

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

1985/4b

Årgång 3

### Teknik och samhällsutveckling

En teknikhistorisk översikt från  
äldsta tid fram till 1900-talet

av

Staffan Hansson

POLHEM

Tidskrift för teknikhistoria

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

ISSN 0281-2142

Redaktör och ansvarig utgivare

Jan Hult

Redaktionskommitté

Stig Elg

Svante Lindqvist

Wilhelm Odelberg

Sven Rydberg

Tryck

Vasastadens Bokbinderi AB, 414 59 GÖTEBORG

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

Prenumeration

85 kronor/år (4 häften)

Beställes genom inbetalning på postgirokonto nr 599 05-0.

Ange "IVA-konto 2412" på talongen.

## Innehåll

INLEDNING	Sid 1
1. PERSPEKTIV PÅ VÅR TILLVARO	3
Referenser	5
2. DEN NEOLITISKA REVOLUTIONEN	6
Referenser	9
3. FORNTIDEN OCH ANTIKEN	10
3.1. Mesopotamien - landet mellan floderna	10
3.2 Egypten	11
3.3 Kreta	14
3.4 Järnet gör sin entré	15
3.5 Förändrade religiösa föreställningar	15
3.6 Assyrien	16
3.7 Fenicierna	17
3.8 Grekerna	18
3.9 Alexandriaskolan	22
3.10 Rom	25
Referenser	31
4. MEDELTIDEN	33
4.1 Kyrkan - en gemensam och sammanhållande faktor	34
4.2 Den tunga plögen	34
4.3 Katedralerna	38
4.4 Stigbygeln	41
4.5 Metallerna	43
4.6 Textilindustrin	43
4.7 Sämre tider	45
4.8 Boktryckarkonsten	47
4.9 Religion och kapitalism	49
Referenser	49
5. EN NY TID BÖRJAR	51
5.1 Upptäcktsfärderna	51
5.2 Holland blir en nation att räkna med	53
5.3 Den moderna vetenskapens födelse	56
Referenser	59
6. DEN INDUSTRIELLA REVOLUTIONEN	61
6.1 Utvecklingen på textilindustrins område	63
6.2 Ångmaskinen	66

6.3	Utvecklingen på järn- och stålframställningens område	73
6.4	Problem inom kolhanteringen	76
6.5	Förbättrade kommunikationer	77
	Referenser	82
7.	1800- OCH 1900-TAL	84
7.1	Livsmedelstillgången förbättras	85
7.2	Bomullsrensningssmaskinen	87
7.3	Mot dagens datasamhälle	90
7.4	Det billiga stålet	92
7.5	Förutsättningar för massproduktion skapas	94
7.6	Järnvägar anläggs	96
7.7	Bilen	98
7.8	Upp i luften	100
7.9	Oljan börjar flöda	101
7.10	Elektriciteten	104
7.11	Orsakerna till Englands tillbakagång	108
7.12	Exemplet de kemiska industrierna	109
	Referenser	111
	SLUTORD	113
	KRONOLOGISK ÖVERSIKT FRÅN ANTIKEN FRAM TILL 1900-TALET'S FÖRSTA ÅR	114
	Bildkällor	121

## INLEDNING

Teknikhistoria studeras idag vid ett stort antal tekniska högskolor i Europa och Amerika. Att så sker är i hög grad naturligt eftersom tekniken är och har varit en av de viktigaste drivkrafterna i samhällsutvecklingen.

Den teknikhistoriska undervisningen visar stora lokala variationer och ämnet som sådant har för närvarande ingen klar och allmänt omfattad definition. Förenklat uttryckt innebär detta att teknikhistoria på många håll är en maskinernas, redskapens och metodernas historia och inget annat. Utvecklingen ses i detta fall främst som ett resultat av inre drivkrafter, till exempel en teknikers önskan att förbättra en maskin eller hitta en bättre lösning på ett gammalt problem. Denna typ av teknikhistoria kan betecknas som den traditionella och brukar då och då gå under beteckningen "nuts and bolts". Vetenskapshistoriskt talar man här om ett internalistiskt betraktelsesätt.

Ett annat synsätt på teknikhistorien är det som brukar betecknas som externalistiskt. I detta fall menar man att teknikens utveckling är ett resultat av yttre faktorerers verkan, d v s fenomen av ekonomisk, social, politisk och kulturell art fungerar som pådrivare. Teknikhistoriens uppgift blir i detta fall att analysera dessa yttre orsaker och vidare att studera konsekvenserna av teknikens utveckling - för samhället som helhet, men även för individer och grupper av individer. Teknikens historia måste i detta fall ses i ett större perspektiv.

Som modeller i avgränsade sammanhang har dessa båda synsätt sitt berättigande, men alltför kategoriskt drivna leder de fram till en historieskrivning som blir konstruerad. Verkligheten låter sig inte enkelt fångas i den ena eller andra modellen. De olika synsätten får snarare betraktas som naturliga komplement till varandra, komplement som ytterligare berikar teknikhistorien, oavsett vilken skola man bekänner sig till.

Föreliggande skrift ger en översiktlig beskrivning av den tekniska utvecklingen från äldsta tid fram till 1900-talet. Greppet som sådant och skriftens format tvingar självfallet fram vissa begränsningar. Tyngdpunkten är lagd på västerlandets utveckling, innehållet bygger på ett strängt personligt urval där alltid någon saknar något, beskrivningen och analysen kunde i många fall ha

drivits längre. Skriftens mål är dock inte att servera allt, varken i stort eller i ett snävt begränsat avseende, utan att initiera ett intresse för det fascinerande element i vår samhällsutveckling som vi, på olika sätt, kallar teknikhistoria. Lyckas detta kommer de på glänt öppnade dörrarna att slås upp en efter en.

Inspiration att skriva detta gav i hög grad en teknikhistorisk rundresa (i USA) som jag, tack vare insatser från Institutionen för Industriell Ekonomi och Samhällsvetenskap vid högskolan i Luleå, kunde genomföra under maj/juni 1984.

Inspiration, stöd och värdefulla kommentarer har jag också fått från C-G Nilson, professor i maskinkonstruktion vid högskolan i Luleå. Ett mångårigt och okonventionellt samarbete oss emellan har givit mig (historiker) många lärorika inblickar i teknikens värld. Värdefulla kommentarer och pekpinningar har jag också fått från mina kollegor Jan Söderström och Sven Erik Rosén. För detta är jag dem stort tack skyldig. Att detta över huvud taget kunnat gå i tryck beror till stor del på Gerd Nygårds trägna arbete med mitt manus. Ur en bråte av ord och flerfaldiga gånger omstuvad text har hon lyft fram en renskriven text som sedan tack vare insatser från den svenska teknikhistoriens två "motorer", Jan Hult och Svante Lindqvist, kunnat publiceras på detta sätt.

Gammelstad den 27 november 1984

Staffan Hansson

## 1. PERSPEKTIV PÅ VÅR TILLVARO

I mitten av 1600-talet förklarade ärkebiskopen av Armagh på Irland, James Usher, att Gud skapade jorden år 4004 f Kr. Beviset fanns i Bibeln, sade han. Dr John Lightfoot, rektor vid universitetet i Cambridge, förde ärkebiskopens teori ännu ett steg vidare. "Människan", sade han, "skapades den 23 oktober 4004 f Kr kl 9 på morgonen."

Idag, cirka 300 år senare, vet vi att tidsperspektivet är ett helt annat. Människan har bott på jorden i mer än två miljoner år, en period som inte är stort mer än ett ögonblick i jämförelse med jordklotets historia, som torde sträcka sig 5 000 miljoner år tillbaka, en ofattbar tidsrymd. Om man tänker sig att jordens ålder, från det att den skapades till våra dagar, vore ett dygn, skulle människan ha dykt upp under den allra sista minuten före tolvslaget vid dygnets slut. Under så gott som hela denna minut har antalet människor varit närmast oföränderligt. De har varit få, och deras livsvillkor och arbetsmetoder har gestaltat sig tämligen likartat från generation till generation. I denna minuts sista skälvande sekund har allt förändrats i ett slag och i en rasande takt. Årtusendens enahanda lunk har förbytts i förvissning om att morgondagen innebär förändringar, genomgripande och på gott och ont.

Den första människan (definierad som en upprättgående varelse som tillverkade redskap) dök upp för ca 2,5 miljoner år sedan i norra Kenya. De första redskap som tillverkades var enkla stenredskap, som kunde användas för att stycka kött och sönderdela växter som användes till föda. Denna nya förmåga att göra redskap var själva grundvalen för den utveckling som till slut gjorde människan till herre över alla andra arter. De första redskapen, de s k eoliter-na, är så enkla, att de ofta är svåra att skilja från naturligt formade stenar. De första människorna använde vanligen en sten till att slå loss flisor ur en annan. På så sätt fick man en vass egg att flå och stycka djur med.

Under årtusendens lopp blev de redskap man tillverkade allt effektivare. Men människan förblev beroende av stenredskap under mycket lång tid. Som komplement till stenredskapen använde man trä, ben och andra mindre hållbara material. Under denna långa period, som kallas stenåldern, har människan också lärt sig att hantera elden



(ca 500 000 år tillbaka i tiden i bl a Kina och Ungern), hon har burit kläder av skinn ihopsydda med bennålar och med tråd av djursenor, och både män och kvinnor har burit smycken. Det var halsband av hjorttänder, snäckskal, skivor av pärlemor och rygkotor av olika slags fiskar. Man snidade pärlor av mammutbetar och gjorde hängsmycken av bränd lera och andra material.

Ett revolutionerande steg i utvecklingen togs under denna periods senare del. Vad det här är frågan om är de s k grottmålningarna, främst från olika platser i sydvästra Frankrike och norra Spanien. Grottmålningarna kan grovt dateras till perioden 10 000 - 40 000 f Kr. Motiven utgörs ofta av olika slags djur och anses ha tjänat många syften, såväl religiösa som världsliga. Målningarna utfördes med enkla jordfärger, blandade med djurfett för att bli vattenfasta, och målades med pensel av djurhår, kvistar eller blad, enpinne som var tuggad i änden eller en tuss av mossa eller skinn. Med dessa målningar har människan för första gången dokumenterat sin historia i bildform.



Fig 2. Grottmålning gjord av Cro Magnon-människan

För omkring 15 000 år sedan började klimatet förändras. På norra halvklotet smälte isen gradvis undan så att isgränsen drog sig tillbaka norrut, och omkring 8 000 f Kr var en stor del av Central- och Västeuropa isfritt. Allteftersom klimatet blev mildare drog sig den nästan trädlösa tundran längs iskanten norrut, och bakom ryckte barrskogen fram, följd av lövträden.

De förändrade klimat- och vegetationsförhållandena kom i grunden att förändra livsbetingelserna för dåtidens människor. En utveckling mot allt fastare bebyggelse blev nu skönjbar i Mellanöstern och Sydeuropa.

En av de allra tidigaste kända permanenta bosättningarna låg vid Lepenski Vir i dagens Jugoslavien vid stranden av Donau. Den går tillbaka till ca 5000 f Kr och bestod av 59 hus byggda av sten eller trä. Varje hus hade en stenklädd eldstad i en grop i golvet. Andra platser där utgrävningar givit vid handen att större permanenta, och mycket tidiga, bosättningar funnits är Jeriko och Padua i norra Italien. Vid Jeriko skall en stad med ca 3000 invånare ha funnits för ca 8800 år sedan. Bebyggelsen i Padua tros ha varit ännu äldre eller ca 10 000 år.

#### Referenser

*Arkeologi*. Det internationella standardverket om utgrävningar, fynd och metoder, red A. Sherrat, Stockholm 1981

Bronowski, J., *The Ascent of Man*, London 1973

Derry, T. K. & Williams, T. I., *A Short History of Technology*, Oxford 1966

*A History of Technology*, vol 1: "From early times to fall of ancient empires", ed by Ch. Singer et al, Oxford 1954

Strandh, S., *Maskinen genom tiderna*, Stockholm 1979

Söderberg, S., *Den snillrika människan. Teknik under miljoner år*, Lund 1979

Ucko, P. J. & Rosenfeld, A., *Grottkonst*, Stockholm (Verona), 1967

## 2. DEN NEOLITISKA REVOLUTIONEN

Vi är nu framme vid den tid när en av de största och viktigaste förändringarna i mänsklighetens historia inträffade, d v s den tid när människan övergick till att bruka jorden, hålla husdjur och bli en bofast varelse. Det hela började troligen för ca 10 000 år sedan i sydvästra Asien och spreds under följande årtusenden till fler och fler områden. Detta hände i slutskedet av eller övergången mellan mesolitisk tid (mellanstenålder) och neolitisk tid (yngre stenålder). Man talar ofta om detta som den neolitiska revolutionen. Jordbruket medförde en ökad tillgång på föda, vilket ledde till en snabb ökning av folkmängden. Större bosättningar på en och samma plats började växa fram, och de första stadsstaterna uppkom. Vad som tidigare varit tillfälliga sammanstötningar mellan rivaliserande jägarföljen utvecklades nu till regelrätta krig mellan stater.

Viktiga sädeslag hos dessa tidiga jordbrukare var främst vete och korn men även grönsaker och rotfrukter förekom. Det första husdjuret var hunden, sedan kom även får, getter, nötboskap och grisar. Ursprungligen plöjdes förmodligen jorden för hand eller med hjälp av hacka. Jordbrukaren gjorde små gropar och lade säden i dessa. Efter en tid förbättrades plöjningen genom att en sorts mycket primitiv plog, i form av en böjd träbit, började användas. Skördekniven eller skäran utvecklades ursprungligen för att skära vilt gräs. I Mesopotamien gjordes den av bakad lera. I Europa hade



Fig 3. Grävkäppen, världens äldsta jordbruksredskap efter hackan

den mest primitiva formen handtag av horn, urholkade för att kunna förses med flintskärvor. Den vanligaste formen hade ett kort handtag och ett skär av flinta.

De samhällen som efterhand tog form återfanns i bördiga floddalar på olika håll i världen. Omkring 3500 f Kr hade utvecklingen gått dithän att världen såg de första formerna av fast organiserade samhällen vid Nilen, Eufrat-Tigris och Huang-Ho.

I dessa samhällen fick man uppleva att jordbruket gav ett överskott. Man fick med andra ord mer föda än vad som behövdes för dagen. Överskottet kunde hanteras på många sätt, och det möjliggjorde framväxten av andra yrkesgrupper än jordbrukarens. En kategori av hantverkare som dök upp var krukmakarna, en annan vävarna, en tredje skrivarna, en fjärde och en av de viktigaste - lantmätarna, o s v.

Krukmakarnas uppdykande hängde bl a ihop med lagringsbehov som de ökande skördarna medförde. Lädersäckar, flätade korgar, byttor av trä m m ersattes nu av lerkrukor, först förfärdigade av en sammanhängande lerrulle, senare (från o 3000) med hjälp av drejskiva. Ett annat hantverk som växte fram under den yngre stenåldern var vävkonsten. För ca 8000 år sedan spann man tråd i Främre Orienten av ull och lin. Man använde ett slags handslända, och tyget vävdes på en enkel, stående eller liggande vävstol. En avgörande förutsättning för att dessa samhällen skulle fungera och en grundläggande orsak till att de bildades rörde vattenförsörjning i olika former (färskvatten, avlopp och bevattning av fälten). Följdiriktigt genomkorsades de stora flodkulturerna av ett nätverk av kanaler, diken etc.

För att dessa omfattande byggen skulle kunna genomföras krävdes samverkan mellan många människor. Nästa steg var fast organiserade samhällen.

Fortfarande var trä och sten människans viktigaste material när redskap skulle tillverkas, men även på detta område såg perioden en början till något nytt. Händelsen inträffade för ca 8000 år sedan, och det man då lärde sig var konsten att utvinna och bearbeta metall. De första metallerna som bearbetades var koppar och guld. Till en början framställdes främst prydnadsföremål, men omkring 4000 f Kr började smeder i nuvarande Iran och i Sydösteuropa tillverka både redskap och vapen av metall. Koppar utvanns bl a i dag-

brott och i gruvor på berget Sinai från åtminstone 5000 f Kr. Rika fyndigheter bearbetades också på Cypern några årtusenden senare. *Koppar* (senlat. *cuprum*) har troligen fått sitt namn efter ön Cypern (på grekiska *Kypros*) eller av *Kipar*, ett assyriskt ord för koppar.

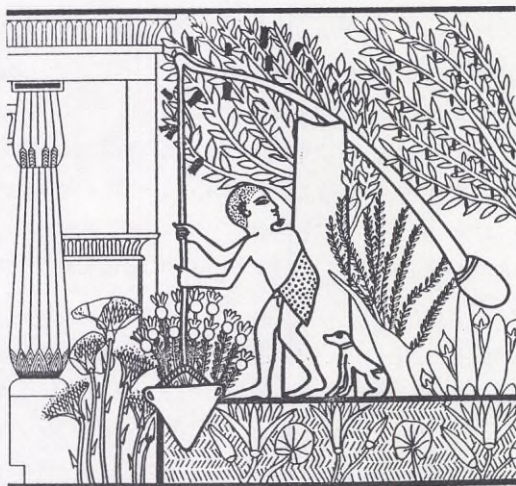


Fig 4. En egyptisk trädgård bevattnas med hjälp av en s k shaduf (o 1300 f Kr)

Koppars användbarhet begränsades av dess mjukhet. Man har emellertid funnit, att man genom kallhamring av kopparn kan höja hårdhetsgraden betydligt.

I början av 3:e årtusendet började man bearbeta kopparmalm i Oman vid Persiska viken. Omanmalmen var inte lika ren som Sinaimalmen utan innehöll bl a nickel och tenn. Man fann att dessa "föroreningar" gav en hårdhet som något översteg den kallhamrade koppars. Nästa steg var att man genom att blanda koppar med tenn framställde brons (något som sumererna lärt sig o 3000 f Kr). Den tidiga gruvdriften var naturligtvis förenad med betydande svårigheter och faror. Förutom att ras och översvämningar hotade, fanns risken för förgiftning p g a den dåliga luft som utvinningsmetoden - tillmakning - skapade. Den brutna malmen slogs sönder med grova stenhammare och fördes på slädar av trä till den plats där den krossades och smältes. Smältugnen var vanligtvis en stor lerklädd håla, packad med lager av omväxlande malm och träkol. Temperaturen drevs upp med hjälp av skinnbälgar eller blåsrör. Vid gruvarbetet

användes hackor av hjorthorn och skyfflar tillverkade av skulderbladen från nötkreatur. Arbetet skedde i ljuset från lampor i form av urholkade kritstycken som var fyllda med djurfett och hade veckor av mossor.

#### Referenser

- Arkeologi*. Det internationella standardverket om utgrävningar, fynd och metoder, red A. Sherrat, Stockholm 1981
- Bronowski, J., *The Ascent of Man*, London 1973
- Buchanan, R. A., *History and Industrial Civilisation*, London 1977
- Burstall, A. F., *A History of Mechanical Engineering*, utg av ASCE, New York 1970
- Derry, T. K. & Williams, T. I., *A Short History of Technology*, Oxford 1966
- Hallendorf, H., *Slagsten och automat*. Bilder från verktygsmaskinens utveckling, Stockholm 1967
- A History of Technology*, vol I: "From early times to fall of ancient empires", ed by Ch. Singer *et al*, Oxford 1954
- Strandh, S., *Maskinen genom tiderna*, Stockholm 1979
- Söderberg, S., *Den snillrika människan*. Teknik under miljoner år, Lund 1979

### 3. FORNTIDEN OCH ANTIKEN

#### 3.1. Mesopotamien - landet mellan floderna

En av de tidigast organiserade staterna uppstod i Främre Orienten mellan floderna Eufkrat och Tigris. Här uppfanns skrivkonsten (kilskriften) och här anlades också några av världens första städer. Här tillverkades vidare de första bronsredskapen (köttyxa, mejsel, svärd, dolk, fil etc) och så vitt man vet användes här vagnar med hjul tidigare än på något annat håll i världen. Hjulen på dessa vagnar (de äldsta avbildade vagnshjulen härrör från o 3500 f Kr) var av massivt trä och gjorda i tre delar, som hölls samman med hjälp av lister och läderremmar.



Fig 5. Fyrhjuliga stridsvagnar dragna av åsnor

Det sumeriska folket (namnet på den dominerande befolkningsgruppen i tvåflodslandet) kom aldrig att bilda någon stark, sammansvetsad statsbildning, som likt Egypten styrdes av en kung och hans ämbetsmän. Under lång tid var området uppdelat i en rad stadsstater, ibland allierade, ibland kämpande mot varandra. Under ett sådant krig togs krigsfångar, och med detta uppstod för första gången i historien en klass av slavar.

Av källor att döma har här funnits flera stora städer under tiden 4000-3000 f Kr. Byggnadsmaterialet i bostäderna var ett tegel tillverkat av torkad och stampad jord och förstärkt med bultade riskvistar eller vass. Teglet kunde också armeras med torkad dynga innehållande fibrer eller halm. Väggarna tätades med jordbeck, och murbruket var en lösare lerblandning eller jordbeck.

### 3.2. Egypten

De första egyptierna var kringströvande jägare och herdar. Ca 5000 år f Kr började de lämna de gamla områdena och bosätta sig i Nildalen. Dessa människor lärde sig att Nilen mestadels steg och sjönk regelbundet en gång om året. Det hände dock att den steg över sina bräddar eller inte steg högt nog, och då lurade katastrofen. Jordbrukarna lärde sig därför att gå samman och bygga fördämningar. Man kastade upp lervallar för att vattnet skulle fångas in i bassänger. Från bassängerna grävdes sedan diken till fälten, och på så sätt bevattnades dessa. All denna verksamhet som kanalbyggen, bassänganläggningar, utmätning av fält m m befrämjade framväxten av en avancerad lantmäterikonst och därmed även matematik.

Det visade sig också att egyptierna på ett mycket tidigt stadium kunde räkna med bråk och kvadratrötter samt beräkna såväl cirkelns yta som cylinderns volym. De personer som hade dessa kunskaper och ledde den praktiska verksamheten, t ex lantmätarna, var personer som åtnjöt mycket hög status i samhället.

En annan följd av egyptiernas utveckling mot ett allt mer sofistikerat och komplicerat samhälle var behovet av ett skriftspråk, med vars hjälp man kunde identifiera ägare och mängd i samband med spannmålslagring, göra noteringar om skatteuppbörd och liknande. Det skriftspråk som växte fram i Egypten var en bildskrift, de s k hieroglyferna, som förutom mycket annat gav upphov till en ny högt ansedd yrkeskår - skrivarna.

Egyptierna fann ett nytt material som lämpade sig vida bättre för skriftliga nedteckningar än de lertavlor som användes i Mesopotamien, nämligen papyrus. Märgen i papyrusstänglarna skars i remsor,

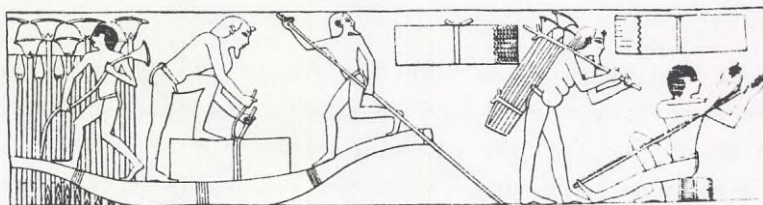


Fig 6. Papyrus insamlas och bereds till skrivmaterial (o 1500 f Kr)



som lades sida vid sida och hamrades ut till jämna ark, som skrivarna skrev på med tusch, som bestod av vatten blandat med kåda och sot eller växtfärger. Ordet papper kommer för övrigt av papyrus. Även pergament förekom som skrivmaterial, men ett dyrbart sådant.

För eftervärlden har forntidens Egypten blivit synonymt med pyramiderna. Pyramiderna var byggnadsverk av en helt annan storleksordning än något som byggts tidigare. Även byggnadsmaterialet var ett annat. Pyramiderna är byggda i sten, medan andra egyptiska hus och palats huvudsakligen byggdes i terre pisé - halmutblandad lera som bränts till tegelsten.

Det första av dessa monumentalbyggen var kung Zosers trappstegspyramid i Sakkara. Arkitekt för detta världens äldsta stenmonument (påbörjat o 2780 f Kr) var kung Zosers berömde byggmästare Imhotep. Enligt legenden byggdes trappstegspyramiden därför att Zosers makttillträde råkade infalla under synnerligen olyckliga omständigheter. När farao Zoser tillträdde blev det nämligen hungersnöd i hela Nildalen, genom att flodens annars så regelbundna översvämningar helt uteblev flera år i följd. Inför detta olycksbådande omen rådgjorde Zoser med sin rådgivare Imhotep, och man kom fram till förklaringen att Nilkatarakternas gudom, Khnuma, hade blivit vredgad på den nye faraon och nu som straff höll tillbaka översvämningarna. Imhotep rådde farao Zoser att bygga ett tempel åt Khnuma av tidigare aldrig skådade dimensioner, något som alltså skedde, och enligt legenden kom översvämningarna tillbaka.

Knappt hundra år senare började man bygga de riktiga pyramiderna, där gravkammaren inte längre placerades under jorden utan mitt i monumentet. Den största och mest kända pyramiden är kung Cheops' pyramid. Den har en kvadratisk bas med sidan 230 meter, spetsen reser sig 137 meter över marken (ursprungligen 146 meter), och pyramiden består av nära 2,3 miljoner ton stenblock om vardera ca 2,5 tons vikt.

Man har inte med säkerhet kunnat fastställa vad pyramidformen egentligen symboliserade. En teori är att trappstegspyramiden var bilden av en väldig trappa, på vilken kungen gick upp mot solen. De lutande sidorna på senare pyramider skulle leda tanken till de solstrålar som förde kungen till himlen, ty i det gamla Egypten

hade kungen gudomliga egenskaper som höjde honom högt över vanliga människor. Frågan om hur och med vilka verktyg pyramiderna byggts har aldrig upphört att fascinera folk. Flera forskare påpekar, att de arkeologiska utgrävningar som företagits lämnar mycket sparsamma upplysningar om detta. Vad man vet är, att stenverktyg som yxor, mejslar och sågar har använts, men detta är bara en del av lösningen. Man har också varit inne på att verktyg av koppar eller kopparlegeringar, försedda med diamanthflisor, som gjutits eller smitts in i metallen, kommit till användning. På olika slag av stenföremål, främst för byggnadsändamål, och i stenbrott har man funnit tydliga märken, som tyder på att de använda verktygen kunnat prestera avsevärd inträngning i materialet. Transporten av byggnadsmaterialet, som togs från stenbrott bl a vid Assuan (ca 100 mils transportsträcka), var en annan enastående prestation, fullgjord i ett samhälle som ej kände till hjulet. I allt är detta fråga om mycket imponerande byggnadsverk, som för sitt genomförande ställt stora krav på samtliga inblandade, inte minst var beträffar organisationsförmåga.

Att delta i byggandet av pyramiderna var en djupt meningsfull handling, eftersom hela landet tillhörde gudarna, främst Horus, och den levande faraos ansågs vara Horus' ställföreträdare på jorden. Faraos uppgift var att bevara hela den världsordning som hade inrättats i skapelseögonblicket och som omfattade inte bara Egyptens politiska och sociala struktur utan också naturlagarna, stjärnornas rörelser, årstidernas växlingar och de årliga variationerna i Nilens vattenstånd. Genom hela Egyptens historia var kungen allenarådande inom statsförvaltningens alla områden. Åt denne faraos, odödlig och balsamerad för att kunna verka i evigheten, skulle en boning byggas, som skulle stå i evärdeliga tider.

Århundradena som följde de stora pyramidbyggena o 2500 f Kr fram till Mellersta riket (ca 2000 - ca 1800) bjöd på svåra inre motsättningar och inbördeskrig med en försvagad centralregering som följde. En av de grupper som blandade sig i dessa stridigheter var hyksos, invandrare från Syrien och Palestina. År 1560 f Kr fördrevs dessa hyksos från Egypten i samband med att Nya riket grundlades.

Kontakten med hyksos hade emellertid varit mycket viktig för egyptierna eftersom den gav den egyptiska hären nya vapen. Dit hörde den sammansatta bågen, vilken tillverkades av horn och senor. Med denna båge kunde man skjuta pilen betydligt längre än med den van-

liga bågen. Andra nya vapen var kroksabeln och den hästanspända lätta stridsvagnen. Hästen kom till Egypten med hyksos någon gång före 1700 f Kr. Egyptiska krigare som tidigare hade varit lätt klädda och slagits med lans och klubba blev nu utrustade med hjälm och brynja. Egyptens verkliga stormaktstid (Nya riket) började nu, och den vilade i hög grad på militär makt, inte minst tack vare den hästdragna vagnen.

Även under Nya rikets tid uppfördes flera mycket stora byggnadsverk. Ett var det väldiga Amontemplet i Karnak på Nilens östra strand nära Tebe. Templet, som utgörs av ett enda rum på cirka 110 x 63 m, täcker en lika stor yta som Notre Dame i Paris. Detta gigantiska tempel var dock inte ett gravtempel, eftersom Nya rikets kungar inte längre begravdes i monumentalbyggnader av typ pyramider. Deras gravar sänktes i stället djupt ner i klippan i den dal som kallas Konungarnas dal, där man hoppades de skulle vara skyddade mot plundrare.

Om de rika egyptiernas liv under denna tid vet vi, att de levde tämligen behagligt i bekväma villor av saltorkat, vitkalkat tegel, och med en eller två våningar. Fönsterluckor eller jalousier stängde ute solen, och det stora inre rummet fick ljus genom en rad takfönster. Väggarna var ofta målade med mönster i klara färger. Möblerna var enkla men väl formgivna. Taburetter och schäslonger hade kuddar stoppade med gåsdun, och stolarna bestod av ett flätverk på en träram. För att få svalka om nätterna sov man inte på kuddar utan vilade huvudet på ett nackstöd, tillverkat efter vars och ens mått.

### 3.3. Kreta

Vid samma tid som det Nya riket tog form i Egypten (o 1500 f Kr) närmade sig en högkultur på ett annat håll sitt slut. Det var den minoiska kulturen på Kreta. Kretas guldålder varade i nästan 600 år, från ca 1950 till ca 1400 f Kr, och under denna tid kom kretensarna att nå mycket långt inom byggnadskonsten. Byggnaderna hade bl a välutvecklade rörsystem för vatten och avlopp - troligen hade man såväl stengodsror som koppar- och bronsror. Att detta var viktigt förstår man, när man hör att huvudstaden Knossos beräknas ha haft ca 100 000 invånare under sin storhetstid.

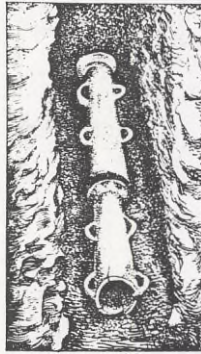


Fig 7. Vattenledningsrör i lergods från Knossos på Kreta

### 3.4. Järnet gör sin entré

Som tidigare nämnts var koppar och guld de första metaller som kom att nyttjas. Omkring 2500 f Kr var koppar i bruk i ett område som sträckte sig från våra dagars Portugal och Danmark i väster till Pakistan i öster. I den orientaliska delen av detta område hade man också börjat använda brons.

Tusen år senare (o 1500 f Kr) hade smederna i Europa nästan helt gått över till brons, samtidigt som en ny revolutionerande metall, järn, togs i bruk av hettiterna i Mindre Asien. När hettiterriket försvagades och upplöstes, spred sig kännedomen snabbt, och omkring 1200 f Kr var flera områden, bl a Grekland, på väg in i järnåldern. Den tidiga järnålderns viktigaste produkt var svärdet, och därefter följde hackor och yxor.

### 3.5. Förändrade religiösa föreställningar

Under loppet av de 1000 år som följde Nya rikets grundande i Egypten (o 1500 f Kr) inträffade en rad viktiga förändringar på olika områden som följde av förbättrade smidesmetoder m m.

En viktig följd var att förbättrade jordbruksmetoder ledde till en snabb befolkningsökning. Rivalitet mellan stadsstaterna i Mellanöstern ledde till att man organiserade arméer, och upptäckten av metallerna bidrog till att påskynda utvecklingen av nya och effektivare vapen. Då och då måste stadsstaterna försvara sig, inte bara mot mäktiga grannar utan även mot angrepp från barbarer. I många av samhällena i Medelhavsländerna byggdes nu starka fästningar. Tiderna var oroliga, och bl a det Nya riket hotades i sina

grundvalar. Omkring 1085 f Kr var dess guldålder förbi, och så småningom, på 500-talet, erövrades Egypten av perserna.

De ändrade samhällsförhållandena förefaller också ha lett till att de religiösa trosföreställningarna förändrades. Före år 1000 f Kr (mycket ungefärligt uttryckt) hade människorna genomgående dyrkat naturens osynliga krafter, symboliserade av hjorten, tjuren, solen o s v. Omkring år 1000 ägde en djupgående förändring rum på många håll. Gudarna började i flera fall anta mänsklig skepnad.



Fig 8. Faraon Echnaton (o 1370 f Kr) tillber solguden Aton tillsammans med sin hustru

Dessa nya föreställningar om gudar med mänskliga egenskaper tros ha uppkommit som en följd av att människorna blev mer och mer övertygade om att deras öde kunde bestämmas av och påverkas av människor i lika hög grad som av naturkrafterna.

### 3.6. Assyrien

Samtidigt som det Nya riket passerat sin höjdpunkt, växte sig ett annat rike i Mellersta Östern allt starkare, nämligen Assyrien. Assyrierna gjorde sig framförallt kända som ett folk nästan oövervinnligt i krig, ett militärfolk, som vann sina framgångar tack vare sträng organisation och en oerhörd effektivitet. De hade en mindre, stående armé med specialiserade truppslag (vagnskämpar, rytteri, tungt och lätt infanteri, ingenjörstrupper som slog broar, byggde vägar och framförde murbräckor rullande på hjul och skyddade av stormtak). Kärnan i hären utgjordes av bågskyttarna. De sköt i skydd av flätade sköldar och var även utrustade med dolkar och svärd av järn.

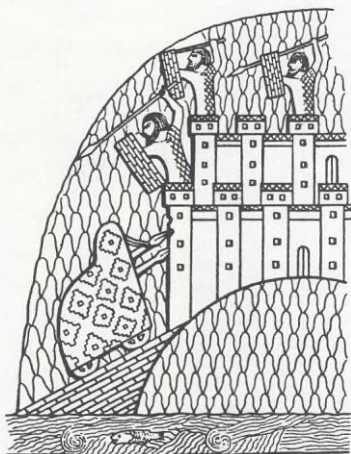


Fig 9. Assyrisk murbräcka på hjul (o 700 f Kr)

Som tidigare nämnts var det nödvändigt att tidigt via kanaler förses städerna med vatten. På detta område gjordes en förnämlig anläggning i 700-talets Assyrien. Kung Sanherib lät anlägga en vattenledning till huvudstaden Ninive som i huvudsak bestod av en stenklädd kanal, totalt 180 km lång och bitvis 20 m bred. Lutningen var hela vägen  $1/80$ . Stenblocken, som mätte 50 x 50 x 65 cm, släpades från ett brott vid kanalens ena ände. Rännan användes som släpbana undan för undan som den byggdes. Två miljoner ton stenblock gick åt, och isoleringen utgjordes av jordbeck. Enligt uppgift slutfördes bygget på aderton månader. Uppgiften förefaller nästan otrolig med tanke på att den, enligt beräkningar, innebär att man skulle ha transporterat ca 9000 block per dag och ha avancerat ungefär 10 km per månad.

### 3.7. Fenicierna

I trakterna av dagens Libanon fanns före Kristi födelse ett folkslag som kallades fenicier. Fenicierna har blivit kända som antikens främsta sjöfarare och upptäcktsresenärer. De byggde sina skepp av timmer från de skogar som en gång täckte sluttningarna ner mot Medelhavskusten. En av de främsta bedrifter som tillskrivs fenicierna var den, av Herodotos omnämnda, första kända resan runt hela Afrikas kust. Resan skall ha ägt rum o 600 f Kr och tog tre år. Vid hemkomsten kunde de rapportera, att Afrika var omgivet av hav på alla sidor, bortsett från det smala näs som förband Afrika med Asien. Fenicierna använde roddarskepp (som även kunde seglas) av två huvudtyper på sina långfärder: biremer, med två rader av

årar på varje sida, och de stora, mer djupgående triremerna, som hade tre däck med roddare. Fenicierna, som hade goda kunskaper i astronomi, använde stjärnorna vid navigeringen och ansågs som samtidens bästa navigatörer.

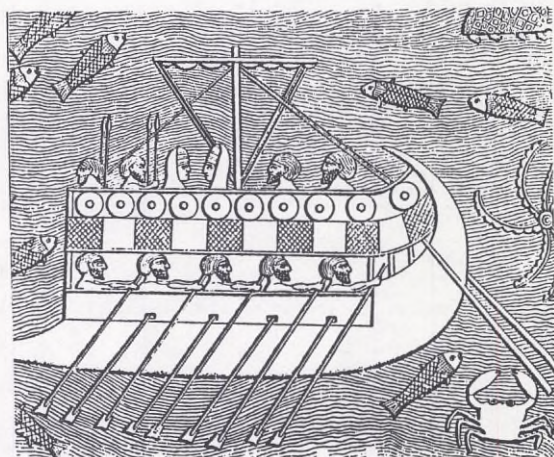


Fig 10. Feniciskt krigsfartyg från ca 700 f Kr

En av många viktiga handelsvaror som fenicierna hanterade var papyrus. I denna handel spelade hamnstaden Byblos strax norr om dagens Beirut en viktig roll. Ett tecken på Byblos' roll i papyrus-handeln är för övrigt att grekerna skapade ordet *biblia* som beteckning på de böcker de tillverkade av papyrusen. Av detta grekiskans *biblia* kommer för övrigt ordet *bibel*. Det var också i Byblos som man första gången använde alfabetisk skrift. Ordet *alfabet* kommer av namnen på feniciernas två första bokstäver - *alef* som betyder ox, och *beth* som betyder hus. De övertogs sedermera av grekerna som *alfa* och *beta*.

Feniciernas historia som självständigt folk slutade med Alexander den Stores erövring år 332 f Kr.

### 3.8. Grekerna

Grekerna kan i många avseenden sägas ha lagt grunden till den europeiska civilisationen. Vad de åstadkom inom bildkonst och arkitektur, vetenskap och filosofi kom på ett avgörande sätt att forma hela den västerländska världens kultur.

"Intet till övermått", en inskription som kunde läsas i deras stora tempel i Delfi - dvs strävan efter jämvikt och harmoni, är klassiska ideal vi gärna förknippar med antikens Grekland och som på olika sätt kom till uttryck inom arkitektur och bildkonst. Även grekernas då unika uppfattning om och betoning av individens betydelse träder fram klart i dessa sammanhang. Med detta börjar den dittills vanliga människosynen om människan som härskarens personliga egendom att brytas. Att dessa människor också först skänkte världen begreppet demokrati är således knappast förvånande. Däremot kan man kanske förundra sig över att de höll slavar och dessutom hade en ytterst nedlåtande uppfattning om praktiska yrken.

I teknologiskt hänseende byggde grekerna vidare på det arv som äldre kulturer lämnade, inte i allt emellertid. Det förefaller faktiskt som om en del "gammalt" kunnande temporärt gick förlorat under deras tid. Det gäller bl a konsten att slå valv. I den mån grekerna ersatte äldre tids teknik med egna lösningar var dessa som regel mindre lyckade, och på det stora hela bidrog de nästan inte alls till tekniskt framåtskridande. Detta kan tyckas märkligt, eftersom antikens Grekland var ett utpräglat handelssamhälle, i vilket en med den tidens mått mätt omfattande industrialisering ägde rum (*industri* kommer av latinets *industria* som betyder flit, driftighet). Denna utveckling var nödvändig för att man skulle producera metaller, tyger, keramik, oljor och viner, dvs exportvaror som skulle betala importen av livsmedel. Industrierna var naturligtvis inte industrier i vår bemärkelse utan större eller mindre verkstäder, där hantverkare framställde de olika produkterna. Arbetare vid dessa grekiska industrier var slavar. Bara i Athen var omkring en tredjedel av befolkningen slavar, en mycket stor folkgrupp med andra ord. Här har vi också en viktig förklaring till att antikens Grekland inte blivit känt för tekniska framsteg. Riklig tillgång på slavar, och därmed billig arbetskraft, gjorde inte satsningen på teknisk utveckling särskilt viktig. Till detta hörde också, att man såg ned på allt vad manuellt arbete hette. "Den goda människan...och den goda medborgaren bör under inga förhållanden lära sig det lägre folkets hantverk ens för sitt eget tillfälliga bruk; om de vanemässigt utövar dessa kommer det inte längre att finnas någon skillnad mellan herre och slav" (Aristoteles). Även i ett uttalande som hävdas komma från Sokrates är tongångarna desamma: "Det som kallas mekaniska verksamheter, är



socialt mindervärdigt och föraktas med rätta i våra städer...". Resultatet av detta grekernas förakt för manuell arbete blev att de tekniska framstegen blev ytterst sparsamma. Deras syn på manuellt arbete blev som bekant långlivad.

Ett område som trots allt ägnades tämligen stort intresse var järnframställningen, och järnet kom också att spela en allt större roll ju längre tiden led. Från o 500 f Kr kom Spanien att bli tidens järncentrum. Här utvecklade smeder de s k katalanska ugnarna, i vilka två par bälgar användes växelvis för att vidmakthålla en jämn bläster.

I antikens Grekland satte metalltillverkningen spår främst på krigsteknikens område. Försvarsvapen och den grekiska hoplithärens (infanteri) sköldar och hjälmar var gjorda av brons, men huvudvapen var ett ca 2,7 m långt spjut med järn i spetsen och ett kort järnsvärd. Allt järn i antiken var smidesjärn. Man grävde gropar som kläddes med sten och fyllde dem med järnmalm och ved eller träkol. När bränslet hade brunnit ut, fann man glödande klumpar av starkt förorenat järn, som sedan hamrades ut. Snart lärde man sig att använda blåsbälgar för att få högre temperatur i dessa gropar, och nästa steg innebar att man började bygga permanenta ugnar av eldfast tegel.

Stål kunde man framställa genom att upphetta järnklumparna tillsammans med träkol eller "koka" smidesjärn och träkol dagar i sträck, tills järnet hade reducerats med syre och fått lagom kolhalt, så att det kunde smidas ut till vapen.

Ett känt exempel på gruvdrift härrör från denna period, dock inte en järngruva utan silvergruvan Laurion på Attiska halvön. Fyndigheten bearbetades av athenarna o 600 f Kr, men lär ha bearbetats mycket tidigare av mykenarna. Av de ca 2000 schakt som togs upp var det djupaste ca 120 m. Ned i underjorden tog sig gruvarbetarna (gruvor bearbetades alltid av fångar) på en serie av stegar eller skårade trädstammar. Malmen hissades upp i lädersäckar med hjälp av rep och talja. Ett stort problem för arbetarna rörde ventilationen. Vid denna tid försökte man lösa problemet genom att anlägga parallella gångar, skaka med lakan samt elda då och då.

Som nämnts använde grekerna järnet i militära sammanhang, däremot inte i jordbruket. Plogen, som ursprungligen varit helt i trä, hade utrustats med en järnbill för första gången i slutet av 2:a

årtusendet f Kr (fynd av sådana plogar har gjorts i Palestina). Ifrån antikens Grekland finns dock inte några spår av järnplogar utan enbart en lätt träplog.



Fig 11. Rekonstruktion av koppargruva i Tyrolen

Ett område som grekerna visade högt driven teknik på var, inte oväntat, teatern. De teatrar som byggdes på olika håll i antikens Grekland kan närmast betraktas som akustiska underverk. Den nu bäst bevarade av dessa teatrar finns i Epidauros. Den byggdes på 300-talet och har 14 000 åskådarplatser, fördelade på 55 bänkrader. Från den översta bänkraden kan man utan vidare höra viskningar på scenen. Att alla såg och hörde allt på dessa teatrar berodde på deras halvcirkelform och anordningen av bänkarna som en halv tratt med scenen i den spetsiga änden.



Fig 12. Exempel på hur en grekisk väg kunde se ut

På transportsidan hade grekerna sina handelsfartyg. Dessa var som regel enmastade segelfartyg, medan deras krigsskepp roddes (åran och konsten att ro uppfanns av egyptierna under tredje årtusendet

f Kr). Roddfartygen hade vanligtvis två rader av roddare, men det fanns fartyg som hade upp till fem rader. Transporterna till lands skedde i huvudsak på människoryggen, eftersom vägarna enbart utgjordes av hjulspår, ofta leriga och mycket svårframkomliga.

### 3.9. Alexandriaskolan

Ett intressant vetenskapligt centrum växte upp i Alexandria (i dagens Egypten) någon gång omkring 250 f Kr. Centrum för den vetenskapliga verksamheten kom det gigantiska biblioteket att bli. Redan under bibliotekets fyrtio första år samlades hela 400 000 handskrifter här. Tyvärr brann biblioteket år 47 f Kr, och med detta gick stora mängder av kunskap om antikens värld förlorade.

I raden av intressanta gestalter som verkade i Alexandria har särskilt tre vunnit stor ryktbarhet. Det är Archimedes (287-212), Ktesibios (o 200 f Kr) och Heron (o 50 f Kr).

Archimedes har blivit mest berömd för vad som kallas Archimedes' princip, enligt vilken en kropp som nedsänks i en vätska förlorar lika mycket i vikt som den undanträngda vätskemängden väger. I samtiden var Archimedes mest känd som uppfinnare av olika typer av mekaniska anordningar. En av dessa har blivit känd som Archimedes' skruv, ett vattenuppfodringsverk som bl a kom till användning i gruvor i antikens Rom och med vars hjälp vatten kunde lyftas från en nivå till en annan. Skruven har för övrigt stor användning än idag på många håll i världen. Romarna använde sig även av skophjul, drivna av en trampkvarn för att tömma gruvor på vatten. Genom att koppla samman åtta par kvarnskophjul skall man ha lyckats lyfta upp vatten från ca 30 meters djup i en spansk koppargruva.

Bland andra bedrifter som Archimedes' namn förknippas med kan nämnas krigsmaskiner av olika slag, t ex en enorm kastmaskin med hävstänger och block som konstruktionselement. Det påstås att denna maskin skall ha slungat jättelika stenblock på 250 kg mot fientliga fartyg. Förutom kastmaskinen tillskrivs Archimedes en rad andra mer eller mindre fantastiska maskiner, som nog mer får tas som ett utslag av den mytbildning som ofta frodas kring genier av hans typ. Ett exempel på detta senare är det som av någon betecknats som den "kusligaste krigsmaskinen", en maskin som skulle ha varit avsedd som den sista försvarslinjen i den inre hamnbassängen i Syrakusas (Archimedes' hemstad) hamn. Den är beskriven som en

stor gripklo, dold under vattnet. Om ett fientligt skepp skulle lyckas ta sig dit, skulle det lyftas upp i luften för att sedan skakas ur med man och allt.

Som den förste store teknikern i Alexandriaskolan brukar Ktesibios betecknas. Det berättas att Ktesibios gjorde sin första tekniska konstruktion i faderns frisersalong. Det skall ha varit en spegel, som gjordes höj- och sänkbar genom att den var upphängd i ett rep. I ena änden av linan hängde ett lod som gick upp och ner i ett nästan tättslutande kopparrör. Anordningen, som var tämligen enkel, ledde Ktesibios vidare på ett högst oväntat sätt. Det visade sig nämligen, att motvikten var så väl inpassad i röret, att det gick trögt att röra spegeln. Efter en tids funderande kom Ktesibios fram till att det var luften i röret som pressades samman och på så sätt hindrade motviktens rörelse. Ktesibios tog då upp ett litet hål i rörets nedre ände, varefter spegeln rörde sig obehindrat, och detta skedde till ackompanjemang av en visslande ton. Ktesibios löste även detta mysterium och konstruerade världens första orgel. Bland mycket annat brukar Ktesibios också omnämnas som vattenurets uppfinnare. Vattenur, eller klepsydror, hade visserligen använts för tidmätning i faraonernas Egypten sedan i varje fall andra årtusendet f Kr, men i former som gav mycket dålig precision. Genom sina kunskaper om luftens och olika vätskors tryck kom Ktesibios till insikt om att principen för vattenuret måste vara att låta vatten med konstant tryck passera ett munstycke, som inte förändras till storleken. Ktesibios löste problemet genom att göra munstycket i ädelsten. Vattentrycket kunde han utjämna genom att använda flera kärl. Ett övre kärl hölls alltid fullt, och därifrån rann vattnet över till ett lägre kärl, i vilket hålet satt ett stycke upp från botten. I detta kärl stod vattnet hela tiden på samma nivå, och uttrinningshastigheten var således konstant.

Heron brukar på en del håll betecknas som Alexandriaskolans största och färgstarkaste gestalt och mängder av mer eller mindre fantastiska uppfinningar är knutna till hans namn. En av hans mest berömda skapelser är aelopilen, den första reaktionsturbinen. Heron visade med denna hur värme via ånga kunde omvandlas till mekanisk energi. Maskinen kunde med andra ord uträtta nyttigt arbete, men det finns ingenting som pekar på att Herons kula (som den också kallas) fått någon praktisk tillämpning.

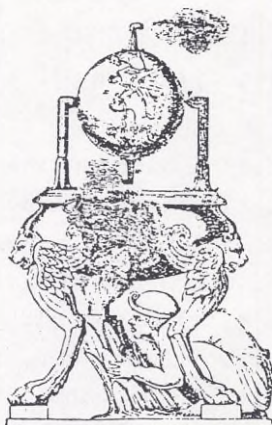


Fig 13. Herons aelopil

En annan mycket berömd skapelse, som tillskrivs Heron, var en sinnrik anordning som fungerade så att dörrarna till ett tempel öppnades och stängdes, när en offereld tändes och släcktes på ett altare. Allt helt automatiskt och naturligtvis synnerligen mystifierande för samtiden.

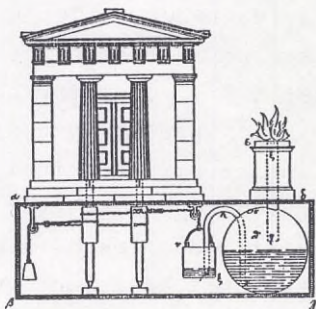


Fig 14. Herons sinnrika anordning för att öppna och stänga tempeldörrar

Innan vi lämnar kapitlet Alexandria, skall också något sägas om den fantastiska fyr som uppfördes på ön Faros vid inseglingsträddan till Alexandrias hamn. Fyren skall ha byggts o 280 f Kr och kom att räknas som ett av världens sju underverk. Det påstås att fyrtornet kunde kasta sitt sken ända upp till 50 km ut till havs med hjälp av speglar av putsad metall. Uppgiften kan förefalla något tveksam med tanke på att fyrens horisont ligger ungefär 35 km bort. Elden i fyren underhölls med kådrikt virke. Tornet i denna väldiga fyr var 85 m högt och dess kvadratiska bas 40 m i sidan. Fyren stod kvar till in på 1300-talet, då den förstördes i en jordbävning.

### 3.10. Rom

Samtidigt som grekiskt samhällsliv och grekisk kultur blomstrade och så småningom falnade, växte ett nytt maktcentrum fram så sakteliga. Enligt traditionen grundades Rom år 753 f Kr på sju små kullar vid stranden av Tibern. Men ytterligare 700 år skulle gå, innan staden blev centrum i det största imperium som världen dittills hade skådat. Ett imperium som, när det var som störst, hade en befolkning på ca 100 miljoner människor.

De romerska framgångarna var i hög grad en följd av en ovanlig förmåga att organisera, förvalta, regera och stifta lagar. Aldrig tidigare hade arméer skapats, som upprätthållits under så långa perioder och skickats så långt bort eller varit så kraftfullt ledda på slagfältet. I ett sådant samhälle är det lätt att inse, vilken oerhörd betydelse ett väl utbyggt kommunikationsnät har.



Fig 15. Det romerska världsväldet när det var som störst (o 100 e Kr)

Romarna var också utan tvivel världens dittills främsta vägbyggare. "Alla vägar bär till Rom" är ett talesätt, som ger en fingervisning om vad som i realiteten hände på detta område. Vägarerna gavs mycket raka sträckningar. Backar genomgrävdes, klippor sprängdes. Mötte man berg, arbetade man sig igenom dem i tunnlar (en var 40 m lång) eller gallerier. Över träskmarker lades höga vägbankar av sten och grus, och över vattendrag byggdes broar. Man hade ju inga kartor att gå efter men arbetade sig fram från siktmärke till siktmärke. Riktningen togs ut efter solen och

stjärnorna. Från denna tid härstammar längdmåttet *mil(e)*. Längs de romerska vägarna fanns milstenar och avståndet mellan dessa var 1000 (*mille*) romerska dubbelsteg. Detta innebar då 1480 m, men i den galliska delen av Rom hela 2200 m.

Vägbygget gick så till, att man först grävde ut en jämn bana och sedan på ömse sidor om denna diken, som skulle dränera väggrunden och området kring vägen. Man använde grovt material för att få en pålitlig bädd, och vägbankens sidor kläddes med stenar som fogades tätt samman. För vägbeläggningen använde man det material som fanns lokalt till hands. Där det fanns rikligt med sten, helst av vulkaniskt ursprung, permanentade man banan och använde till och med murbruk med grovt grus för att binda stenen. Ibland nöjde man sig med enbart grus och i Nordafrika fann man att ökensanden var så hård, att man inte behövde någon. Stensatta vägar återfanns i allmänhet i städernas närhet, där trafiken var livligast och vägdammet minst önskvärt. I städerna sörjde man också för fotgängarna genom att göra upphöjda, 60 cm breda trottoarer. Vägbredden ute i provinsen var 6-8 m, inne i städerna smalare.

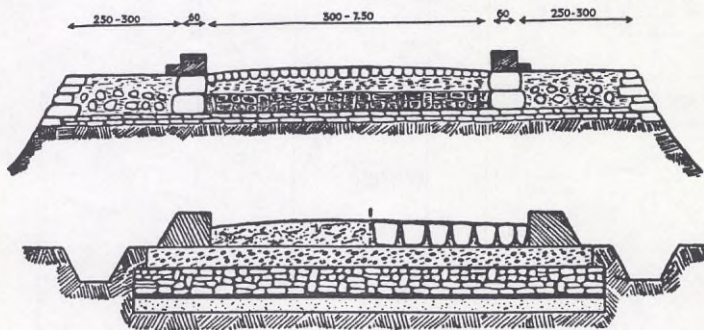


Fig 16. Tvärsnitt av romersk huvudväg (överst) respektive vanlig landsväg (undre bilden)

Goda kommunikationer förutsätter inte bara vägar, utan ofta måste också broar slås över vattendrag. Av etruskerna hade romarna lärt sig konsten att slå valv, och detta gick igen i deras brobyggen. Brovalven är alltid halvcirkelformade och byggda av sten med en kärna av cement. Fattades det sten, kunde man också klä cementen med tegel. Många av dessa broar är fortfarande i bruk.

Rom var helt beroende av ett regelbundet tillflöde av drygt 610 000 ton brödsäd om året. Därav kom 540 000 ton från Afrika

(varav 180 000 ton från Egypten). Självfallet innebar detta krav på goda hamnanläggningar. De hamnar som byggdes vid denna tid är fortfarande mycket väl bevarade, ett tecken på att de var kraftigt konstruerade. Vid dessa byggen användes bl a en snabbstelnande cement som stelnade under vatten, en romersk innovation. Cementen, eller concretum som betongen kallades, tillreddes i hemliga blandningar av cement, sand och vatten.

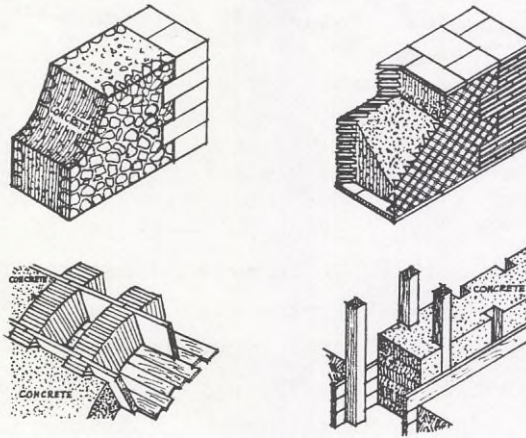


Fig 17. Detaljbilder av romersk murningsteknik

Ett mycket bra exempel på stor ingenjörskonst erbjuder de vattenledningar eller akvedukter som byggdes för att förse städerna med vatten och av vilka en del fortfarande används (*akvedukt* kommer av latinets *aqua* = vatten och *ducere* = leda). De stora vattenledningarna, av vilka den längsta var 91 km, bygger på att valv följer valv i långa rader. När Roms akvedukter hade sin största omfattning var deras sammanlagda längd 560 km, av vilka 480 km gick i tunnlar genom berg och resten i kanaler, delvis byggda mycket högt upp. Vattentransporten skedde i öppna bronsledningar eller i rör av bränd lera. I Rom flöt vattnet ut i stora cisterner - varje ledning hade sin cistern - och från dessa reservoarer fördelades vattnet ut över staden, dels till badanstalterna (termerna), dels till dricksvattenfontänerna. Privatpersoner kunde mot betalning få vatten från reservoarerna hem till sina hus (i blyrör). Den samlade vattenmängden var ca 1000 m<sup>3</sup> per dygn, en mängd som rent matematiskt erbjöd hög vattenkonsumtion även om vi jämför med dagens vattenförbrukning. Siffrorna måste dock tas med viss reservation eftersom det är känt att en hel del vatten av olika orsaker (t ex



ledningarna utan kranar) bara rann ut i intet.

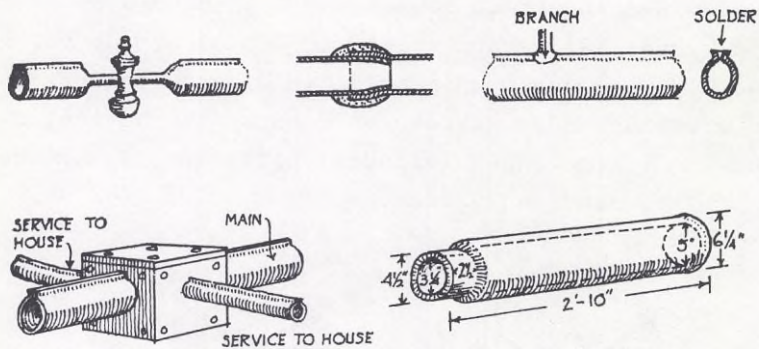


Fig 18. Detaljer av romerskt rörledningssystem

Romarna fann snart, att det vatten man kunde få hem till sitt hus kunde användas på flera sätt. En romersk köpman som bodde i närheten av Neapel fick sin utkomst genom att handla med fisk och ostron. I sitt hus lät han år 80 f Kr bygga in en serie av behållare som han fyllde med vatten, och vilka uppvärmdes av väl underhållna ganska svaga eldar under tankbottenarna. I vattentankarna förvarade han fiskar och ostron, som han nu kunde sälja som förstklassiga delikatesser även under kalla vintrar. Köpmannen fann också, att hans behållare gav ett behagligt inneklimat åt honom och hans familj. Värmeledningen var uppfunnen eller snarare återuppfunnen, eftersom den fanns redan på 1200-talet f Kr i Anatolien i Turkiet. Beträffande värmeledningen fann man ganska snart, att bästa sättet att få god värme var att låta varmvattnet cirkulera i kanaler under huset.

Romarna, som verkligen hade förmåga att tillämpa det mesta av all dittills känd teknik, kunde förse sina hem med ytterligare en finess, nämligen glasfönster. En finess som sedan föll i glömska långt in i medeltiden. De rika hade genomskinliga glas, de fattiga matta glas. Glaset framställdes i allmänhet genom upphettning av soda, kalk och sand, tills de smälte samman till en glasaktig vätska som långsamt avkyldes för att sprickbildning skulle förhindras. Tillverkning av små solida glasföremål kan dateras till i varje fall 2500 f Kr, medan de första glasfönstren dyker upp ca 1000 år senare, d v s ca 1500 f Kr.

De stora städerna erbjöd självfallet betydande problem ur sanitetssynpunkt. Romarna löste problemen på så sätt att de byggde

avloppskanaler som låg på ytan men även sådana som låg under jord. Cloaca Maxima var namnet på den första stora underjordiska kanalen för avfall och regnvatten. Den härrör från tredje århundradet f Kr, och finns kvar än idag.

En metall som romarna intresserade sig mycket för var järnet, och många gånger var lockande malmtillgångar orsaken till romerska erövringar. En följd av detta blev att gruvhanteringen fick mycket stor omfattning under romartiden. I likhet med grekerna tidigare utnyttjade romarna järn i sina vapen, men dessutom började man använda järn i legionärernas harnesk, i verktyg och i husgeråd. Här kan vi åter se, hur romarna spinner vidare på en tidigare utveckling, men så kommer de med något nytt också - de förefaller vara de första som har blandat koppar och zink och därvid framställt mässing.

Romarnas inställning till manuell arbete var densamma som grekernas, vilket framgår av följande Cicerocitat:

Den allmänna opinionen delar upp yrken och näringsfång i ståndsmässiga och simpla. Vi fördömer publikanens och ockrarens motbudande sysselsättningar och grovarbetarens tarvliga sysslor; för själva den lön som arbetarna uppbär är ett slavmärke. Lika föraktlig är detaljhandlarens verksamhet, för han kan inte ha framgång utan att vara ohederlig och ohederlighet är det mest skamlösa av allt i världen. Hantverkarens arbete är också förnedrande, det finns ingenting ädelt och upphöjt över en verkstad.

Denna inställning är säkert en viktig förklaring till att romarna själva har bidragit med så få uppfinningar. För dem som för grekerna var muskelkraft den givna energikällan, i varje fall så länge tillgången på slavar var tillräcklig. Det visade sig också, att en annan av de uppfinningar som tillskrivs romarna inte siktede mot att frigöra utan snarare nyttja muskelkraft; det gäller den s k vandringsstrumman, ett ekorrhjul i vilket ett antal perso-

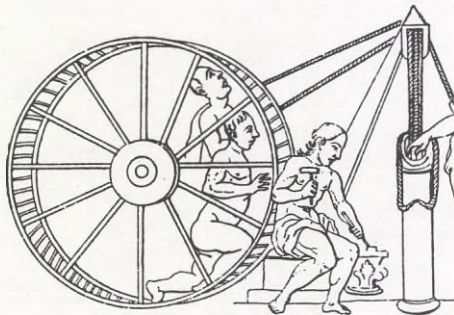


Fig 19. Relief i museet i Capua med två män arbetande inne i tramphjulet

ner vandrade och därvid kunde lyfta en last hängande i en kranlina.

Vattenhjul finns beskrivna av Vitruvius år 14 f Kr. Han säger att de är "sällan använda maskiner". Orsaken till detta var den som berörts ovan. I ett samhälle med god tillgång på slavar fanns inget behov av arbetssparande uppfinningar. När frågan fördes på tal för kejsar Vespasianus (o 70 e Kr), skall denne ha avvisat tanken med hänvisning till den oro en eventuell arbetslöshet skulle förorsaka.

Trots denna negativa inställning till vattenkvarnar anlades några mycket små och blygsamma sådana före Kristi födelse. Sitt genombrott fick vattenkraften på 200-talet e Kr. Då anlades i Barbegal i södra Frankrike en stor kejserlig spannmålskvarn. Kvarnen bestod av åtta (8) par överfallsvattenhjul med 2,2 m diameter och 0,7 m bredd. Varje hjul drev ett par kvarnstenar. Produktionen uppgick till 28 ton mjöl per dag - en produktion som räckte till ca 80 000 människor. Eftersom den lokala provinshuvudstaden Arles inte hade mer än 10 000 invånare, innebar detta att mjöl exporterades till andra delar av romarriket från denna kvarn. Att kvarnanläggningen i Barbegal kom till stånd sammanhängde med att tillgången på slavar sjunkit, dels beroende på långa fredsperioder, dels också på att stora mängder av slavar frigivits som en följd av en förändrad

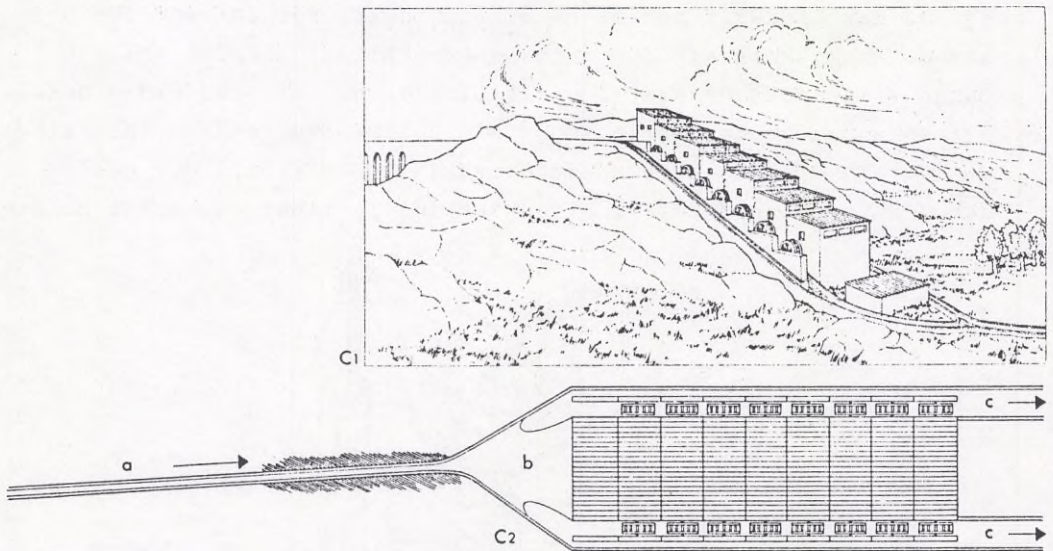


Fig 20. Kvarnanläggningen vid Barbegal (rekonstruktion)

syn på slaveriet hos många romare.

När anläggningen i Barbegal uppfördes, var romarriket inne i en begynnande upplösningsfas, som skulle utmynna i Västrops fall år 476 e Kr.

### Referenser

- Bronowski, J., *The Ascent of Man*, London 1973
- Buchanan, R. A., *History and Industrial Civilisation*, London 1977
- Bunte, R. & Jörberg, L., *Historia i siffror*. Tabeller, diagram och arbetsuppgifter för undervisningen i historia och samhällskunskap, Lund 1978
- Burke, J., *Connections*, London 1978
- Burstall, A. F., *A History of Mechanical Engineering*, London 1963
- Carcopino, J., *Dagligt liv i antikens Rom*, Stockholm 1964
- Cornell, E., *Byggnadstekniken*. Metoder och idéer genom tiderna, Stockholm 1979
- Dahl, H., *Teknikk, Kultur, Samfunn*. Om egenarten i Europas vekst, Oslo 1984
- Derry, T. K. & Williams, T. I., *A Short History of Technology*, Oxford 1966
- Drachmann, A. G., *Antikkens teknik*. Redskaber og opfindelser i den graeske og romerske oldtid, Köpenhamn 1963
- Erman, A., *Life in Ancient Egypt*, New York 1971
- Hallendorf, H., *Slagsten och automat*. Bilder från verktygsmaskinens utveckling, Stockholm 1967
- A History of Technology*, vol I: "From early times to fall of ancient empires", ed by Ch. Singer *et al*, Oxford 1954
- vol II: "The Mediterranean civilizations and the middle ages c. 700 B.C. to c. A.D. 1500", ed by Ch. Singer *et al*, Oxford 1956
- Healy, J. F., *Mining and Metallurgy in the Greek and Roman World*, London 1978
- Hodges, H., *Technology in the Ancient World*, London 1970
- Kjellson, H., *Forntidens teknik*, Uppsala 1973
- *Försvunnen teknik*, Uppsala 1973
- Landels, J-G., *Engineering in the Ancient World*
- Pannel, J. P. M., *Man the Builder*, London 1977
- Sandström, G., *Byggarna*. Teknik och kultur från vasshus och pyramid till järnväg och högdamm, Stockholm 1968
- Strandh, S., *Maskinen genom tiderna*, Stockholm 1979
- Söderberg, S., *Den snällrika människan*. Teknik under miljoner år, Lund 1979
- Technology in Western Civilization*, vol I-II, ed by M. Kranzberg & C. W. Pursell Jr., London 1967

Tompkins, P., *Secret of the Great Pyramid*, London 1973

*Transport Technology and Social Change* (symposium 1979), Tekniska  
Museets Symposia on the History of Technology, ed by P. Sörbom,  
Stockholm 1980

Vitruvius, *The Ten Books on Architecture*, New York 1960

Walbank, F. W., *Det västromerska rikets fall*, Stockholm 1973

Whitney, C., *Bridges*, New York 1981

#### 4. MEDELTIDEN

Gränsen mellan antik och medeltid är flytande precis som andra historiska gränsdragningar av denna typ. Traditionellt sätts gränsen vid Västrops fall 476 e Kr, men även andra dateringar har hävdats. I svensk historia anses medeltiden börja betydligt senare eller o 1000. Att man i svensk historia valt denna datering beror på att Sveriges enande och kristnande inföll ungefär vid denna tid.

Västrops fall och övergången till medeltid inträffade i en tid som närmast kan betecknas som kaotisk i Europa. Orsakerna till Västrops fall var många och delvis omstridda och skall inte närmare behandlas i detta sammanhang. Klart är emellertid, att de som definitivt fällde detta rike var västgoterna, en av många grupper i rörelse i folkvandringarnas Europa. En viktig förklaring till folkvandringarna anses vara den s k hunnerstöten, d v s den oro som grep omkring sig bland germanfolken när de utsattes för hunnernas tryck. Med detta samverkade också Roms tilltagande svaghet och den lockelse som det försvagade romarriket utövade.

Efter romarrikets fall uppstod en helt ny politisk situation, där det stora imperiet ersätts av mängder av små, isolerade områden. Den ekonomiska aktiviteten avtog kraftig, och vissa beräkningar har givit vid handen att Europas befolkning som en följd av förödelsern halverades under 500- och 600-talen.

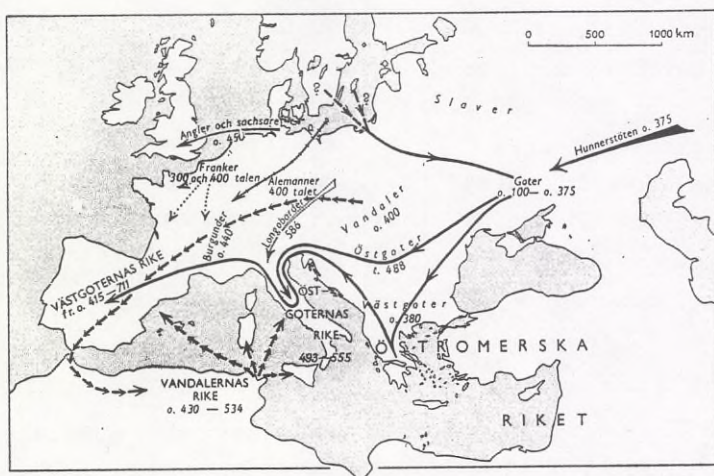


Fig 21. Folkvandringarna

#### 4.1. Kyrkan - en gemensam och sammanhållande faktor

I detta sönderfall kom kyrkan att stiga fram som en verklig maktfaktor. Kyrkan hade ensam en universell (i inskränkt bemärkelse) organisation och ett för alla involverade gemensamt språk - latin. Kyrkans tjänare var vidare de enda som kunde läsa och skriva, och de blev på så sätt oundgängliga och privilegierade medarbetare åt olika makthavare. I kraft av sitt kunnande kom också kyrkans läs- och skrivkunniga att bli förmedlare av det tekniska kunnande som efter all förstörelse nu nästan enbart var åtkomligt i dokumentens värld. Här kom klostren och munkarna att spela en mycket viktig roll framdeles. Ett bra exempel på detta är den år 529 grundade Benediktinerorden, i vars regler det praktiska arbetets och den världsliga inriktningens betydelse klart betonades.

"Att arbeta är att bedja" kan sägas vara klosterreglernas kärna. Betoningen av det lika värdet mellan bön - studier - arbete medförde, att munkarna fick stor betydelse för återerövringen av öde-land och förbättring av odlingsverksamheten, men de verkade också som förmedlare av kunskaper om hantverk och om organisation av handel.

I den återuppvaknings- och rekonstruktionsprocess som det folkvandringsdrabbade Västeuropa genomgick spelade olika typer av influenser från öst en avgörande roll. Det kunde gälla olika slags handelsvaror (t ex silke, elfenben, kryddor etc), uppfinningar som visade sig vara revolutionerade (stigbygeln, selen m m), teorier som på sikt verkade omdanande, o s v. En viktig förmedlare av detta har redan berörts, men där fanns också andra kanaler, bestående av diverse kontakter med Bysans och andra tekniskt avancerade samhällen i öster. Här spelade olika italienska städer tack vare sitt geografiska läge en central roll, och en grund lades nu för en snabb utveckling mot en ny italiensk storhetstid, denna gång inte i form av ett stort imperium utan i form av rika stadsstater av typ Venedig, Genua och Florens.

#### 4.2. Den tunga plojen

När Europa började återhämta sig efter 500- och 600-talens hemsökelse och befolkningen började växa på nytt, började följderna av förstörelsen bli uppenbara. De stora jordbruksegendomarna hade totalt förfallit. I de små byarna var den gamla plojen inte till-

räckligt stark för att kunna plöja i jord där trädrötter brett ut sig eller i jordar med snårig vegetation.

Som en gudagåva dyker en ny plog upp (troligen på 500-talet) och först i Rhen- och Seineområdena. Varifrån den nya plogen kom vet man inte med säkerhet. Denna plog hade hjul framtill, så att den med lätthet kunde föras från fält till fält. På ramen, framför plogbillen, fanns en kniv placerad vertikalt för att skära i marken och göra det lättare för plogbillen att tränga in i den besvärliga jorden. Plogen var vidare försedd med vändskiva.



Fig 22. Den hjulförsedda plogen som den avbildades o 1170

Det blev snabbt uppenbart, att den nya plogen krävde mer dragkraft i form av oxar än någon ensam bonde hade råd med - det behövdes 6-8 oxar för att dra plogen. Följden blev, att många bönder började gå samman om djur och utrustning, och eftersom man ville ha detta på en central plats i förhållande till fälten, började man klunga ihop sig i byar.

Eftersom oxarna var långsamma och dyra att underhålla nu när det behövdes så många, framstod hästen som ett intressant alternativ som dragdjur. Fyra hästar uträttade i stort sett lika mycket arbete som åtta oxar. Hästen kunde dock inte konkurrera ut oxen, förrän man fått fram ett nytt och bättre seldon. Den gamla typen av seldon låg som en snara runt djurens hals, och så snart hästen började dra, kom nackremmarna att spänna över halspulsådern och strupen. Med denna typ av seldon kunde hästen endast med största svårighet dra en last på ca 500 kg. Som en följd av detta fanns också en paragraf i Theodosius' lagsamling från år 438, i vilken den som ertappades med hästar selade framför en last på över 500



kg skulle straffas hårt. Det rätta sättet att sela hästar på var att bygga en styv, stoppad krage som vilade på hästens skulderblad, och som inte inverkade på dess andningsorgan. En sådan krage tycks tidigt ha använts på stäpperna mellan Kina och Sibirien och var ursprungligen gjord för kameler. På 700-talet infördes denna krage till Europa, och därmed blev hästen ett allt vanligare dragdjur. Något senare förstärks "häst-kraften" ytterligare genom att man börjar spika fast järnskor under hästens hovar. Tidigare hade "sandaler" av läder eller rep använts. De hade sedan ersatts av "järnsandaler", som dock hästarna lätt tappade och som därför inte var så effektiva. Nomadiserande ryttare i Jenisejområdet (nuvarande Sovjetunionen) torde ha varit först med att använda fastspikade järnskor. I Europa dyker dessa upp o 900 och är vanliga på 1000-talet.

En viktig följd av den nya plogens uppdykande var att det blev möjligt att bruka tunga, dittills obrukade lerjordar. En kolonisation av områden i bl a Balticum följde, och en viktig grupp bland dessa kolonisatörer utgjordes av Europas livegna.

En trolig följd av den nya plogen och behovet att föda fler djur var treskiftesbruket, som började omtalas på 700-talet. Treskiftet innebar, att man första året planterade en vintergröda som exempelvis vete på det första fältet, det andra fältet planterades med en vårgroda (t ex havre och grönsaker) och det tredje fältet fick ligga i träda o s v. Fördelarna med detta system var att bara 30% låg i träda jämfört med 50% tidigare samt att man fick föda till hästarna.

Berörda förändringar medförde en väsentlig ökning av livsmedelsproduktionen. Det har således beräknats att medan ett mått utsäde i genomsnitt gav 2,5 mått tillbaka år 1000 var motsvarande avkastning per mått utsäde 4 mått år 1200. En inte oviktig faktor i denna utveckling utgjorde klimatet, och detta förefaller ha samverkat å det gynnsammaste med de tekniska förändringarna i tillväxtbefrämjande riktning. Inte oväntat ökade Europas befolkning kraftigt under perioden 700 - 12/1300 , eller från ca 27 miljoner till ca 70 miljoner.

En naturlig följd av den ökade spannmålsproduktionen var ett ökat bruk av kvarnar. Från den trevande starten under romarrikets senare del sker en formlig explosion en bit in i medeltiden, och enbart i England fanns enligt Domesday Book totalt 5624 kvarnar i

slutet av 1000-talet (Domesday Book var Vilhelm Erövrarens jordebok av år 1086, i vilken upptogs de engelska egendomarnas storlek, värde, skyldigheter och ägare). Rent tekniskt inträffade en viktig sak o 900, då vattenhjulet försågs med en excenterkam på drivaxeln för drift av hamrar etc. Följden blev något av en medeltida industriell revolution, omfattande perioden o 900 - o 1300.

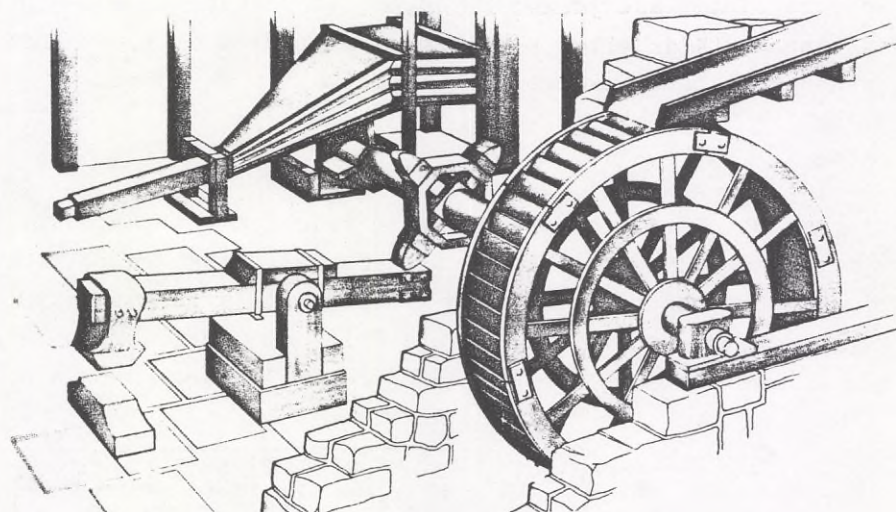


Fig 23. Med kammen på drivaxeln skapas förutsättningar för en medeltida industriell revolution

Vattenhjulen fann nu användning på en rad områden. De kunde nyttjas vid öltillverkning, krossning av malmer, järntillverkning, garverier, silkestillverkning m m. De som satsade i dessa kvarn- anläggningar fann att det var ytterst räntabla investeringar. Många av kvarnarna ägdes av flera gemensamt (inte minst kyrkan fanns med som ägare), kvarnandelarna kunde köpas och säljas på en samtida aktiemarknad, och kommersen kring dessa anläggningar beskrivs ofta som livlig.

En viktig roll som inspiratörer i den dynamiska utveckling som perioden såg spelade cisterciensermunkarna. Deras orden hade grundats år 1098 som en reaktion på kyrkans dekadens.

Cistercienserorden fick snabb spridning, och vid slutet av 1200-talet fanns den på ca 350 platser runt om i Europa, och vart och ett av dess kloster var en medeltida fabrik. Man hade vattenhjul igång för allehanda verksamheter, och den ull cistercienserna kunde leverera ansågs vara Europas bästa.

Mot slutet av den medeltida industrialiseringsperioden, d v s någon gång på 1200-talet, gjordes en uppfinning som kom att styra människornas liv allt hårdare. Uppfinningen var det mekaniska uret (spindelmekanismen). Med detta kunde nu tiden mätas med betydligt större precision än tidigare, när vaxljus, solur, timglas eller vattenur använts. Uppfinningen innebar inte att klockor blev gemene mans egendom, men 1200-talet såg stora klocktorn resas lite varstans. De tidiga klockornas huvuduppgift var att trygga och formalisera andaktsövningar, men de bidrog samtidigt till att införa regelbundenhet i hantverkarnas och köpmännens verksamhet.

#### 4.3. Katedralerna

Som visats i det föregående steg kyrkan fram och blev en maktfaktor av rang i medeltidens Europa. Kyrkans allt starkare ställning hängde samman med några olikartade fenomen. En faktor av betydelse i sammanhanget var den föreställningsvärld som medeltidsmänniskorna levde i. Något förenklat såg man sina handlingar som onda eller



Fig 24. De fördömda slukas av helvetets käftar

goda. Om de onda handlingarna visade sig överväga, när ens gärningar rannsakades efter döden, då visste man att helvetet väntade med alla sina hemskheter - i evigheters evighet. Rädslan för att hamna i helvetet eller människans uppriktiga kärlek till Gud medförde att kyrkan fick ta emot gåvor av alla de slag, och kyrkan blev rik. Den ägde faktiskt 1/3 av all jord i Europa mot slutet av medeltiden.

En maktfaktor blev kyrkan också genom den roll den spelade som inspiratör och kunskapsförmedlare på det ekonomisk-industriella området. Kyrkan själv blev ju också något av storföretagare på rader av områden.

De yttre tecknen på kyrkans starka ställning var många, inget dock mer påtagligt än de enastående katedralerna som uppfördes från 1100-talet och framåt.

Att Europa fick se så många nya katedraler vid denna tid kräver kanske en förklaring. Bakgrunden är i grova drag denna: Många kyrkor och kloster hade raserats vid arabernas och vikingarnas invasioner, och dessa måste byggas upp igen. Till detta kom den tidigare nämnda folkökningen och kolonisationen av nya områden; också de behövde egna kyrkor. Medeltidens kyrkor var antingen byggda i romansk eller gotisk stil, och kontrasten mellan dem var mycket stor.

Den romanska stilen innehåller element hämtade från många olika håll. Mest påtagligt är dock sambandet med den romerska arkitekturen. Dessa kyrkor var satta och massiva, och tjocka murar bar upp den tunga överbyggnaden. Att den romanska kyrkan fick detta utseende berodde - något förenklat - på att murarna måste göras stabila för att inte takvalvet (tunnvalv) med sin tyngd skulle pressa dem utåt. Ett karaktäristiskt drag hos de romanska kyrkorna är rundbågen, som återfinns i de halvcirkelformade takvalven och i överdelarna i portaler och fönsteröppningar. Kyrkorna kallas därför ofta rundbågekyrkor. Dessa kraftiga byggnader erbjöd även skydd åt lokalbefolkningen i ofredstider.

Gotiken skapades under 1100-talets senare hälft i Frankrike och var resultatet av en nästan total nyskapelse inom arkitekturen. Spetsbågen, med ett ursprung i sumerisk tid, var tillsammans med kryssvalvet i förening med ett system av strävbågar de viktigaste elementen i den gotiska byggnadskonstruktionen. Medan man i de romanska kyrkorna byggt tjocks väggar (och stödjepelare eller

stödjemurar) för att ta upp trycket från valvet, tog de gotiska byggmästarna ett nytt grepp. Man lät två tunnvalv skära varandra i rät vinkel. Det valv man fick på så sätt, kryssvalvet, utövade ett ganska litet tryck på väggarna utom i hörnen som man kunde förstärka med massiva pelare. Spetsbågen, som var ett viktigt element i tidens strävan att bygga himlastormande kyrkor, överför valvens tyngd helt på fyra bärande pelare. Valvens utåtriktade krafter upptas av strävbågar och strävpelare. Genom detta förlorar väggarna i betydelse som bärande element. Man kunde - där man så önskade - genombryta dem för fönster eller gallerier.

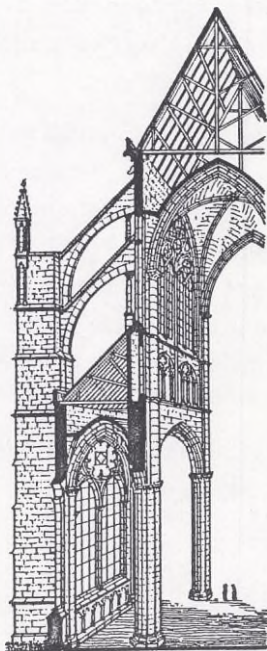


Fig 25. Katedralen i Amiens (1230-40). Sektion av långskeppet

Förändringarna i byggnadskonstruktionen skapade förutsättningar för en självständig utveckling av konstformer som tidigare varit helt underordnade arkitekturen - skulpturen och måleriet. De gotiska katedralerna blev som en följd av detta rikt utsmyckade med målningar och skulpturer. Motiven var i huvudsak religiösa och bidrog verksamt till att göra den gotiska katedralen till "en bibel i sten".

Byggmästarna som byggde dessa katedraler arbetade i första hand efter en empirisk metod. De strävade efter att bygga höga - himla- stormande - katedraler och drabbades då och då av bakslag, bl a inträffade svåra ras. Av misstagen drog man lärdomar och byggde vidare. På detta sätt lärde man sig lösa komplicerade hållfasthetsproblem och statiska problem. Den "förfarenhet" i konsten som man skaffade på detta sätt influerade teorien, något som klart kan utläsas av diverse efterlämnade anteckningar efter 1200-talets mest kände byggmästare, Villard de Honnecourt.

#### 4.4. Stigbygeln

Kyrkans allt starkare ställning i medeltidens värld återspeglas också i tidens samhällsstruktur. Vid tiden för de stora katedralbyggena består samhället av fyra olika stånd: adel, präster, borgare och bönder. De klart mäktigaste och mest gynnade av dessa stånd var adelns och prästernas. Bakgrunden till prästernas gynnade position har berörts, däremot inte adelns. Något tillspetsat kan det sägas, att denna samhällsgrupps många privilegier (som de kom att ha i århundraden) härrör från en liten och av många förbisedd uppfinning - stigbygeln.

Stigbygeln kom till Västeuropa med ryttarfolken från öster under tidig medeltid. Häst och ryttare blev nu en farlig enhet. Ryttaren kunde hantera svärd och lans samtidigt som han hade en hand fri för tygel och sköld. De som hade råd att hålla en utrustad



Fig 26. Stigbygelförsedda ryttare besegrar infanterister vid slaget vid Hastings 1066

häst och ryttare befriades bl.a. från skatt. De kom att utgöra den nya överklassen, adeln, och tiden för detta genombrott i Europa torde vara 700-talet.

På krigsteknikens område medförde således introduktionen av stigbygel, att kavalleriet blev det klart förnämsta vapenslaget. En utveckling tar nu vid, där man med allt bättre pilbågar försöker skaffa sig ett vapen, som skall kunna stoppa ryttaren till häst. Ryttarens svar blir bl a en allt mer skyddande rustning. Så småningom har detta gått så långt, att rustningen är så tung att ryttaren måste hissas eller lyftas upp på hästen. Rustningen väger uppemot 50 kg och vanställer ofta ryttarens rygg. Om denne ryttare föll av hästen i strid, var han helt utan möjlighet att klara sig. Med andra ord måste nya metoder till.

Av stor betydelse för utvecklingen på krigsteknikens område var krutets uppdykande. Krutet är känt i Europa sedan 1200-talet, då också de första krutfabrikerna anlades i Tyskland. Liksom så mycket annat är krutet förmodligen en import från Kina. Århundradet efter, d v s på 1300-talet, dyker ytterligare en nyhet upp på detta område, nämligen kanonen. Dessa tidiga kanoner användes i huvudsak vid belägringar och ansågs vara vapen värda att frukta

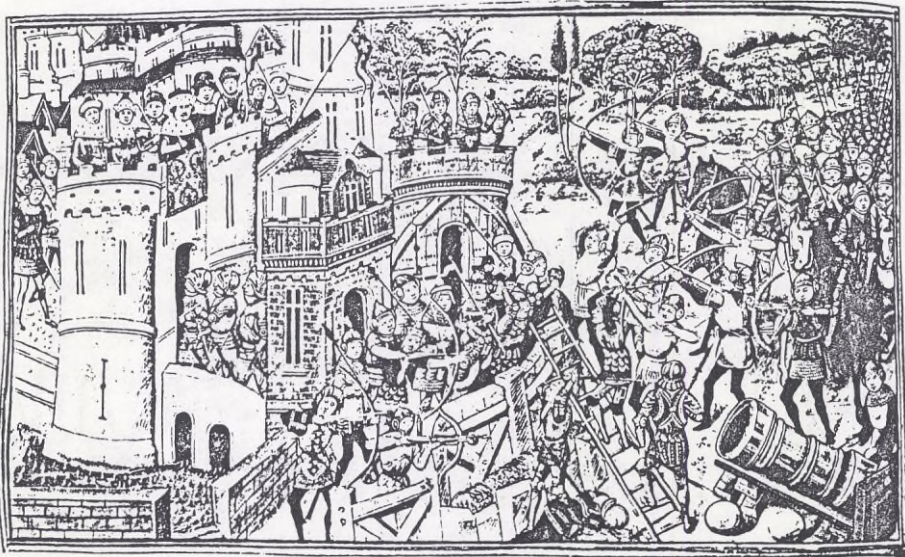


Fig 27. Belägring av en borg, slutet av 1400-talet. Observera kanonen i nedre högra hörnet.

lika mycket för anfallare som för anfallna. Orsaken var att pip-sprängningar var mycket vanliga till en början. De första kano-  
nerna var gjorda i brons och göts av de klockgjutare som göt kyrk-  
klockor. Så småningom skulle kanonerna komma att gjutas även i  
järn, och eftersom kulorna göts i samma material kom detta att  
driva upp efterfrågan på järn. Bronskanonerna var säkrare, mindre  
benägna för eldrörssprängning, och behöll sin rangplats i många  
hundra år.

#### 4.5. Metallerna

Järnet, som länge varit en sparsamt förekommande metall, spelade  
en allt viktigare roll ju längre medeltiden led. Längre hade cent-  
rum för brytning legat i Spanien, men det förflyttades efterhand  
till Tyskland. Metoderna för att smälta järn var i stort sett de-  
samma hela medeltiden ut. Man grävde sig in i en sluttning där  
man byggde en ugn och smälte malmen med hjälp av träkol. Utvin-  
ningsprocessen var mycket ineffektiv: knappt mer än hälften av  
järnet kunde utvinnas ur malmen. I smidesprocessen använde man  
vattendrivna hammare och från 1300-talet också vattendrivna stam-  
par för krossning av malmen. Alldeles i slutet av medeltiden in-  
träffade en viktig händelse på detta område i och med att masug-  
nen gjorde sin entré någon gång före omkring år 1400.

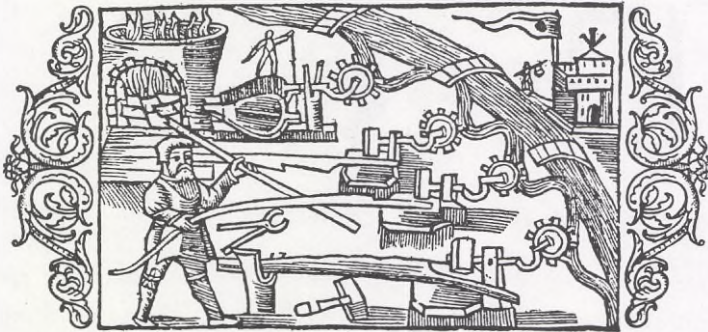


Fig 28. Vattenhjul driver masugnsblästrar och stångjärnshammare

#### 4.6. Textilindustrin

Medeltidens klart största och mest industribetonade verksamhet  
hittade man vid tvålfabrikerna och vid tillverkning av ylleyger.  
Centra för yllehanteringen var i tur och ordning Flandern (1200-



talet), Florens (1300-talet) och England från och med 1400-talet. Långt in på 900-talet var vävning en mycket arbetsam process. Den vävstol som användes var oftast vertikal med hängande varptrådar, och vävaren fick stå för att passa in inslagstrådarna mellan varptrådarna. Det var ett långsamt och tröttande arbete med mycket begränsad produktion. På 1000-talet skedde emellertid en förändring. Någon kom till Europa - troligen från det muslimska Spanien - med en ny sorts vävstol, som ursprungligen torde ha kommit från Kina. Den hade helt ny utformning, och produktionen drevs upp kraftigt. På denna nya vävstol sträcktes trådarna horisontellt på en ram, och vävaren behövde endast trampa på en pedal för att skifta varpen när inslaget skulle träs in på ena eller andra sättet. Följden blev ökad vävhastighet och kraftigt ökad efterfrågan på garn. En besvärande flaskhals uppstod nu, eftersom garnet spanns för hand. Lösningen på problemet blev spinnrocken, också den en import från östern. Första omnämmandet av spinnrocken i Europa är från Speyer vid Rhen år 1280.



Fig 29. Vävare i verksamhet vid den nya vävstolen (början av 1300-talet)

Spinnrocken och den nya vävstolen passade varandra som två pusselbitar. Resultatet blev en tiofaldigt ökad tygtillverkning. Av dessa produktivitetsvinster fick textilarbetarna litet utbyte. De utgjorde ett utpräglat proletariat som levde under mycket svåra förhållanden, och det missnöje som spirade bland dem ledde till kraftiga sociala motsättningar med strejker och våldsamma uppror som följde. De idéer som kom fram i samband med oroligheterna hade klara vad vi idag kallar socialistiska och kommunistiska inslag. Näringslivet som sådant upplevde emellertid goda

tider. Förda register från perioden visar att män, ensamma kvinnor, änkor, präster, adelsmän - alla som hade extra tillgångar - investerade i någon del av näringslivet, vars gyllene dagar aldrig såg ut att upphöra, och en av de viktigaste orsakerna till denna tidiga industriella revolution var nyttjandet av vattenhjulet. Tidigare har nämnts, att antalet vattenhjul i England uppgick till 5624 i slutet av 1000-talet. Omkring år 1400 fanns det flera hundra tusen, uppgifter säger 500 000, vattenhjul i Europa. Avigsidorna av en utveckling som den som tecknats känner vi igen. Redan omkring år 1300 var skogarna så uthuggna, att trä var en bristvara på många håll. Uppgifter talar om att trä var så dyrt, att likkistorna togs till vara och återanvändes. Användningen av kol ökade stadigt, och i London och vissa andra städer blev luften så dålig att kolanvändning förbjöds vissa perioder. Den ökade produktionen förorenade också vattendragen, och lagar antogs om att slakterier, färgerier och liknande skulle läggas i utkanten av och nedströms städerna.

#### 4.7. Sämre tider

De goda dagarna upphörde på 1300-talet. Orsakerna till detta var många. Främst har man pekat på de förhållanden som berörts ovan, dvs tilltagande brist på råvaror med prisstegringar som följd, dåliga hygieniska förhållanden och miljöförstörelse i de större städerna. Man har också sagt att Europa hade upplevt en befolkningsökning som fört det till kanten av vad som var möjligt att försörja. Omkring år 1300 anses många områden i Europa ha haft förmåga att producera vad som behövdes för att människorna skulle leva, men inte tillräckligt för att de skulle kunna lägga undan för sämre tider ("för en regnig dag"), och regniga dagar kom Europa att få i övermått på 1300-talet. Man fick långa perioder av ostadigt väder. Spannmålsskördarna avtog och minskade så småningom katastrofalt. En omfattande hungersnöd drabbade Europa. Hela tiden blev det allt kallare. Vintrarna var stränga, somrarna kyliga och nederbördsrika. I detta utmattade tillstånd var Europa illa förberett att möta den osynliga invasion det utsattes för - en loppa som bar en böldpest, som skulle ta ca en tredjedel av Europas befolkning. Tiden var omkring 1350, och Europa drabbades av "den svarta döden", "den stora döden" eller - som den ofta kallas - "Digerdöden".

En av många konsekvenser av digerdöden var att de som överlevde fick det bättre på sikt. Massor av ödeland fanns plötsligt att bruka, och reallönen steg eftersom det blivit brist på arbetskraft. Även de fattiga nåddes av denna "nya rikedom". Omkring 1450 var saker som "enskild" tallrik, stol i stället för bänk, eldstad och t o m hemgift vanliga även bland dem. En annan produkt som efterfrågades allt mer av bredare befolkningslager var linne. Linne hade blivit relativt lättillgängligt tack vare den tidigare berörda nya vävstolen och spinnrocken.

Den vitt spridda användningen av linne utlöste en kedja av oväntade händelser. Bensamlaren, som tidigare hade rest från by till by samlande ben som skulle malas till gödningsämne, utvidgade nu sin verksamhet till att också samla linnelump. Han blev genom århundraden känd som ben- och lumpmannen. Linnelump var ett utmärkt råmaterial för högkvalitativt och hållbart papper.

I slutet av 1300-talet var papperstillverkning en industrigren av växande betydelse, detta sammanhängande med åter stigande välstånd och tilltagande administrativt arbete. Papper var dessutom betydligt billigare än pergament - lättförståeligt nog - eftersom det behövdes mellan två- och trehundra fårskinn för att tillverka en bibel.

Papperstillverkningen hade ursprungligen kommit till Europa från arabvärlden. Araberna hade i sin tur hämtat kunnandet från kineserna som hade sänt papperstillverkare till Samarkand o 750 för att sätta upp en fabrik där. År 751 erövrades platsen av araberna. Inom parentes kan nämnas att konsten att tillverka papper utvecklades i Kina år 105 e Kr. Dessförinnan hade man skrivit på bambu eller siden. Det kinesiska papperet framställdes av bark, hampa, trasor och utslitna fisknät som maldes till en massa. Denna massa breddes därefter ut som en tunn hinna på en filt för att torka.

Efterhand som tillgången på papper ökade sjönk priset, och ju mer Europa återhämtade sig efter pesten, desto mer sköt handeln åter fart och därmed efterfrågan på manuskript. Som framgår av namnet manuskript skulle allt skrivas för hand, och detta skapade problem.

#### 4.8. Boktryckarkonsten

Universitetet hade sina egna "kopieringsavdelningar", men även enskilda fanns med i bilden. En av dessa privatägda kopieringsavdelningar fanns i Florens och hade mer än 50 skrivare. Eftersom många skrivkunniga dog av böldpesten, kunde de efterlevande begära astronomiska löner. Situationen var helt oacceptabel - å ena sidan handskrivare som kostade för mycket, å andra sidan papper så billigt att man kunde tapetsera väggarna med det. Motiven för att utveckla någon form av "automatiserad skrivning" var med andra ord mycket starka.

Borta i Asien hade kineserna använt sig av porslinstyper för att trycka bokstäver i mer än tusen år och av rörliga metalltyper från o år 1100. I Korea hade man börjat nyttja utbytbara koppar-klichéer o år 1370 e Kr, och i Europa användes träklichéer för att trycka spelkort, kalendrar och ibland stora bokstäver i manuskript under medeltidens senare del. Det fanns t o m ett fåtal böcker med hela sidor tryckta av en kliché, men detta var en omständig procedur, trycket blev ojämt, böckerna var dyra, och dessutom nöttes träbokstäverna ned. Att detta inte erbjöd någon lösning var uppenbart.

I Europa löstes problemet vid 1400-talets mitt av guldsmeden Johan Gutenberg, men det låg många års arbete bakom framgången. Det gällde inte bara att göra utbytbara typer, det gällde också att få fram en legering som gjorde att typerna inte nöttes ned så snabbt, och det gällde att kunna tillverka typerna med en väldigt precision så att man fick en jämn och snygg text. Sist men inte minst måste man se till, att man fick tillräckligt tryck på typerna. Lösningen blev här vinpressen. När problemen var avklarade, blev resultatet imponerande. Gutenberg kunde trycka 300 sidor på en dag, med handskrift skulle samma kvantum ta ett år för en man. Boktryckarkonsten kom följdriktigt att få en mycket snabb spridning. Den första boken trycktes på 1450-talet, och redan 1480 var tryckpressen i gång på mer än 110 orter, varav omkring 50 i Italien. Mot slutet av 1400-talet hade boktryckeriverksamheten nått ca 240 städer i Europa. Venedig hade blivit världens huvudstad på området, och dess mest sysselsatte tryckare, Aldus Manutius, tryckte världens första pocket-bok, en liten billig bibel som kunde medföras i sadelväska.



Fig 30. Interiör från tryckeri på 1500-talet

Konsekvenserna av detta tekniska genombrott var enorma både ifråga om bredd och djup. Katolska kyrkans möjligheter att propagera för sin sak ökade, och den litteratur som trycktes till en början var övervägande religiös. Boktryckerikonsten omtalades också som en "gudomlig konst" av ärkebiskopen av Mainz. Kyrkan fick dock snart erfara att boktryckerikonsten kunde användas inte bara som propagandainstrument för dess syften, utan även som ett verksamt vapen emot den, när den protestantiska rörelsen växte sig starka-



Fig 31. Hånfull bild som visar hur påven säljer avlatsbrev

re. Boktryckarkonsten erbjöd vidare möjligheter att sprida antika skrifter av olika slag till en stor läsekrets. På så sätt bidrog den till att utbreda renässansrörelsen. De möjligheter som nu stod till buds att sprida tekniska och allehanda andra kunskaper måste ha haft effekter på den vidare utvecklingen som knappast kan övervärderas.

#### 4.9. Religion och kapitalism

Vid slutet av 1400-talet stod kapitalismen på tröskeln till ett genombrott i Europa. En rad tekniska genombrott hade bäddat för en utveckling i denna riktning, men innan detta kunde ske måste vissa förändringar i samhällets psykologiska och religiösa attityd till samlandet av rikedom, utlåning av pengar mot ränta, m m äga rum. Kapitalismen behövde med andra ord etisk sanktion. Den fientliga inställningen till att privatpersoner samlade stora förmögenheter, som kan beskrivas med följande citat: "en rik man är antingen en tjuv eller son till en tjuv", den inställningen måste brytas.

Luther hade inget att erbjuda i detta fall, medan däremot Calvin förde fram åsikter som innebar en klar förändring. Detta skedde bl a genom att Calvin vidgade innehållet i begreppet asketism. Medan den katolska kyrkan hävdade att asketism är en sak för munkar, så ville kalvinisterna göra hela världen till ett kloster. Man hävdade att munken i sitt kloster inte var mer helgonlik än handelsmannen som skötte sitt kall på bästa sätt, och att asketism i vardagslivet betydde hårt arbete, enkelhet, nykterhet och effektivitet i arbetet. Jordisk framgång blev med andra ord det synliga tecknet på kristlig dygd. Olika pusselbitar faller på plats och bildar tillsammans ett samhälle med förutsättningar för den driftige att ta för sig i en växande värld.

#### Referenser

- Bronowski, J., *The Ascent of Man*, London 1973  
Buchanan, R. A., *History and Industrial Civilization*, London 1977  
Bunte, R. & Jörberg, L., *Historia i siffror. Tabeller, diagram och arbetsuppgifter för undervisningen i historia och samhällskunskap*, Lund 1978  
Burke, J., *Connections*, London 1978  
Burstall, A. F., *A History of Mechanical Engineering*, London 1963

- Cipolla, C. M., *Before the Industrial Revolution. European Society and Economy 1000-1700*, London 1981
- Cornell, E., *Byggnadstekniken, Metoder och idéer genom tiderna*, Stockholm 1979
- Dahl, H., *Teknikk, Kultur, Samfunn. Om egenarten i Europas vekst*, Oslo 1984
- Derry, T. K. & Williams, T. I., *A Short History of Technology*, Oxford 1966
- The Fontana Economic History of Europe*, vol I: "The middle ages", ed by C. M. Cipolla, London 1972
- Gimpel, J., *The Medieval Machine. The Industrial Revolution of the Middle Ages*, London 1977
- Hallendorf, H., *Slagsten och automat. Bilder från verktygsmaskinens utveckling*, Stockholm 1967
- A History of Technology*, vol II: "The Mediterranean civilization and the middle ages c. 700 B.C. to c. A.D. 1500", ed by Ch. Singer *et al*, Oxford 1956
- Macaulay, D., *Katedralen, så byggdes den*, Stockholm 1977
- Mumford, L., *Technics and Civilization*, New York 1934
- Pacey, A., *The Maze of Ingenuity. Ideas and Idealism in the Development of Technology*, London 1974
- Pannel, J. P. M., *Man the Builder*, London 1977
- Sandström, G., *Byggarna. Teknik och kultur från vasshus och pyramid till järnväg och högdamm*, Stockholm 1968
- Strandh, S., *Maskinen genom tiderna*, Stockholm 1979
- Söderberg, S., *Den snillrika människan. Teknik under miljoner år*, Lund 1979
- Technology in Western Civilization*, vol I-II, ed by M. Kranzberg & C. W. Pursell Jr., London 1967
- Transport Technology and Social Change* (symposium 1979), Tekniska Museets Symposia on the History of Technology, ed by P. Sörbom, Stockholm 1980
- White Jr., L., *Medieval Technology and Social Change*, London 1962
- Whitney, C., *Bridges*, New York 1981

## 5. EN NY TID BÖRJAR

1400-talets senare del och 1500-talets inledning utgör historiskt en gränslinje mellan medeltid och ny tid. Att man börjar tala om en ny tid vid denna tidpunkt hänger samman med att flera viktiga händelser äger rum just då. Vad det är frågan om här är upptäcktsfärderna, splittringen inom kyrkan, renässansrörelsens fördjupning, det faktum att nationalstaterna och den starka furstemakten konsolideras, att den politiska tyngdpunkten förskjuts västerut mot England och Frankrike, och att en rad viktiga uppfinningar nu görs.

### 5.1. Upptäcktsfärderna

Som de allra flesta näringslivsområden, kom också handeln att utvecklas starkt under perioden för den medeltida industriella revolutionen. En händelse som på ett alldeles särskilt sätt gav handeln extra skjuts var korstågen (ca 1100- ca 1300). Handeln gick antingen till lands längs karavanvägarna eller också till sjöss, men en kombination av dessa två var naturligtvis också möjlig. Sjöfarten bedrevs på samma sätt som under romartiden, vilket innebär att man seglade under tiden från maj till och med september, eftersom vintermånaderna bedömdes som alltför osäkra. Navigeringen skedde med hjälp av fyrhus och landmärken. Seglationen hämmades länge av bruket av råseglet. Med detta kunde man i stort sett endast segla med vinden (råsegelförsedda vikingaskepp har dock kryssat. Tekniska förbättringar var dock på väg. I första hand fick man tillgång till ett annat segel, det s.k. latinseglet, som varit känt i medelhavsområdet sedan 800-talet e Kr. Latinseglet har troligen arabiskt ursprung, och möjligen har araberna fått det från Kina. Det var ett triangulärt segel, fäst vid en mast och en rörlig bom. Man kunde nu fånga vinden även när fartyget gick nästan rakt emot den. Riggen underlättade med andra ord kryssning. Latinriggen fick stor spridning, och fartygens storlek ökade till ca 600 ton.

Den nya riggen innebar inte lösningen på alla de svagheter som den äldre medeltidens skepp var behäftade med. Fartygen styrdes två styråror eller med en styråra på fartygets högra sida, det s k nordiska rodret (härav begreppet styrbord). Denna styranordning gjorde det svårt att mavövrera stora fartyg, inte minst i hårt väder. Vidare fick man inte klämma styråran mot kajen vid





Fig 32. Fartyg utrustat med s k latinsegel

tilläggnig som därför måste ske med fartygets babordssida (eng *portside* d v s hamnsida). Lösningen blev här det s k stävrodret (också det förmodligen från Kina).

Ytterligare en kinesisk import, kompassen, gjorde navigeringen säkrare. Till detta bidrog också astrolabiet (stjärnfångare), med vars hjälp man kunde avläsa en himlakropp's höjd över horisonten samt tidpunkt för observationen. Man kunde med andra ord bestämma fartygets avstånd från ekvatorn.

Summan av alla dessa framsteg blev en ny fartygstyp, karavellen, som började byggas i Portugal, där prins Henrik Sjöfararen var en entusiastisk pådrivare. Europa hade nu fått ett fartyg som gjorde upptäcktsfärderna möjliga och med detta ett redskap som gjorde det möjligt att börja lägga grunden för århundradens dominans över människor i andra världsdelar. I Europa påverkades vardagen av de väldiga rikedomarna som togs hem av Spanien och Portugal med en kraftig inflation som följde. En rad nya produkter dök också upp bl a potatis, majs och tobak.

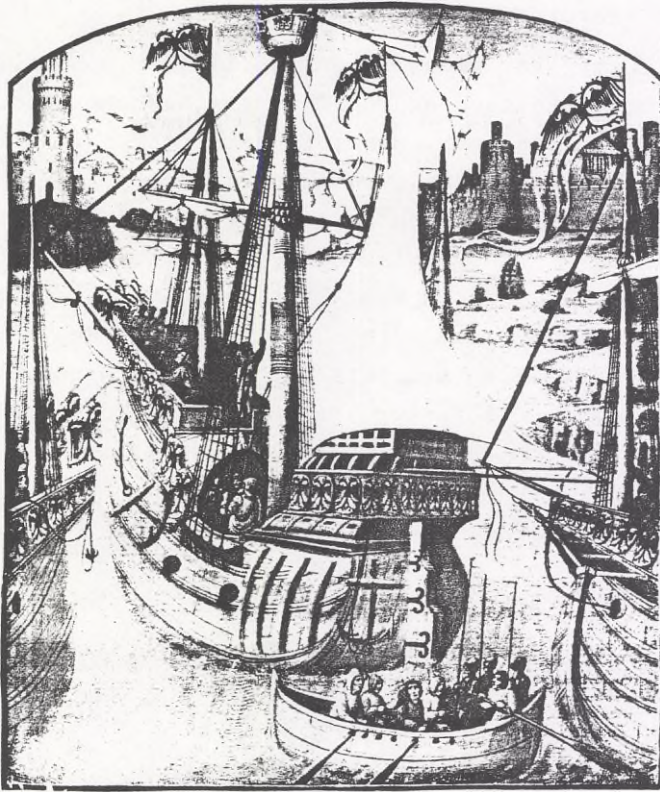


Fig 33. Karavell från 1400-talet utrustad med latinsegel och stävroder

### 5.2. Holland blir en nation att räkna med

Mot slutet av 1500-talet kan man se att en ny nation och en något annorlunda fartygstyp är på väg att bli av betydelse. Den nya nationen var Holland, vars innevävare beskrevs på följande sätt år 1560 av en italienare på besök: "Det är folket som icke odlade lin, men likväl hade flera linneväverier än något annat land i världen, som icke producerade ull, men likväl fabricerade oändliga mängder kläde, som inte heller hade timmer men som byggde fler fartyg än kanske hela resten av Europa."

Den nya fartygstypen kallades fluyt och hade så sakteliga vuxit fram genom förbättringar av båtar som gått på de grunda holländska vattendragen. Fluyten eller flöjten var ursprungligen ett desarmerat örlogsfartyg vars tomma kanonportar gav utseendet av en flöjt. En väsentlig skillnad mellan detta skepp och äldre tiders var att fluyten var ett utpräglat handelsfartyg. Andra fartyg var både handels- och krigsfartyg med den påföljden att utrymmet för

last av handelsvaror minskade.

Holländarnas fartyg var vidare ovanligt långt - upp till 6 gånger bredden. Det ursprungligen av tullskäl smala däcket breddades och gav stora utrymmen för last, och fartygets botten var nästan flat, vilket gav ett stort, nästan fyrkantigt lastutrymme. För att göra skeppen mer lätthanterliga och för att nedbringa antalet besättningsmän hade man minskat seglen och gjort masterna lägre, och man använde också taljor och block i större utsträckning än vad som annars var vanligt. Med liten besättning och med barrträdsvirke i stället för ek i fartygets övre partier kunde fartyget göras billigare än andra fartyg. Med detta fartyg gav sig holländarna ut på haven, och de blev mycket framgångsrika.

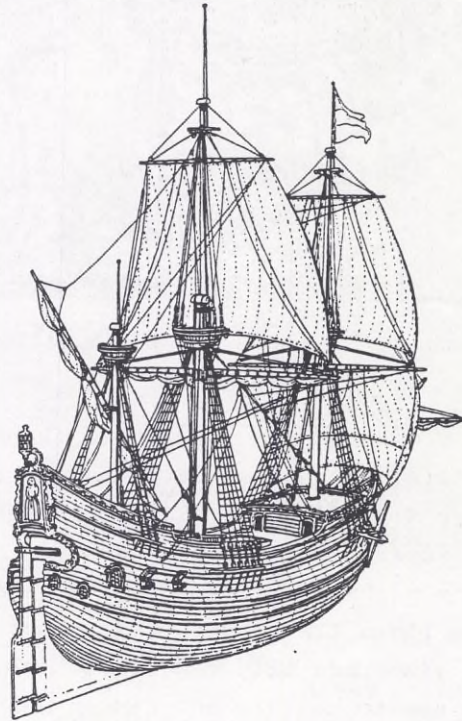


Fig 34. Den holländska fluyten

Man fick allmänt ett starkt materiellt uppsving, manifesterat i målningar av bl a Rembrant, Vermeer van Delft, Frans Hals, m fl. För en tid blev Amsterdam ett centrum för handeln i norra Europa, och börsen i Amsterdam blev ett centrum för världens penningmarknad. Det var också vid denna tid som holländarna invecklade sig i koloniala äventyr i Sydafrika och dagens Indonesien.

Med de långa resorna följde problem av olika slag. Bl a uppstod ett behov av försäkringar, något som fick en lösning i och med att Edward Lloyd år 1688 öppnade en coffeeshop, där bl a försäkringar kunde köpas.

Ett annat problem härrörde från de angrepp som gjordes på fartygens skrov av små mollusker - *teredo navalis* - som levde i tropiska vatten, och som borrade sig in i skroven med förödande verkningar som följde. Enda skyddet mot detta var att smeta ett tjockt lager av tjära över fartygets botten. Tjäran - trätjära - kom till övervägande delen från Skandinavien och de baltiska staterna. För svenskt vidkommande innebar den ökade efterfrågan på tjära (som ju även berodde på att fler fartyg byggdes) att exporten av varugruppen tjära och beck ökade kraftigt. År 1590 utgjorde beck och tjära 1,7% av Sveriges export, och år 1637 hade denna siffra ökat till 7,9%. Alltsedan den tiden kallas trätjära på engelska för *swedish tar*.

En annan svensk produkt som blev en stor exportvara på kort tid var kanoner. Även detta hängde till stor del samman med de sjöresor och den jakt på kolonier som följde på upptäcktsfärderna. År 1626 exporterade Sverige 26 ton gjutjärnskanoner, år 1638 467 ton och år 1641 hela 1202 ton. De flesta av de kanoner som exporterades var fartygskanoner. Detta kunde Sverige åstadkomma tack vare det kunnande invandrade valloner tillfört landet. Största köpare var den nya kolonialmakten Holland, och kanonerna användes bl a då holländarna erövrade stödjepunkter i Ostasien.

Den väldiga efterfrågeökningen på gjutjärnskanoner fick i sin tur en stimulerande effekt på tidens järnbruk. Om man till det nämnda lägger, att den redovisade ökningen inföll under 30-åriga krigets tid, förstår man att järnmarknaden var god, inte minst därför att kanonerna stundtals förbrukade mycket stora mängder av gjutjärnskulor. Enligt en uppgift skall således Tilly ha förbrukat 12 - 18 000 kulor per dag under den två månader långa belegringen av Magdeburg.

De exempel som behandlats ger på olika sätt en bild av den expansion som Europa - i varierande grad - upplevde som en följd av den livligare handel och sjöfart som upptäcktsfärderna betytt så mycket för. Hur väldig denna handelns expansion var förstår man, när man vet att Englands handelstonnage ökade från 50 000 ton år 1572 till 340 000 ton år 1686. Vad Europa upplevde var inte bara

kortsiktiga övergående effekter av upptäcktsfärderna, det var upptakten till en industriell revolution.

### 5.3. Den moderna vetenskapens födelse

En viktig förutsättning för det som skulle komma under 1700-talets senare del och framöver var den utveckling som sköt fart på det vetenskapliga området under 1600-talet. Enkelt uttryckt kan det sägas, att grunden då lades för den moderna naturforskningen, en forskning som skulle få allt större betydelse för praktisk teknisk utveckling.

Forskarna visade att det fanns säkra metoder att nå kunskap om sanningen. I stället för att okritiskt anamma gamla etablerade åsikter skulle man söka kunskap genom att göra egna experiment och undersökningar. Man uppfann nya och effektiva instrument (barometern, termometern, teleskopet och dess motsats mikroskopet t ex), som gav större möjlighet till exakta avläsningar. Därmed blev det möjligt för forskarna att mäta, analysera och uttrycka experimentens resultat med hjälp av matematiken. Genom sitt nya sätt att förstå och ställa problem lade 1600-talets vetenskapsmän grunden till vår tids experimentella forskning.

Utvecklingen gick olika snabbt i olika länder. På vissa håll var den religiösa intoleransen svår och bidrog till att hejda utvecklingen, bl a genom att man i den religiösa intoleransens anda fördrev många duktiga människor som tillhörde "fel religiös grupp". Å andra sidan kunde man se, att länder som tog emot dessa förföljda fick rader av vitaliserande tillskott som blev av stor nationell betydelse (bl a Sverige kan tjäna som exempel på detta). I många länder grundades vetenskapliga akademier. Detta medförde, att vetenskapsmännen fick en respektabilitet som de tidigare saknat, men också att de fick utomordentliga möjligheter till samarbete och tankeutbyte.

Till detta skall läggas, att 1600-talet såg några av historiens verkliga jättar på det vetenskapliga området. En av dessa var Galilei, som efter holländska förebilder konstruerade en egen kikare, med vars hjälp han systematiskt studerade himlavalvet. Han gjorde därvid en rad förbluffande upptäckter. Bl a fann han att månen var översållad med kraterliknande berg och hade en skrovlig yta, vilket tydde på att den var av samma substans som jorden.

Galilei noterade också att månen inte var självlysande utan endast reflekterade solljuset. Han upptäckte vidare att solen inte var ren utan hade fläckar, och av dessas rörelser slöt han sig också till att solen vred sig kring sin egen axel. Galilei upptäckte vidare att Jupiter hade fyra månar som rörde sig kring denna planet. Kort sagt revolutionerades dåtidens världsbild av Galilei. De åsikter som Galilei förde fram stod klart i strid med kyrkans, och hans böcker blev förbjudna. Så småningom kallades Galilei till Rom för att inställa sig inför inkvisitionsdomstolen, och han undgick kättribålet endast genom att avsvärja sig sin lära om jordens rörelse runt solen. Sammanfattningsvis kan det sägas, att Galileis insatser på optikens och på det astronomiska området kom att lägga grunden för den teleskopiska observationseran.

Viktigare var dock hans bidrag till mekaniken, hans grundande av fysiken som en experimentell exakt vetenskap. Han var den förste som insåg kraftens betydelse för rörelsen, och därmed lades grunden för den industriella revolutionen, som ju är en kraftkällornas revolution.

Samverkan mellan rörelse och kraft formulerades inte i slutgiltiga lagar av Galilei, det skulle hans efterföljare - främst Newton - göra. Men hans skrifter om dynamiken gav uppslagen - där fanns lagarna inbyggda. Om denne gigant har det sagts, att "det hade funnits mängder av maskiner före Galileis tid. Efter honom begrep man hur och varför de fungerade."

En annan av 1600-talets verkligt stora var Isaac Newton, den förste som helt lyckades klarlägga planeternas banor. Detta skedde i "Principia", i vilken Newton beskrev de lagar som reglerade all rörelse på jorden och i rymden. Alla sina olika iakttagelser samlade Newton i en skrift som han lämnade in för bedömning till Royal Society. Akademien blev så överväldigad av läsningen, att den förklarade: "Allt är färdigt. Ingenting mer återstår att göra:" Med sina lagar hade Newton formulerat himlakropparnas mekanik.

Newton och hans samtidas teorier fick stor praktisk betydelse. Man lärde sig att bestämma tidvattnets höjd vid olika ställen och att bestämma tiderna för kommande sol- och månförmörkelser. För sjöfarten var det av stor betydelse att få exakt kunskap om



A. absolut gravitet. B. Gravitas apparet absoluta gravitatis C. partial gravitet. D. comparatio gravitatis in partibus et in partibus. E. D. comparatio gravitatis in partibus et in partibus. F. absolut gravitet et in partibus.

Fig 35. En samtida tecknare skojar med Newtons gravitationsteori

solsystemet. Bättre än förr kunde man nu bestämma longitudinerna till sjöss. Även dessa rent astronomiska metoder gav dock ganska stora positionsfel. Av stor betydelse för astronomin var också Huygens insatser för att utveckla Galileis upptäckt av pendelrörelsen till en exakt tidmätningsteknik. Hans försök att konstruera

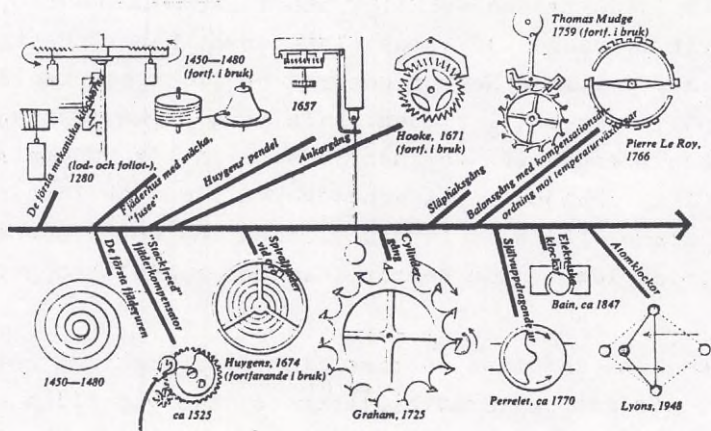


Fig 36. Ur under 700 år

ett noggrannt skeppsur för longitudbestämning med hjälp av skillnaden mellan lokal tid och Greenwich-tid misslyckades dock. Skeppskronometern lät vänta på sig ännu ett halvt århundrade.

Evangelista Torricelli och Otto von Guericke är två andra synnerligen intressanta namn i 1600-talets värld. Utifrån helt olika utgångspunkter bidrog de till att ge ett teoretiskt underlag på vilket de första konstruktörerna av ångmaskiner eller eld- och luftmaskiner kunde bygga vidare. Slutet av århundradet såg också försök att konstruera sådana maskiner.

### Referenser

- Agricola, G., *De re metallica*, New York 1950
- Braudel, F., *Vardagslivets strukturer*, Stockholm 1982
- Bronowski, J., *The Ascent of Man*, London 1973
- Buchanan, R. A., *History and Industrial Civilization*, London 1977
- Bunte, R. & Jörberg, L., *Historia i siffror*. Tabeller, diagram och arbetsuppgifter för undervisningen i historia och samhällskunskap, Lund 1978
- Burke, J., *Connections*, London 1978
- Burstall, A. F., *A History of Mechanical Engineering*, London 1963
- Cardwell, D. S. L., *Technology, Science and History*. A Short History of the Major Developments in the History of Western Mechanical Technology and their Relationships with Science and Other Forms of Knowledge, London 1972
- Cipolla, C. M., *Before the Industrial Revolution*. European Society and Economy 1000-1700, London 1981
- Cornell, E., *Byggnadstekniken*. Metoder och idéer genom tiderna, Stockholm 1979
- Dahl, H., *Teknikk, Kultur, Samfunn*. Om egenarten i Europas vekst, Oslo 1984
- Derry, T. K. & Williams, T. I., *A Short History of Technology*, Oxford 1966
- The Fontana Economic History of Europe*, vol I: "The middle ages", ed by C. M. Cipolla, London 1972
- Hallendorf, H., *Slagsten och automat*. Bilder från verktygsmaskinens utveckling, Stockholm 1967
- A History of Technology*, vol III: "From the renaissance to the industrial revolution c. 1500 - c. 1750", ed by Ch. Singer et al, Oxford 1957
- Hult, J., "Hooke och hans lag", i *Daedalus 1977*, Stockholm 1977
- Odqvist, F., "Hållfasthetsläran som förutsättning för materialprovning, särskilt i Sverige", i *Daedalus 1977*, Stockholm 1977
- Pacey, A., *The Maze of Ingenuity*. Ideas and Idealism in the Development of Technology, London 1974



- Pannel, J. P. M., *Man the Builder*, London 1977
- Sandström, G., *Byggarna. Teknik och kultur från vasshus och pyramid till järnväg och högdamm*, Stockholm 1968
- Sealey, A., *Bridges and Aqueducts*, London 1976
- Strandh, S., *Maskinen genom tiderna*, Stockholm 1979
- Söderberg, S., *Den snillrika människan. Teknik under miljoner år*, Lund 1979
- Technology in Western Civilization*, vol I-II, ed by M. Kranzberg & C. W. Pursell Jr., London 1967
- Transport Technology and Social Change* (symposium 1979), Tekniska Museets Symposia on the History of Technology, ed by P. Sörbom, Stockholm 1980
- Whitney, C., *Bridges*, New York 1981
- Woodbury, R. S., *Studies in the History of Machine Tools*, Cambridge. Mass 1972

## 6. DEN INDUSTRIELLA REVOLUTIONEN

Att den industriella revolutionen tog sin början i 1700-talets England är förmodligen känt av de flesta, men att det skulle bli så var inte alldeles givet. Frankrike med en befolkning 3-4 gånger större än Englands kunde lika gärna ha tagit täten. Frankrike låg mycket långt framme på flera områden. Man hade t ex en större produktion av järn- och bomullsvaror än England. På krigsteknikens område hade man ett övertag till sjöss (ett franskt fartyg med 52 kanoner betraktades som likvärdigt med ett engelskt på 70 kanoner). Frankrike var också Europas ledande land vad beträffar kanal- och vägbyggen samt befästningsbyggen. Alla dessa arbeten krävde noggranna avvägningsarbeten, omsorgsfulla beräkningar och mycket god organisationsförmåga. Fransmännen låg dessutom långt framme på många andra områden, och det råder inga tvivel om att landet hade goda förutsättningar för en industriell utveckling. Hinder fanns dock, ett kom till uttryck i 1789 års händelser och det som följde därpå.

Även ett land som Holland hade goda förutsättningar att industrialiseras tidigt, men det blev alltså England. Varför? Svaret ligger delvis i förhållanden avlägsna från teknologiska förklaringar och kan i punktform beskrivas som följer:

1. England var ett förhållandevis tolerant land på det religiösa området. Bland de många flyktingar man fick ta emot fanns många driftiga och kunniga personer.
2. Unionsakten av 1707 hade gjort Storbritannien till en ekonomisk enhet långt före något annat större område med likartad ekonomisk styrka och resurser.
3. Landet hade stora koltillgångar. Från 1660 producerade de engelska kolgruvorna fem (5) gånger mer än världen i övrigt.
4. England hade ett mycket gynnsamt geografiskt läge ur handels synpunkt.
5. Gillen och skrän hade mindre makt än sina motsvarigheter på kontinenten.
6. Det rådde en omfattande social rörlighet i landet.
7. England var inblandat i flera krig som var lyckosamma ur engelsk synpunkt. Krigsdeltagandet och framgångarna hade en stimulerande inverkan på brittisk ekonomi.

Utifrån olika utgångspunkter kan man fråga sig: "Varför detta århundrade? Varför inte tidigare?". Dessa frågor är väl värda att ställa sig för att reda ut vilka de allmänna förutsättningarna var och vilka eventuella hinder som hade förelegat tidigare. Frågorna kan besvaras på flera sätt. Under första halvan av 1700-talet gjordes stora tekniska framsteg, men det tog tid innan de kunde utnyttjas effektivt. En del av de tidiga uppfinningarna visade sig vara oanvändbara, i vissa fall därför att de var ogenomtänkta, i andra därför att man ännu inte kunde framställa det material som behövdes för deras konstruktion, i andra åter därför att arbetarna saknade tillräcklig yrkesskicklighet eller anpassningsförmåga. Sådana skäl som motvilja till förändringar medverkade också ibland. Industrialiseringen kunde heller inte komma till stånd, förrän kapital fanns i tillräcklig mängd och till ett sådant pris att nödvändiga byggnader och maskiner kunde produceras. Förutom dessa relativt allmänna synpunkter förelåg det inom var och en av de stora produktionsgrenarna något av flaskhals som måste avlägsnas, innan någon verkligt betydande utveckling kunde komma till stånd. Inom jordbruket var det rätten att gemensamt utnyttja allmänningarna och knappheten på vinterfoder för kreaturen, i kolindustrin frånvaron av effektiv dräneringsapparat, inom järnindustrin bristen på lämpligt bränsle, i järnmanufakturerna en av föregående punkt följande råvaruknapphet, i textilindustrierna otillräcklig tillgång på garn. Kommunikationsväsendet slutligen var helt undermåligt i alla avseenden.

Omkring 1760 börjar det hända saker i en helt annan takt än tidigare. Prisnivån stiger, rader av mekaniska nyheter dyker upp, inom jordbruket gör enskiftet snabba framsteg, räntorna sänks, o s v. Viktigt är också att notera, att allt detta sker i ett samhälle med kraftigt ökande folkmängd. År 1700 fanns ca 5,5 miljoner invånare i England och Wales, medan det år 1750 fanns ca 6 miljoner och år 1800 ca 9 miljoner invånare.

Folkökningen berodde inte på någon markerad ökning av födelsetalen, inte heller på en kraftig invandring, utan på en kraftig sänkning av dödstalen. Under perioden 1700-1740 krävde en hejdlös dryckenskap och periodiskt återkommande hungersnöd många offer, men från 1740 minskade dödligheten nästan oavbrutet: från ett uppskattat tioårsmedeltal på 35,8% för perioden 1731-40 till 21,1% för perioden 1812-21.

Orsakerna till denna utveckling var många och kan kortfattat i punktform beskrivas på följande sätt:

1. Odling av foderväxter och rotfrukter gjorde att boskapen lättare kunde hållas vid liv under vintermånaderna. Genom detta ökades också tillgången på kött och gödsel.
2. Ökad konsumtion av grönsaker medförde bättre motståndskraft mot sjukdomar.
3. Vete kom att spela större roll i kosthållet och ersatte spannmål med lägre näringsvärde.
4. Potatis blev ett viktigt födoämne.

En del av nyheterna inom jordbruket byggde på erfarenheter från kontinenten, inte minst Nederländerna, men de flesta var resultat av tävlan mellan godsägare och jordbrukare i England.

5. Förbättrad personlig hygien tack vare bättre tillgång på tvål samt billigare underkläder i bomull.
6. Genom att man började bygga väggarna i boningshusen av tegel i stället för av trä och täcka taken med skiffer i stället för med halm blev man av med mycket av den ohyra som man plågats av.
7. Bättre förhållanden i hemmen när vissa ohälsosamma produktionsmoment, som under hemindustrins tid bedrivits där, flyttades till fabrikerna.
8. De medicinska insikterna ökade, antalet sjukhus av olika slag växte, och man ägnade större uppmärksamhet åt offentlig renhållning och inrättande av offentliga begravningsplatser. De större städerna fick också stenlagda gator m m.

#### 6.1. Utvecklingen på textilindustrins område

I ett samhälle med snabbt växande befolkning var textiltillverkningen självfallet en sektor som mötte en stigande efterfrågan. Men även om köpmännen var ivriga att utnyttja marknaden, hade de svårt att få fram garn. Sedan 1200-talet hade nästan inga tekniska förändringar inträffat på området. Vissa försök till förbättringar hade gjorts vid olika tillfällen under 1500- och 1600-talet, men det mötte ett kraftfullt och ibland brutalt motstånd från skråanslutna yrkesmän och lokala myndigheter. På 1700-talet

kommer dock uppfinningarna slag i slag. De mötte visserligen fortfarande stort motstånd, men nu gick de tekniska framstegen inte att stoppa.

Den första stora uppfinningen kom på vävningens område. Det var den s k flygande skytteln, vilken ungefär fördubblade vävarnas produktivitet. Medan en enda vävare kunde bearbeta garn från fem spinnare före den flygande skytteln (år 1733), kunde nu en vävare bearbeta garn från tio spinnare. Den stora potentiella inbesparingen av arbetskraft låg både före och efter den flygande skytteln inom spinningen. Under århundraden hade den enkla spinnrocken använts. Med hjälp av den kunde ett bra garn produceras, men metoden var långsam och ställde sig dyr i arbetskraft räknat.

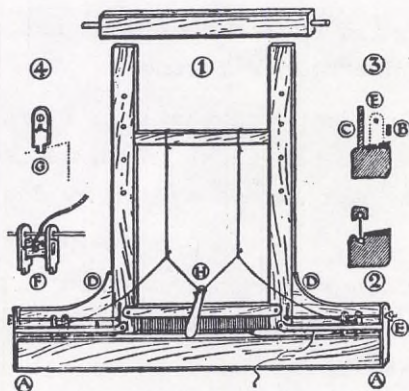


Fig 37. Kay's flygande skyttel

Många försök gjordes nu att utveckla en användbar multipel spinnrock som kunde spinna mer än en tråd åt gången. Den första riktiga framgången var den välkända spinnmaskin ("Spinning Jenny") som James Hargreaves utvecklade mellan 1764 och 1767. Denna multipla spinnrock drevs med handen eller foten och kunde, eftersom den var relativt billig, skötas hemma hos arbetarna. Hargreaves' första maskin hade åtta spindlar, men antalet ökade snart till åttio. En nackdel med Hargreaves' maskin var, att det maskinspunnna garnet var löst tvinnat och därför bara kunde användas som inslag. Varpen måste fortfarande spinnas på spinnrock. I likhet med tidigare uppfinnare fick Hargreaves känna på stark reaktion mot "Spinning Jenny" från flera håll.

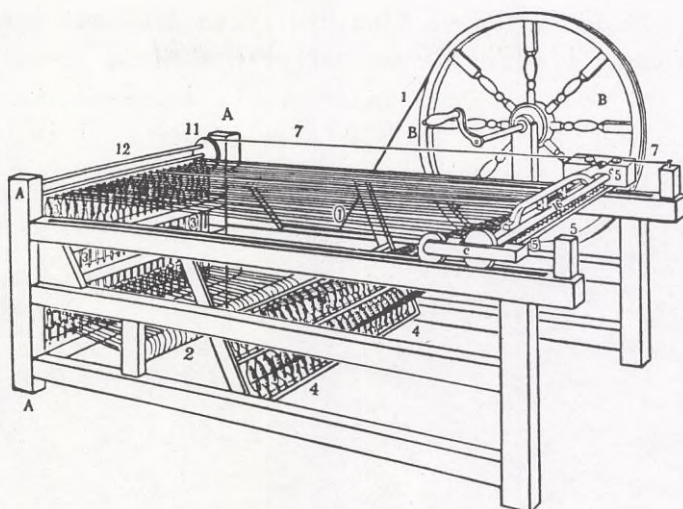


Fig 38. Spinning Jenny

Nästa viktiga steg inom spinningen var den vattenhjuldrivna maskinen, som infördes av Richard Arkwright. Denna maskin var en stor, tung och dyr apparat, vars vattenhjul krävde ett särskilt läge, där mekanisk kraft fanns tillgänglig. Eftersom maskinen var olämplig för hemmabruk, ledde den till grundande av fabriker. År 1771 startade Arkwright en fabrik som drevs med vattenkraft, och snart hade den 600 arbetare, mest barn, anställda. Mer än någon annan enstaka innovation betecknade den vattenhjuldrivna spinnmaskinen början på det fabrikkssystem som är förbundet med den industriella revolutionen.

Arkwrights maskin drev kraftigt upp produktionen av grovt garn, men den var inte lämpad för tillverkning av fint garn. Det bomullsgarn som erhöles dög till varp, vilket inte garnet från Hargreaves' maskin gjorde. Det gällde således att sammanföra de två.

Nackdelen med Arkwrights grova garn övervanns genom mulspinnmaskinen, som uppfanns av Samuel Crompton år 1779. Cromptons maskin kallades mulåsnan eftersom den var en bastard mellan "Spinning Jenny" och den vattenhjuldrivna spinnmaskinen. Det garn som framställdes av Cromptons maskin var starkt, jämnt och fint och kunde användas både som varp och som inslag. Framväxten av fabriker påskyndades nu kraftigt. Vi är nu också framme vid en tid när ångmaskiner blivit möjliga att använda både vid spinnerier och

för att driva vävstolar. I motsats till vad fallet var med spinnmaskinerna tog det relativt lång tid innan den mekaniska vävstolen (konstruerad 1784 av Edmund Cartwright) slog igenom, vilket framgår av följande: år 1813 fanns det 2 400 mekaniska vävstolar i bruk i England, år 1820 hade antalet stigit till 14 000 för att år 1833 uppgå till 100 000.

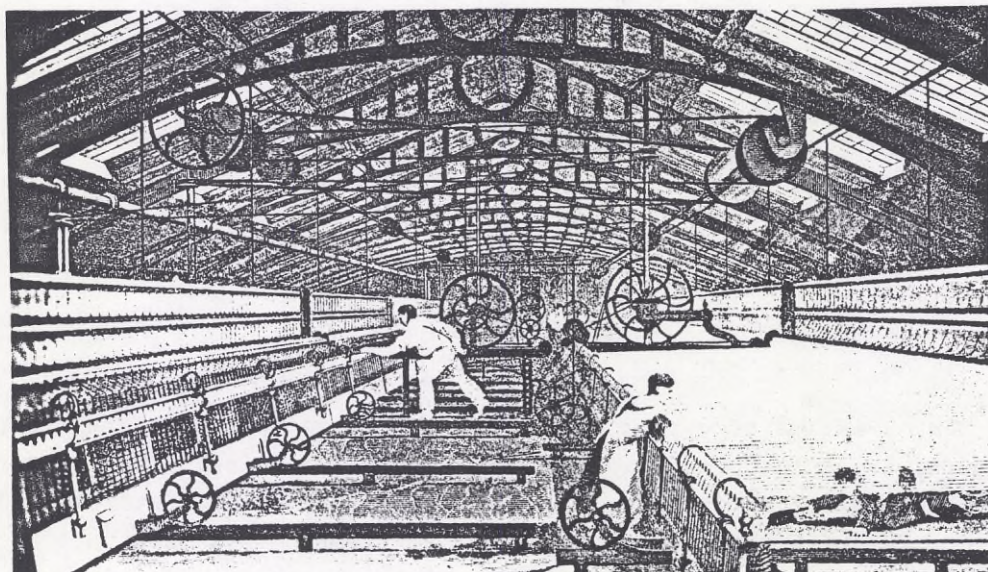


Fig 39. Industriell spinning med mulspinnmaskin år 1835

Som i så många liknande fall mötte de tekniska förändringarna starka protester och motreaktioner. I slutet av 1700-talet reste sig hela byar i revolt. Med en man som kallade sig "general Ludd" i spetsen gick ludditerna till storms mot industrialismen. Men det var förgäves. Genom militära insatser och genom en massprocess, som slutade med att några arbetare hängdes och att andra deporterades kunde man knäcka rörelsen 1813.

## 6.2. Ångmaskinen

En förutsättning för att en industriell revolution skulle komma till stånd var att människan fick en effektivare kraftkälla till sin hjälp. I slutet av 1600- och början av 1700-talet var det särskilt på ett område som detta behov kändes mycket påträngande, och det var i gruvorna och i synnerhet i kolgruvorna. Omkring år 1700 hade de flesta kolfälten passerat det utvecklingsstadium, då kolet kunde brytas i dagbrott. Man började anlägga schakt, som

ibland var ett 70-tal meter djupa. Hanteringen erbjöd flera mycket svåra problem, och ett av de mer svårlösta härrörde från förekomsten av vatten i gruvorna. I norra England brukade man kläda väggarna i schakten med fårskinn, som pressades mot schaktväggen medels förtimringar. Avsikten var att på så sätt hålla tillbaka de källsprång som annars skulle ha gjort det omöjligt att tränga ner igenom de vattenförande berglagren. Det vatten som rann ned på botten av gruvan från gruvgångarna skaffades bort med en mängd olika maskiner, bl a handpumpar eller ändlösa kedjor med hinkar, drivna med handkraft eller med häst- resp åsnevandringar och i undantagsfall med vattenhjul eller vindmotorer. Dräneringskostnaderna var stora, och incitamentet att söka åstadkomma effektivare metoder var stort. Här kom ångkraften att få sitt första stora användningsområde. Beställningar och drivkraft kom också från ett helt annat håll. Furstar av olika slag i denna enväldets tid tillgrip alla upptänkliga medel för att höja sin prestige. Ett sådant bestod i att man i sin tjänst tog samtidigt ingenjörer och vetenskapsmän som man bl a lät anlägga vattenkonster av alla de slag, och dessa fontäner m m skulle då förses med vatten från någon avlägsen källa. De kraftproblem som uppenbarade sig här engagerade många av tidens "ångmaskinbyggare". Furstarnas prestigehunger kom sålunda att befordra utvecklingen av naturvetenskap och teknik.

Försöken att utnyttja ångans kraft kan spåras ända till antiken (Heron), och ett starkt intresse för ämnet bryter fram på nytt under 1500-talets senare del i samband med att skrifter från antiken översattes och spreds (tack vare boktryckarkonsten), och nu på 1700-talet kom alltså det verkliga genombrottet.

Vad som tillkom under denna tid och möjliggjorde genombrottet var de kunskaper man genom olika experiment fick om luftens tryck och vakuumet. Idag är detta självklara fenomen, men så var inte fallet på 1600-talet. Portalgestalterna bland dem som förde kunskaperna framåt på detta område var Evangelista Torricelli, Blaise Pascal och Otto von Guericke.

Torricelli konstruerade en barometer med kvicksilverpelare och fann att denna pelare i ett lufttomt glasrör steg till 760 mm - ibland något mer, ibland något mindre till synes oberoende av vädret. Tomrummet i röret utanför kvicksilvret kallas än idag Torricellis tomrum.



Torricelli ansåg, att orsaken till att kvicksilverpelaren steg i röret var att luften hade tyngd, och att det finns ett bestämt atmosfäriskt tryck som lyfter en vätskepelare exakt till den höjd då dess höjd motsvarar tyngden av den luftpelare som trycker på den yttre vätskeytan. Pascal kompletterade Torricelli några år senare (1648) och fick då bekräftat att lufttrycket avtog med stigande höjd.

Otto von Guericke genomförde vid 1600-talets mitt flera mycket berömda försök med vakuum. Det mest kända är försöket med de Magdeburgska halvkloten. Två stora halvklot av koppar sammanfogades till ett luttätt klot, som åtta par hästar, fyra par spända för vardera halvklotet, inte förmådde dra isär, sedan luften pumpats ut. Beskrivningar av von Guericke's experiment publicerades och väckte stort intresse runt om i Europa. Vad som skulle följa under 1600-talets avslutande del och århundradet därpå var rader av försök att utnyttja "die Kraft aus dem Nichts" - kraften ur intet - i arbetet och nyttans tjänst.

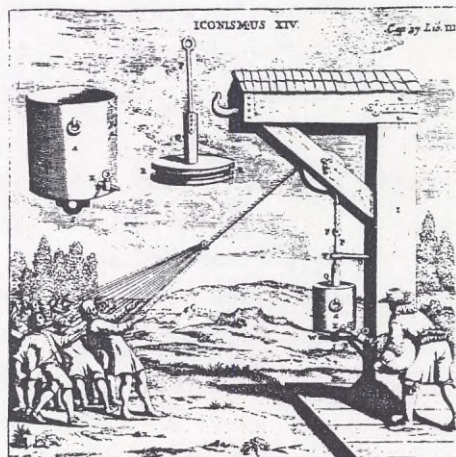


Fig 40. von Guericke visar det atmosfäriska tryckets kraft genom att lufttömma en cylinder i vilken en kolv gled. När kolven pressades ned av lufttrycket lyftes de 20 männen som försökte hålla kolven uppe.

Den första generationen av ångmaskiner byggde på principen att låta lufttrycket verka i en maskin där man hade åstadkommit vakuum. Först James Watt skulle vända på det hela och i stället låta ångans övertryck utföra arbetet.

En av de första stora experimentatorerna med atmosfärmaskiner var den holländska vetenskapsmannen och experimentalfysikern Christiaan Huygens (1629-96). Han var verksam i Paris, och där experimenterade han tillsammans med Denis Papin med en cylinder och en däri glidande kolv. Vakuum i cylindern skulle åstadkommas genom att en liten krutladdning exploderade. Den skulle därvid konsumera allt syre i luften som var innesluten i cylindern, och kolven skulle följaktligen pressas ned av lufttrycket. Naturligtvis fungerade inte detta. Krut är sin egen syrebärare och därigenom lämpat att åstadkomma tryck, inte vakuum. Detta från samtida eldvapentechnik väl kända faktum förbisågs emellertid.

Huygens gick sin väg genom de abstrakta vetenskaperna medan Papin kom att göra banbrytande insatser för att klarlägga egenskaperna hos vattenånga i syfte att tekniskt utnyttja den. Hans mest kända efterföljare under 1600-talets senare del var Thomas Savery, som har blivit känd som konstruktör av pumpmaskinen "Miners friend". Savery demonstrerade en modell av sin uppfinning år 1699, men den lär aldrig ha kommit till användning i någon gruva. Däremot skall den ha använts några år för att pumpa vatten till skovelhjul och för att klara vattenförsörjningen i flervåningshus och t o m för att driva fontäner.

1700-talets första stora namn på området var Thomas Newcomen, köpman från Dartmouth i England. Newcomen handlade med redskap för gruvhantering och kom genom besök vid flera gruvor i kontakt med problemet med vatten.

Efter många års försöksarbete byggde Newcomen sin "atmosfäriska" ångmaskin vid Dudley Castle i Staffordshire år 1712, och detta blev den första praktiskt användbara kraftmaskinen, där "kraften ur intet" svarade för det arbete som maskinen levererade. Ångan hade här endast en förmedlande funktion - att kondensera så att vakuum skulle uppstå - det var lufttrycket som var kraftkällan. Lyfthöjden i Newcomens första maskin var 60 meter, slaget var 3 meter, den gjorde 12 slag i minuten och lyfte 50 liter vatten vid varje slag vilket motsvarar 8 hästkrafter eller 6 kW.

Bland de personer som fanns i Newcomens närhet var svensken Mårten Triewald, en begåvad naturvetare och tekniker, som vistades i England under några år och även kom i kontakt med Isaac Newton. Triewald återvände till Sverige 1726 och lyckades bygga en första svensk ångmaskin (eller eld- och luftmaskin) vid Dannemora gru-

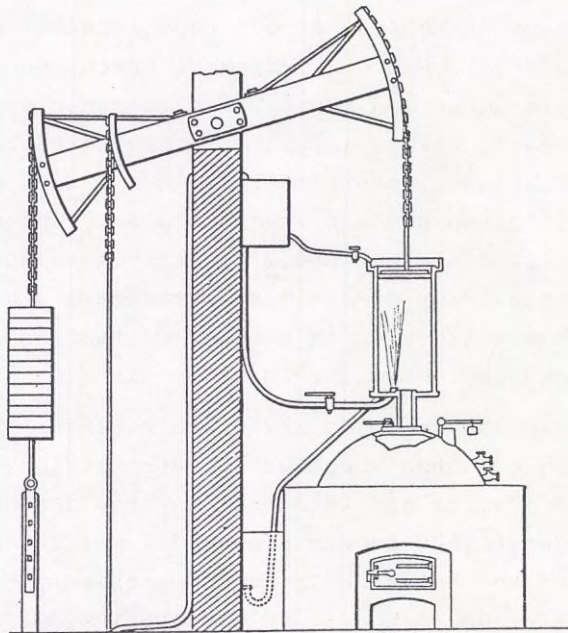


Fig 41. Newcomens atmosfäriska ångmaskin

vor år 1728.

De tidiga atmosfäriska maskinerna mötte åtskilliga svårigheter, så även Triewalds. För åtskilliga konstruktions-element i maskinens ventiler, kranar, rör och skarvar krävdes en helt annan teknologi än vad träkonstruktioner inom vatten- och väderkvarnstekniken krävt. Maskinbyggandet hade ännu inte hunnit ikapp. Newcomen hade stora besvär med tätningen av kolven i cylindern. Man kunde på den tiden varken gjuta eller på annat sätt tillverka cylindrar med större diameter än 50-75 cm, och den inre ytan finarbetades med mejsel och fil. Kolven försågs med läderpackning, och för att få den att sluta tätt mot cylindern fyllde man på ett tunt lager vatten på dess översida; en sådan tätning kallas vattenförsegling. Genom dessa ofullkomligheter kom luftens tryck på kolven knappast att utnyttjas mer än kanske till hälften.

Ären fram till 1760-talet såg fler och fler atmosfäriska maskiner tas i drift. Maskinerna byggdes större och större men fortfarande enligt den ursprungliga konstruktionen. Maskinens kritiker ansåg att materialförslitningen och den höga bränsleåtgången utgjorde stora problem, och den uppfattningen bidrog till att hålla tillbaka en ytterligare användning av maskinen.

Den förste som mer systematiskt grep sig an problemen var John Smeaton. Han samlade in alla upplysningar som stod att få om konstruktions- och driftsförhållanden hos de något över hundra Newcomenmaskiner, som då fanns i England. Den mest besvärande ofullkomligheten som Smeaton fann var att kolven inte slöt tätt intill cylinderns vägg. Tekniska metoder för att tillverka noggrant tillpassade cylindrar och kolvar fanns inte, likaledes saknades yrkeskunnigt folk, som skulle kunna klara en sådan tillverkning. De yrkesmän som mestadels anlätades för att göra cylindrarna var konstklockgjutarna. De kunde konsten att hantera stora smältor men hade inte någon erfarenhet av efterbehandling av ytor. Snarare ansågs det bland dessa att en skrovlig yta i det inre av en kyrkklocka gav en särskilt fin klang.

Behovet av invändig bearbetning av de gjutna cylinderämnena fick Smeaton att konstruera en maskin, i vilken en skärande egg av stål var fäst på en roterande axel som fördes in i cylinderämnets centrum. Smeatons konstruktion - arborrverkets urfader - förbättrades senare av verktygsmaskinbyggaren John Wilkinson, som 1774 konstruerade en maskin som genom sin robusta uppbyggnad gav mycket hög precision. Vid borrar av en 50 tum (ca 127 cm) cylinder avvek det inte på någon punkt "med tjockleken hos en liten skilling" från sitt rätta mått. Med små förändringar användes denna för att borra cylindrar för lokomotiv ännu år 1851. Wilkinsons bormaskin har ansetts vara den första egentliga verktygsmaskinen.

En av de stora pionjärerna ifråga om verktygsmaskiner fanns faktiskt i Sverige. Det var Christoffer Polhem (1661-1751), som efter en rad förbättringar av gruvmaskiner byggde en serie modeller av mekaniska element, lämpliga att sammanfoga till verktygsmaskiner (bl a för framställning av kugghjul). Serien med modeller utnyttjades i hans undervisning och kallades Polhems alfabet.

En person som skulle få den allra största betydelse för ångmaskinens utveckling var James Watt. Han började sin bana som instrumentmakare vid universitetet i Glasgow, där man hade använt en modell av Newcomens maskin i fysikundervisningen. Eftersom maskinen inte fungerade, fick Watt i uppdrag att reparera den. Han slogs då av att maskinen förbrukade stora mängder ånga och drog den slutsatsen att ångan ideligen förlorade värme genom att kallt vatten sprutades in för att få den att kondensera. Därigenom av-

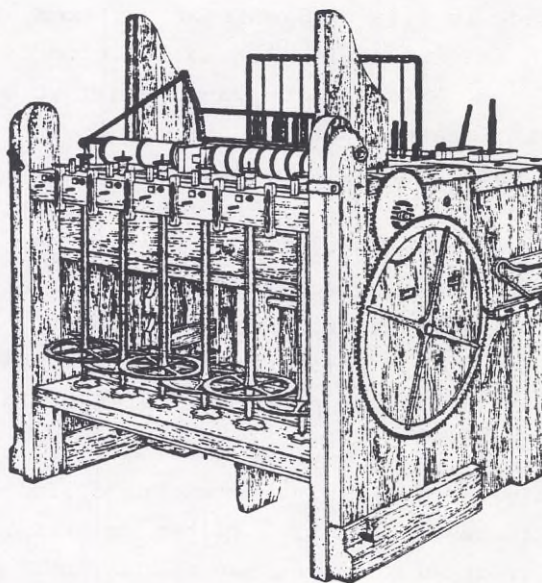


Fig 42. Polhems vattenhjulsdrivna maskin för framställning av kugghjul till ur

kyldes också cylindern, vilket inte gjorde saken bättre. Ångans inneboende värme förslösades genom avkylningarna. Watt löste problemet genom att låta ångan kondenseras i en särskild cylinder. För att ytterligare förbättra värmeekonomin försåg han arbetscylindern med en mantel, som genomströmmades av ånga. Resultatet blev ångmaskiner med en bränsleåtgång som var en tredjedel av det normala för Newcomens maskiner. Watts maskiner blev snabbt kända för sin låga bränsleförbrukning, och det företag, som bildats av Watt och Matthew Boulton fick mängder av beställningar. Även i detta sammanhang prövades en ny idé. Boulton & Watt sålde inte maskinerna utan tillämpade en form av "leasing", innebärande att kunden förband sig att betala en premie motsvarande en tredjedel av den bränslesparning han gjorde genom att använda sig av en maskin från Boulton & Watt i stället för en Newcomenmaskin.

Watt slog sig inte till ro efter framgången utan arbetade vidare med sin ångmaskin och åstadkom rader av förbättringar bl a genom att överföra kolvens fram- och återgående rörelse till en rotationsrörelse. En svårighet han här mötte var att vevrörelsen var patenterad, man hans uppfinning, den s k planetväxeln, som innebar en okonventionell lösning på problemet, kringgick patentet.

Detta skedde 1781, och året därpå gjorde han maskinen dubbelverkande, varigenom han fick ut två gånger så stor effekt ur den, trots att cylindervolymen var oförändrad. Då kolven i Watts dubbelverkande maskin arbetade i båda riktningarna, måste de kedjor, som förband kolvstängan resp pumpstängan med balansbommar, bytas ut mot stänger. För att styra den yttre änden av dessa stänger i en rätlinjig rörelse tillkom parallelogramstyrningen som Watt kom att betrakta som sitt mästerverk framför andra. 1787 infördes automatisk hastighetsreglering av maskinen - centrifugalregulatorn - och sju år senare ersattes planetväxeln med en vevaxel, när det förutnämnda patentet löpt ut.

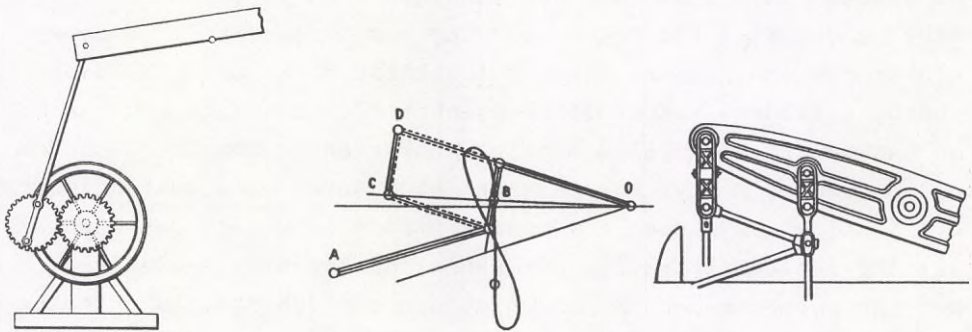


Fig 43. Planetväxeln och parallelogramstyrningen (princip och konstruktion)

### 6.3. Utvecklingen på järn- och stålframställningens område

Som visats såg 1700-talet stora förändringar på flera områden. En växande befolkning, nya och allt effektivare kraftmaskiner, ett framväxande fabriksystem med åtföljande befolkningsomflyttningar m m, allt detta innebar kraftigt ökad efterfrågan på trä och järn, men för att denna skulle kunna tillfredsställas krävdes en rad tekniska förändringar.

På järnframställningens område var tillverkningskapaciteten låg. Trots 1600-talets tekniska nyheter, som den franska och den tys-

ka masugnen, den förbättrade blåsbälgen, m m, var en god genomsnittlig veckoproduktion inte högre än ca fem ton. Ett stort problem i det här fallet var att man före den industriella revolutionen var helt beroende av trä i form av träkol som bränsle för att smälta järnmalm. Träet var en stor bristvara i det land som först efterfrågade stora mängder järn, d v s England, och man var starkt beroende av import bl a från Sverige.

Under hela 1600-talet hade engelsmän utan framgång experimenterat med koks inom tackjärnstillverkningen, men med det nya århundradet kom framgången. År 1709 lyckades nämligen Abraham Darby framställa tackjärn med hjälp av koks. Genombrottet har betecknats som det största tekniska framsteget inom järntillverkningens teknologi under 1700-talet och har förklarats med att Darby hade en ovanligt stor masugn och att luften tillfördes under större tryck än vad som då var vanligt. Viktigast var emellertid, att Darby i Shropshire hade tillgång till kol av ovanligt god kvalitet. Genombrottet gjordes som nämnts 1709, men det dröjde ganska länge innan den nya tekniken fick någon större spridning. Under lång tid framåt utnyttjades den endast av Darbys släktingar och vänner. Man har förklarat detta med kväkarnas (Darby tillhörde kväkarna) benägenhet för isolering och kanske en önskan att undanhålla möjliga konkurrenser närmare kändedom om processen. Darbys kokstackjärn hade under alla omständigheter ett tämligen begränsat användningsområde, eftersom det ansågs alltför svavelhaltigt för att kunna färskas till smidesjärn. Det var bara när det gällde gjutjärn som det fossila bränslet kunde ersätta träkolen.

Darbys upptäckt följdes snart av fler. I mitten av 1700-talet förbättrade hans son Abraham Darby d y blåsbälgen, och omkring 1760 gjordes ytterligare ett framsteg, då John Smeaton införde en blåsmaskin som gav mycket högre temperaturer än vad som var möjligt med tidigare blåsbälgar.

Till följd av Darbys och Smeatons insatser blev tackjärn och gjutjärn relativt billigt och efterhand också kvalitativt bättre. Förbättringen i gjutjärnets kvalitet ledde till att järnet kom att användas i många nya sammanhang, som till gångjärn, köksugnar, räls, broar (bl a världens första järnbro - Ironbridge i England), slussportar till kanaler, gjutgoods till ångmaskiner och delar av annat slags maskineri. Nästa stora och viktiga steg togs i och

med att metoden för tillverkning av smidesjärn förbättrades. Det skedde med flamugnar, i vilka oxidrik slagg i smältan avgav syre som förbrände kolet i järnet. 1784 utvecklade sedan Henry Cort och Peter Onions en ny flamugnsteknik som blivit känd som "puddlingsprocessen". Metoden innebar dels att bränslet inte kom i kontakt med smältan, dels att det smälta järnet i flamugnen oavbrutet rördes om för att kol och föroreningar effektivt skulle brännas bort. Vid ungefär samma tid kom Cort med ännu en stor innovation, valsverket, i vilket järnet kunde formas till plåt eller stänger för vidare bruk. Om puddlingprocessen och valsverket användes, kunde femton ton smidesjärn produceras på samma tid som förut behövts för att producera ett ton.

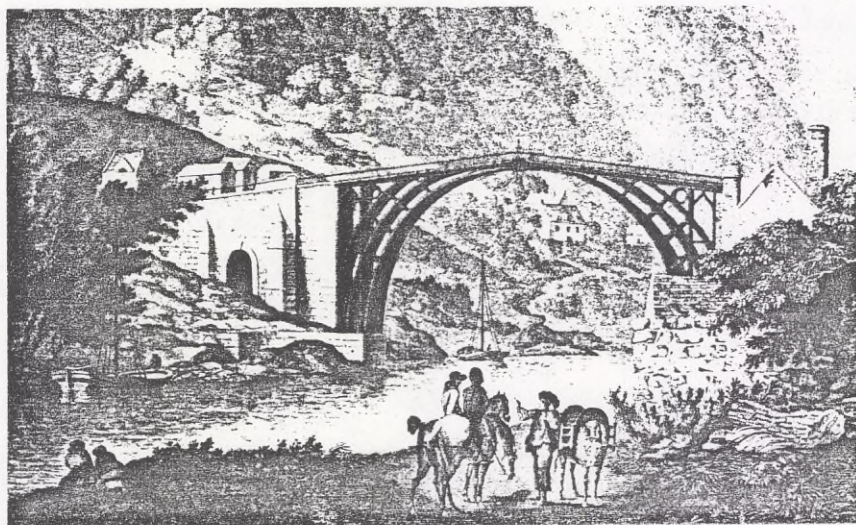


Fig 44. På nyårsdagen 1781 invigdes denna världens första järnbro i, vad som sedan kommit att kallas, Ironbridge

Metoder för tillverkning av billigt stål kom inte i bruk förrän under senare hälften av 1800-talet. Det gjordes dock vissa framsteg i riktning mot tillverkning av stål av bättre kvalitet under 1700-talet. Den viktigaste nya processen var Benjamin Huntsmans upptäckt av degelstålet o år 1740. Före Huntsmanprocessen tillverkades stål genom att högvärdigt svenskt stångjärn upphettades med träkol för att dess kolhalt skulle öka till önskad grad. På grund av ansvällningarna på ytan av denna produkt kallades den "blåsjärn". När små bitar av blåsstål hamrades och upphettades frambragtes en bättre kvalitet, känd som garvstål. Huntsman pla-



cerade blåsstål i en lufttät degel tillsammans med en passande kvantitet pulvriserat glas. Efter att ha underkastats intensiv hetta hälldes det smälta innehållet i degeln i formar för att producera degelstål eller stålsgjutgods. Detta stål av hög kvalitet användes till klockfjädrar, rakknivar, fina skärverktyg och redskap för maskintillverkning, t ex Wilkinsons cylinderborrmas- kin.

#### 6.4. Problem inom kolhanteringen

Som framgått av det föregående hade tekniska framsteg på olika områden skapat förutsättningar för ökad produktion kvantitativt sett, men även kvalitativt hade framsteg gjorts. Fortfarande fanns dock många hinder som hämmade en fortsatt snabb utveckling. Ångmaskinerna hade bidragit till att lösa ett svårt problem inom kolbrytningen, men under lång tid kunde de enbart nyttjas för pumpning; de kunde däremot inte användas för uppvindandet av kolet ur gruvorna. Detta gjordes med hjälp av hästvandringar, genom vilka kolfyllda vidjekorgar fördes till schaktets öppning. Det förekom också att man använde sig av, som en gruvägare uttryckte sig på 1800-talet, "den motbjudande metoden att forsla kol på damernas ryggar".

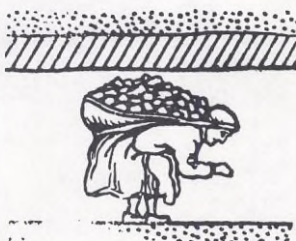


Fig 45. Kvinnlig kolbärare (1600-talet)

Ett annat svårt tekniskt problem kvarstod inom kolbrytningen - gruvgasen. Den kemiskt neutrala gruvgasen kunde man bli av med genom att dra knippen av fuktig ginst genom gruvgångarna. Men den explosiva gruvgasen var svårare att komma till rätta med. Man försökte bli av med den på olika sätt. En metod var att låta en arbetare, som var klädd i skyddsdräkt av läder eller vattendränkt tyg, försöka att få gasen att explodera med hjälp av brinnande

ljus, placerat i änden av en lång stör. En annan metod bestod i att gräva två schakt som stod i förbindelse med varandra. Genom att i det ena schaktet sänka ned en järnkorg med brinnande kol fick man till stånd en uppåtriktad luftström där och tillförsel av frisk luft genom det andra schaktet. Ungefär samtidigt infördes en nyuppfunnen belysningsanordning, kallad "steel-mill". En pojke, som stod bredvid gruvarbetaren, vevade runt ett litet hjul, vars kuggar slog gnistor mot ett flintstycke. Gnistorna gav en svag belysning, och på så sätt kunde man arbeta utan att löpa den risk, som den brinnande lågan på ett ljus alltid medförde. Men inte heller denna metod gav någon garanti mot explosionsolyckor, och i flera gruvor föredrog arbetarna att reda sig så gott det gick med det svaga fluorescerande ljus som spreds av ruttnande fisk eller självlysande trä.

Sammantaget kan konstateras, att kolet under 1700-talets första del spelade en viktig roll på många områden, och att en viss produktionsökning ägde rum. Expansionen var dock långsam och satte gränser för industrins allmänna utveckling.

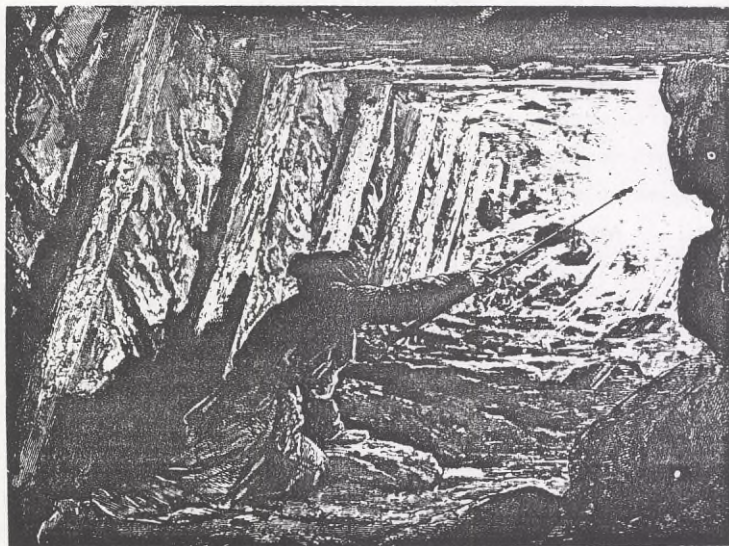


Fig 46. Eldare antänder den explosiva gruvgasen

#### 6.5. Förbättrade kommunikationer

Även om kolhanteringen utvecklats snabbare och Darbys metoder fått en annan spridning, fanns ett annat hinder som skulle ha bromsat utvecklingen - bristen på goda kommunikationer (liksom

ett välanpassat handels- och creditsystem m m).

Alla samtida iakttagare bekräftar, att Storbritanniens inre kommunikationer under 1700-talet inte på långt när motsvarade näringslivets behov. De vägar som fanns var i allmänhet olämpliga för hjulfordon, och en stor del av landtransporterna utfördes därför med klövjehästar, som gick i långa karavaner på stenlagda stigar. När det gällde skrymmande, tunga eller ömtåliga varor var sjö- och flodtransporter billigare och säkrare än landtransporterna. Som en följd av detta kom mycket stora kanalbyggnadsprojekt att dras igång redan på 1600-talet. Ett exempel på detta utanför Storbritannien är den s k Canal du Midi, som förbinder Atlanten med Medelhavet. Kanalen är ca 230 km lång, den har en höjdskillnad på 200 m, och här finns 100 slussar. Kanalen byggdes åren 1666-1681 och är ett av flera exempel på stora kanalbyggen i 1600-talets Frankrike.

Kanalbyggandet tilltog under 1700-talet och blev särskilt intensivt åren 1760-1830. I England talade man rentav om "kanalbyggnadsraseriet" åren 1790-94. Kanalbyggen fick viktig betydelse i flera avseenden. Ett var att en ny typ av ingenjörer (ej militära utan civila; engelskans *civil engineer* betyder också väg- och vattenbyggare) träder fram och får tillägna sig den skicklighet, uthållighet och organisationsförmåga som 1800-talets järnvägsbyggande kommer att kräva. Också landsvägarna genomgick en förnyelseperiod under kanalbyggenas tid. I början av 1700-talet hade man utfärdat förordningar, som föreskrev vilken maximivikt vagnslasterna fick ha, hur många hästar som fick spännas för en vagn, och hur breda hjulringarna på forvagnarna minst måste vara. Politiken gick ut på att anpassa trafiken efter vägarna. Till pionjörerna på området hörde John Metcalf. Där det underliggande jordlagren var mjuka, lät han lägga knippen av ljung som underlag för vägbanan. Denna gjorde han konvex, och för att leda bort vattnet lät han gräva ordentliga diken.

Andra framstående vägbyggare var Thomas Telford och John Loudon Macadam, båda födda på 1750-talet och döda på 1830-talet. Telford och Macadam tillämpade vitt skilda principer vid sina vägbyggen. Telford lade huvudvikten vid ett fast underlag, medan Macadam hävdade, att "det är den naturliga jorden som bär upp trafiken, om den hålls torr kan den bära vilken vikt som helst". Macadam nöjde sig alltså med att använda den jord som fanns på plats, såg

till att den hölls torr antingen genom att anlägga avlopp till lägre mark eller också genom att höja vägbanan. Han ansåg också att vägens tjocklek var oväsentlig. Vad som var viktigt var konstruktionen av en ogenomtränglig och oförstörbar täckning av jorden. Vägbanan skulle vara konvex och bestå av hårt sammanpressade sten- och flintskärvor, efter Macadam talar vi också om detta som makadam.

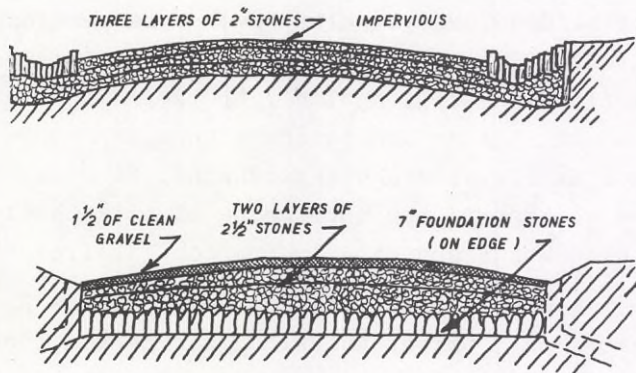


Fig 47. Tvärsnitt av McAdams (övre bilden) resp Telfords vägbanor (undre bilden)

Följden av de nämnda insatserna blev att man kunde börja använda vagnar, och antalet privata åkdon och offentliga transportmedel ökade kraftigt. Ett intresse för hästar samt dessas exteriör och prestanda växte också fram. Detta är på sitt sätt en parallell till den utveckling som medeltiden såg i samband med att den tunga plogen och stigbygeln ökade användningen av hästar. Sammanfattningsvis kan konstateras att ett stycke in på 1700-talets senare del var läget följande: allt effektivare men stationära ångmaskiner, en kolproduktion som steg allt kraftigare ju längre århundradet led, en allt större tillgång på billigt gjutjärn, kanaler i mängder runt om i Europa, vägar som var farbara med vagnar. I detta samhälle fanns rimligtvis en stor efterfrågan på effektiva transportfordon. Skulle inte de olika tekniska framstegen kunna kombineras så att något nytt trädde fram på den fronten. Tanken bars säkert av många, men den som blev först att försöka realisera den var fransmannen Nicolas Joseph Cugnot, och året var 1769. Cugnot, som var artilleriofficer, konstruerade en vagn som skulle dra kanoner. Den var trehjulig och hade en 50 liters ångpanna. Vagnen, som kunde gå med en hastighet av 3-4 km/timmen,

kördes i mellan 12 och 15 minuter, varefter den gick in i en mur, och där slutade detta första försök.

Arbetet på att få fram bättre transportfordon fortsatte dock vid kolgruvorna. Vid de större gruvföretagen hade man sedan länge brukat anlägga spår av träbjälkar, på vilka kolvagnarnas hjul löpte. I början av 1700-talet förekom det att man fäste gjutjärnsplattor på bjälkarna, och år 1767 anlade Richard Reynolds en dragväg med gjutjärnsräls från Coalbrookdale (platsen för Abraham Darbys berömda masugn) till Severn; rälsen försågs med flänsar som hindrade hjulen från att glida av spåret (1789 flyttade man över flänsarna till hjulen). År 1801 följde nästa steg i utvecklingen. Då anlades den första järnvägen med ändamål att utföra transporter för allmänhetens räkning. På dessa järnvägar drogs vagnarna av hästar, men uppfinnare på olika håll grubblade på hur man skulle kunna utnyttja ångkraften istället för hästen.

Två av de stora i detta sammanhang var engelsmannen Richard Trevithick och amerikanen Oliver Evans. De var de som först gav sig i kast med att förbättra ångmaskinen genom att öka ångtrycket och söka finna nya konstruktionsidéer. Vid jultiden 1801 var Trevithick klar med sin kompakta högtrycksmaskin - en ångvagn som skulle företa en provtur i en uppförsbacke. Efter ett första misslyckande klarades backen av, och Trevithick fortsatte på den inslagna vägen. 1804 ombads han av en kolgruveägare att bygga ett fordon som kunde frakta tio ton malm längs en 15 km lång spårväg.

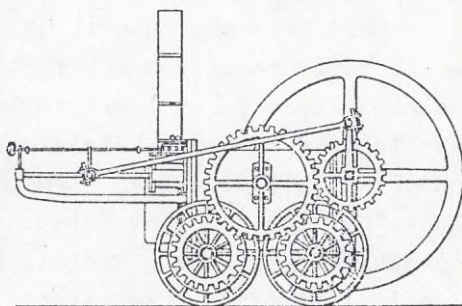


Fig 48. Trevithicks lokomotiv från 1804

Trevithick antog utmaningen, och i februari 1804 drog den 5 ton tunga maskinen den önskade lasten. Resan var dock inte helt problemfri. Fordonets hackiga, hoppande gång förstörde de dyrbara och bräckliga gjutjärnsplattorna som banan var beklädd med; vidare var maskinen alltför stark för sin vikt, varför hjulen kom att spinna på spåret. Efter detta ansåg många det uppenbart att man inte kunde använda släta hjul på slät räls. Försök med kuggbanor följde, och järnvägens genombrott skulle dröja en tid.

Det område där man först lyckades använda ångmaskinen som "en flyttbar möbel" var sjöfartens. Tidiga försök hade gjorts i Frankrike (1700-talets senare del), men det verkliga genombrottet kom i USA år 1807. Den som svarade för bedriften var Robert Fulton, en person som ombetts konstruera ett fartyg för ångtrafik på Hudsonfloden. Maskin och panna importerades från England, och efter en trevande start kom "Clermont" att klara provturen med glans. "Clermont" gjorde en genomsnittsfart på fyra knop under den 24 timmar långa provturen.

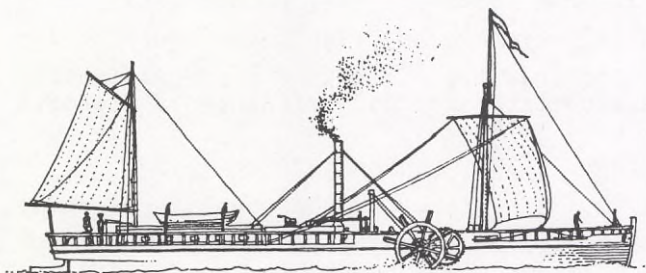


Fig 49. Clermont

1818 var nästa märkesår för ångsjöfarten. Det året gick fullriggaren "Savannah" över Atlanten som första fartyg försett med ångmaskin. Men eftersom "Savannah" under den 27 dygn och 11 timmar långa resan använde maskineriet i endast 85 timmar är det knappast fullt korrekt att betrakta henne som den första verkliga atlantångaren. Först var egentligen "Sirius", som sattes in av ett konkurrerande engelskt sällskap. "Sirius" lyckades ta sig över Atlanten men hade då gjort slut på allt brännbart ombord inklusive nästan hela inredningen, eftersom kolen hade tagit slut. Dessa båda exempel illustrerar väl ångfartygens akilleshäl - en

energiförbrukning som på långa resor krävde väldiga kolboxar och följaktligen mycket stora fartyg om över huvud taget en "betalande" last skulle kunna fraktas. Segelfartygen slogs därför ej ut av ångfartygen förrän efter ytterligare ca 100 år. En uppfinning som innebar ett stort steg i ångfartygens utveckling och som därför fick god genomslagskraft var propellern (o 1840).

Även inom luftfarten började det hända saker under 1700-talet. Mest känd är bröderna Montgolfiers 25 minuter och 8 km långa färd med varmluftsballong. Väl känd är också professor Charles samtida framsteg med vätgasfylld ballong. 1700-talets experimenterande med gas öppnade också andra möjligheter såsom att få till stånd belysning i fabriker, i hem och på gator. Utvecklingen på detta område liksom på flera andra skulle gå mycket snabbt under 1800-talet, men gasen skulle få se sig konkurreras ut av en av det slutande 1800-talets verkligt stora nyheter - elektriciteten.

#### Referenser

- Braudel, F., *Vardagslivets strukturer*, Stockholm 1982
- Bronowski, J., *The Ascent of Man*, London 1973
- Buchanan, R. A., *History and Industrial Civilization*, London 1977
- Bunte, R. & Jörberg, L., *Historia i siffror*. Tabeller, diagram och arbetsuppgifter för undervisningen i historia och samhällskunskap, Lund 1978
- Burke, J., *Connections*, London 1978
- Burstall, A. F., *A History of Mechanical Engineering*, London 1963
- Cardwell, D. S. L., *Technology, Science and History*. A Short History of the Major Developments in the History of Western Mechanical Technology and their Relationships with Science and other Forms of Knowledge, London 1972
- Cornell, E., *Byggnadstekniken*. Metoder och idéer genom tiderna, Stockholm 1979
- The Civil Engineer*. His origins, New York 1970
- Dahl, H., *Teknikk, Kultur, Samfunn*. Om egenarten i Europas vekst, Oslo 1984
- Daumas, M., *A History of Technology and Invention*, vol III, New York 1979
- Derry, T. K. & Williams, T. I., *A Short History of Technology*, Oxford 1966
- Dickinson, H. W., *A Short History of the Steam Engine*, Cambridge 1938
- Dillard, D., *Västeuropas och Förenta staternas ekonomiska historia*, Lund 1978
- The Fontana Economic History*, vol II: "The sixteenth and seventeenth centuries", London 1974

- Hallendorf, H., *Slagsten och automat. Bilder från verktygsmaskinens utveckling*, Stockholm 1967
- A *History of Technology*, vol III: "From the renaissance to the industrial revolution c. 1500 - c. 1750", ed by Ch. Singer *et al*, Oxford 1957
- vol IV: "The industrial revolution c. 1750 - c. 1850", ed by Ch. Singer *et al*, Oxford 1958
- Hult, J., "Hooke och hans lag", i *Daedalus 1977*, Stockholm 1977
- Landes, D. S., *The Unbound Prometheus. Technological Change and Industrial Development in Western Europe from 1750 to the Present*, London 1969
- Lindqvist, S., *Technology on Trial. The Introduction of Steam Power Technology into Sweden, 1715-1736*, Uppsala 1984
- Mumford, L., *Technics and Civilization*, London 1934
- Odqvist, F., "Hållfasthetslära som förutsättning för materialprovning, särskilt i Sverige", i *Daedalus 1977*, Stockholm 1977
- Pacey, A., *The Maze of Ingenuity. Ideas and Idealism in the Development of Technology*, London 1974
- Pannel, J. P. M., *Man the Builder*, London 1977
- Sandström, G., *Byggarna. Teknik och kultur från vasshus och pyramid till järnväg och högdamm*, Stockholm 1968
- Sealey, A., *Bridges and Aqueducts*, London 1976
- Strandh, S., *Maskinen genom tiderna*, Stockholm 1979
- Söderberg, S., *Den snillrika människan. Teknik under miljoner år*, Lund 1979
- Technology and Culture. The International Quarterly of the Society for the History of Technology*, Detroit, Mich. Diverse uppsatser från 1980 och framåt.
- Technology in Western Civilization*, vol I-II, ed by M. Kranzberg & C. W. Pursell Jr., London 1967
- Transport Technology and Social Change* (symposium 1979), Tekniska Museets Symposia on the History of Technology, ed by P. Sörbom, Stockholm 1980
- Whitney, C., *Bridges*, New York 1981
- Woodbury, R. S., *Studies in the History of Machine Tools*. MIT Press, Cambridge, MA 1961



## 7. 1800- OCH 1900-TAL

När 1800-talet började hade England som världens första industrialiserade nation skaffat sig ett övertag gentemot andra nationer, som skulle ge det lilla landet en dominerande ställning på de flesta områden en bit in på 1900-talet. Frankrike, som lika gärna kunde ha varit industrialiserat vid denna tidpunkt, genomled en våldsam inre kris. Ända sedan 1789, när den stora revolutionen utbröt, hade landet plågats av häftiga inre motsättningar, samtidigt som man gång efter annan befann sig i krig med andra nationer. Med det nya århundradet och den nye ledaren, Napoleon, blev krigstillståndet av nästan permanent natur fram till 1815. Den tid som sedan följde blev en tid av tidvis mycket starka motsättningar i hela Europa mellan konservativt och liberalt tänkesätt. Fram emot 1800-talets mitt börjar även socialistiska idéer göra sig gällande. De dyker upp under revolutionsåret 1848 utan att då få någon större betydelse, men efterhand som 1800-talet går och övergår i 1900-talet blir socialismen en allt mäktigare kraft i olika nationers utveckling.

Fram emot 1800-talets mitt hade liberalerna fått övertaget på de flesta håll i Europa. En av många följderna av detta blev en kraftig liberalisering av näringslivslagstiftningen - en nog så viktig förutsättning för att vunna tekniska framsteg lättare skulle kunna omsättas i praktisk verklighet. En annan förutsättning för att industrialiseringen skulle rulla vidare var naturligtvis att det gamla och stela ståndssamhället avvecklades, d v s att något av den utveckling som Frankrike upplevt under 1700-talets slut upprepades i en eller annan form.

Efter hand som 1800-talet framskred genomgick land efter land en industriell revolution. Med detta kom levnadsförhållanden och politiska maktförhållanden att förändras i grunden. En av de viktigaste drivkrafterna i denna utveckling utgörs av den tekniska utvecklingen, men det förtjänar att upprepas: utan ett nytt ekonomiskt och politiskt tänkesätt med åtföljande genomgripande samhällsförändringar (delvis genomförda med och tack vare ny teknik) hade denna utveckling knappast varit möjlig. Eller är det möjligt så att det omvända är det riktiga? D v s att de tekniska förändringarna drivit fram de ekonomiska och politiska. Alla ser vi här omöjligheten i att generalisera. Det intressanta och viktiga är att inse och försöka förstå det komplexa samspel det hela ti-

den rör sig om.

Parallellt med politiska, ekonomiska, sociala och tekniska förändringar upplevde Europa en mycket kraftig befolkningsökning under 1800-talet. Åter är det naturligtvis så att de olika utvecklingsförloppen hänger ihop med varandra på ett mer eller mindre tydligt sätt.

En av grundförutsättningarna för befolkningsökningen var ökad och säkrare tillgång till en allt bättre föda. En annan viktig förutsättning utgjordes av förbättrade hygieniska förhållanden, en tredje av medicinska framsteg, o s v.

### 7.1. Livsmedelstillgången förbättras

Vad beträffar produktionen av livsmedel kan noteras att förändringarna bl a bestod i allt bättre redskap. En stor del av den växande verkstadsindustrin inriktades på att tillverka redskap och maskiner åt jordbruket, och ångmaskinerna hade medfört att kvarnarna kunde öka sin produktion. Slakterierna växte och införde tidigt löpande bandets princip.

Två påtagliga framsteg som påverkade bondens vardag var järnplogen (konstruerad av amerikanen John Deere) och slåttermaskinen (en uppfinning av amerikanen Cyrus Mc Cormick). Båda dessa uppfinningar kom på 1830-talet men slog inte igenom förrän på 1850-talet. Andra uppfinningar följde, och nya jordbruksområden uppodlades. Mängden av producerad spannmål växte, men för att denna skulle kunna nå en marknad krävdes förbättrade kommunikationer både till lands och till sjöss.

En annan uppfinning som kom att få stor betydelse för tillgången på livsmedel såg dagens ljus i Frankrike omkring 1800, då fransmannen Nicholas Appert utvecklade en metod att konservera livsmedel genom att placera den mat som skulle konserveras i champagneflaskor som tillslöts och placerades i bad av kokande vatten. Metoden väckte stort uppseende och var mycket efterlängtdad av bl a franska krigare till sjöss, som fått lära sig leva med ytterst dålig föda under långa perioder under Napoleonkrigen.

Den konservindustri (och dess konsumenter) som tog sin början med detta fick uppleva en del kvalfyllda bakslag innan metoden var helt klar. Ett exempel på en händelse när marknadens förtroende kom att svikta ordentligt är från 1855. England deltog då som en

part i Krimkriget, och när de ca 5000 konservburkar som var avsedda för soldaterna öppnades, fann man att innehållet ruttnat. Orsaken var att burkarna inte hade upphettats tillräckligt, en förklaring som dock gavs först med Louis Pasteurs (1822-1885) arbeten.

En annan metod att bevara livsmedel representerar kyltekniken. Redan under antiken hade man lärt sig att livsmedel håller längre i sval omgivning än i varm. Den moderna kylteknikens grunder lades dock först på 1870-talet och då som i så många andra fall som svar på ett speciellt industribehov. Tysk ölindustri behövde ett kylsystem som gjorde det möjligt att brygga öl året runt. Konstruktör var en professor Karl von Linde. De kylanläggningar som han kom att tillverka byggde på mekanisk kompression och expansion av ett kylmedium, ammoniak. Denna typ av maskiner har kommit att kallas kompressormaskiner.

På 1870-talet inträffade också en annan viktig nyhet på kylteknikens område. År 1877 gick nämligen det första kylfartyget, "Frigorifique", mellan Rouen i Frankrike och Buenos Aires med en last av kött. Kylanläggningen på "Frigorifique" hade konstruerats av fransmannen Charles Tellier (1828-1913) och byggde på den andra huvudprincipen för mekanisk framställning av kyla, nämligen absorptionsprincipen.

De nämnda framstegen till trots dominerade dock isskåpen ett bra stycke in på 1900-talet, det betydde också att is fortsatte att vara en viktig handelsvara in på 1920-talet.

De snabbt växande industristäderna var länge veritabla pesthärddar med ytterst primitiva lösningar på vatten- och avloppsfrågorna. Även bostädernas utformning och trångboddheten bidrog till den dåliga situationen.

Vatten leddes länge till städerna i ledningar av trä - vanligen alm - men när gjutjärnet blev billigare övergick man till detta. Dessa vattenledningar gick inte till varje hus, utan i regel endast till de välbärgade. I arbetarkvarter ansåg man sig välförsörjd med vatten, om det fanns ett stående ledningsrör med vatten rinnande ofta bara en timme om dagen. Vattenförsäljare var också en vanlig syn i större städer. Under 1800-talets första hälft började ångmaskinen användas för att pumpa vatten med högre tryck genom ledningarna. Man började också sandfiltrera vattnet så

smått, och offentliga myndigheter började ta ansvar för vattenfrågan. Först mot slutet av 1800-talet började man emellertid fundera över dricksvattnets kvalitet. Fram till dess bedömdes det efter klarhet, frånvaro av lukt, smak och andra synbara negativa effekter. Innan dess hade svåra epidemier stundtals skördat mängder av dödsoffer. Ett exempel är från 1850-talets London, då ca 20 000 personer avled i kolera som en följd av att dricksvattnet förorenats av avloppsvatten från de ytterst primitiva avloppssystemen.

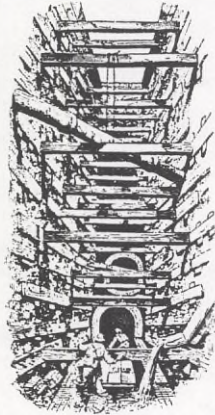


Fig 50. Avloppssystemet under Fleet Street år 1845

Av stor betydelse för hygien var naturligtvis de kläder man bar och hur lättskötta dessa var. Här erbjöd den ökade mängden bomullstyger en klar förbättring, men länge var bomullstyger trots allt dyrare än yllestyger. En uppfinning som kom att ändra på detta åstadkoms av amerikanen Eli Whitney år 1793.

## 7.2. Bomullsrensningssmaskinen

Till att börja med tog engelsmännen sin bomull från Indien, Turkiet och Övärlden i Karibiska havet. Här odlades en bomullssort med långstapliga fibrer. Denna bomull omplanterades i de låglänta trakterna i sydöstra Förenta Staterna. Man kunde dock inte odla så mycket av denna bomull, då det geografiska område som lämpade

sig för odlingen var begränsat. Mycket bättre lämpad för jordmånen och klimatet i större delar av södern var bomull med kortstapliga fibrer. Medan fröna av den långstapliga bomullen lätt kunde tas bort, var fröna av den kortstapliga mycket svåra att avlägsna. Till och med när slavar gjorde arbetet kostade detta för mycket, därför att rensningen krävde så mycket arbetskraft. Whitney's uppfinning ändrade allt i ett slag. Med Whitney's maskin kunde nu den kortstapliga bomullen rensas i stora mängder per dag och till ett rimligt pris.

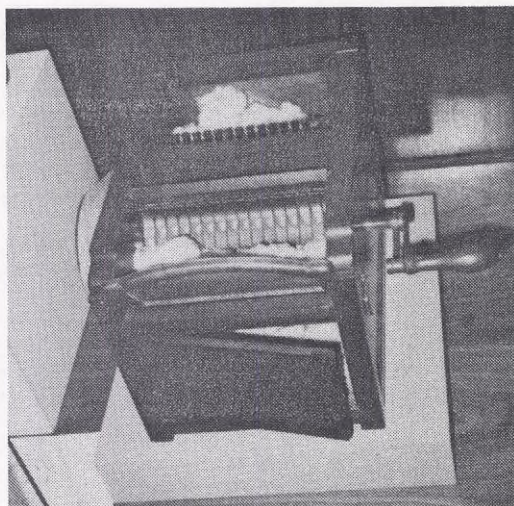


Fig 51. Whitneys bomullsrensningmaskin (Museum of American History, Washington)

Effekterna var inte mindre omfattande. Bomullen kom snart att svara för mer än tre femtedelar av USA:s export och mer än något annat binda delar av USA till England och också till ett frihandelspolitiskt tänkande som var av viss betydelse för inbördeskrigets utbrott. Med bomullsrensningmaskinen kom också slaveriet, som varit på retur en period, att uppleva en renässans. Att så blev fallet berodde på att bomullsproduktionen kom att öka mycket kraftigt, och detta medförde i sin tur att efterfrågan på arbetskraft (här svarta slavar) också sköt i höjden.

Det ökade utbudet av tyger gjorde att en annan uppfinning tedde sig allt naturligare - symaskinen. Den förste som lyckades tillverka en symaskin som fungerade acceptabelt var fransmannen Barthelemy Thimonnier. Detta skedde 1830, och det gick för Thimonnier

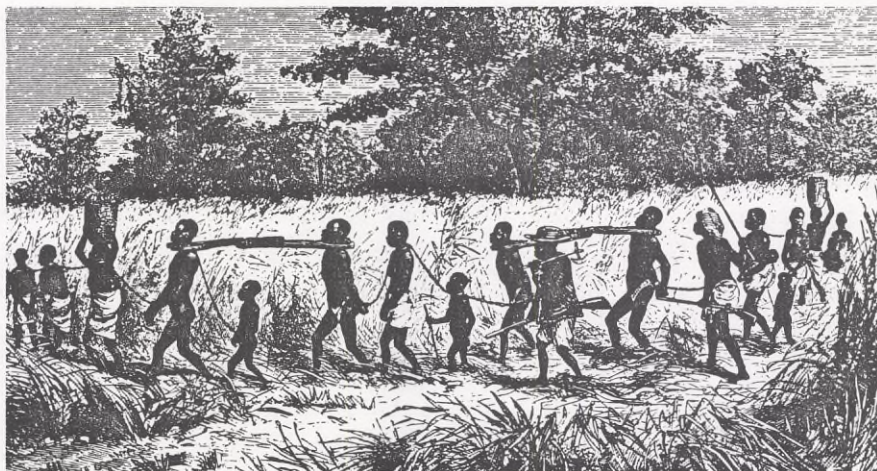


Fig 52. Sammanlagt beräknas Afrika ha förlorat mellan 30 och 50 miljoner människor genom slavhandeln

som för så många andra - hans maskin förstördes av uppretade skräddare. Själv lyckades han fly undan sina rasande angripare. Början var emellertid gjord, och omkring 1860 fanns symaskiner inte bara i fabriker utan också i många hem.

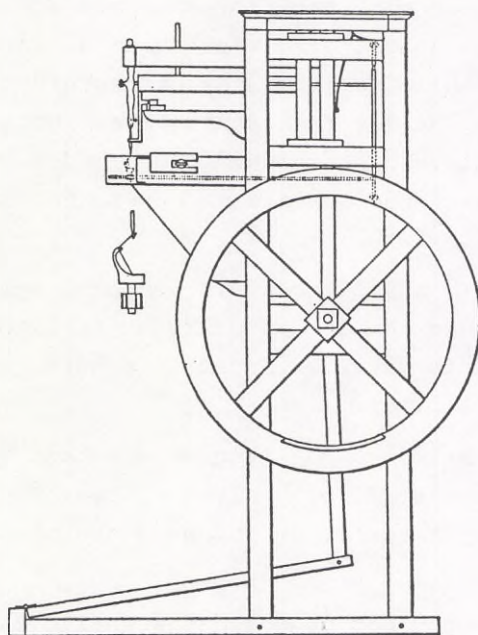


Fig 53. Thimmoniers symaskin från 1830-talet

Utvecklingen av symaskinen är intressant även därför att den betydde mycket för annan industriell utveckling. Symaskinsfabrikanterna var tillsammans med cykelfabrikanterna de största köparna av kullager under 1800-talets sista decennier och betydde mycket för kullagerindustrins utveckling. Flera av de ledande symaskinsfabrikanterna bidrog också till den tekniska utvecklingen vad beträffar precisionstillverkade, utbytbara delar. Symaskinsindustrin har också varit pådrivande när det gäller nya material med hög hållfasthet och förmåga att motstå förslitning. Så har exempelvis under de senaste decennierna pulvermetallurgiska material och metoder till stor del utvecklats inom denna industri.

### 7.3. Mot dagens datasamhälle

Den folkökning som följde av alla nämnda framsteg medförde självfallet problem av olika slag. Detta var mycket tydligt i USA - säkerhetsventilen för det överbefolkade Europa.

Folkökningen i USA var sådan att när 1880 års folkräkning skulle genomföras tog det åtta (8) år för ämbetsmännen att fullborda den. Inför 1890 års folkräkning föreslogs därför, att man borde undersöka möjligheterna att automatisera det hela. En tävling anordnades, och segrare blev ingenjören Herman Hollerith. Hans metod bestod i att använda sig av kort av en dollarsedels storlek. I dessa kort slogs hål i olika rutor, markerande kön, ålder, bostadsort etc. När 1890 års folkräkning ägde rum, användes Holleriths hålkortsmaskin. Folkräkningen genomfördes nu två gånger så snabbt som den föregående och med en uppskattad besparing på en halv miljon dollar.

Idén att använda sig av hålkortsprincipen kan spåras långt tillbaka i tiden, men den kom att få praktisk tillämpning först i 1600- och 1700-talets väverier (speciellt känd har här Jacquards vävstol från o 1800 blivit).

Hollerith såg snabbt vilka möjligheter som hans uppfinning öppnade och bildade ett eget företag efter en tid. Företaget blev senare en av utgångspunkterna för dagens jätte på dataområdet, d v s IBM.

En del av utvecklingen mot dagens datasamhälle kan således följas via hålkortsteknikens utveckling och personer som Hollerith. Här finns emellertid andra 1800-talsgestalter som haft stor betydelse

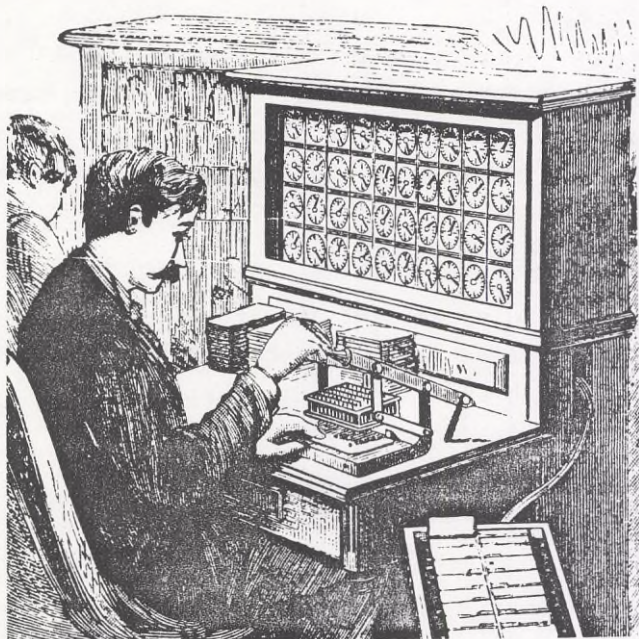


Fig 54. Holleriths tabulator

se. Det gäller t ex engelsmannen Charles Babbage, som redan på 1830-talet hade planer på att bygga en räknemaskin med inmatningsanordningar, räkneenhet, styrenhet, minne och utmatningsmekanism. Teoretiskt gick detta, men inte praktiskt. Babbage fick o 1850 efterföljare i svenskarna Georg och Edvard Scheutz, som byggde en enklare och mycket väl fungerande maskin som t o m hade ett tryckverk för tryckning av framräknade tabeller. Maskinen blev aldrig någon succé, möjligen på grund av dess höga pris, den byggdes heller inte i mer än två exemplar.

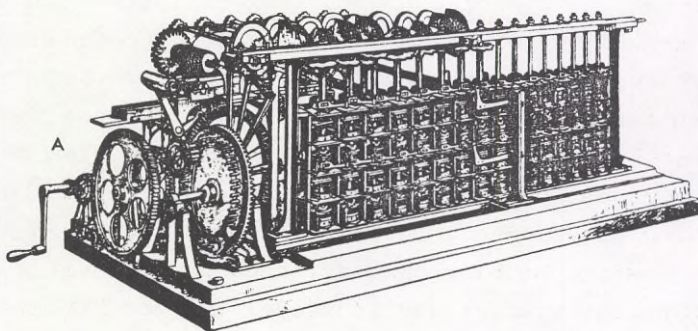


Fig 55. Georg och Edvard Scheutz' differensmaskin



Utvecklingen gick mycket långsamt under resten av 1800-talet och en stor del av 1900-talets första hälft, men sedan blev det fart. Det som mer än något annat drivit på utvecklingen under dess hektiska fas har varit behov från militärens och rymdindustrins sida.

#### 7.4. Det billiga stålet

En av grundförutsättningarna för 1800-talets begynnande massproduktion på olika områden var tillgången på billigt stål. Långt in på 1800-talet förelåg inte denna förutsättning, men från mitten av århundradet inträffade händelser slag i slag som förändrade bilden.

Det började med den s k Bessemerprocessen (1855), som sedan följdes av Martinprocessen (1867) samt Thomas-Gilchristprocessen (1878).

Före Bessemerprocessens genombrott hade engelsmännen framställt stål av smidesjärn genom en blästermetod. Stångjärnet importerades från Sverige för 15 pund per ton, packades ned i helt täta stenkistor fyllda med träkol, där det upphettades under flera dagar, varunder kolet delvis överfördes till järnet. Slutligen bröts stängerna sönder och smältes i deglar. Processen var så dyrbar, att stål kostade upp till 60 pund per ton. Bessemers lösning på problemet blev att spruta in kall luft genom hål i botten på en konverter som innehöll smält järn. På trettio minuter förvandlades tackjärnet till stål. Stål kunde nu tillverkas för omkring en sjundedel av den tidigare kostnaden.

Bessemers process led av en stor svaghet till en början - stålet blev ganska blåsigt. Här bidrog den svenske metallurgen G. F. Göransson (grundare av Sandvikens järnverk) till att lösa detta problem. En annan svaghet som Bessemerprocessen hade delade den med Martinprocessen (en långsam, mycket bränslekrävande process, i vilken även skrot kunde användas) - ingendera kunde utnyttja malm som innehöll fosfor. År 1878 löstes detta problem genom den s k Thomasprocessen. Den nya processen innebar, att en bessemerkonverter infodrades med ett basiskt ämne som ingick en kemisk förening med fosfor. En biprodukt av denna process var s k Thomasfosfat som blev ett viktigt gödningsmedel för jordbruket.

Summan av de nya processerna blev en kraftigt ökad användning av smidbart stål istället för gjutjärn på olika områden. Sammantaget

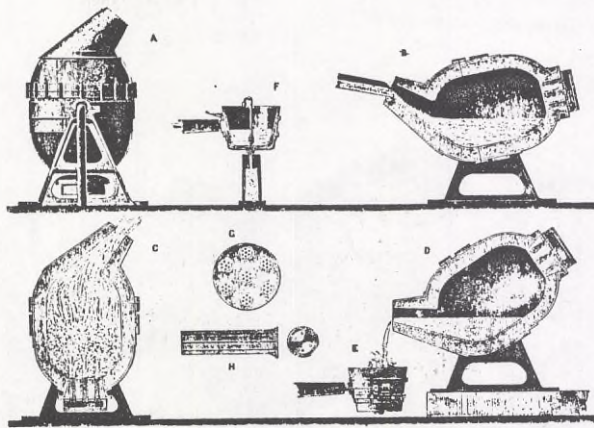


Fig 56. Bessemerkonverter från o 1860

ökade världens stålproduktion från 500 000 ton år 1870 till 28 000 000 ton år 1899.

Ett av de viktigaste användningsområdena för stålet var tidens järnvägsbyggen. Järnvägar hade byggts sedan o 1830, d v s den tid då stål var en knapp och dyrbar produkt. Dessa tidiga järnvägar hade till en början haft räls av trä täckt med järnstavar. Så småningom göts rälsen helt i järn men hade på grund av järnets egenskaper en rad begränsande effekter på den tidens järnvägar. Med de nya stålprocesserna kom stålrälsen att ersätta järnrälsen, stålagnarna ersatte träagnarna, o s v. Effekterna var betydande. Stålet tålde mycket större påfrestningar och kunde bära mycket tyngre last, vilket gjorde det möjligt att använda större och kraftigare lokomotiv och vagnar.

Från mitten av 1870-talet tog det billiga stålet också ledningen inom skeppsbygget, möjliggörande större fartyg och även maskindrif varigenom även sjötransporterna utvecklades avsevärt.

Det billiga stålet var således något av en välsignelse för tidens järnvägs- och fartygsbyggare. Samtidigt kan man konstatera, att stora stålverk knappast hade varit lönsamma, om de inte kunnat använda sig av billiga transportmetoder för att nå avlägsna marknader.

Också på byggnadsområdet fick det billiga stålet viktiga konsekvenser. De första stora stålbyggena kunde nu uppföras, och eftersom Elisha Otis på 1850-talet hade utvecklat en säker hiss, kunde man nu bygga skyskrapor.

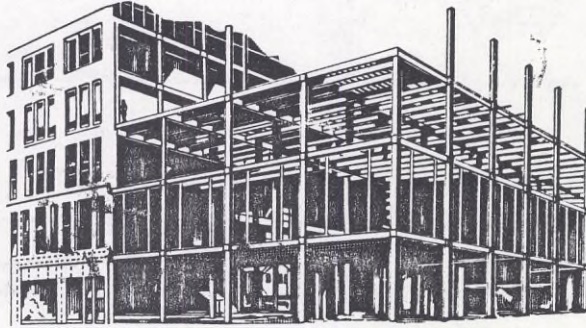


Fig 57. Fair Store Building i Chicago uppförd o 1890

#### 7.5. Förutsättningar för massproduktion skapas

De nya metoderna inom ståltillverkningen gav kvalitetsstål till billigt pris, men när stålet skulle användas till tillverkning av maskiner krävdes också effektiva hjälpmedel för att tångstål, stålstänger, stålplåt, stålgjutgods och stålsmidan skulle kunna formas till maskindelar med de rätta måtten. Dessa uppgifter kom att utföras av verktygsmaskiner, som nådde en hög grad av utveckling under 1800-talets senare hälft. En del viktiga verktygsmaskiner hade uppfunnits under 1700-talet, t ex Wilkinsons cylinderborrmaskin. Framför allt utvecklades emellertid verktygsmaskinerna under 1800-talet, och denna utveckling utgjorde en förutsättning för den massproduktion som grundade sig på de utbytbara delarnas princip, på precision vid tillverkningen och på det löpande bandet.

Av sådana verktygsmaskiner som har en mera allmän användning utvecklades flera grundtyper tidigt på 1800-talet, mestadels av brittiska tekniker och verktygsmakare. Dessa verktygsmaskiner, med en rad användningsområden, innefattade metallhyvlar, maskiner för slipning och borrar av metaller och flera slags svarvar. I England användes de för tillverkning av ångmaskiner, textilmaskiner, lokomotiv och maskiner avsedda att användas i gruvdriften.

Verktugsmaskiner av denna allmänt användbara typ användes också för att tillverka verktygsmaskiner för specialbruk, vilka i sin tur producerade exakt utbytbara delar. Detta mycket viktiga utvecklingssteg togs först inom amerikansk vapenindustri och har blivit känt som "the American system". Metoden utvecklades ursprungligen av franska vapensmeder men kom via Thomas Jeffersons förmedling att nå USA och Eli Whitney m fl i början av 1800-talet. Systemet kom sedan att få en mycket snabb spridning i USA, ett faktum som man förklarar med den relativa bristen på yrkesskickliga vapensmeder. Till Europa kom systemet på nytt med 1851 års världsutställning, där det väckte stor uppmärksamhet och snart spreds över kontinenten.

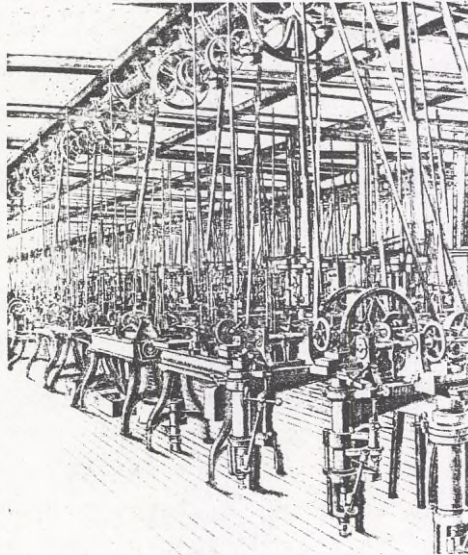


Fig 58. Interiör från Colts vapenfabrik (o 1880)

På 1870-talet dök en helt ny typ av verktygsmaskin upp på marknaden, en maskin som helt automatiskt tillverkade mindre detaljer efter ett omställbart program. Denna den första verktygsautomaten lanserades 1878 och byggdes av amerikanen Christofer M. Spencer. Automaten byggdes för att massframställa delar till en symaskin, men snart kom automater även för tillverkning av skruvar, muttrar, kugghjul och annat. Automaterna blev numeriskt styrda (NS-)maskiner 1952, och drygt tio år senare, 1963, dök den första industriroboten upp. En annan viktig förutsättning för massproduktion var det löpande bandet, en amerikansk idé som användes för första gången på ett effektivt sätt inom köttpackningsindustri-

rin i Cincinatti under 1830-talet. Slaktade djur fördes framåt i kontinuerlig ström på ett transportband för styckning o s v. Löpande bandet och de utbytbara delarna började användas i kombination i slutet av 1800-talet. Detta skedde inom vagnmakeriet i Connecticut, och man lyckades producera en vagn i timmen. Sin fulla utveckling nådde metoden år 1913, då Henry Ford begagnade det löpande bandet till tillverkning av bilar.

För att bilden av de effektiva, massproducerande och allt mer specialiserade företag (i vilka nu även arbetskraften var lätt utbytbar) som nu växte fram skall bli komplett, måste ytterligare en faktor av betydelse för deras utveckling beröras. Det som åsyftas kan enklast klargöras i ett ord - Taylorismen. Fredrik W. Taylor var en amerikansk ingenjör som först blivit känd som uppfinnare av det s k snabbstålet, som fick mycket stor betydelse för verkstadsindustrins produktionsekonomi. Snabbstålet medförde att produktionstakten ökade, eftersom bearbetningen av arbetsstycken nu kunde göras flera gånger fortare än förut. För eftervärlden har dock Taylors namn snarats kommit att förknippas med ord som rationaliseringsutveckling och effektivisering.

Med Taylor och hans talrika efterföljare (från 1800-talets slut och framåt) följer en helt ny syn på arbetsledning och organisation. Taylorismens läror om "vetenskaplig" arbetsledning, där vetenskap, teknik, ekonomi och organisation kunde mötas i ett och samma system, har enligt många bedömare haft mycket stor betydelse för det amerikanska näringslivets starka utveckling på 1900-talet. För de anställda innebar systemet en ökad uppdelning och förenkling av arbetsuppgifterna, en ökad övervakning och i vissa fall större förtjänster. Utvecklingen som helhet innebar en kraftig ansvällning av industriarbetarkåren och på de flesta håll en allt starkare politisk och facklig arbetarrörelse.

#### 7.6. Järnvägar anläggs

En oundgänglig förutsättning för att 1800-talets väldiga utveckling skulle kunna äga rum var naturligtvis ett tidsenligt kommunikationsnät. När 1800-talet började gick, som tidigare visats, gods på hästryggen eller på olika fartyg. Vägnätet hade genomgått förbättringar, men kommunikationerna till lands var utan tvivel underutvecklade, ty även om vägarna var bättre saknades fordon som kunde dra stora laster på vägarna.

Alltifrån 1769, då Cugnot byggde den första självgående ångdrivna

vagnen, hade många försök gjorts att konstruera självgående fordon. År 1825 hade man kommit så långt att man kunde öppna världens första järnväg med ångdrift mellan Stockton och Darlington, och några år senare började den viktigare Liverpool-Manchesterjärnvägen sin verksamhet. Under det följande årtiondet debatterades hästars och ånglokomotivs relativa effektivitet. Ångans motståndare medgav att några korta järnvägslinjer tekniskt sett drevs med framgång. Men de ifrågasatte om ångjärnvägarna skulle visa sig lönsamma.

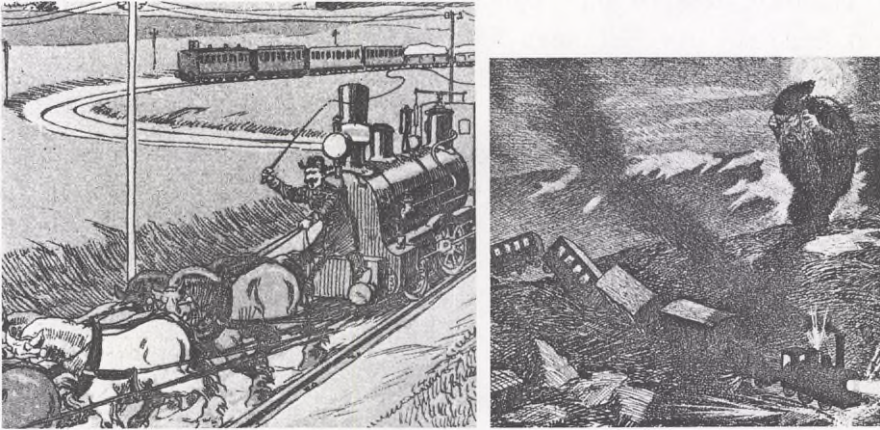


Fig 59. Många var skeptiska mot det nya samfärdsmedlet. Hästen var kanske pålitligare? (bilden till vänster) Hur skulle det gå när man lade räls över Dovrefjäll? (bilden till höger)

Fram mot mitten av 1830-talet var ånglokomotivets överlägsenhet erkänd, och ett intensivt järnvägsbyggande tog vid, först i England och senare på andra håll i världen.

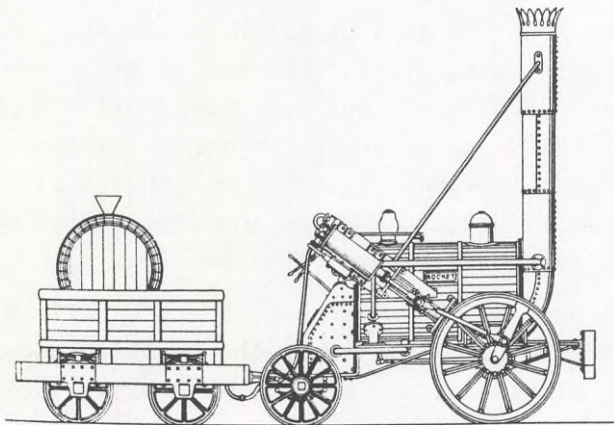


Fig 60. The Rocket

George Stephenson och hans lokomotiv "Rocket" är namn som för de flesta för tankarna till järnvägens genombrott. Den utveckling som Stephenson så verksamt bidrog till att ge en flygande start skulle snabbt omforma världen. Råvaror och färdiga produkter kunde fraktas i helt andra mängder än tidigare till lands, förutsättsättningarna för industrilokaliseringar förändrades, nya tätorter växte upp, bygder och människor fördes närmare varandra, ny brobyggnadsteknik växte fram, o s v, allt både lockande och oroande.

Ett talande exempel på järnvägsbyggenas inflytande på den allmänna ekonomiska utvecklingen kan hämtas från Chicago. När 1850-talet började var Chicago ett litet oansenligt samhälle. År 1853 upprättades de första direkta järnvägsförbindelserna med Atlankusten. Från 1852 till 1853 ökade folkmängden från o 40 000 till o 60 000, och år 1860 fanns där 109 260 personer. Inte att undra på att några av de tidiga skyskrapsbyggena ägde rum i denna mellanvästerns huvudstad, där köttpackarföretag, järn- och stålverk, tillverkare av jordbruksmaskiner, spannmålshandlare m fl trängdes i allt tätare skaror.

#### 7.7. Bilen

Parallellt med att den rälsbundna trafiken utvecklades gjordes intensiva försök på olika håll för att utveckla ett självgående landsvägsfordon, och år 1885 kunde tysken Karl Benz berömma sig av att han lyckats framställa den första praktiskt användbara bensindrivna bilen. Det var en encylindrig motoriserad trehjuling, som styrdes med styrspak och kunde framföras med en hastighet av ca 12 km/tim, en hastighet som var alldeles för hög i exempelvis den tidens England. Där hade nämligen parlamentet antagit "The Red Flag Act" år 1865, och enligt denna skulle varje maskindrivet fordon ha två mans besättning, och dessutom skulle en person utrustad med röd flagga gå framför vagnen. Fordonets hastighet fick inte överstiga 4 miles i timmen (i städer var högsta tillåtna hastighet 2 miles i timmen). Lagen upphävdes 1896, och först då kunde man börja tänka på snabbare bilar i England.

På andra håll hade man dock arbetat vidare på allt bättre landsvägsfordon. Förutom bensindrivna bilar konstruerades också el- och ångbilar. Elbilarna, som började byggas på 1880-talet efter Gaston Plantés uppfinning av ackumulatorn, var mycket snabba och noterades som mest för hastigheter uppemot 100 km/tim. Ångbilarna,

av vilka de mest kända utvecklades av de amerikanska bröderna Stanley, var mycket ekonomiska och kunde eldas med nästan vad som helst, men bäst gick de på fotogen. Ångbilen var vidare mycket stark och lämnade i stort sett inte några avgaser, behövde ingen växellåda och var även den oerhört snabb. 1902 erövrade en ångbil hastighetsrekordet för bilar med 120 km/tim, ett rekord som sedan förbättrades till 350 km/tim. Ångbilen, som successivt trängdes undan av bensinbilen, tillverkades fram till 1925.

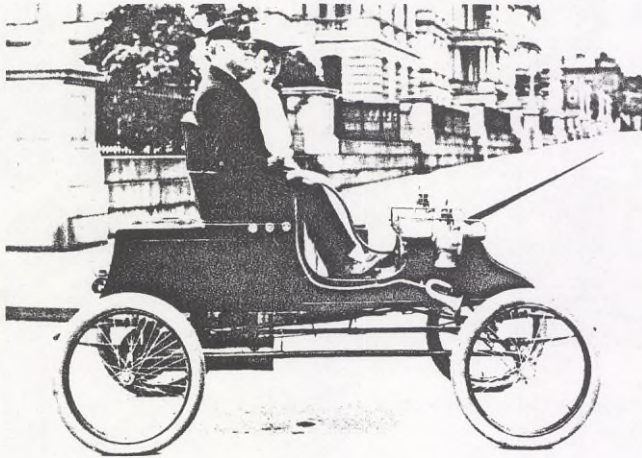


Fig 61. En Stanley Steamer på en folktom gata i sekelskiftets USA

En viktig orsak till att el- och ångbilarna försvann ur marknaden finns att söka i Henry Fords beslutsamma satsning på massproduktion av bensindrivna bilar. Med nyttjande av moderna verktygsmaskiner, specialisering och sönderdelning av arbetsuppgifter, standardiserade delar, löpande band, reklaminsatser, avbetalningsköp, m fl nymodigheter satsade Ford målmedvetet på att göra bilen till var mans egendom och lyckades ganska bra. När 1900-talet började var bilkörning ett nöje för ett fåtal bemedlade, men redan 1928 fanns 26 500 000 motorfordon registrerade. Under nitton års produktion av T-Forden såldes den till 15 miljoner köpare. Bilismens betydelse för samhällsutvecklingen kan inte beskrivas. Vi kan bara konstatera att det är svårt att hitta något område i samhällslivet som undgått att påverkas av bilen.



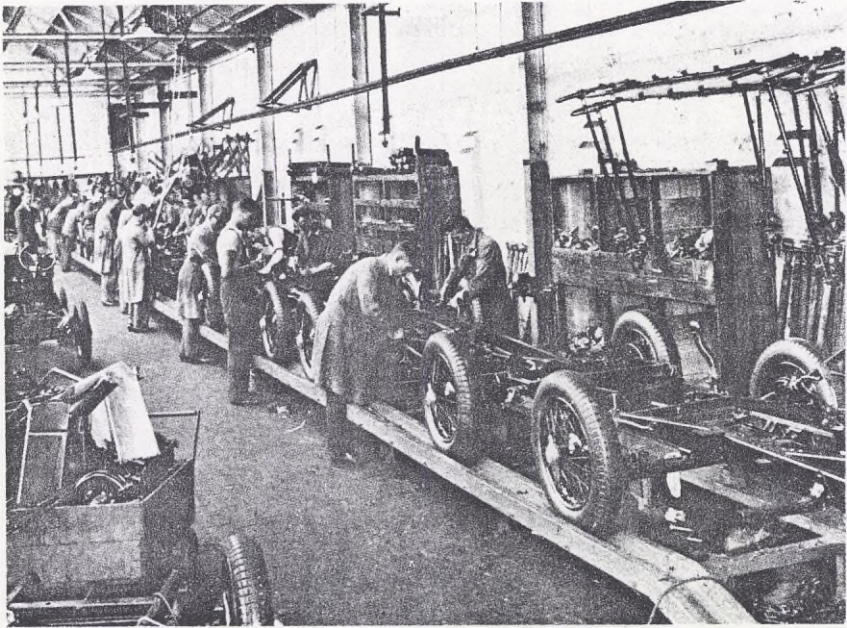


Fig 62. Monteringsarbete i bilfabrik på Henry Fords tid

### 7.8. Upp i luften

Samma år som Ford Motor Company grundades, d v s 1903, inträffade en historisk händelse i Kitty Hawk, North Carolina. Då lyckades nämligen bröderna Orville och Wilbur Wright med vad ingen tidigare klarat - att lyfta med ett motordrivet plan. Den första flygningen blev mycket kort och var snarare att karaktärisera som ett hopp. Det hela varade i 59 sekunder och planet tillryggalade en sträcka på 260 meter. Nya konstruktioner kom till. Flyglängderna utsträcktes, och 1909 flög fransmannan Louis Blériot som förste man över Engelska kanalen. Flygningen tog 37 minuter, och Blériot kraschlandade planet, men han hade lyckats.

Under 1:a världskriget använde man flygplan, först för att göra observationer av fiender, men 1915 utrustade den franske piloten Roland Garros sitt plan med maskingevär. Efter att ha skjutit ned flera tyska plan tvingades Garros ned av tysk markeld. Tyskarna undersökte noggrant Garros plan, varefter holländaren Antony Fokker på mycket kort tid producerade plan med maskingevär åt den tyska krigsmakten. Dessa tyska plan gav de allierade stora problem

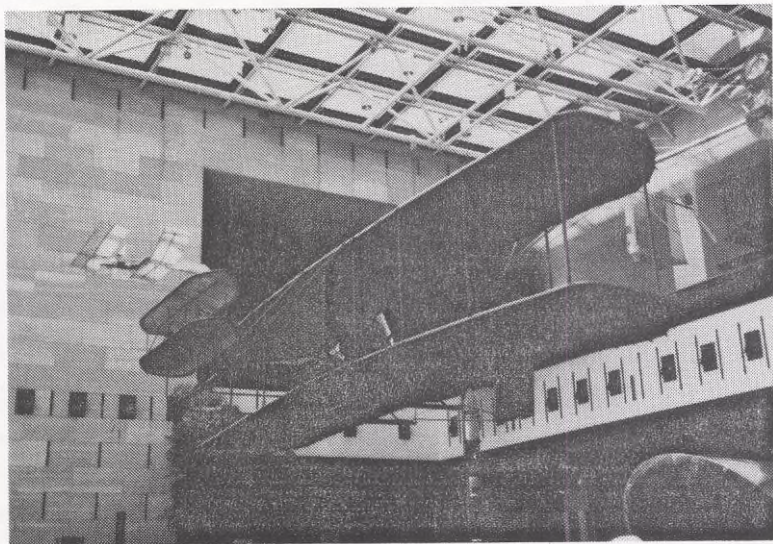


Fig 63. Det plan som användes av bröderna Wright vid deras historiska flygtur i North Carolina 1903 (National Museum of Air and Space, Washington)

och tvingade fram gevärsutrustning på alla de allierades plan. Före detta hade piloten ibland haft pistol, gevär eller granater. Bland mycket annat blev de allt vanligare förekommande flygplanen (civila som militära) mycket stora konsumenter av bensin. Turligt nog för både bilismen och flyget hade 1800-talet erbjudit lösningen även på detta problem.

#### 7.9. Oljan börjar flöda

Den 13 september 1859 stod följande rader att läsa i New York Tribune. "Last week at the depth of 71 feet, he struck a fissure in the rock through which he was boring, when, to his surprise and the joy of everyone concerned, he found he had tapped a vein of water and oil, yielding 400 gallons of oil every 24 hours".

Den refererade händelsen inträffade i Titusville (nära Oil Creek) i Pennsylvania år 1859 och har betecknats som den första lyckade, avsiktliga borrhningen efter olja (borrningsförsöken leddes av en "överste" Drake).

Som redan berättats hade olja varit känd och använd sedan årtusenden före Kristi födelse. Olja sipprade ur marken här och var i bl a Främre Orienten och användes till murbruk, som tätningssmedel, bränsle, läkemedel men också i färger och parfymer. Den olja som

spontant dök upp här och där i Amerika hade liknande användning, även om vi flyttar oss fram i tiden till 1700- och tidigt 1800-tal. Förutom att oljan spontant dök upp hade man ofta funnit att olja bröt fram när man borrade efter salt.

Intresset för oljan var länge tämligen svagt, men omkring 1850 förändrades bilden av flera orsaker. I åtminstone tjugo år före nordamerikanska inbördeskriget (1861-65) hade jakten på billigt och bra ljus varit omfattande. Talgljus och valoljelampor var de bästa belysningsmedlen, men de var dyra och blev allt dyrare för varje år som gick. Den väldiga ökningen av transportmöjligheter, främst järnvägen och olika slags fartyg, jämte den inte mindre väldiga utvecklingen av industrin medförde en kraftigt ökad efterfrågan på belysningsmedel och smörjmedel. Att detta drev priserna i höjden behöver kanske inte sägas. 1850 låg efterfrågan på valolja på mer än 15 750 000 gallons, alltmedan valar blev allt sällsyntare för varje år som gick. Förutom olja ur animaliskt och vegetabiliskt fett (rapsolja) brukades också olja framställd ur stenkolstjära. Den olja man fick fram på så sätt var mycket bättre och billigare än tidigare använda belysningsmedel.

Omkring 1850 började också bergolja användas så smått i belysnings-sammanhang. Försöken utföll till belåtenhet, men när man försökte borra efter mer olja fick man problem med vatten i borrhålet. Tilltron till oljans undergörande verkan som läkemedel var det uppenbarligen ingen hejd på. Det sades att oljan hjälpte mot kolera, astma, reumatism, blindhet mm.

Noggranna undersökningar av råoljans egenskaper gjordes i mitten på 1850-talet av kemiprofessorn vid Yaleuniversitetet, Benjamin Silliman. I rapporten beskrev Silliman först de allmänna egenskaperna hos råoljan och de fraktioner han åstadkommit av den genom destillering. Han noterade kokpunkt och specifik vikt hos varje fraktion och påpekade att ännu flera nya produkter nog skulle kunna tas fram genom upphettning av råoljan.

Sillimans rapport uppmuntrade till fortsatta borrhningar under 1850-talet med lyckat resultat, som nämnts, 1859.

En viktig förklaring till att Drakes försök lyckades var att man med en ny metod lyckades klara problemet med vatten i hålet. Lösningen bestod i att man infodrade borrhålet med 3 m långa rörsektioner vartefter borrhningen framskred. Snart togs fler oljeborrhål

i bruk, och så småningom var en stor del av området kring Oil Creek fyllt av borrhorn och lyckasökare.

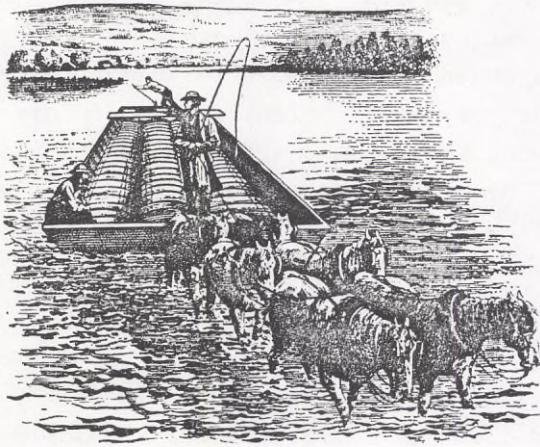


Fig 64. Oljetransport på Oil Creek år 1875

Vid de norrbottniska malmfälten uppe i norr arbetade man med en likartad sak - en mycket viktig råvara. Vid denna tid (o 1860) hade man också i stort sett samma typ av transportproblem. I Norrbotten var de rendragna malmackjorna en svag och dyr länk i hanteringskedjan. I oljans land i Pennsylvania var oljeproducenterna nästan helt i händerna på de kuskar som körde de hästdragna oljelasterna till avnämare, någon järnvägsstation eller någon hamn. Även här var ett järnvägsbygge starkt efterlängtat. I detta område såg också världens kanske första pipelinesystem dagens ljus. Systemet bestod av relativt smala gjutjärnsrör, 5-6 cm i diameter, och hade en längd av ca 8 km. Försöken med pipelines möttes med en blandning av förlöjligande och förakt men visade sig fungera bra. På en timme pumpades 81 tunnor olja genom ledningen, en mängd som motsvarade en kuskas arbete under tre tusen (3 000) timmar. Denna innovation gjorde slut på oljekuskarnas betydelse. Deras svar blev sabotage, prissänkning, avflyttning men också ett uppträdande som stundtals innebar att ren laglöshet rådde. Inte att undra på att konstruktören, Samuel Van Syckel, åt i avskildhet och hade hyrda bevärnade vakter stationerade längs ledningen för att skydda den. Oljan började nu sitt segertåg över världen och gjorde det i en tid när världen verkligen började ropa efter olja.

## 7.10. Elektriciteten

En viktig orsak till att man började söka olja mer systematiskt o 1850 var som nämnts den tilltagande knappheten på belysningsmedel. Ganska länge var också "lysolja" en viktig oljeprodukt, men snart skulle andra användningsområden för oljan komma att dominera. Även när det gällde belysningsanordningar skulle utvecklingen länkas in i andra banor i och med att artonhundratalets värld blev mer och mer kunnig om hur "den osynliga kraften", d v s elektriciteten, skulle hanteras.

Elektriska fenomen av skilda slag är kända ända sedan antikens dagar, ett faktum som bl a framgår av att ordet *elektricitet* går tillbaka till grekiskans ord för bärnsten, d v s *elektron*. En av antikens stora, Tales från Miletos, talar på 600-talet f Kr om att bärnstenen (*elektron*) vid gnidning får förmågan att attrahera lätta föremål. Liknande iakttagelser gjordes av andra vid senare tillfällen, och en av dessa personer är särskilt intressant, den tidigare omtalade borgmästaren i Magdeburg, Otto von Guericke. År 1663 konstruerade denne vad som kan kallas världens första elektricitetsmaskin, en svavelkula gjuten på en axel av järn. När svavelkulan vreds runt och gnedes mot handen alstrade den tillräckligt med elektricitet för en del små försök. Guericke fann att vissa kroppar som laddades från svavelkulan stötte varandra ifrån sig. Han såg också, att han kunde leda elektriciteten genom en linneråd, och fann till och med att den märkliga kraften kunde alstra ljus.

Under 1700-talet gjordes nya rön. Svavelkulan ersattes med en glas-skiva som gnedes mot ett rivtyg av skinn. Den elektricitet man nu fick lärde man sig att lagra i en kondensator, och med hjälp av en sådan kunde man sedan åstadkomma starka elektriska gnistor. En bland många som var verksam på detta område under 1700-talet var amerikanen Benjamin Franklin. Bland mycket annat uppfann Franklin, efter vådliga experiment, åskledaren, innan han absorberades av politiskt arbete.

Under 1700-talets senare del började man så smått använda den nya kraften i vissa praktiska sammanhang. Bl a gjorde man försök med elektroterapi och snabbt framgångsrika sådana, om man får tro följande citat: "Så har man ej utan framgång försökt att medelst elektriciteten hjälpa till rätta vad som varit i olag i människans kropp, i synnerhet då det kommer an på att stärka några förlamade

delar, att öppna tilltäppta gångar mm." Tilltron till denna nya magnifika kraft var faktiskt så stor att vissa trodde att elektrifiering av fattiga skulle lindra deras nöd.

År 1800 offentliggjorde italienaren Alessandro Volta en konstruktion som skulle bli mycket uppmärksammad i den tidens Europa. Det var den s k Voltastapeln, den första elektriska strömkällan. Voltastapeln bestod i sitt första utförande av på varandra staplade metallskivor, av vilka varannan var av koppar eller silver och varannan av zink. Mellan plattorna fanns lager bestående av porös papp som fuktades med en koksaltlösning. Om den översta plattan kopplades till den nedersta med en metalltråd, flöt en elektrisk ström genom tråden.

Voltas konstruktion fick mängder av efterföljare runt om i Europa. Olika lärdomsanstalter tävlade i att skaffa sig så stora Voltastaplar som möjligt. Med hjälp av dessa staplar gjordes olika experiment, och därvid fann man bl a, att om två trådar från vardera änden av batteriet doppades i vatten, så utvecklades vätgas vid den negativa tråden, medan den positiva elektroden blev oxiderad. Man hade upptäckt elektrolysen.

År 1820 inträffade en stor händelse på elektricitetens område. Den danske fysikern H.C. Ørsted upptäckte något slumpartat avd man länge sökt visa, nämligen att en elektrisk ström förmår ändra en kompassnåls riktning. Att den nya elektriciteten och magnetismen hade något med varandra att göra var en vetenskaplig sensation som fick stark genklang i samtidens Europa. En av dem som upprepade Ørsteds försök var engelsmannen Michael Faraday, men han föresatte sig att därigenom bevisa, att magnetism kunde ge upphov till elektricitet. Att så var fallet lyckades han påvisa år 1831 med hjälp av "Faradays skiva". Det var en kopparskiva som fick rotera mellan polerna på en hästskomagnet. Vid skivans axel och vid dess periferi fanns släpkontakter, från vilka man kunde ta ut elektrisk ström. "Faradays skiva" var med andra ord den första elektriska generatoren.

Faradays upptäckt av den elektriska och elektromagnetiska induktionen innebar ett stort teoretiskt genombrott för den fortsatta praktiska utvecklingen av eltekniken.

Den första mera omfattande produktionen av elektromaskiner utgjordes av medicinska apparater. Man anknöt här till tidigare erfarenheter om strömmens förmåga att bota sjukdomar, ett ämne som för övrigt svensken Jöns Jakob Berzelius skrivit en avhandling om år 1804.

Förutom att elektriciteten började nyttjas till att driva apparater kom den också att användas i belysnings-sammanhang (båglampor) på 1840-talet. Tiden för elektricitetens definitiva genombrott närmade sig, men innan dess krävdes ännu några uppfinningar.

Det stora genombrottet för den elektriska belysningen kom, när den elektriska glödlampan introducerades. Många tror, att det var Edison som uppfann glödlampan. Så var emellertid inte fallet; den hade uppfunnits i olika varianter innan Edison lanserade sin version. Edisons stora insats var, att han åstadkom ett helt system för elektrisk belysning. Detta system bestod av en ångmaskindriven generator med kablar, skarvdon och annat för överföring av strömmen till förbrukaren. Vidare ingick inomhusledning, elmätare, säkringar, strömbrytare och armaturer för den glödlampa Edison upfunnit. De flesta av komponenterna i systemet hade Edison själv konstruerat och provat ut.

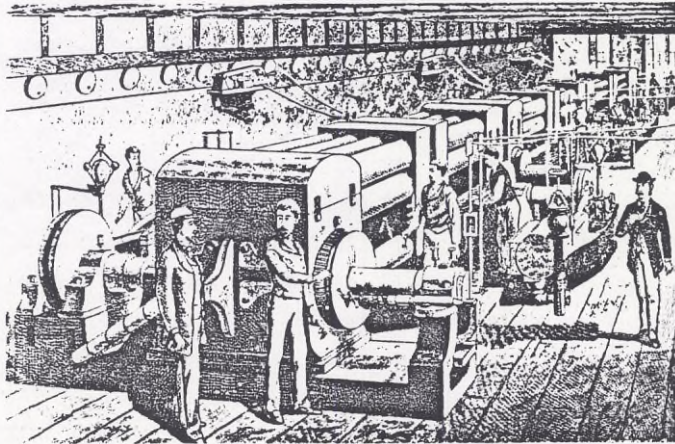


Fig 65. Interiör från Edisons elektricitetsverk vid Pearl Street i New York

År 1881 var Edison redo att demonstrera en del av sin systemlösning på världsutställningen i Paris, och året därpå installerade han hela sitt "paket" vid Pearl Street på Manhattan i New York - ett helt elektricitetsverk, som via ett distributionssystem levererade ström till 5000 lampor i 225 fastigheter. Edisons elverk

blev mycket omtalat i pressen på båda sidor om Atlanten och fick snart efterföljare på många håll. I Sverige sattes de första glödlamporna upp på Strömparterren vid Norrbro i Stockholm på hösten år 1881. De tändes tillsammans med ett antal båggljuslampor, men de var inte av Edisons fabrikat utan var tillverkade av engelsmannen Lane-Fox. De gamla metoderna att upplysa hem, fabriker och städer med användande av gasljus, oljelampor, vax- och stearinljus och båggljuslampor levde dock kvar än en tid. En orsak till detta var, att värmeförluster och spänningsfall i kablar och ledningar gjorde det omöjligt att utsträcka distributionsnäten längre än några kilometer och begränsade effekten till några tiotal kilowatt. Man var inne på tanken att öka spänningen, eftersom strömstyrkan vid samma överförda effekt då minskar, samtidigt som också värmeförluster och spänningsfall blir mindre. Men redan den spänning som Edison använde vid elverket på Pearl Street, 110 volt, ansågs av många vara livsfarlig. Det var genomgående likström som användes i distributionssystemen vid denna tid, och likström har den egenskapen att den inte går att transformera till högre spänning. Det definitiva genombrottet kom år 1891, då en internationell elektroteknisk utställning hölls i Frankfurt am Main. Förberedelserna för utställningen leddes av den framstående elektroteknikern Oskar von Miller. Denne tog det djärva steget att förse utställningen med elkraft från vattenfallen i Neckar vid Lauffen, ca 175 km från utställningsområdet.

Vad von Miller satsade på var två uppfinningar, som hade patentrats 1888 respektive 1889, en växelströmsmotor och ett system för trefas växelström. Överföringsspänningen var 30 000 volt och effekten omkring 175 kilowatt. Efter detta genombrott följde en snabb och imponerande utveckling på i stort sett alla områden. Symptomatiskt var att tyska tekniker som Siemens (en av den dynamoelektriska principens fäder) v. Dolivo-Dobrowolsky (en av dem som betecknas som uppfinnare av växelström) och v. Miller samt amerikanska som Edison spelade en viktig roll för elektricitetens definitiva genombrott, och att genombrotten kommer i USA (Pearl Street-anläggningen) och i Tyskland (Frankfurtmässan). Detta betydde inte, att England och engelska tekniker inte deltog i utvecklingen, men här som på andra områden fick engelsmännen känna av vitaliteten och styrkan i Tysklands och USA:s industriella utveckling. Man fick en föraning om vad som komma skulle på 1900-talet.



### 7.11. Orsakerna till Englands tillbakagång

Orsakerna till Englands relativa tillbakagång var flera. En utgjordes av landets export av industrialismen (maskiner, kapital, tekniska kunskaper och yrkesutbildade arbetare). Före 1843 gjorde britterna vissa ansträngningar för att förhindra att den industriella revolutionen utbredde sig till andra nationer genom att förbjuda export av maskiner. I och med att frihandelsläran vann terräng, upphävdes emellertid lagen om exportförbud. På kort sikt innebar detta, att den totala exporten ökade, men i det långa loppet medförde det att andra nationer lättare kunde genomföra sin industrialisering och minska sin import från England.

Förutom att britterna exporterade maskiner, hjälpte de sina rivaler genom att brittiska bankirfirmor exporterade kapital, som bidrog till att finansiera industrialiseringen och till att bygga järnvägar (inte minst i Sverige) och andra former av basinvesteringar som behövdes för att de nya länderna skulle kunna industrialiseras. Brittiska tekniker och ingenjörer sändes också ut för att hjälpa till att bygga fabriker, järnvägar och annat som fordrade utbildad personal.

Av betydelse i sammanhanget var också, att flera länder som nu industrialiserades var större, folkrikare och även bättre utrustade med naturtillgångar. Detta gällde Frankrike, Tyskland och USA. Det kanske viktigaste skälet till britternas relativa tillbakagång fanns emellertid att söka i det faktum att England industrialiserats först. Följden var, att britterna i mycket hade en omodern industripark och därmed låg kapacitet på rader av områden, när 1800-talet närmade sig sitt slut. Länder som genomgick sin industriella revolution under det billiga stålets epok kunde använda sig av nyare och överlägsna tekniska metoder och bättre material med allt vad detta innebar. Eftersläpningen i Storbritannien berodde således till stor del på benägenheten att fortsätta att använda redan existerande metoder som ibland medförde, att även nyuppförda anläggningar var mer gammaldags än motsvarande tyska och amerikanska.

Britternas benägenhet att bli kvar vid det gamla var mycket tydlig inom bl a den nya elindustrin. Till att börja med användes elektriciteten främst till gatubelysning, men inte så i England. Britterna hade ett väl genomfört system för gasbelysning, och förmögna

och inflytelserika bolag med intressen i detta kunde försena installationen av den elektriska belysningen. Som en följd härav kom byggandet av kraftverk och andra inslag i den elektriska teknologins utveckling att försenas. Fenomenet hade tydligt sin orsak i den brittiska affärsvärlden, ty bland brittiska vetenskapsmän fanns flera av de stora uppfinnarna på elektricitetens område.

En annan faktor som bidrog till att England förlorade sin tätposition var bristerna i dess utbildningsväsende. Engelsmännen var betydligt långsammare med att införa obligatorisk skolgång (först 1876) än man var i Tyskland (infördes redan i 1700-talets Preussen) och i USA. Tyskland och USA anpassade vidare sina skolor och universitet efter den nya teknologin på ett sätt som inte brittena förmådde eller ville. Vetenskapen i industrins tjänst var parollen i dessa länder.

#### 7.12. Exemplet de kemiska industrierna

Ett illustrativt exempel på hur vetenskap och industri samverkade i det industriellt framstormande Tyskland erbjuder utvecklingen inom den kemiska industrin.

Under århundraden hade färgämnen hämtats från vegetabiliska och animala ämnen som fanns spridda världen över. De moderna färgämnen, som framställs ur stenkolstjära, fick vänta på att utvecklingen inom kemin skulle hinna gå framåt under 1800-talet. År 1856 upptäckte en engelsk vetenskapsman av en tillfällighet, hur ett av de syntetiska färgämnen (anilin) kunde framställas ur stenkolstjära och anlade en fabrik för tillverkningen. Under en kortare tid dominerade brittena färgämnesindustrin, men tidigt på 1870-talet övergick ledningen plötsligt till Tyskland. Förklaringen fanns till stor del att söka i brittenas respektive tyskarnas attityder till universitet och forskning. I England fanns en inställning till det akademiska som var närmast nedlåtande. För bankirer och industrifolk "var orden akademisk och teoretisk sarkastiska beteckningar med en bibetydelse av bristande effektivitet". Med detta följde att man inte var särskilt böjd att ge understöd åt forskningen för att utveckla nya industrier. I Tyskland, där aktningen för universiteten och bildningen var en helt annan, växte istället ett intimt samarbete fram mellan industri och universitet. Tyska staten anslog stora summor till universitet och tek-

niska högskolor för kemisk forskning och utbildning av kemister. Antalet välutbildade forskare blev stort. Enligt en brittisk undersökning som gjordes 1872 fanns t ex fler kemistuderande vid ett enda tyskt universitet (München) än vid Englands alla universitet och högskolor sammantagna. Resultaten lät heller inte vänta på sig. År 1913 var Tyskland världens klart främsta producent av syntetiska färgämnen och svarade för hela 88 procent av världens totala produktion. 1860-talets ledande nation på området, England, svarade endast för 3 procent av världsproduktionen och hade dessutom blivit så beroende av strategiska varor från tysk kemisk industri, att man ställdes inför stora problem under första världskriget.

Framgången med färgämnena öppnade dörren för hela den moderna industri som bygger på den organiska kemin. Många nya produkter uppstod ur de kemiska processer som användes inom färgämnestillverkningen. Bland de viktigare var olika apoteksvaror (t ex aspirin), fotografiska kemikalier, plaster och syntetiska fibrer. Listan på den moderna kemins utlöpare skulle kunna göras lång, och möjligen skulle en journalist, utsänd år 1880 att rapportera om den moderna kemins välsignelser, ha använt telefonen (Bells patent 1876) för att meddela redaktionen, att viktigast av alla nya kemiindustrier var gödningsämnesindustrin, en nyhet, som sedan skulle ha tryckts i den år 1846 uppfunna roterande tryckpressen och tack vare en uppfinning från 1200-talets slut (glasögonen) och det snart överallt allmänna skolväsendet, kunde läsas av allt fler.

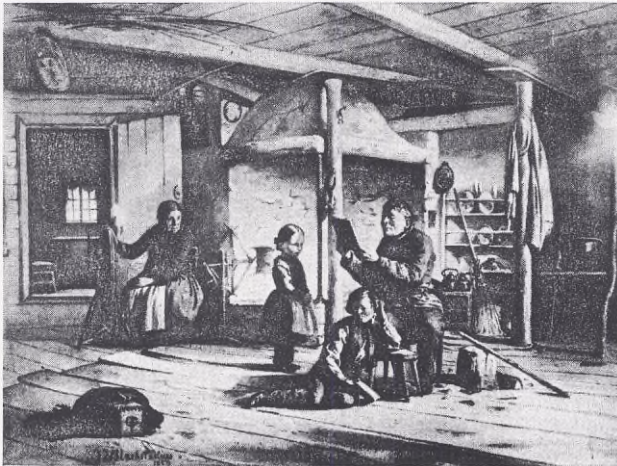


Fig 66. Svensk skolmiljö som den kunde te sig på 1850-talet

## Referenser

- Ashton, T. S., *Den industriella revolutionen 1760-1830*, Lund 1951
- Braudel, F., *Vardagslivets strukturer*, Stockholm 1982
- Bronowski, J., *The Ascent of Man*, London 1973
- Buchanan, R. A., *History and Industrial Civilization*, London 1977
- Bunte, R. & Jörberg, L., *Historia i siffror. Tabeller, diagram och arbetsuppgifter för undervisningen i historia och samhällskunskap*, Lund 1978
- Burke, J., *Connections*, London 1978
- Burstall, A. F., *A History of Mechanical Engineering*, London 1963
- Cardwell, D. S. L., *Technology, Science and History. A Short History of the Major Developments in the History of Western Mechanical Technology and their Relationships with Science and other Forms of Knowledge*, London 1972
- Cornell, E., *Byggnadstekniken. Metoder och idéer genom tiderna*, Stockholm 1979
- The Civil Engineer. His origins*, New York 1970
- Dahl, H., *Teknikk, Kultur, Samfunn. Om egenarten i Europas vekst*, Oslo 1984
- Daumas, M., *A History of Technology and Invention*, vol III, New York 1979
- Derry, T. K. & Williams, T. I., *A Short History of Technology*, Oxford 1966
- *A Short History of Twentieth Century Technology*, Oxford 1982
- Dickinson, H. W., *A Short History of the Steam Engine*, Cambridge 1938
- Dillard, D., *Västeuropas och Förenta staternas ekonomiska historia*, Lund 1978
- Ekelöf, S., "Hur radion kom till", i *Daedalus* 1972, Stockholm 1972
- Gårdlund, T., *Industrialismens samhälle*, Stockholm 1942
- Hallendorf, H., *Slagsten och automat. Bilder från verktygsmaskinens utveckling*, Stockholm 1967
- Hannah, L., *Electricity Before Nationalisation. A Study of the Development of the Electricity Supply Industry in Britain to 1948*, London 1979
- A History of Technology*, vol IV: "The industrial revolution c. 1750 - c. 1850", ed by Ch. Singer *et al*, Oxford 1958
- vol V: "The late nineteenth century c. 1850 to c. 1900", ed by Ch. Singer *et al*, Oxford 1958
- Kindberg, N., "Svensk flygindustri genom tiderna", i *Daedalus* 1965, 1966, 1967, 1970, Stockholm 1965, 1966, 1967, 1970
- Kjellberg, G., "De första datorerna och deras föregångare", i *Daedalus* 1978/79, Stockholm 1979
- Landes, D. S., *The Unbound Prometheus. Technological Change and Industrial Development in Western Europe from 1750 to the Present*, London 1969

- Lindh, B. E., "Volvos tidiga år", i *Daedalus* 1977, Stockholm 1977
- Lindqvist, S., *Technology on Trial. The Introduction of Steam Power Technology into Sweden, 1715-1736*, Uppsala 1984
- Miller, E., *Pennsylvanias Oil Industry*, Gettysburg 1974
- Mumford, L., *Technics and Civilization*, London 1934
- Nilson, C. G., "Strövtåg genom Gustaf de Laval's skissböcker", i *Daedalus* 1983, Stockholm 1983
- Odqvist, F., "Hållfasthetsläran som förutsättning för materialprovning, särskilt i Sverige",
- Olsen, B., "Datorerna utvecklas snabbt", i *Daedalus* 1978/79, Stockholm 1979
- Pacey, A., *The Maze of Ingeruity. Ideas and Idealism in the Development of Technology*, London 1974
- Pannel, J. P. M., *Man the Builder*, London 1977
- Sandström, G., *Byggarna. Teknik och kultur från vasshus och pyramid till järnväg och högdamm*, Stockholm 1968
- Sealey, A., *Bridges and Aqueducts*, London 1976
- Strandh, S., *Maskinen genom tiderna*, Stockholm 1979
- "Dynamitens tillkomst", i *Daedalus* 1983, Stockholm 1983
- Sundin, B., *Ingenjörsvetenskapens tidevarv. Ingenjörsvetenskapsakademien, Pappersmassekontoret, Metallografiska institutet och den teknologiska forskningen i början av 1900-talet*, Umeå 1981
- Söderberg, S., *Den snillrika människan. Teknik under miljoner år*, Lund 1979
- Technology and Culture. The International Quarterly of the Society for the History of Technology*, Detroit, Mich.  
Diverse uppsatser från 1980 och framåt.
- Technology in Western Civilization*, vil I-II, ed by M. Kranzberg & C. W. Pursell Jr., London 1967
- Teknik i 150 år (CTH 1829-1979)*, red S. Ekelöf, Göteborg 1979
- Transport Technology and Social Change (symposium 1979)*, Tekniska Museets Symposia on the History of Technology, ed by P. Sörbom, Stockholm 1980
- Vedin, B. A., "Besk var reformationstiden", i *Daedalus* 1978/79, Stockholm 1979
- Waldéen, L., "Josefin och teknologin. Teknisk utveckling sedd genom symaskinens nålsöga", i *Daedalus* 1983, Stockholm 1983
- Woodbury, R. S., *Studies in the History of Machine Tools*, MIT Press, Cambridge, MA 1961

## SLUTORD

Utvecklingsmöjligheterna på olika områden tycktes oändliga vid sekelskiftet. En stark optimism grep omkring sig, dock inte överallt i världen. Människor i Afrika, Asien och Latinamerika fick starkt och smärtsamt uppleva den industriella eller blivande industriella världens ökade behov av råvaror och nya investeringsobjekt. Ur detta föddes konflikter mellan kolonier och moderländer men också mellan de länder som jagade kolonier. När man söker förklaringar till att världen kastades in i ett första världskrig, skall man finna, att många trådar leder tillbaka till konflikter om kolonier mellan Europas industrinationer. Men än idag är följderna av denna imperialistiska politik högst märkbara.

För stora befolkningsskikt i den industrialiserade världen innebar också industrialiseringen smärtsamma omställningar, och många länder fick uppleva våldsamma inre motsättningar. Lösningen blev på vissa håll en demokratisering av statsskicket, på andra revolution.

Den utvecklingsoptimism som fanns vid sekelskiftet har mer än infriats i flera avseenden. I materiellt hänseende har fler människor det bättre än någon kunnat drömma om. Men priset för denna utveckling är högt. Vi lever i en värld med stora och farliga skillnader mellan fattiga och rika. Vi har uppnått de fås enorma välstånd utan att seriöst beakta de skador vi åsamkat vår omgivande miljö. Här har tyvärr nya och svåra arbetsuppgifter anmält sig för dagens och morgondagens tekniker.

## KRONOLOGISK ÖVERSIKT FRÅN ANTIKEN FRAM TILL 1900-TALET'S FÖRSTA ÅR

### ANTIKEN (o. 3500/300 f Kr - o. 400 e Kr)

- o. 3500 f Kr De första metallerna (guld och koppar) har varit i bruk en längre tid.  
De stora flodkulturerna växer fram.  
Första avbildningen av hjulet (uppfanns dock långt tidigare).
- o. 3000 f Kr De första skriftspråken. Äldst är kilskriften. Något senare dyker hieroglyfskriften upp.  
Drejskivan börjar användas.
- o. 2750 f Kr Egyptierna beräknar årets längd till 365 dagar. Året indelas i tolv månader.  
Zosers trappstegspyramid uppförs.
- o. 2500 f Kr De stora pyramidbyggenas tid.  
Oceangående segelfartyg. Hästdragna stridsvagnar.
- o. 2000 f Kr Brons börjar användas (Egypten).  
En högkultur börjar ta form i Kina.  
Stonehenge uppförs.
- o. 1750 f Kr Hammurabi
- o. 1500 f Kr Bronsåldern inleds.  
Nya riket (Egypten).  
Järn tas i bruk av hettiterna.  
De första glasfönstren.
- o. 1000 f Kr Assyrien växer sig allt starkare.
- o. 750 f Kr Sanheribs kanal byggs (Assyrien).
- o. 600 f Kr Silverfyndigheten vid Laurion på Attiska halvön bearbetas.  
Fenicierna företar (enl Herodotos) den första kända resan runt Afrikas kust.
- o. 500 f Kr Den grekiska demokratin växer fram.  
Parthenon fullbordas.

- o. 400 f Kr Platon (437-347).  
Aristoteles (384-322).
- o. 300 f Kr Alexander den store (336-323).
- o. 250 f Kr Alexandrias storhetstid.  
Fyren på Pharos.  
Archimedes och Ktesibios tid.
- o. 200 f Kr Kinesiska muren uppförs.

#### EFTER KRISTI FÖDELSE

- 0 - o. 100 Mässing börjar användas i romarriket.  
Augustus död (14 e Kr).  
Städerna Pompeji och Herculaneum ödeläggs (o. 80).  
Heröns tid.
- 100-talet Romarriket når sin största utbredning.  
Papper börjar tillverkas i Kina.
- o. 300 Kvarnanläggningen i Barbegal i bruk.

#### MEDELTIDEN (o. 400 - o. 1500)

- 476 Västrome riket faller.
- 500-talet Benediktinerorden grundas.  
Den tunga plojen börjar användas.  
Theoderiks mausoleum i Ravenna.  
Hagia Sofia i Konstantinopel uppförs.  
Muhammed (570-632).
- o. 600 Väderkvarnar i bruk i Persien.
- 700-talet Kinesiska papperstillverkare tillfångatas av araberna i Samarkand.  
Slaget vid Poitiers (732). Araberna stoppas av frankerna.  
Stigbygeln.



- 800-talet Karl den store blir kejsare i Frankerriket.  
Latinseglet.  
Vikingatågen.
- o. 900 Vattenhjulet förses med excenterkam på drivaxeln.
- 1000-talet Sverige enas och kristnas.  
Slaget vid Hastings (1066).
- 1100-talet Korstågen inleds (upprinnelse påven Urban II:s tal i Clermont 1095).  
Gotiska katedraler börjar byggas.
- 1200-talet Hansastäderna och de italienska städerna växer sig starka.  
Marco Polos resor.  
Spindelmekanismen uppfinns.  
Glasögon börjar tillverkas vid århundradets slut.  
Krut börjar tillverkas i Europa.
- 1300-talet Hundraårskriget mellan England och Frankrike börjar.  
Digerdöden.  
Kanonen börjar användas i Europa.  
I slutet av århundradet, eller i början av 1400-talet byggs de första masugnarna.
- 1400-talet Prins Henrik Sjöfararen verksam i Portugal. En ny skeppstyp växer fram.  
Boktryckarkonsten får sitt genombrott i Europa.  
Upptäcktsfärderna börjar.  
De första patenten (Florens och Venedig).

NYA TIDEN (o. 1500 - )

- 1500-talet Reformation och motreformation.  
St Peterskyrkan byggs.  
Leonardo da Vinci (1452-1519).  
Kopernicus (1473-1543).

Den första världsomseglingen (1519-1522).

Agricolas "De Re Metallica".

Potatisen införs till Europa.

1600-talet

Genierna: Galilei (1564-1642), Kepler (1571-1630), Torricelli (1608-1647), Pascal (1623-1662), v. Guericke (1602-1686), Huygens (1629-1695), Papin (1647-1714), Hooke (1635-1662), Newton (1642-1727) och många fler.

30-åriga kriget (1618-1648).

Saverys "Miners friend".

Omfattande kanal- och fortifikationsbyggen i Frankrike (Ludvig XIV:s tid).

Merkantilismen blir dominerande ekonomisk doktrin.

1700-talet

A. Darby framställer järn med hjälp av stenkol (1709).

Newcomen-maskinen tas i bruk (1712).

Stora svenska namn är bl a Mårten Triewald, Christoffer Polhem, v. Linné, Celsius och Swedenborg.

Några viktiga uppfinningar på textilindustrins område: Flygande skytteln, Spinning Jenny, Arkwrights vattenhjulsdrivna spinmaskin och Cromptons mulspinnmaskin.

Harrisons kronometer (1760).

Cugnots ångvagn (1769).

Wilkinsons cylinderborrmaskin (1775).

Declaration of Independence (4 juli 1776). USA förklarar sig oavhängigt.

Världens första järnbro byggs i Coalbrookdale, England (klar 1779).

Bröderna Montgolfiers ballongfärd (1783).

Puddle-processen (1784).

Franska revolutionen (1789- ).

James Watt (1736-1819).

William Maudslay konstruerar den första metallsvarven i modern mening (o. 1790).

E. Cartwright uppfinnar den mekaniska vävstolen (o. 1790).

Whitneys bomullsrensningmaskin (1793).

Alessandro Volta konstruerar den första elektriska strömkällan - Voltastapeln (1796).

Idémässigt är 1700-talet upplysningens tid. Under århundradet leder de tre stora upplysningsfilosoferna Voltaire, Rousseau och Montesquieu.

Stor betydelse för utvecklingen på det ekonomiska området får Adam Smiths "Wealth of Nations" (1776), en av den ekonomiska liberalismens "biblar".

För den framväxande (och under 1800-talets första hälft starka) konservatismen blir Burkes "Reflections on the revolution in France" från 1790-talet av stor betydelse.

- 1800-1810 Napoleon dominerar Europa.  
Jaquards vävstol (1805).  
"Clermont" i trafik på Hudson River (1807).  
De första gasupplysta gatorna. London (1807).  
Nicholas Appert utvecklar sin metod för konservering av livsmedel.  
Trewithick och Evans förbättrar ångmaskinerna genom att öka ångtrycket.
- 1810-1820 Luddit-upproret.  
Napoleon definitivt avsatt (1815).
- 1820-1830 H. C. Ørsted upptäcker elektromagnetismen (1820).  
Charles Babbage verksam med att konstruera differensmaskinen.  
Lokomotivtävlingen vid Rainhill (1829).
- 1830-1840 Thimmonier får patent på sin symaskin (1830).  
Faraday visar att magnetism kan ge upphov till elektricitet (1831).  
Göta kanal fullbordad (1832).  
Telegrafan får sitt genombrott.  
Två viktiga uppfinningar på jordbrukets område: den första järnplogen (J. Deere) och skördemaskinen (Mc Cormick).
- 1840-1850 Goodyear uppfinner vulkaniseringen (1841).  
Hoes rotationspress (1846).

- Guldrusch i Kalifornien (1848).
- Marx och Engels ger ut "Kommunistiska manifestet" (1848).
- En svensk tändsticksindustri börjar växa fram. Säkerhetständstickan patenteras år 1844 av G. E. Pasch.
- 1845 startas Johan Lundström tändsticksfabrik i Jönköping.
- Vid Motala verkstad börjar ångbåtar att byggas under ledning av O. E. Carlsund.
- Världens första ångsåg vid Tunadal utanför Sundsvall (1849).
- 1850-1860 Järnvägsbyggandet börjar i Sverige.
- Krimkriget (1854-1856).
- Otis demonstrerar sin säkerhetshiss (1857).
- Darwins "Om arternas uppkomst" (1859).
- Drake leder lyckade borrhningar efter olja i Titusville, Pa, USA (1859).
- Bessemer-processen fick sitt genombrott år 1856 och kom att fullkomnas genom G. F. Göransson's insatser (Edsken 1858).
- 1860-1870 Italien enas 1861.
- Inbördeskrig i USA (1861-65).
- Mendels arbete på ärftlighetsforskningens område publiceras.
- "Red flag act" (1865).
- Martin-processen (1867).
- 1870-1880 Tyskland enat 1871.
- Mont Cenis-tunneln öppnad (1871).
- "Tyska Otto" - den första fyrtaktsmotorn (en gasmotor) (1876).
- Thomas-Gilchrist-processen (1876).
- Bell patenterar sin telefon (1876). år 1877 kom telefonen till privat användning i Sverige.
- de Laval patenterar separatorn (1878).
- 1880-1980 Edisons elverk vid Pearl Street på Manhattan börjar leverera elström (1882).

Brooklyn Bridge klar (1883).

Benz bygger den första praktiskt användbara bensin-drivna bilen (1885).

Härnösand får landets första kommunala elektricitetsverk och blir Sveriges första stad med elektrisk gattubelysning - en av de första även i Europa (1885).

Eiffeltornet (1889).

de Laval utvecklar ångturbinen under årtiondet.

1890-1900 Den första tunnelbanan (England, 1890).

Holleriths tabuleringsmaskin används i 1890 års amerikanska folkräkning.

Rudolf Diesel patenterar "Dieselmotorn" (1892).

Wilhelm Röntgens avhandling "Eine neue Art von Strahlen" (1895).

Fords första bil tillverkas (1896).

Makarna Curie upptäcker radium (1898).

o. 1900 Marconi blir föregångsman inom den trådlösa telegrafen på långa avstånd genom att 1901 sända en morse-signal över Atlanten.

Bröderna Wright genomför den första flygningen med motordrivet plan (1903).

## Bildkällor

1. (Omslagsbild) Uppfinningarnas bok V: Grufhandtering och Hyttväsen. Stockholm 1902. Sid 230.
2. Bergström, Löwgren, Almgren: Alla tiders historia. Liber, Arlöv 1984. Sid 11.
3. Burke: Connections. Macmillan, London 1978. Sid 8.
4. Kranzberg & Pursell: Technology in Western Civilization, Vol. I. Oxford University Press 1967. Sid 32.
5. Singer et al: A History of Technology, Vol. I. Oxford University Press 1954. Sid. 718.
6. Singer et al: A History of Technology, Vol. I. Oxford University Press 1954. Sid. 756.
7. Singer et al: A History of Technology, Vol. I. Oxford University Press 1954. Sid. 535.
8. Dasberg, Kramer, Lodeizen, Maarschalkerweerd, Rampen: På väg mot framtiden. Almqvist & Wiksell Läromedel, Groningen 1980. Sid. 10.
9. Singer et al: A History of Technology, Vol. II. Oxford University Press 1956. Sid. 715.
10. Frere-Coole: The Decorative Arts of the Mariner. Cassel, London 1966.
11. Singer et al: A History of Technology, Vol. I. Oxford University Press 1954. Sid. 566.
12. Singer et al: A History of Technology, Vol. II. Oxford University Press 1956. Sid. 499.
13. Lindmark: Ångtekniken. I Uppfinningarnas bok, del II, Norstedt & Söner, Stockholm 1925. Sid. 186.
14. Drachmann: Antikens teknik. Prisma, Stockholm 1965. Sid. 119.
15. Söderlund, Seth: Allmän historia för gymnasiet. Bonniers, Stockholm 1956. Sid. 79.
16. Singer et al: A History of Technology, Vol. II. Oxford University Press 1956. Sid 503.
17. Singer et al: A History of Technology, Vol. II. Oxford University Press 1956. Sid. 411.
18. Singer et al: A History of Technology, Vol. II. Oxford University Press 1956. Sid. 419.
19. Drachmann: Antikens teknik. Prisma, Stockholm 1965. Sid. 45.

20. Strandh: Maskinen genom tiderna. Nordbok, Göteborg 1979. Sid. 98.
21. Söderlund-Seth: Allmän historia för gymnasiet. Bonniers, Stockholm 1956. Sid. 92.
22. Kranzberg & Pursell: Technology in Western Civilization, Vol. I. Oxford University Press 1967. Sid. 72.
23. Burke: Connections. Macmillan, London 1978. Sid. 87.
24. Freemantle: De stora epokerna. Medeltiden. Bonniers, Stockholm 1965. Sid. 67.
25. Singer et al: A History of Technology, Vol. II. Oxford University Press 1956. Sid. 435.
26. Burke: Connections. Macmillan, London 1978. Sid. 50.
27. Burke: Connections. Macmillan, London 1978. Sid. 32.
28. Kavaleff et al: Historia för gymnasiet, åk 1. Biblioteks-förlaget, Stockholm 1969. Sid. 145.
29. Singer et al: A History of Technology, Vol. II. Oxford University Press 1956. Sid. 213.
30. Singer et al: A History of Technology, Vol. III. Oxford University Press 1957. Sid. 395.
31. Samuelson: Medeltid till nutid. Historia för gymnasie-skolans 2-åriga sociala linje. Natur & Kultur, Stockholm 1967. Sid. 99.
32. Landström: Skeppet. Forum, Stockholm 1961. Sid. 81
33. Burke: Connections. Macmillan, London 1978. Sid. 29.
34. Landström: Skeppet. Forum, Stockholm 1961. Sid. 154.
35. Bronowski: The Ascent of Man. BBC, London 1973. Sid. 237.
36. Johnson: Klockor och ur. Odyssevböckerna. Tiden, Stockholm 1964. Sid. 43.
37. Kranzberg & Pursell: Technology in Western Civilization, Vol. I. Oxford University Press 1967. Sid. 240.
38. Kranzberg & Pursell: Technology in Western Civilization, Vol. I. Oxford University Press 1967. Sid. 235.
39. Daumas et al: Histoire Générale des Techniques, Tome III. Presses Universitaires de France, Paris 1968. Sid. 720 b.
40. The Steam Engine. Science Museum, London 1965. Sid. 5.

41. Daumas et al: Histoire Générale des Techniques, Tome III. Sid. 32.
42. Strandh: Maskinen genom tiderna. Nordbok, Göteborg 1979. Sid. 56.
43. Daumas et al: Histoire Générale des Techniques, Tome III. Sid. 48, 49.
44. Pannell: Man the Builder. Thames & Hudson, London 1964. Sid. 227.
45. Singer et al: A History of Technology, Vol. IV. Oxford University Press 1958. Sid. 98.
46. Singer et al: A History of Technology, Vol. IV. Oxford University Press 1958. Sid. 92.
47. Pannell: Man the Builder. Thames & Hudson, London 1964. Sid. 35, 31.
48. Daumas et al: Histoire Générale des Techniques, Tome III. Sid. 378.
49. Landström: Skeppet. Forum, Stockholm 1961. Sid. 230.
50. Singer et al: A History of Technology, Vol. IV. Oxford University Press 1958. Sid. 509.
51. Foto: Staffan Hansson.
52. Bergström, Löwgren, Almgren: Alla tiders historia. Liber, Arlöv 1984. Sid. 181.
53. Daumas et al: Histoire Générale des Techniques, Tome III. Sid. 175.
54. Burke: Connections. Macmillan, London 1978. Sid. 113.
55. Strandh: Maskinen genom tiderna. Nordbok, Göteborg 1979. Sid. 190.
56. Singer et al: A History of Technology, Vol. V. Oxford University Press 1958. Sid. 57.
57. Daumas et al: Histoire Générale des Techniques, Tome III. Sid. 496.
58. Kranzberg & Pursell: Technology in Western Civilization, Vol. II. Oxford University Press 1967. Sid. 41.
59. Hildingson, Kjellin, Norman, Westin, Åberg: Två sekler. Lärobok i historia för gymnasieskolan åk 2-3. Natur och Kultur, Stockholm 1974. Sid. 129.
60. Daumas et al: Histoire Générale des Techniques, Tome III. Sid. 386.
61. Kranzberg & Pursell: Technology in Western Civilization, Vol. II. Oxford University Press 1967. Sid. 124.



62. Samuelson: Medeltid till nutid. Historia för gymnasieskolans 2-åriga sociala linje. Natur & Kultur, Stockholm 1967. Sid. 219.
63. Foto: Staffan Hansson.
64. Singer et al: A History of Technology, Vol. V. Oxford University Press 1958. Sid. 120.
65. Kranzberg & Pursell: Technology in Western Civilization, Vol. I. Oxford University Press 1967. Sid. 570.
66. Borg, Nordell: Historia för gymnasiet årskurs 2. Carlssons, Stockholm 1967. Sid. 142.

# Redaktionen

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

Maximalt omfång för uppsatser är 30 sidor. Debattartiklar mottas med intresse. Skriv kort, en à två sidor. Korta presentationer av teknikhistoriska kurser, utställningar m.m. är också välkomna.

## Författaranvisningar

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

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

Litteraturreferenser skrivs enligt Historisk Tidskrift.

Illustrationer och tabeller förses med förklarande text.

Måttenheter bör anges i SI-systemet.

Manuskript kan sändas till endera av följande medlemmar av redaktionen:

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

Svante Lindqvist, Teknikhistoria, KTHB, 100 44 STOCKHOLM

