

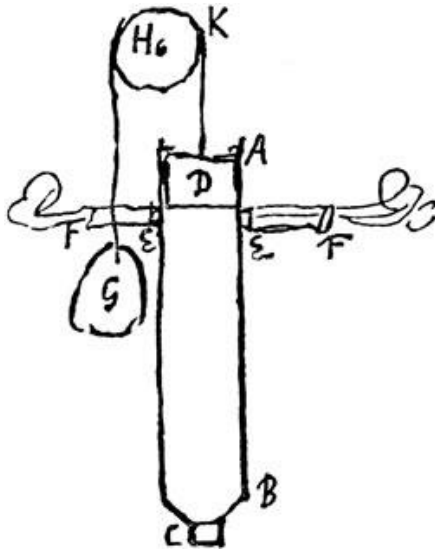


1 De ontwikkeling van de stoommachine

Zie hier de fabelachtige opkomst van de stoommachine. Het is ook een mooie illustratie van de “Verlichting”, waarbij proeven doen en vooral waarnemen, een hoofdrol speelde. En alle ontdekkingen moesten gedeeld worden. Het delen van kennis was belangrijk, vandaar ook dat juist toen de eerste encyclopedieën verschenen. Zoals bij veel ontwikkelingen was ook de uitvinding van de stoommachine niet het werk van één persoon, maar een aantal onderzoekers. De één gaat verder waar de ander niet verder kon. De geleerde Newton heeft ooit gezegd: “*Als men zegt dat ik verder kijk dan anderen, dan komt dat omdat ik op de schouders van reuzen sta*”. Heel bescheiden, maar waar.

Huygens

Ik ga even terug in de geschiedenis maar niet zover dat we de Griek Heron tegenkomen met zijn *aeolipile*. Dit apparaat met straalpijpjes is meer op zijn plaats in een verhandeling over straalmotoren.



We schuiven even door naar de 18^e eeuw. Onze landgenoot, de geleerde Christiaan Huygens, denkt in 1678 na over een buskruit motor. Die bestaat uit een cilinder en een zuiger. Als het buskruit wordt ontstoken, schiet de zuiger **D** omhoog en laat de gassen dan via twee openingen ontsnappen zodra de zuiger voorbij die openingen is gekomen. Zuurstof is verbruikt en de gassen koelen af. Beide zorgen ervoor dat er onder de zuiger een gedeeltelijk vacuüm ontstaat en de druk van de atmosfeer zorg ervoor dat de zuiger naar beneden gaat. Dit is het moment dat zijn machine een last kan optillen. Of water kan oppompen. Huygens heeft deze machine nooit verder ontwikkeld, maar 30 jaar later heeft Thomas Newcomen een atmosferische stoommachine werken die in grote lijnen volgens hetzelfde principe werkt.

Waarom liet men de atmosfeer het werk doen?

Dankzij de Italiaan Gasparo Berti weten we dat er zoiets als luchtdruk bestaat. Hij loste in 1643 een oud probleem op waar Galileo zelf niet uit kon komen, namelijk de onmogelijkheid om met een pomp water van dieper dan 10 meter omhoog te zuigen. De luchtdruk bepaalt dit effect, want die perst het water in de pomp.

Torricelli herhaalde deze proef en nam geen onpraktische buis van 10 meter lang, gevuld met water, maar een kortere buis gevuld met het veel zwaardere kwik. De buis was aan een zijde gesloten en werd met kwik gevuld. Daarna plaatste hij die omgekeerd in een bak kwik. Het kwik zakte, maar niet verder dan 76 cm boven het kwikoppervlak. Hij en Berti hadden hiermee bewezen dat er luchtdruk bestaat en dat die ongeveer een kg/cm² bedraagt. Torricelli ontdekte op zijn veel handbaarder apparaat ook dat de luchtdruk niet altijd hetzelfde was. De barometer was geboren!

De luchtdruk heeft dus een grote kracht. Otto von Guericke bewees dit in 1654 op spectaculaire wijze door twee vacuüm gezogen bollen van 50 cm middellijn door 16 paarden te laten proberen deze bollen uit elkaar te trekken. Dat lukte niet. Er drukte meer dan twee ton op de halve bollen...



Papin

De Fransman Denis Papin was Calvinist in het katholieke Frankrijk en moest daardoor naar het toen ruimdenkende Nederland vluchten. Hij werd assistent van Christiaan Huygens. Papin werkte ook mee aan de proeven van Huygens' buskruitmotor. Later zou hij dit principe gebruiken voor zijn stoommachine. Maar eerst bedacht hij de "autoclaaf", een snelkookpan. Hij gebruikte die om bij de hogere kooktemperatuur vet van botten te scheiden. Het bot werd dan bros en kon dan vervolgens gemakkelijk gemalen worden tot beendermeel (om daarvan weer gelatine te maken).



Omdat de ontstane stoom bij het koken niet kon ontsnappen, liepen druk en kooktemperatuur snel op. Dit eindigde enige malen in de explosie van zijn ketel. Hij ontwierp daarna een veiligheidstoestel: de veiligheidsklep, die zich opende als de druk in de ketel te hoog werd. En laat ketel 4 in het stoommachinemuseum te Medemblik nu nog steeds hetzelfde systeem hebben...

Onder de indruk van de kracht van stoom, heeft hij twee zaken gecombineerd: de buskruitmotor van Huygens en de druk van zijn ketel. In 1688 gaf hij in Duitsland een

demonstratie die zijn schaduw vooruit wierp.

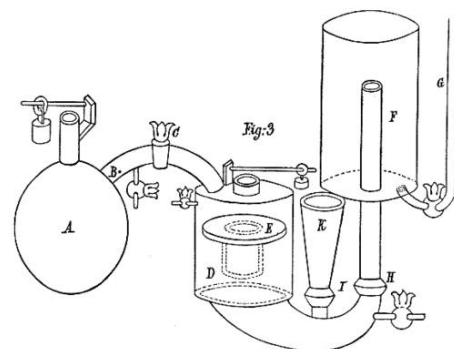
Papin heeft een cilinder met een zuiger waarin hij onderin een beetje water aan de kook brengt. De stoomdruk laat de zuiger omhoog gaan. Dan haalt hij het vuur weg. De ruimte onder de zuiger koelt af, de stoom condenseert en er ontstaat een vacuüm. De atmosferische druk duwt dan de zuiger naar beneden en hijst de gewichten op. In feite heeft hij hier alles gedemonstreerd waar anderen op door kunnen gaan: de druk van stoom en die van de atmosfeer.

Papin zelf stopte vaak met onderzoek als hij iets bewezen had. Met wat meer ondernemerslust zou hij een heel grote vermelding in de geschiedenisboekjes hebben gekregen. Nu is hij redelijk onbekend en arm gestorven.

Hij beschreef in 1690 hoe een stoomboot aangedreven zou kunnen worden door zijn machine. Het is onbekend hoe die de boot werd aangedreven. In een volgende machine, een waterpomp, gebruikte hij de druk van stoom om arbeid te verrichten. Hierbij werd in een cilinder (tegelijktijd stoomcilinder en waterpomp) stoom geperst. De zuiger ging naar beneden en perste vervolgens het water weer weg.

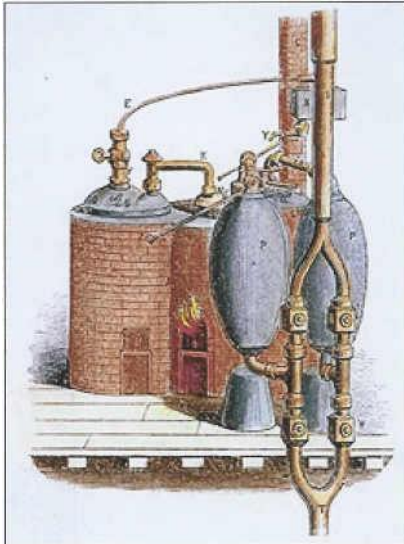
Hij heeft deze machine enkel gebruikt om zijn idee te demonstreren, maar heeft hem nooit verder ontwikkeld.

Hoewel hij schreef over boten die door een stoommachine werden aangedreven verlegde hij zijn aandacht naar het ontwikkelen van een variant op de pomp van Savery.





Dat verhaal over een boot is een eigen leven gaan leiden. Een beschrijving over een door menskracht aangedreven boot met waterraderen is waarschijnlijk vervlochten geraakt met zijn stoomexperimenten.



Savery

De volgende stap in verhaal werd gezet door de Engelsman Thomas Savery die geboren werd in Modbury, Devon. Hij gebruikte de stoom als middel om druk op een vat te zetten en de werking van een vacuüm kende hij hoogstwaarschijnlijk van de proeven van Papin.

Al de reeds genoemde onderzoekers leefden tijdens de Verlichting, "de eeuw van rede", waarin waarnemingen en onderzoek belangrijk waren (als reactie op de dogma's van de kerk). Het is dus heel goed mogelijk dat meerdere mensen onafhankelijk van elkaar op hetzelfde idee zijn gekomen.

Savery's apparaat bestond uit een stoomketel en twee bollen. Verder werden er kleppen gebruikt. Zijn bedoeling was om het apparaat in te zetten om het grondwater uit de

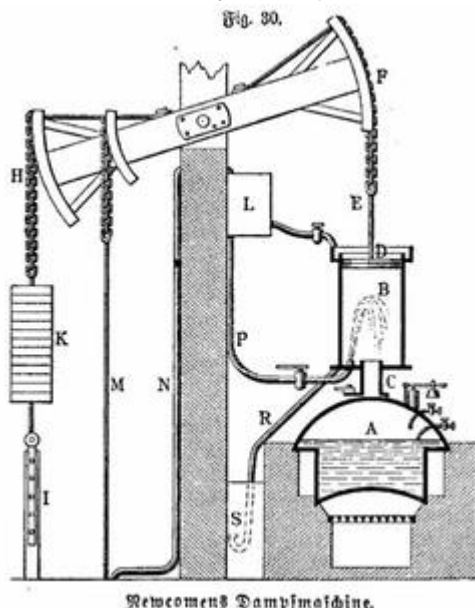
mijnen in Cornwall te pompen.

De pomp werkte als volgt: hij liet stoom met koud water condenseren in een van de bollen. Dat zorgde voor een flink vacuüm, waarna water door de atmosferische druk in de bol werd gedrukt. Dat kon tot een hoogte van 9 meter. Vervolgens werd het water door stoom weggedrukt naar een hoogte van 15 meter.

De machine werd met de hand bediend, was traag en onrendabel. Hij is daarna nog wel gebruikt voor de drinkwatervoorziening in Londen.

Een ander nadeel van de machine van Savery was het feit dat die *in* de mijn moest werken. In een steenkoolmijn was dit heel gevaarlijk vanwege het mijngas. Het belangrijkste minpunt was de opbrengst: die was heel matig.

Thomas Savery zou redelijk onbekend zijn gebleven, als hij niet toevallig dicht bij Dartmouth had gewoond. Daar woonde de ijzerhandelaar en metaal-kenner Thomas Newcomen, die de ideeën van Savery en Papin combineerde.



En van de laatste niet alleen de stoomketel, maar ook het idee van de zuiger. Helaas voor Newcomen had Savery in 1698 zijn stoompomp dankzij een wet tot 1733 kunnen patenteren, zodat Newcomen daar niet omheen kon als hij het vacuüm effect door condenserende stoom wilde gebruiken. Newcomen heeft niet veel aan zijn machine verdiend, want hij is arm gestorven. Machines werden namelijk ter plekke gebouwd door 'oprichters', mensen met kennis van Newcomen's machine. Plaatselijke smeden, ijzergieterijen en timmerlieden maakten het bouwwerk af. De royalties gingen naar Savery.

Newcomen

In zijn essay "Waarom de stoommachine geen Chinese uitvinding is", stelt Maarten van Rossem dat er in China geen noodzaak was om een



stoommachine uit te vinden. Het lag niet aan de kennis en kunde van de Chinezen. Waarom werd de eerste echte stoommachine dan wel *-of all places-* in het afgelegen Cornwall uitgevonden? Er was daar wel een noodzaak!

In Cornwall, waar koper- en tinmijnen waren, moest men steeds dieper graven om het erts te bemachtigen -tot over de 600 m onder de grond. Veel mijngangen strekten zich zelfs uit tot onder de zeebodem, in totaal tientallen kilometers. Op zeker moment had men last van grondwater dat het werk bemoeilijkte. Men heeft ongetwijfeld eerst handpompen ingezet en later rosmolens, maar al snel moest er iets sterkers komen. Cornwall is heuvelachtig en de riviertjes lopen vrij snel naar zee. De windmolen was geen optie en heel soms zette men een waterrad in, als dat mogelijk was.



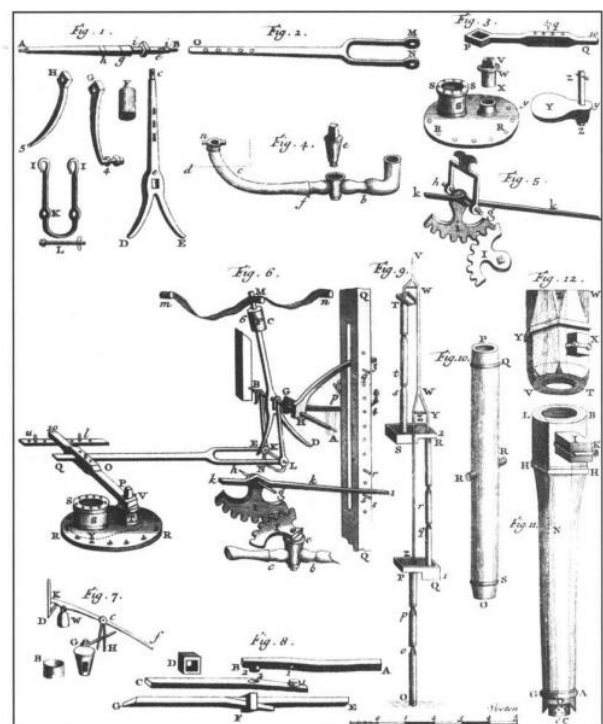
Thomas Newcomen bouwde de eerste nuttige stoommachine. Het afkoelen van stoom onder de zuiger veroorzaakte een gedeeltelijk vacuüm en de atmosferische druk duwde de zuiger naar beneden waarbij via de balans de opgaande pompslag werd gemaakt. We denken misschien dat er buis diep in de mijn liep, met één zuiger, maar er zou dan een groot gewicht drukken op de zuiger, door de waterkolom. In werkelijkheid liep er een stang naar beneden die gekoppeld was aan een serie zuigpompen. De onderste pomp haalde het water omhoog en liet dat in een bak stromen. Een volgende pomp zoog die bak leeg en vulde zelf weer opnieuw een bak, enz. Het ging dus om een cascade van pompen. Al heel snel werd de Newcomen machine ook ingezet bij de kolenmijnen.

West *Wheal* Owles machinegebouw van de Botallack mijn in het uiterste puntje van Cornwall. Dit gebouw -aangepast middels computertechnieken- is ook te zien in de televisieserie Poldark.

De ketel was van het “haystack” (hooiberg) type en druk bedroeg 1 tot 2 psi (0,07 tot 0,14 bar), dus heel laag.

In de uitgangssituatie trok het gewicht van de pompstang, zuigers en water de machine-zuiger via de balans omhoog. Als er stoom werd toegelaten onder de zuiger gebeurde er dus niets, totdat de waterstraal de stoom afkoelde. Dan ontstond het gedeeltelijke vacuüm waardoor de atmosferische druk de zuiger naar beneden drukte. Vervolgens werd bij het inlaten van de stoom in de volgende cyclus een aftap opengezet, zodat condens- en koelwater onderin de cilinder weggedrukt werden.

De zuiger was omgeven door een leren ring die als afdichting diende. Omdat de cilinder nog niet perfect rond was liet men een laagje water bovenop de zuiger staan. Mogelijk dat dit ook voor de smering zorgde. Nat leer laat een cilinder in elk geval niet erg slijten.





Hoe sterk was nu die Newcomen machine? De Britse machine uit 1760 die in het Ford museum bij Dearborne staat heeft een vermogen van ongeveer 20 pk, bij 14 slagen per minuut. Dat geeft een idee. En de efficiëntie was maar 1 %. Per slag werd er zo'n 500 liter water opgepompt.

Newcomen leefde in de tijd van de "grove mechanica". De plaat rechts (blz. 4) laat enkele onderdelen zien. Het ziet eruit als het werk van een smid en hoogstwaarschijnlijk was dat ook wel zo.

Bij het model in het stoommachinemuseum staat een jongetje dat de hele dag:

- 1 stoom toevoert en weer afsluit.
- 2 Een straal koud water onder de zuiger spuit.
- 3 Koud water en condensaat weer afvoert via een aftap.

Dit gebeurde aanvankelijk met drie kranen, of *plugs* zoals ze in die tijd werden genoemd. Ze werden bediend door de *plug man*. Een ander Engels woord voor kraan is *cock*. Er is een legende over de *cock boy* Humphrey Potter, die kennelijk verveeld raakte door het eentonige werk en een systeem met stangen bedacht om de machine zelfwerkend te maken. Misschien vandaar dat ons Newcomen model voorzien is van een jongetje. Als dat al zo is heeft hij zijn eigen graf gegraven en moest hij weer terug naar de mijn om waarschijnlijk weer gaan doen wat kleine jongetjes deden, namelijk in het pikkedonker de luikjes naar de zijgangen van de mijn open en dicht doen als er een mijnwerker door wilde. Dit was een voorzorgsmaatregel tegen het gevaarlijke mijngas. Dus dat jongetje was in zekere zin het eerste slachtoffer van de automatisering.

Dat Newcomen model laat het allemaal heel mooi zien. En als men vindt dat de stoomketel wel heel veel op een bierbrouwketel lijkt, dan klopt dat. Die koperslagers konden ketels maken van koperen platen. En bij een overdruk van slechts 1 - 2 psi doorstonden die de druk zonder problemen.

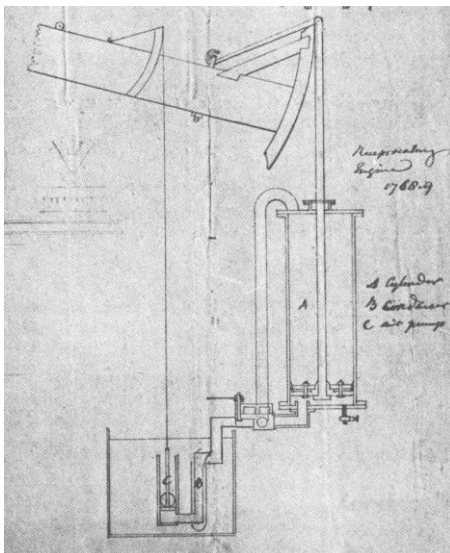
De eerste machine van Newcomen die buiten Cornwall werd geleverd ging in 1712 naar de "Conygree Coalworks" bij Dudley (Birmingham). Daar is nog een factuur van en daarom wordt dit jaar meestal aangehouden als het geboortjaar van de atmosferische machine. In 1733 waren er al 125 Newcomen machines opgericht.

Watt

James Watt heeft de stoommachine behoorlijk vooruit geholpen. Hij moest rond 1763 een model van een Newcomen machine repareren en het viel hem op hoeveel stoom hij nodig had om eerst de cilinder op te warmen voordat de machine een nieuwe pompslag kon maken. Het model stopte al na een paar slagen omdat er geen stoom meer was.

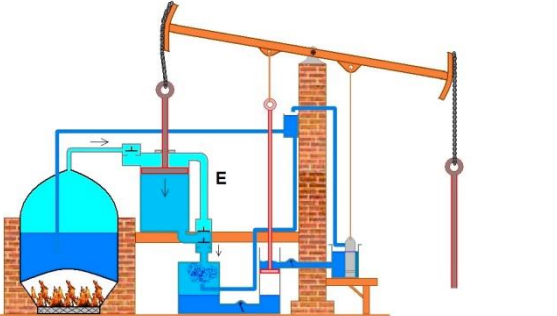
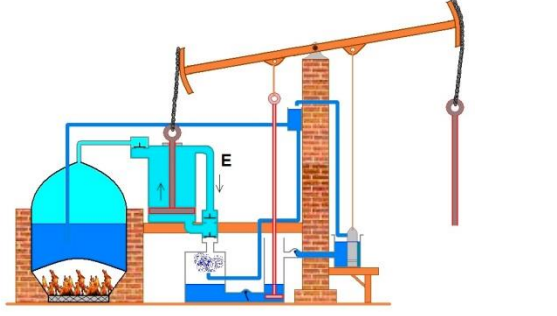
De noodzakelijke insputting van koud water voor het creëren van het vacuüm koelde de cilinder steeds flink af. Dat kon beter. Watt voerde de stoom via een kraan af naar een apart vat, waar hij de afkoeling (en dus het creëren van een gedeeltelijk vacuüm) liet plaatsvinden. Hiermee had hij de *condensor* uitgevonden. In 1769 kreeg hij patent op deze machine.

Maar dat patent ging al veel verder dan de atmosferische machine van Newcomen. Voor de aanvraag van het patent had hij tekeningen gemaakt,





maar zijn vrienden raadden hem af om tekeningen mee te sturen, i.v.m. het nabouwen van de machine. Maar juist het weglaten van die tekeningen zorgde later voor veel rechtszaken. Die tekening onthult iets belangrijks. Het is een *enkelwerkende* machine, maar de cilinder is ook van boven dicht en er loopt een buis tussen het bovenste en onderste gedeelte van de cilinder. De evenwichtsbuis. Kortom, het gaat al om iets dat we later de *Cornish Cycle*¹ noemen!

	
<p>De verse stoom (lichtblauw) stroomt naar de bovenste helft van de cilinder en zal ook een heel lichte druk op de zuiger uitoefenen.</p> <p>De koele, gebruikte stoom (donkerblauw) wordt door de zuiger weggedrukt, richting condensor.</p> <p>Watt gebruikt dus zowel de (lichte) druk van stoom boven de zuiger, als het vacuüm onder de zuiger, dat in de condensor ontstaat.</p> <p>Daarom is zijn machine sterker.</p>	<p>Door het gewicht van de pomp en de stangen wil de zuiger omhoog.</p> <p>Dat kan heel gemakkelijk als er een klep wordt geopend in evenwichtsbuis E.</p> <p>De gebruikte stoom boven de zuiger wordt op die manier -door de zuiger- in het onderste deel van de cilinder gedrukt.</p> <p>Dat is de stoom die later naar de condensor stroomt om weer een vacuüm te verkrijgen.</p> <p>En dan begint alles weer opnieuw.</p>

James Watt kon de stoommachine niet op eigen kracht ontwikkelen, want hij verdiende weinig en kon zijn gezin maar net onderhouden. Aanvankelijk is John Roebuck, eigenaar van een mijn in Schotland, zijn geldschieter. James kan bij hem op het gelijknamige landgoed zijn *Kinneil* machine bouwen. Hij verdient er niets mee, maar krijgt de materialen. Hij is genoodzaakt om er een paar banen bij te nemen, o.a. als adviseur van een pottenbakkerij en als landmeter voor het werk aan de kanalen. Roebuck zorgt ervoor dat Watt een Brits patent krijgt op zijn machine en gaat kort daarna failliet. Matthew Boulton neemt dit patent over en betaalt de schulden van Roebuck. James Watt gaat nu verder werken aan een verbeterde stoommachine en die valt onder een nieuw patent dat toegekend wordt in 1775. Daarin wordt al verwezen naar de latere dubbelwerkende machine. Tegelijkertijd gaan heren een compagnonschap aan onder de naam Boulton & Watt. De samenwerking duurt zolang het patent geldig is, tot juni 1800. In die dagen heeft de firma dezelfde naam als Rolls-Royce; Boulton & Watt staat voor kwaliteit.

De enkelwerkende machine van Watt verving al snel de verouderde Newcomen machines in Cornwall. Maar niet overal. De enkelwerkende machine in het Engelse plaatsje *Elsecar*, midden in een steenkoolgebied, is in 1795 gebouwd en heeft tot 1923 gewerkt. Maar ja, het

¹ De Cornish Cycle is een ontwikkeling van na 1800. Er werden al hogere stoomdrukken gebruikt. Een toegevoegde klep maakte het mogelijk om de stoomtoevoer boven de zuiger al halverwege de slag te sluiten. De stoom expandeert en als de zuiger in de onderste stand staat, wordt de stoom afgevoerd naar de condensor. De werking van de evenwichtsklep is verder hetzelfde als bij de Watt machine: de omhoog gaande zuiger drukt de stoom boven de zuiger naar de ruimte onder de zuiger. Het rendement kon oplopen tot 11%.



verbruik van deze machine was niet belangrijk. De steenkolen liggen daar nog steeds op sommige plekken nog geen meter onder de grond.

De Boulton & Watt is echter nog steeds een enkelwerkende machine. Matthew Boulton was zakenman en eigenaar van o.a. de "Soho Manufactory", een van de eerste fabrieken voor eenvoudig massawerk, zoals knopen en gespen. Dat ging per honderdduizenden. De munt van de fabriek sloeg zelfs tientallen miljoenen koperen munten per jaar.

De werkverdeling was als volgt: Boulton leverde het geld en Watt kon zijn machine vervolmaken. Gaandeweg raakte Boulton ook steeds meer thuis in de techniek van de stoommachine.

Aanvankelijk werden er tientallen enkelwerkende stoommachines gebouwd maar Boulton zag dat daar een einde aan zou komen als alle mijnen voorzien waren van een betere Boulton&Watt pompmachine.

De industrie zat te springen om een machine die een draaiende beweging kon leveren, net zo sterk en regelmatig als het waterrad. De opkomende industrie kon alleen gevestigd worden in gebieden met stromende rivieren en daar kwam een einde aan. Goed beschouwd ontstond er een tekort aan rivieren...

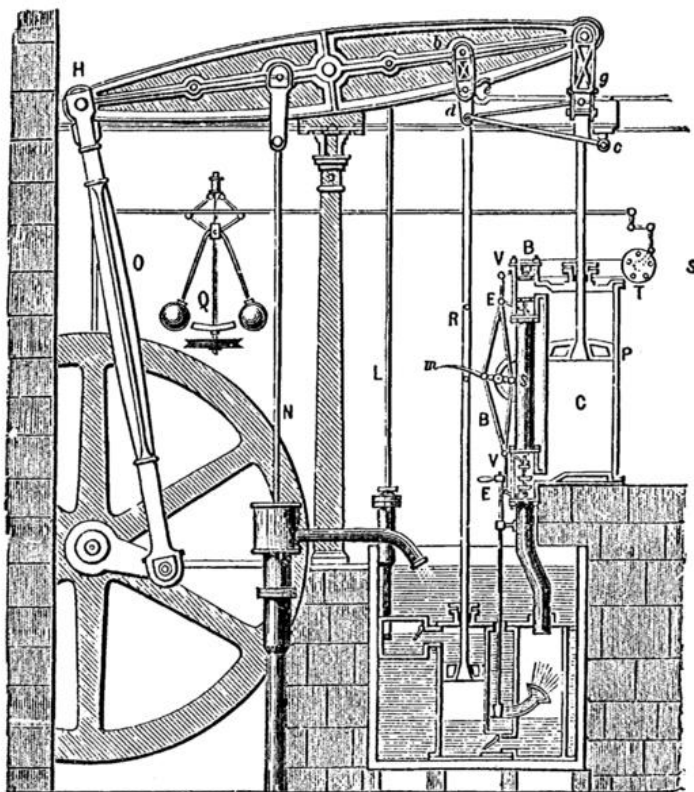
Boulton zette wat druk op Watt en zei: "Een tweede Cornwall zal niet meer voorkomen!".

Bovendien: de stoommachine "*is a moneymaking, interesting project!*"

Maar James Watt was ook nog steeds landmeter bij de aanleg van kanalen in Schotland.

Dus Boulton moest zijn compagnon nog wel eens achter de vodden zitten. Watt heeft kennelijk niet meteen de stap naar de dubbelwerkende stoommachine gemaakt. Hij had in 1782 een *double engine* met twee enkel werkende cilinders draaien. Het was een *compound* machine, dus de gebruikte stoom van de ene cilinder werd in de andere nog eens gebruikt. Vreemd genoeg waren beide cilinders even groot en dat is ongebruikelijk voor een compound machine. Boulton moest hem laten bouwen aan de hand van een tekening, want

Watt was in Cornwall. Voor de zekerheid bouwde Boulton hem zo, dat de machine ook als twee aparte machines te gebruiken was. Deze machine leverde al een roterende beweging.



In 1783 draaide er een nieuwe machine in de Soho Manufactory van Matthew Boulton: de eerste dubbelwerkende. Ook deze machine noemde hij *double engine*. Dat wekte enige verwarring. In 1784 vond Watt de *parallele beweging* uit, om daarmee te bereiken dat de zuigerstang loodrecht in de cilinder bewoog. De machine was toen "af" en 1784 wordt dan ook vaak aangehouden als het geboortjaar van de dubbelwerkende stoommachine. De eerste dubbelwerkende machine werd geleverd aan "Cotes and Jarratt" in Hull.



Ook deze cilinder was uiteraard aan twee kanten dicht en voorzag die van een dubbele wand, zodat de daardoor stromende verse stoom de cilinder niet teveel afkoelde.

Omdat Watt geen ketting meer kon gebruiken, want bij het omhoog duwen zou de ketting niet strak blijven, moest hij wel overstappen op een zuigerstang die met de balans verbonden was. En hij moest ook iets vinden om de stang in het cilinderdeksel goed af te dichten. Hij gebruikte hiervoor een pakking van hennep en gesmolten talkvet. Zijn zuiger bestond uit platen lood en karton (van ± 1 cm dik), die om en om aan de zuigerstang gemonteerd waren. Dit was niet erg slijtvast en elke week moest de zuiger eruit om die te kunnen controleren. Watt heeft allerlei materialen geprobeerd om de zuiger goed af te dichten. Zelfs wol. Wat goed werkte was een zuigerafdichting van *oakum*. In feite was dat het materiaal waar houten schepen mee gebreeuwd werden. Het bestond uit vezels van gebruikte touwen die verzadigd waren met vet (in dit geval gesmolten talkvet). Maar ook hiermee moest de zuiger er elke week uit om het pakket van oakum en vet dichter te slaan.

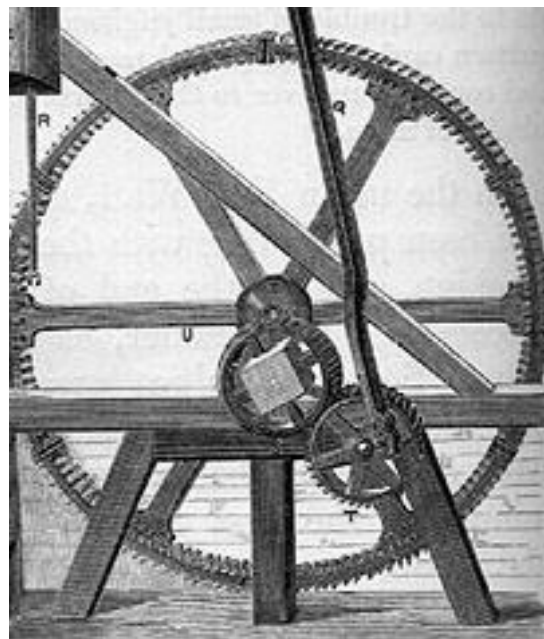
Bovenaan de zuigerstang (de tekening op de vorige bladzijde) zien we de parallelle beweging, waar Watt erg trots op was. Het is een parallellogram dat wordt gevormd door het draaipunt van de zuigerstang en de punten **b**, **d** en **g**. Punt **c** is gemonteerd aan een vast punt, in dit geval de balk. Dit punt moet in elk geval onbeweeglijk vast zitten. Met deze oplossing bereikte hij dat de zuigerstang zich bijna loodrecht door de pakking bewoog.

De foto hiernaast laat de aandrijving op de as zien van de *lap engine* uit 1788. Deze machine dreef 42 polijstmachines aan in de Soho Manufactory. Het gebeurt middels een planetair stelsel. Waarom? Nou, er rustte een patent op de krukas... En dat terwijl de Romeinen hem al gebruikten (Bij Augst in Zwitserland is er een opgegraven uit de 2^e eeuw). Watt bereikte hier wel mee, dat de snelheid door het planetair stelsel verdubbelde.

Het uitgebreide boek "James Watt and the Steam Engine" van Dickinson & Jenkins laat zien dat er in feite niet één machine van Boulton & Watt hetzelfde was. Uiteraard omdat er steeds verschillende vermogens nodig waren, maar enkel- en dubbelwerkend liepen door elkaar en ook de stangen, kranen en schuiven werden voortdurend anders uitgevoerd. Ongetwijfeld was dit allemaal erg leerzaam voor Watt.

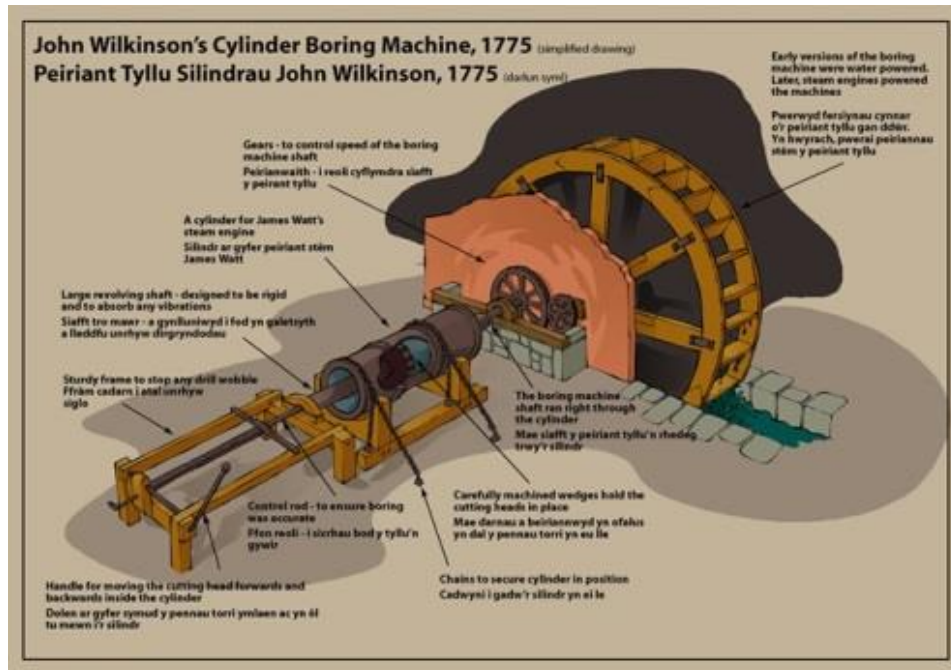
De gietijzeren balans kwam in een later stadium.

In de tekening (blz. 7) is de condensor te zien (het sproeiertje), met daaraan de luchtcondensaatpomp, de ketelwater aanvoerpomp en de koelwaterpomp. Bijzonder is de reguleur, die Watt niet zelf uitgevonden heeft, want in de meelmolens werd hij al langer gebruikt om de afstand tussen de maalstenen te regelen.





De machines van Boulton & Watt stonden hoog in aanzien. Dankzij de ijzergieterij van John Wilkinson konden Boulton & Watt daar al hun cilinders laten gieten en uitboren waardoor de kwaliteit hoog werd.



Boulton & Watt hadden er voor kunnen kiezen om hun dubbelwerkende machine met condensor door anderen in licentie te laten bouwen. Maar ze bedachten iets dat in de praktijk veel profijtelijker was. Of het nu om enkelwerkende machines ging (en die hebben ze nog ver na 1784 gebouwd) of de nieuwe dubbelwerkende, door de condensor was men qua brandstof altijd voordeliger uit. Het rendement zonder condensor was 1% en met condensor was dat 3%. Van de besparing die dit de eigenaar van de fabriek of de mijn opleverde, vroegen Boulton & Watt een derde. Dat leverde veel geld op, maar omdat het “condensor” patent uit 1769 in 1775 via een wet van het Parlement tot 1800 werd verlengd, konden anderen eigenlijk geen betere machines bouwen. Met het aflopen van het patent in juni 1800 zie je opeens een grote verscheidenheid van machines op de markt komen. Richard Trevithick gebruikt in zijn locomotief van 1804 al een liggende cilinder. Er komen kleine machines zoals James Sadler’s “tafelmachine” die niet meer in de buurt van de stoomketel hoeft te staan. We zien de oscillerende machine, waarbij de cilinder zelf voor de aan- en afvoer van de stoom zorgt. De machines worden groter, efficiënter. Je zou dus kunnen stellen dat Boulton & Watt de verdere ontwikkeling van de stoommachine door hun patent jarenlang geblokkeerd hebben. Aan de andere kant hebben ze ook een perfecte machine nagelaten, waar anderen mee voort konden gaan. Overigens werd de benaming “stoommachine” weinig gebruikt. Men sprak de hele 18^e eeuw en zelfs nog daarna, over “vuurmachine”. Op zich een goede benaming.

Nog even terug naar Boulton & Watt. Er is veel correspondentie bewaard gebleven van deze firma. James Watt had een kopieersysteem uitgevonden waarbij de uitgaande brieven met speciale inkt waren geschreven. Dit maakte het mogelijk om binnen 24 uur een brief verschillende malen te kopiëren met een speciaal apparaatje.

Daarom weten we bijvoorbeeld dat men redelijk snel kon leveren. In 1797 wilde de nieuwe spinnerij van McConnel & Kennedy’s in Birmingham een nieuwe machine “van 12 of 14 paarden”. Boulton & Watt ontvingen het verzoek in mei, deden een voorstel en binnen 10



Hans Walrecht

dagen was de bestelling geplaatst en in September 1798 was de fabriek klaar en de machine geplaatst.

Op voorstel van Boulton & Watt werd het een machine van “16 paarden”. Zestien pk om de 8400 spinnen van de spinnerij aan te drijven. Dat kon, want met handkracht konden er 120 aangedreven worden. Maar waarom zo voorzichtig? Wel, de Boulton & Watt was nog niet zo efficiënt. Hij gebruikte 15 lb (6,8 kg) steenkool per pk per uur. In 1900 gebruikte een 1000 pk sterke “triple expansion” machine nog maar 1,5 lb steenkool per pk per uur. Dus 10 maal minder.

En waarom kwam de stoommachine juist in Engeland tot grote bloei? Het had net zo goed een curiositeit kunnen blijven. Wel, bij de mijnbouw was er de noodzaak om die belangrijke economische tak door te laten werken. Er was dus een concrete behoefte aan een sterke krachtbron. Na 1830 neemt de ontwikkeling van de stoommachine in Engeland een grote vlucht. Waterkracht speelde tegelijkertijd nog lang een grote rol, maar zonder de stoommachine had de industriële expansie in Engeland al snel tegen een plafond aangezeten. Met de stoommachine kon de industrialisering ongebreideld toenemen, mits de aanvoer van grondstoffen en afzetmogelijkheden niet gehinderd werden.

Hans Walrecht

Zie voor animaties: <http://www.hansonline.eu/leerlink/stoomlinks.htm>