigerstav.  
Armémuseum.

### **Bellman raljerar...**

Till sist några ord om salpetersjuderiet i skönlitteraturen.

”Såg du nu Marieberg,

så se längre neder:

med en gul och bleknad färg

sig ett tjäll utbreder

Fönstren glittra. Känner I

ej salpetersjuderi?

En gång, Ulla – raljeri -

palten dit dig leder.”

I Fredmans epistel no 48 beskriver Bellman Ulla Winblads hemresa från Essingen en sommarmorgon 1769. Det salpetersjuderi som nämns låg på Kungsholmen och var tämligen nystartat. Sjuderiet hade getts tillstånd att använda spinnhushjon som arbetskraft, därav Bellmans "raljeri" om Ullas framtid.

I boken "Vävarnas barn" berättar P.A Fogelström hur spinnhushjonen fick arbeta i salpeterverket på Kungsholmen. Fogelström ger en ingående och mörk skildring av förhållandena på denna arbetsplats.

I en särskild bok "Vävarnas barn – kommentarer och noter" lämnar Fogelström källuppgifter och noter från sitt omfattande forskningsarbete om industriarbetarnas förhållanden i Stockholm på 1700-talet.

Även Astrid Våring och Sara Lidman har skrivit om salpetersjudning; Våring i boken "Frosten" och Lidman i "Vredens barn". Här är det sjudningen i Norrland som är aktuell.

## Litteratur

1. Jakobsson, Th: Lantmilitär beväpning och beklädnad. (Sveriges krig 1611-1632). Stockholm 1938. Sid 61-4, 280-3.
2. Jakobsson, Th: Artilleriet under Karl XII:s tiden. 1943. Sid 296-301.
3. Hedberg, Jonas: Kungl. Artilleriet. Medeltid och äldre Vasatid. 1975. Sid 290-300.
4. Nauckhoff, Sigurd: Mosås "krutbruk". Bergslag och bondebygd. 1954. Sid 65-73.
5. Klingnéus, S: Från Nerikes faktori..." i boken "Närkingar i krig och fred." Del 1. Kumla 1989. Sid 425-42.
6. Sandin, G.M: Grava och Forshaga. Forshaga 1930. Sid 165-66.
7. Ortnamn i Värmlands län. Uppsala 1922. Sid 7.
8. Larsson, Atle: "Krutbruket" i Grava. Nya Wermlands-Tidningen. 22/4 1964.
9. Nauckhoff, Sigurd: De kemiska uppfattningarna om salpetersjuderiet i äldre tider. Vetenskapsakademins årsbok 1953. Sid 431-42.
10. Månsson, Peder: Bergsmanskonst (Geetes utg.). Sid 639-40.

11. Agricola, Gregorius: De re metallica libri XII. Berlin 1974. Sid 688-90.
12. Ekstrand, Å.G: Salpeterindustrin i Sverige. Svensk Kemisk Tidskrift. 1893. Sid 24-5, 61-9, 82-6.
13. Rask, Sven: Något om salpetersjudning – med en sidoblick på Värmland. Bergslagsarkiv 1990. Sid 27-38.
14. Langlet, O: Salpersjuderiet och salpetersjudarna. Borås och de sju häraderna. 29 (1974-75). Sid 19-56.
15. Lindberg, Assar: Salpeterframställningen i Sverige fram till 1642. Ymer 1964. Sid 267-82.
16. Ohlsson, Johan: Salpeterskatt och tillverkning i forna dagars Älfta. Hälsingerunor 1934. Sid 48-52.
17. Lindberg, Assar: De småländska salpeterladorna. Värendsbygden 1961. Sid 62-95.
18. Erlandsson, A: Salpetersjudarna i Skåne 1679-1762. Med särskild hänsyn till 1740-talet. Vetenskaps-Societeten i Lund. Årsbok 1961. Sid 35-86.
19. Jonsson, Thomas: Salpetersjudarna – en bortglömd yrkesgrupp. Släkthistoriskt Forum 1984: 1. Sid 8-10.
20. Lindberg, Assar: De småländska salpetersjudarna. Värendsbygden 1959. Särtryck ur Norra Allbo Hembygdsförenings årsbok.
21. Danell, Sven: Kaplaner och andra i Älgårås. Hova-Älgårås. Gränsbygd i norra Skaraborg. 1973. Sid 128-30.
22. Kristofersson, J: Sprängämnen och skjutvapen förr och nu. Uppsala 1928. Sid 60-3.
23. Thiele, Ottomar: Salpeterwirtschaft und Salpeterpolitik. Zeitschrift für die gesamte Staatswissenschaft Ergänzungsheft XV. Sid 1-237. Tübingen 1905.
24. Wegelin, J.H: Salpeter-sjuderiinrättningen i Sverige. Andra delen. (1642-1723). DISS. Uppsala 1785.
25. Salpeterkomitén. Krigsarkivet FIIc. 1773-1815. Salpetersjuderi-Organisation.
26. Ekström, Frans: Krutets "salt". Om salpeterstillverkning i äldre tider. Ur "Uppland" 1981. Sid 57-73.

## Recensioner

Jan-Olof Schröder, **En gruvlig bok. En berättelse om Västerbergslagens gruvfält.** Utgiven av Ludvika kultur. Malung 1990. 100 sidor.

Detta är inte bara en gruvlig bok, den är också på sitt sätt gripande. Det handlar om den sista akten i den tragedi som slutade med den mellansvenska gruvhanteringsens totala undergång. De kapade gruvlinorna i Grängesberg rasade ner i gruvans djup med "ett rasslande vrål". Inventarierna slumpades bort för en bruttosumma på 30 miljoner kronor.

Det bakomliggande händelseförloppet är väl dokumenterat på olika håll. Under 1930-talet drevs gruvbrytningen i Mellansverige ännu efter gammalt mönster. Det var fråga om ett hårt, i stor utsträckning manuellt arbete. Kraven på slutprodukten var inte allt för preciserade.

Under det följande årtiondet revolutionerades borrhningsarbetet tack vare lättare, knämatade maskiner med hårdmetallborr. Tryckluftsdrivna lastmaskiner togs i drift. Det gamla skrädningsarbetet - plockning av malmstyckena för hand - mekaniserades. Antalet mellansvenska gruvor hade nu vuxit till sitt moderna maximum, ca 60 stycken.

Med 50-talet kom den stora mekaniseringsepoken. Malmpriserna var gynnsamma. Man hade råd med stora investeringar. Förädlingsgraden på produkterna ökade. Samtidigt uppträdde nya konkurrenter. Gruvor öppnades i Labrador, Liberia, Brasilien, osv. Där kunde man skyffla fram malmen i stora dagbrott. Med effektivare reningsmetoder kunde sämre malmer tävla med de svenska kvalitetsprodukterna. Samtidigt sjönk de långväga sjöfrakterna i takt med att malmfartygens lastförmåga tiofaldigades.

Under det följande årtiondet fick den nya situationen praktiska konsekvenser i Sverige. För att nå lönsamhet gällde det nu att hantera växande volymer. Smågruvor, t.ex. Bispberg, slogs ut, men det gällde även ett ännu större fält som Norberg. Antalet gruvor i Mellansverige halverades under decenniet till 25, men totalproduktionen förblev i det närmaste oförändrad.

I början av 1970-talet var stämningen i mellansvenska gruvkretsar fortfarande optimistisk. Man uppfattade att den nödvändiga saneringen nu var genomförd. Svensk gruvindustri framstod fortfarande som tekniskt ledande i världen.

Så kom då vändningen 1975. Från 1976 gick Grängeberg under en rad av år med förlust. Under den följande tiden fram till och in på 80-talet nedlades tre till fem mellansvenska gruvor varje år.

Skälen till den drastiskt försämrade situationen var, särskilt i efterhand, lätta att se. Det gällde de fyrdubblade priserna på råolja och de svenska stålverkens katastrofalt försämrade situation med ökade kostnader för råvaror och löner. Dessutom var priserna låga på det konkurrerande materialet skrot.

Av 13 masugnar i drift 1975 återstod vid 80-talets början två, bägge i Oxelösund. Av 18 gruvor år 1975 var 16 nedlagda 1982. Kvar var Grängesberg och Dannemora.

I denna situation inträffade det märkliga att den samlade bergproduktionen från sulfidmalmsgruvorna år 1983 för första gången i modern svensk historia var större än den samlade järnmalmsindustrin.

Hela denna händelseutveckling är åskådligt skildrad i en rapport från IVA (nr 322) av år 1989, *De mellansvenska järnmalmsgruvorna 1930-1980. En teknikhistorisk studie* av Boris Serning, Karl-Axel Björkstедt och Curt Westlund. Egendomligt nog åberopas inte detta arbete av Jan-Olov Schröder, som däremot kommit ihåg Nils Meinanders utförliga historik om Gränges av år 1968 och en mängd material av lokal karaktär.

Schröder anger främsta syftet med sin bok vara att ge en fyllig bild-dokumentation av gruvhistoriens slutskede i Västerbergslagen och särskilt Ludvika "Sveriges gruvtätaste kommun" med inte bara Grängesbergsfältet utan också förhållandevis stora fyndigheter som Blötberget och Håksberg. I denna ambition har han lyckats väl. I en svit opretentiösa bilder av måttligt format och i svart-vitt har han förmått att ge en levande bild av gruvmiljön, den tekniska utrustningen och inte minst av gruvfolket i området.

Den text som beledsagar bilderna är av bestående värde med rader av målande och intressanta detaljer om förloppet under det dramatiska slutskedet fram till december 1989. Det gäller skildringen av den sista arbetsetappen, då allt underhållsarbete upphört och brytningen koncentrerats på rika och lättåtkomliga malmer. Dit hör också t.ex. beskrivningen av hur vattnet efter gruvans stängning började stiga; 100 meter från 760-metersnivån på mindre än ett halvår.

Här ges också en översikt av den äldre utvecklingen. Av särskilt intresse är berättelsen om de osäkra tider, som tog sin början vid 1970-talets slut genom SSABs motvilliga övertagande, då besked om nedläggning omväxlade med mera optimistiska tongångar och gruvan tidvis kunde drivas med vinst. Man började t.o.m. prospekteringsarbeten.

Gruvsamhällena hade ofta ungefär samma sociala struktur som de gamla bruken. Allting rörde sig omkring gruvan respektive verket. Utan den centrala verksamheten gick man miste inte bara om sin utkomst, samhället riskerade att förlora sin identitet. Den mödosamma vägen mot en ny struktur för Grängesberg skildras med en tillkämpad optimism, som är värd att begrunda.

*Sven Rydberg*

Svante Beckman, **Utvecklingens hjältar: Om den innovativa individen i samhällstänkandet**. Carlsson Bokförlag. Stockholm 1990. 232 sidor.

Boken *Utvecklingens hjältar* handlar om innovativa individer i bred bemärkelse och är därför intressant inte minst för teknikhistoriker. I sin traditionella form har ju teknikhistorien ofta utgått från att tekniskt framåtskridande är ett resultat av ingenjörssnillens och andra framstående individers suveräna förmåga att uppfinna eller på andra sätt bidra till teknisk förnyelse. Under senare decennier har denna bild förändrats inom teknikhistorien såväl som andra områden inom humaniora och numer betonas allt oftare externa faktorer för att förklara en teknisk förändring.

I bokens inledande kapitel presenteras dess grundläggande fråga, nämligen "personligheternas roll i historien". I korthet kan detta sägas gå ut

på att undersöka betydelsen av "stora män" för samhällets utveckling. Den socialfilosofiska debatten angående ämnet är gammal och de tre följande kapitlen (drygt halva boken) redogör för dess olika skeenden under 1800- och 1900-talen. Redogörelsen är främst idéhistoriskt inriktad.

Det femte kapitlet behandlar så frågorna om personlighetens roll i historien är något som varierar systematiskt över tiden och om "hjältarnas tid" är förbi. Det kanske självklara, men just därför så svårfunna, svaret på den första frågan blir:

Även om man kan tänka sig att storleken och den individuella tillgängligheten av [...] marginaler av ännu inte realiserade handlingsmöjligheter kan variera på ett mer eller mindre systematiskt sätt, spelar denna variation egentligen ingen roll för frågan om utvecklingen rymmer hjältar eller ej. De finns nämligen alltid, där vakenheten och modet finns. (sid. 125-126)

Den andra frågans relevans förklaras med den tilltagande integrationen och funktionella beroendet hos sociala processer. I motsats till detta står dock alltjämt att en "personlig utmärkelse på företagandets, organisationskarriärernas, folkrörelsernas, utbildningsmeriternas, idrottens och kulturproduktionens arenor [är] starka incitament till en systematisk utveckling av hängivenhet och talang." (sid. 130-131) I sina slutsatser angående hjältarnas vara eller icke vara tar Beckman hjälp av John Stuart Mill och konstaterar att:

Hjältarna måste dö för att historievetenskapen skall leva. Här hittar vi kanske en av grunderna till att 'personlighetens roll i historien' är en frågeställning som i stort sett försvunnit från den professionella samhällsteoretiska agendan under de sista 50 åren. (sid. 136-137)

Bokens andra hälft behandlar så frågan om hjältens (miss)anpassning till moderna samhällvetenskapliga tankemönster och är mer vetenskapsteoretiskt inriktad. På område efter område visar här Beckman övertygande att hjälten är "en metodologiskt snarare än empiriskt bestämd storhet." (sid. 190) Detta görs ofta med hjälp av de, i allt vidare kretsar kända, "beckmanska fyfältarna". Det vill säga tvådimensionella koordinatsystem med dubbelriktade axlar där motsatta storheter som t. ex. internalism-externalism och materialism-idealism finns avsatta. I de olika kvadranterna kan sedan olika teorier återfinnas.



Beckmansk fyrfältare (sid. 150)

I det avslutande kapitlet tas frågan upp om individuella aktörer skall betraktas som ett uttryck för samhällsförhållandena eller tvärtom. Den kan kanske anses ha vissa likheter med den om hönan och ägget och slutklämmen blir också en aning tvetydig:

Hurra för den döda andens triumf! Eller buh—om man nu är utrustad med ett mer konventionellt pisshumanistiskt och latent heroiskt känsloliv. Men varför hetsa upp sig? (sid. 231)

Bokens slutsats blir att samhällsvetenskapens teoribildning angående förändringsprocessen ännu inte nått en sådan mognad att frågan om utvecklingshjältens betydelse kan få ett rationellt och empiriskt grundat svar.

Beckmans resonemang kring huvudfrågorna är intressanta och tankeväckande likaväl som bildande. Tyvärr lider dock boken i någon mån av bristande självdistans. Oftast tas stora filosofers, historikers, ekonomers, sociologers och samhällsvetares tankegångar upp till ingående behandling och Beckman blir ibland själv på så sätt lite väl upptagen av "hjältarna" i de kunskapsområden han behandlar. Alltför sällan blir läsaren varse mer allmänna tendenser och strömningar inom de olika forskningsdisciplinerna. Detta förmörkar dock endast obetydligt en intressant bok som kommit i en tid där dess frågor beklagligt nog diskuteras alltför sällan.

*Thomas Kaiserfeld*



Hilding Brosenius, *Uppfinnarminnen*. Byggeforskningsrådet, Stockholm 1990. 143 sidor.

Kriget är många uppfinningars fader. Detta lär oss teknikhistorien, från äldsta tider fram till nu. Krig eller krigshot kan snabbt tvinga fram nya radikala lösningar på tekniska problem. Omskrivna exempel från andra världskriget är Libertyfartygen, jetflyget, radarn och atombomben, men också nylonet, penicillinet och datorerna.

När Hilding Brosenius börjar sin berättelse hade finska vinterkriget pågått i en dryg månad. Den svenska frivilligkårens flygavdelning stod i norra Finland och vinterkylan var sträng, ner emot minus 40 grader. Flygplanen var svåra att starta, man måste försöka skaffa fram hangarer så fort som möjligt. Stabschefen vid flygavdelningen kom att tänka på sin studentkamrat Hilding Brosenius, som blev civilingenjör och byggnadstekniker. Han hade sedan några år arbetat med trähuskonstruktioner och han hade utvecklat ett nytt sätt att bygga stora balksystem.

Så kom det sig att konstruktionschefen vid HSB sedan fyra år, civilingenjören Hilding Brosenius, plötsligt fick ett uppdrag från militärt håll. Det gällde att snabbt projektera tre flyghangarer med 15 meters spännvidd och 10 meters takhöjd. Den händelsen kom att på ett avgörande sätt påverka hans liv. Om det berättar han i sina *Uppfinnarminnen*.

Brosenius hade utvecklat ett balksystem som kunde tillverkas på byggnadsplatsen. Både balkliv och flänsar kunde byggas av entums bräder som spikades på ett noga bestämt sätt, så att ingen styvhet eller hållfasthet gick förlorad. Balkarna kunde sedan sammanfogas till ramstommar avsedda att bilda delar i treledsbågar. Ett problem var här att få ramens hörn lika starka som de raka delarna. Lösningen blev "HB-balkshörnet", där HB står för konstruktörens initialer. Det var helt enkelt fråga om att förstärka hörnet med rätt placerade och dimensionerade flänsar, också de av entums bräder.

Finlandshangarerna projekterades på en vecka och delarna byggdes sedan på en vecka för att direkt transporteras till Finland med tåg via Haparanda. Brosenius själv fick kommandering som hangarbyggare för resten av kriget. Vid krigsslutet stod tre fjärdedelar av flygvapnets maskiner i HB-hangarer. Ett par hundra fältbroar hade också byggts av HB-balkar.

Fördelen med HB-systemet var att mycket stora spännvidder kunde överbyggas med balkar byggda av entums bräder, som finns tillgängliga snart sagt överallt. Men det krävdes yrkesmän för att spika dem på rätt sätt, och därför har de senare kommit att ersättas av industriellt byggda element. Under en lång följd av år var dock HB-balkar en vanlig syn där det byggdes stora hallar. Redan 1940 projekterades och byggdes hangarer för bombplan vid F11 i Nyköping, med totalt 110 meter långa huvudbalkar.

Andra konstruktioner som utnyttjade HB-balkar var traverskranar och stora träbåtar såsom trålare och lastpråmar. Efter kriget letade sig HB-systemet också utomlands framför allt till USA, där träbyggandet alltid varit omfattande. Brosenius skildrar bl.a. sina och hustruns resor med Svenska Amerikalinjens Kungsholm och Gripsholm, berättelser från en tid längesedan, när ingen hade bråttom.

Från HSB kom HB till KTH som professor i byggnadsteknik 1958 fram till sin pensionering 1971. Som en av vårt lands främsta träkonstruktörer har han mycket intressant att berätta om stora industribyggnader, sporthallar och andra tillämpningar av HB-systemet. Tyvärr får man, bortsett från USA- och Canadaresorna, inte veta mycket om livet utanför ritkontoret och byggnadsplatserna.

Samtidigt med *Uppfinnarminnen* har Byggforskningsrådet gett ut en utförlig handbok (R35:1990) om projektering, beräkning, provning och tillverkning av HB-balkar.

HB-systemet var resultatet av en begåvad teknikers arbete med ett praktiskt problem: hur skulle man placera förstövningar och var skulle man spika för att uppnå bästa möjliga effekt? Systemet utvecklades i en tid helt utan de datorer, som i dag är varje ingenjörns viktigaste hjälpmedel. När Brosenius kom tillbaka till sin gamla högskola som professor hade alla hans elever lärt sig hantera det nya hjälpmedlet. Hur klarade han detta själv? Behövde han kanske inte sätta sig in i det nya språket på högskolan? Det hade varit intressant att få läsa om denna kulturkrock. Att högskolan uppskattade hans insatser framgår av att han 1985 tilldelades dess högsta utmärkelse doktorsgraden.

*Jan Hult*

## ICOHTEC

The Secretary General/Treasurer of ICOHTEC, Professor R.A. Buchanan reports from the meeting of the Executive Committee held in Vienna on 6 September 1991 during the 19th International Symposium of ICOHTEC:

### Future symposia

1992: A proposal to hold an ICOHTEC symposium as part of the SHOT Conference at Uppsala, Sweden, in August 1992, was submitted from Professor Jan Hult. It was discussed and approved. The subject will be *The Steam Engine as a Greek Temple - Art and Technology throughout History*. It was agreed to offer financial support up to USD 1,000 if required.

1993: ICOHTEC will hold a symposium as part of the International Congress for Science, Technology and Medicine, meeting in Zaragoza. A theme has yet to be decided, but amongst those suggested were: *Theory and Narrative in the History of Technology and Controversies in the History of Technology*.

For the years 1994 through 1996 preliminary proposals were made as follows and also agreed upon in principle:

- 1994: Bath, England
- 1995: The Netherlands
- 1996: Hungary

### Proposals for a "Euroshot"

The Secretary General proposed that ICOHTEC should respond positively to suggestions made at SHOT and at Eindhoven in 1990 by reforming itself in order to meet the need of European historians of technology to meet regularly and conveniently. He suggested that this could be done by modifying the Constitution in order to give greater weight to individual membership (rather than that of national groups); to make the main offices and membership of the Executive Committee open to direct election by individual members; and to appoint a "Programme Panel" of the Executive Committee to work with local organizing committees in choosing themes for symposia and selecting papers for presentation. These proposals were accepted in principle, and it was agreed that the Secretary General, in consultation with the other officers, should prepare some specific constitutional amendments for discussion at Uppsala. It was recognized that the next opportunity for implementing any such changes would be at the General Assembly in Zaragoza in 1993.

The address of Professor Buchanan is Centre for the History of Technology, University of Bath, BATH BA2 7AY, U.K.

### Nyutkommen litteratur

Blomfeldt, Jan-Olof (text) & Hammarskiöld, Hans (foto), **Scania kavalkad: järnvägsvagnar, personbilar, bussar, lastbilar 1891-1991**. Saab-Scania, Södertälje 1990. 144 sidor.

Bond-Fahlberg, Margareta, **Kungl. Tekniska Högskolans bibliotek, Avd. för teknik- och vetenskapshistoria, Katalog över böcker och tidskrifter i avdelningens forskarbibliotek**. KTH Bibliotek, Stockholm 1991. 442 sidor.

Edquist, Charles, **Utvärdering av statligt stöd till verkstadsindustriell teknik**. Tema T Rapport, Linköping 1991.

Ingelstam, Lars, m.fl., **Informationssamhället och teorin för stora tekniska system. En förstudie rörande telesystemets dynamik**. Tema T Rapport, Linköping 1991.

Jonsson, Åse (red), **Göteborgaren på jobbet**. Göteborgs Industrimuseum 1990. 183 sidor.

Nilsson, Staffan (red), **Indianer, galoscher och rymdraketer: den märkliga historien om ett oundgängligt konstruktionsmaterial**. Sveriges Gummiindustrieförening, Stockholm 1990. 77 sidor.

Olsson, Lars, **Utbildning av skeppsbyggnadsingenjörer i Sverige ca. 1500-1970**. Chalmers Centrum för teknikhistoria, Rapport 1991-1. 64 sidor.

Runfors, Ann, **Här gör vi generatorer: arbete, tradition och förändring på ABB Generation**. Västmanlands läns museum, Västerås 1990. 119 sidor.

Rydén, Göran, **Hammarlag och hushåll. Om relationen mellan smidesarbetet och smedshushållen vid Tore Petrés brukskomplex 1830-1850**. Jernkontorets bergshistoriska skriftserie 27, Stockholm 1991. 340 sidor.

Channell, David F., **The History of Engineering Science: An Annotated Bibliography**. Garland Publishing, London 1989. 311 pages.

Cummins, Lyle, **Internal Fire**, revised edition. SAE International, Warrendale, PA, USA 1989. 357 pages

Ekelöf, Stig, **Catalogue of Books and Papers in Electricity and Magnetism Belonging to the Institute for the History of Electricity**. Chalmers University of Technology, Göteborg 1991. 638 pages.

Escudié, Bernard & Combe, Jean-Marc, **Vapeurs sur le Rhône**. Presses Universitaires de Lyon 1991. 448 pages.

Gott, Philip G., **Changing Gears: The Development of the Automotive Transmission**. SAE International, Warrendale, PA, USA. 456 pages.

Herring, Susan D., **From the Titanic to the Challenger. An Annotated Bibliography on Technological Failures of the Twentieth Century**. Garland Publishing, London 1989. 459 pages.

Jennings, Jan (ed), **Roadside America: The Automobile in Design and Culture**. Iowa State University Press, Ames 1990. 220 pages.

Jennings, Trevor S., **The Development of British Bellfittings**. T.S. Jennings, The Willows, 54 Bramcote Road, Loughborough LE11 2SA, UK. 180 pages.

Myllyntaus, Timo, **Electrifying Finland. The Transfer of a New Technology Into a Late Industrializing Country**. Macmillan, London 1991. 407 pages.

Orland, Barbara, **Wäsche waschen: Technik- und Sozialgeschichte der häuslichen Wäschepflege**. Deutsches Museum, München 1991. 327 pages.

Schmitt, Gunter, **Hugo Junkers and his Aircraft**. SAE International, Warrendale, PA, USA 1988. 224 pages.

## Det elhistoriska biblioteket på Chalmers tekniska högskola

har återinvigts i nya lokaler inom huvudbiblioteket. Den ytterst värdefulla boksamlingen är nu placerad i ett rum med klimatanläggning. Invigningen förrättades den 22 oktober 1991 av bibliotekets skapare Stig Ekelöf. Han var under åren 1943-1970 professor i elektricitetslära vid Chalmers (fram till 1962 även i elektrisk mätteknik). I slutet av 1940-talet började han att systematiskt förvärva betydelsefulla böcker och tidskriftsartiklar inom sina ämnesområden. I dag omfattar samlingen ca. 150 hyllmeter. Härtill kommer ett antal historiskt intressanta instrument och apparater.

En fullständig katalog har samtidigt utkommit i tryck, redigerad av Stig Ekelöf (se ovan under *Nyutkommen litteratur*). Betr. det elhistoriska biblioteket, se vidare artikel av Nancy Fjällbrant i *Iatul Quarterly*, Vol 1, No 3, pp 182-195.

## Dansk forskningskatalog

En 134-sidig katalog, *Videnskabens og teknologiens historie og filosofi*, med utförliga uppgifter om aktiviteter i Danmark, har utgivits av Institut for de Eksakte Videnskabers Historie, Aarhus Universitet, Ny Munkegade, DK-8000 Århus C. Pris DAK 20.

## Jeepen hedrad

American Society of Mechanical Engineers har vid en ceremoni den 23 juli 1991 i Toledo Jeep House, Toledo, OH, utnämnt jeepen, Model MB, till ASME International Historic Mechanical Engineering Landmark. Följande tre biltillverkare hade 1939 lämnat in förslag till en "small general-purpose vehicle" till US Army. American Bantam: the *Blitz Buggy*, Willys-Overland: the *Quad* och Ford Motor: the *Pygmy*. Alla tre fick beställningar, men det första stora kontraktet gick till Willys-Overland. Deras motor, en fyr-cylindrig 60 hp "Go Devil"-motor ansågs överlägsen de andras. Mellan 1941 och 1945 tillverkades mer än 637 000 jeepar. Jeepen blev nr 33 bland ASMES teknikhistoriska minnesmärken.

**Författare i detta häfte**

**Graham Hollister-Short, Ph.D.**

History of Science & Technology Group  
Sherfield Building, Imperial College  
London SW7 2AZ, UK

**Jan Hult, tekn.dr.**

Centrum för teknikhistoria, Biblioteket,  
Chalmers Tekniska Högskola, 412 96 GÖTEBORG

**Jan-Olov Jansson, fil.dr.**

Ekonomisk historiska institutionen,  
Stockholms universitet, 106 91 STOCKHOLM

**Thomas Kaiserfeld, fil.kand.**

Avdelningen för teknik- och vetenskapshistoria  
Kungl. Tekniska Högskolan, 100 44 STOCKHOLM

**Helge Kragh, dr.scient.**

Roskilde Universitetscenter, Postbox 260,  
DK-4000 ROSKILDE, Danmark

**Sven Rask, överingenjör**

Vikengatan 20 A, 652 28 KARLSTAD

**Sven Rydberg, fil.dr.**

Stora Ornäs 40, 781 94 BORLÄNGE







## Redaktionen

**POLHEM** publicerar uppsatser, recensioner, notiser och andra inlägg i teknikhistoriska ämnen.

Bidrag mottas på svenska, norska, danska eller engelska. I undantagsfall kan bidrag på tyska eller franska accepteras.

Maximalt omfång för uppsatser är 35 sidor. Debattartiklar mottas med intresse. Skriv kort, en à två sidor. Korta presentationer av teknikhistoriska kurser, konferenser, utställningar m.m. är också välkomna.

### Författaranvisningar

Manuskript insänds i ett exemplar. Anvisningar för utskrift med skrivmaskin eller ordbehandlare tillhandahålls av redaktionen:

POLHEM  
Centrum för teknikhistoria  
CTH Bibliotek  
412 96 GÖTEBORG

Tel: 031-72 37 84

Noter numreras löpande: 1,2,3,... Text för sig och noter för sig. Illustrationer är välkomna, dock helst ej orastrerade fotografier. Alla 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 Bibliotek, 412 96 GÖTEBORG

Svante Lindqvist, Avdelningen för teknik- och vetenskapshistoria,  
KTH Bibliotek, 100 44 STOCKHOLM

