

Werkstukhulp “Hoe werkt een Stoommachine?”

Voordat je de tekst hieronder gaat lezen is het misschien wel handig om eerst de werkstukhulp “Van Snelkookpan tot Stoommachine” te lezen. Dan kom je wat meer te weten over stoom en over bijvoorbeeld de condensor.

De stoommachine

Een benzinemotor werkt omdat er een mengsel van brandstof en lucht in een cilinder ontstoken wordt door een vonk. Dat mengsel verbrandt heel snel en geeft een grote druk in de cilinder, zodat de zuiger naar beneden wordt gedrukt. Het vuur zit dus in de cilinder. We noemen dit een *inwendige verbranding*.

Bij een stoommachine werkt dit heel anders. Op de foto zie je links de stoomketel en de stoom wordt door de witte buis naar de stoommachine (rechts) gebracht. De brandstof wordt in de ketel verbrand zodat het water in stoom verandert. Die stoom laat de machine werken. We noemen dit een *uitwendige verbranding*. We krijgen in het museum wel eens de vraag of zo'n stoommachine nooit gekoeld hoeft te worden, zoals een automotor. Nee, dat hoeft dus niet, want de stoommachine wordt nooit heter dan de temperatuur van de stoom. Bij de ketel, daar is het pas echt heet.

(Verderop lees je over de cilinder en de zuiger).



De Stoomketel

Stoom is water in de vorm van gas. Als je water kookt, ontstaat dat gas.

Nederland is een laag land, dat voor een groot deel op zeeniveau ligt, dus even hoog als de zee. Daar kookt water bij een temperatuur van 100 graden Celsius.

In de bergen kookt het water al veel eerder. Op een 2500 meter hoge bergpas in de Alpen kookt het bijvoorbeeld al bij 92 graden Celsius. In dit geval is het dus de luchtdruk die uitmaakt bij welke temperatuur water in stoom overgaat.

Als je water gaat koken in een afgesloten ketel, zal de druk steeds hoger worden omdat de stoom niet weg kan. En door die hogere druk kookt het water in de ketel bij een hogere temperatuur.



De druk in *ketel nummer 4* van het Stoommachinemuseum mag niet hoger zijn dan 13 bar, of 13 kg/cm². Daar staat een rode streep op de *manometer*. Als de stoker door blijft stoken zodat de druk nog hoger wordt, kan dat gevaarlijk zijn. Dan gaat de meter “over de

rooie”. Nu weet je meteen waar die uitdrukking vandaan komt.

Bij een druk van 13 kg/cm² is de temperatuur van de stoom maar liefst 194 graden Celsius.

In de werkstukhulp “Van Snelkookpan tot Stoommachine” kun je lezen dat elke liter water bijna 1700 liter stoom opwekt. De stoomketel van het museum bevat 15.000 liter water. In de negentiende eeuw gebeurde het nogal eens dat een ketel scheurde en daarna explodeerde. Dat kwam door slechte materialen, slecht onderhoud of andere zaken. Dan veranderde binnen een seconde al het hete water in stoom en stond er van de fabriek niet een steen meer op de andere...

Je kunt zelf uitrekenen hoeveel liter stoom dat oplevert.

We moeten er niet aan denken dat zoiets in ons mooie museum gebeurt.

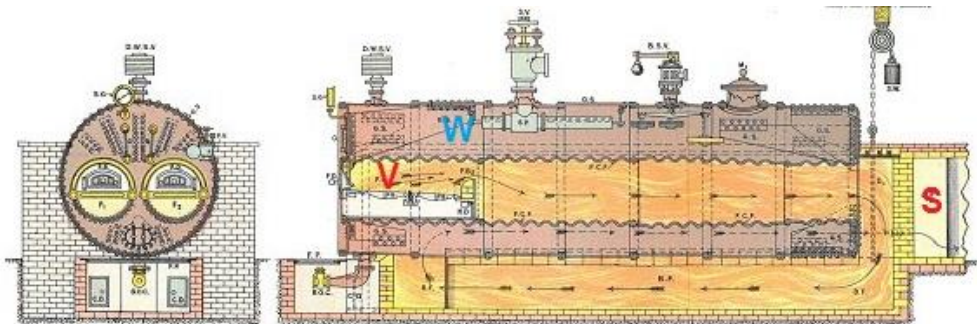


Om dat te voorkomen heeft onze ketel 4 een veiligheid. In het zilverkleurige gedeelte zit een klep die open wil blazen als er stoom tegenaan drukt. Het grote gewicht houdt de klep juist weer dicht en het is zo ingesteld dat de klep pas bij 13 kg/cm² stoom doorlaat. Dus dan wint de stoomdruk het van het gewicht, om het zo maar te zeggen.

En onze ketel 4 wordt om de twee jaar streng gekeurd, dus is het bij ons heel veilig. Ketel 5 is afgekeurd en mag pas na een reparatie weer gebruikt worden.

De ketel en de stoker

Het stoommachinemuseum heeft twee *Lancashire* stoomketels. Dit type ketel is in 1844 door de Engelsman *William Fairbairn* bedacht.



De Lancashire is een lange ketel van 9 meter met twee dikke buizen erin, die we *vuurgangen* noemen. Je ziet ze op de tekening links. Op de tekening rechts zie je er een doorsnede van. De vuurgangen staan onder water. Dat is het bruin gekleurde gedeelte. Het waterpeil in de ketel kun je zien: dat is de streepjeslijn. Boven het water bevindt zich stoom (dus waar de letter **W** staat. Rechts van de **W** is de *afsluiter* gemonteerd, die verbonden is met de buis die de stoom naar de stoommachines brengt.

De letter **V** laat zien waar het vuur gestookt wordt. Dat gedeelte is wit op de tekening en is ongeveer twee meter lang. De hete gassen van dat vuur verwarmen de vuurgangen en die zorgen ervoor dat de hitte van het vuur doorgegeven wordt aan het water. Daarna stomen de hete gassen onder de ketel door, waardoor ze de ketel extra verhitten en tenslotte stromen die gassen weer terug langs de zijkanten van de ketel, waar ze het water nog eens verwarmen. Dan pas verdwijnen ze in de schoorsteen (bij **S**).

Die schoorsteen is hoog en zorgt daardoor voor een goede *trek*, die de rookgassen naar buiten zuigt. Als het waait dan wordt de trek sterker. Bij storm kan dat zelfs teveel worden.

Dan kan de opening naar de schoorsteen kleiner gemaakt worden. Dat gebeurt met een schuif.

De Lancashire ketel heeft twee vuurgangen, die een beetje uit met midden staan. Daardoor gaat het hete water in de ketel stromen en wordt de hitte van de vuurgang beter aan het water afgegeven. Als je goed op de tekening kijkt, zie je dat de vuurgang geribbeld is. Dat is om er voor te zorgen dat de vuurgang kan uitzetten als hij heet wordt. En het oppervlak wordt ook nog eens groter, zodat de warmte van het vuur beter aan het water kan worden doorgegeven.

De stoker is een belangrijke man in het museum. Hij moet het vuur stoken en dat gebeurt op een groot rooster. Dat rooster zorgt ervoor dat er lucht (dus zuurstof) bij de steenkool of het hout kan komen en als het verbrand is, valt het als as door het rooster naar beneden. En natuurlijk moet dat af en toe weg geschept worden.

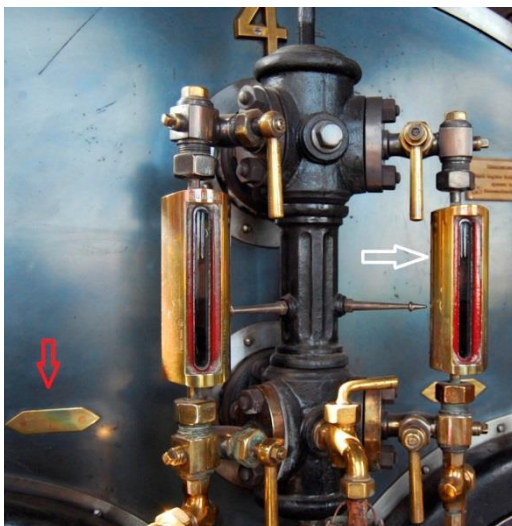


En wat wordt er gestookt?

Als we weinig machines hebben werken gebruiken we sloophout, want dat is goedkoop. En ja, daar zitten spijkers in, dus elke morgen moet de stoker er met een magneet een emmer spijkers uithalen.

Het vuur van hout heeft een temperatuur van ongeveer 800 graden Celsius.

Als de grote machine van het gemaal draait hebben we meer stoom nodig. Dan worden er kolen gestookt. De temperatuur van een kolenvuur is meer dan 1350 graden. Op de foto zie je stoker Frans en een jongetje dat hiervoor een stookdiploma kreeg.



De stoker moet er ook het waterpeil goed in de gaten houden. Op de foto links zie je een rode pijl die naar een koperen plaatje wijst. Dat is het laagste peil dat het water mag hebben. Nog lager en de vuurgang komt droog te staan. Die kan dan roodgloeiend worden zodat het metaal van de vuurgang zacht wordt, indrukt en dan hebben we een probleem. Wat er dan kan gebeuren kun je bij onze ketel van de heimachine zien. Het gebeurde in 1912 in Amsterdam.

De ketels hebben ook peilglazen die de stand van het water in de ketel aangeven. En omdat het heel belangrijk is, heeft elke ketel er zelfs twee. Het waterpeil in de ketel wordt aangegeven bij de witte pijl.

Het kon vroeger wel eens gebeuren dat de stoker door de lange werkdagen in slaap viel. Als het waterpeil dan te laag kwam te staan ging de “Black fluit” werken. Van dat verschrikkelijke geluid werd hij zeker wakker!



Het water dat wij gebruiken is behandeld, zodat de ketel zuiver water krijgt. Het veroorzaakt weinig of geen ketelsteen in de stoomketel. Dat water wordt met een stoompomp in de ketel gepompt en het is al door stoom voorverwarmd, zodat de ketel niet teveel afkoelt bij het aanvoeren van vers water. Er zijn dagen dat we wel 2000 liter water moeten bijpompen in de ketel.

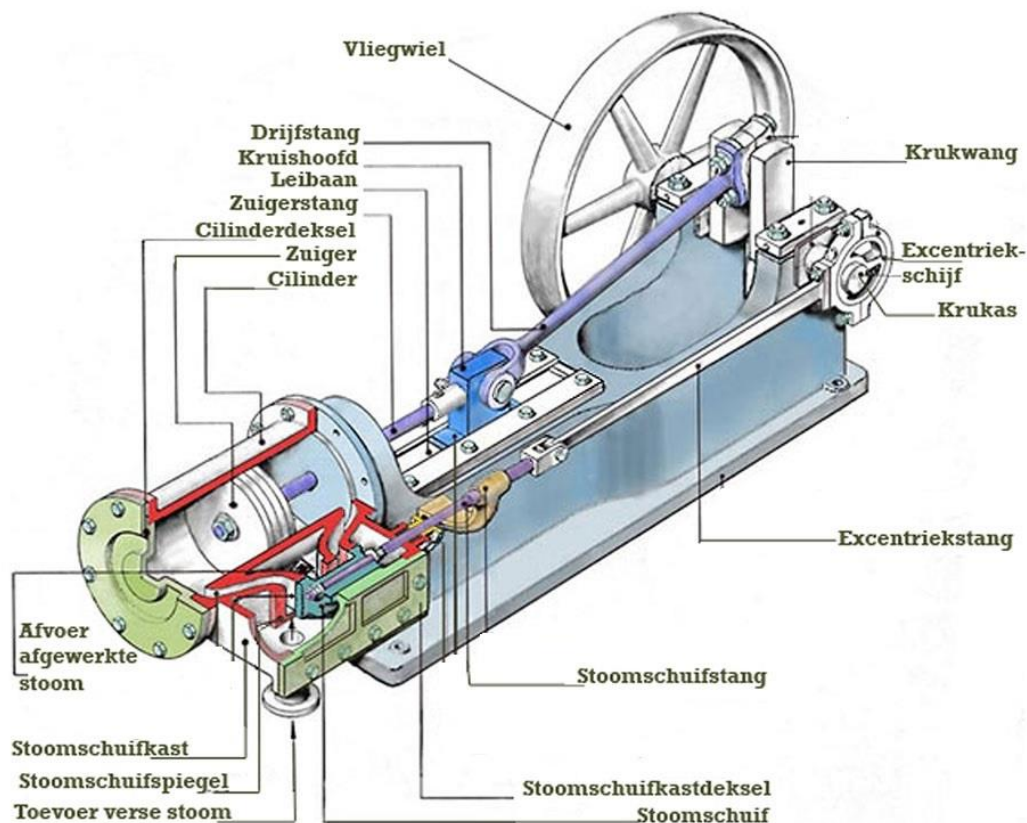


De pomp wordt aangedreven door stoom. De stoomcilinder zie je rechts (zwart) en de waterpomp is het groene gedeelte.

De stoker werkt samen met de machinist, die in ons museum verschillende machines bedient. Vooral als er grote machines aangezet worden, moet de stoker dat weten, want dan moet hij alvast extra stoken om meer druk op de ketel te zetten. Omgekeerd moet hij ook weten wanneer ze weer uitgezet worden, want dan kan hij het vuur alvast minderen.

En daar we hebben alweer een stoom gezegde: “Druk op de ketel zetten” of “Druk op de ketel houden”.

De stoommachine



We gaan deze tekening eens goed bekijken. Links zie je een metalen buis, met daarin een schijf die goed afdicht. De buis is de *cilinder* en de schijf is de *zuiger*. Het lijkt iets op een fietspomp of een injectiespuitje. Die buis is aan twee kanten dichtgemaakt met een *cilinderdeksel*. Het blauwgekleurde deksel heeft een opening, waardoor de *zuigerstang* loopt.

De stoom in de cilinder mag daar niet uitstromen, dus die opening is met een *pakking* goed afgedicht.

De zuigerstang heeft alleen een heen- en weergaande beweging. Dat kan ook niet anders, want de zuiger is zo dik dat hij niet kan “wiebelen” in de cilinder en de opening met pakking houdt hem ook goed recht.



Met die zuigerstang kun je niet zomaar een *vliegwiel* in beweging krijgen. Daarvoor zijn een *krukas* en een *drijfstang* nodig.

Je kunt dit vergelijken met fietsen. Je knieën gaan bijna recht op en neer. Je onderbenen bewegen ook nog heen en weer en zo wordt de op en neergaande beweging van je knieën omgezet in een draaiende beweging op de trappers. Kijk maar eens goed naar een fietser -of naar jezelf.

Het *kruishoofd* zorgt ervoor dat de heen en weergaande beweging van de zuigerstang overgebracht wordt op een draaiende beweging. Het is eigenlijk een metalen knie en de krukas is dus

eigenlijk een soort trapper.

Je ziet ook dat het kruishoofd beweegt over een *leibaan*. Die zorgt ervoor dat de zuigerstang ook alleen maar recht heen en weer kan bewegen.

De stoomschuif

De stoommachine op de vorige bladzijde is dubbelwerkend. Afwisselend wordt er stoom aan de ene kant van de zuiger toegelaten en dan weer aan de andere kant.

Dat wordt allemaal geregeld door de *stoomschuif*. En die stoomschuif wordt weer heen- en weer bewogen door de *excentriek*. Dat is een schijf die niet helemaal recht op de krukas staat waardoor hij gaat “slingeren”. Die slingerbeweging wordt overgebracht op een ring die rond het excentriek draait. En door de *excentriekstang* en de *stoomschuifstang* wordt die beweging op de stoomschuif overgebracht.

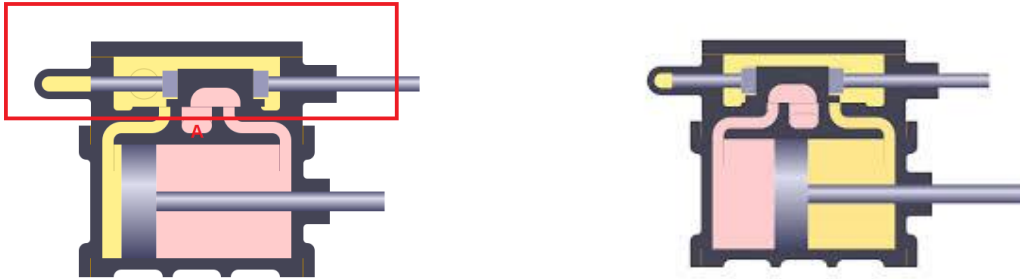
En ja, als je goed kijkt zit daar ook een soort kruishoofd tussen, want de excentriekstang kan op en neer bewegen, maar de stoomschuifstang niet.

Hoe werkt de stoomschuif?

Onze machine “Koos” gebruikt een *bakschuif*. Dat is hiernaast de koperkleurige bak die met de open kant over drie sleuven (openingen) kan glijden. Als het goed is, verbindt het steeds de middelste sleuf met een van de andere. Hiernaast zie je twee van de drie sleuven. De vlakke plaat met de drie sleuven noemen we de *spiegel*.



Hieronder zie je de stoomschuif in het rode kadertje getekend.



De verse stoom (geel) stroomt door de opening naast de schuif naar de linkerkant van de zuiger. De binnenkant van de bakschuif laat de gebruikte stoom (roze) aan de rechterkant van de zuiger weglopen door de afvoer opening A.

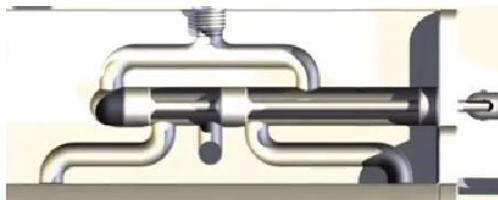
Hier is het precies andersom. De verse stoom komt nu aan de rechterkant van de zuiger binnen en de gebruikte stoom aan de linkerkant stroomt nu door de binnenkant van de bakschuif weg door de afvoer.

Op deze pagina kun je een mooie animatie van een stoommachine vinden:

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

(Kijk bij “Zomaar een stoommachine”)

Je moet er alleen even om denken dat de stoomschuif in de animatie niet een bakschuif is, maar een *bosschuif* (of zuigerschuif):



De ruimte tussen de twee zuigertjes doet precies hetzelfde als de holle kant van de bakschuif, dus de gebruikte stoom afvoeren.

Tja, en dan hebben we nog een *vliegwiël*. We moeten nu weer even terug naar de fiets. Als je ene trapper boven staat en de andere beneden, kun je niet veel kracht zetten. Dat noemen we *dode punten*. Elke trapper heeft er twee, een onderste en een bovenste dode punt. Als je wilt wegrijden, zorg je er dus voor dat de trappers een beetje schuin staan, net als bij de fiets op de vorige bladzijde.

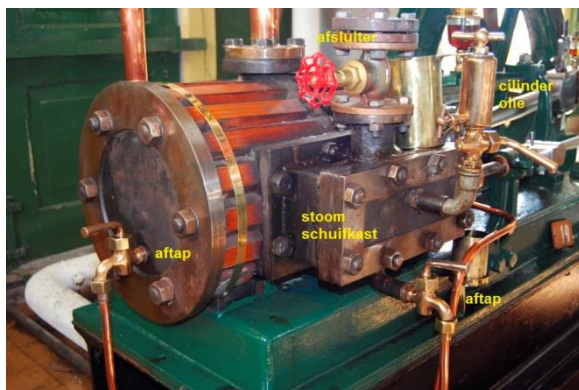
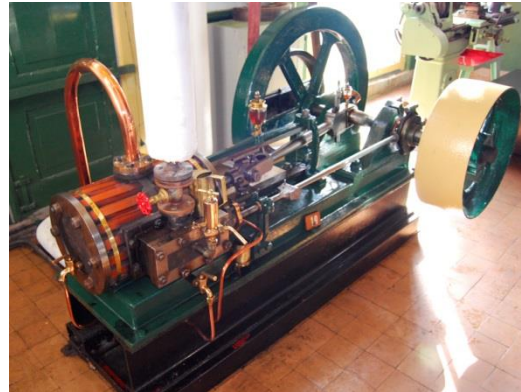
Gelukkig heeft onze fiets twee vliegwielen, met banden eromheen. Die zorgen ervoor dat we op de momenten dat we geen kracht kunnen zetten, dus op de dode punten, toch kunnen doorrijden. Het vliegwiël van een stoommachine doet precies hetzelfde! Eigenlijk spaart een vliegwiël energie op. Energie die je tijdens de dode punten kunt gebruiken. Het lijkt wel een soort oplaadbare batterij, maar dan voor beweging.

Zonder vliegwiël zou een stoommachine schokkerig werken en zou je hem niet kunnen gebruiken om boormachines en draaibanken aan te drijven. En het weven van stoffen of het opwekken van elektriciteit zou ook niet erg goed lukken.

Even voorstellen: Koos

Koos is een stoommachine die in 1890 is gebouwd. Het oudje doet het nog steeds. Koos heeft in een baggermolen gewerkt en daar de kettingbakken aangedreven. Maar hij had net zo goed in een stoomwasserij of een kleine machinefabriek kunnen staan. En dat is wat wij in het museum laten zien: het aandrijven van een boormachine, een draaibank en een slijpsteen.

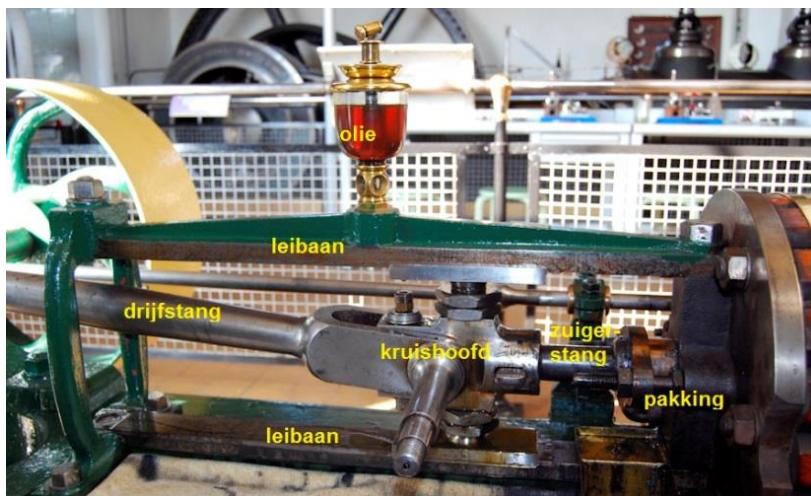
Een stoommachine zet je niet zomaar even aan, zoals een automotor of een elektromotor. De machinist begint altijd met het draaien van het



vliegwiël, zodat de zuiger niet in een *dood punt* staat. Dode punten zijn de momenten dat de zuiger of helemaal aan het ene eind van de cilinder staat, of helemaal aan het andere eind. En dan krijg je hem niet op gang. (Net als bij een fiets. Als de ene trapper hoog staat en de andere laag lukt het ook niet om weg te rijden).

Dan zet hij de afsluiter een beetje open. De stoom loopt door de schuifkast naar één kant van de cilinder en verdwijnt daarna door een van de drie *aftappen*. Een op elk cilinder deksel en een op de stoom schuifkast. Behalve stoom komt er ook condenswater uit die aftappen. Want hete stoom op koud ijzer zorgt voor heel veel condenswater. Op zeker moment draait de machinist de machine een halve slag en wordt de andere kant van de cilinder verwarmd.

Je ziet in de foto hierboven ook nog een potje met *cilinder olie*. Die smeert de stoomschuif en de cilinder. Die olie kan tegen de hoge stoomtemperatuur en mengt zich niet met water. Dus we krijgen bij Koos niet een soort mayonaise in de cilinder.



Dan voelt de machinist aan de cilinder of de temperatuur goed is.

Als dat zo is zet hij de afsluiter een iets verder open en kan de hij de machine langzaam laten draaien. Hij sluit de aftappen een beetje, maar niet helemaal, want er kan nog steeds condenswater ontstaan.

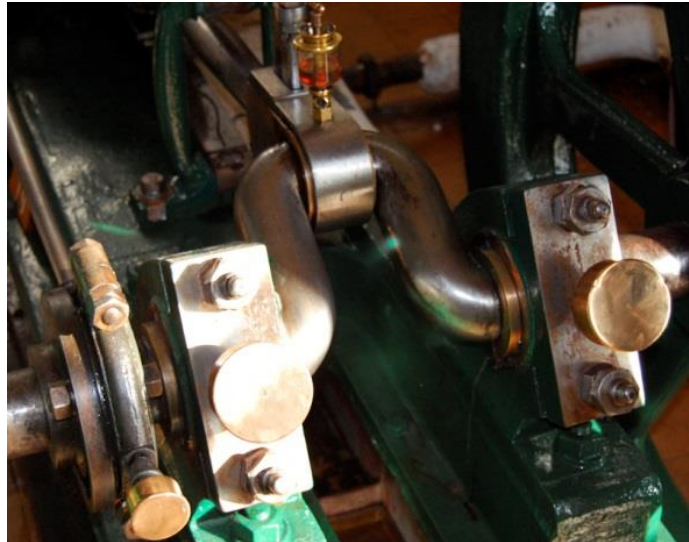
Zou hij de aftappen helemaal dicht zetten, dan kan het voorkomen dat de

ruimte tussen de zuiger en het cilinderdeksel helemaal gevuld is met water. Dan wil de zuiger water samendrukken en dat kan niet. Het gevolg is dat er een cilinderdeksel zou kunnen breken. Dat heet *waterslag*.

De meeste onderdelen van Koos worden gesmeerd met gewone smeerolie, die vanuit het potje op de leibaan druppelt en dan langs het kruishoofd op de onderste leibaan terecht komt.

De krukas van Koos wordt aan de drijfstang kant door een potje olie gesmeerd, maar de twee *lagers* worden weer met vet gesmeerd. Dat zijn de koperen doosjes.

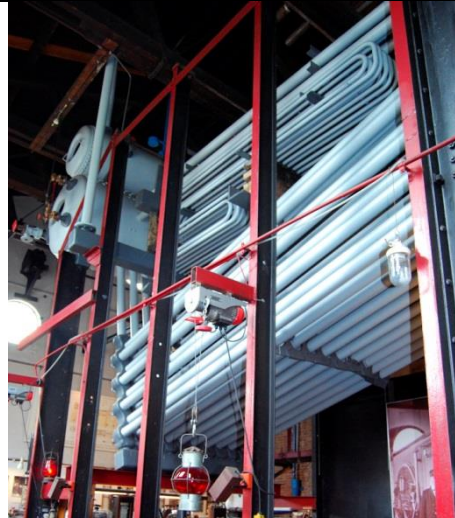
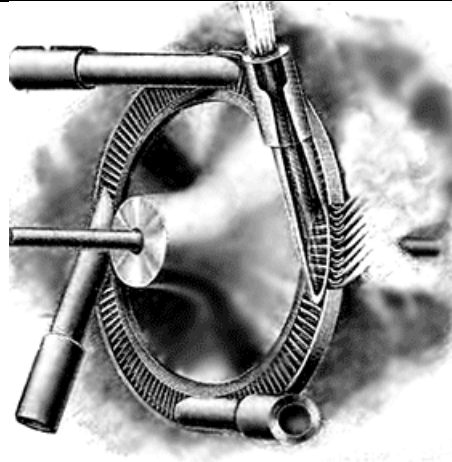
Pas als Koos warm genoeg is kan de machinist de aftappen dicht zetten en de machine wat sneller laten draaien. Maar hij moet altijd goed luisteren. Waterslag hoort hij: dat is een helder getik. En aan de lagers kan hij voelen of ze goed gesmeerd worden. Dan zijn ze koel. Is een lager warm, dan is er iets met de smering aan de hand.



Is stoom ouderwets?

Als je door het museum loopt zou je denken van wel. Toch wordt er in de elektriciteitscentrales vandaag nog steeds stoom gebruikt om elektriciteit op te wekken. Men stookt op aardgas, steenkolen of olie. Bij kerncentrales zoals Borsele gaat niet veel anders. Door een kleine omweg te gebruiken kan men met de grote hitte van de kernreactor stoom opwekken die veilig is en niet radioactief.

De moderne ketels zien er anders uit en de machines ook:

	
In de elektriciteitscentrales gebruikt men net als hier bij gemaal Halfweg een waterpijpketel. De pijpen bevinden zich in het vuur en de stoom wordt ook in de pijpen opgewekt. Deze ketel is opengewerkt. In afvalverbrandingsinstallaties gebruikt men ook deze ketels.	In de elektriciteitscentrales gebruikt men al heel lang stoomturbines. Het model hierboven hebben we ook in het Stoommachinemuseum. De stoom wordt uit straalpijpen geblazen en daardoor gaat de ring met schoepen bewegen. Meestal gebruikt men veel van die ringen met schoepen achter elkaar.

En zo ziet het er uit in een elektriciteitscentrale:



Een beetje saai eigenlijk...

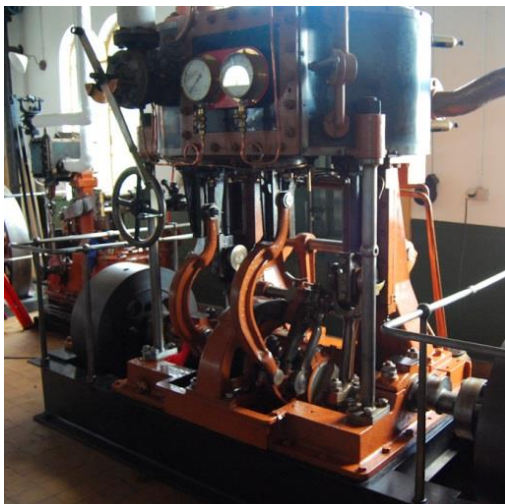
Op deze pagina staan twee filmpjes over de stoomturbine:

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

(Kies “De stoomturbine”)

Ter land, ter zee en in de lucht.

We kennen in het Stoommachinemuseum twee soorten machines. Ten eerste *landmachines* zoals Koos, die horizontaal liggen en in bedrijven en fabrieken gebruikt werden. Dan zijn er *zeemachines* die in schepen werden gebruikt. Dat type is hoog en smal,



Onze “Klop” is zo’n zeemachine. Daar beneden in de machinekamer is het niet erg ruim, zodat men de machines in de hoogte bouwde.

Op zee moet je wel zorgen dat je genoeg water aan boord hebt. Schepen namen schoon kraanwater of ander zuiver water mee.

Maar als je de gebruikte stoom naar buiten laat blazen is dat water snel op.

Aan boord van schepen werd het dus weer opgevangen. De

stoom kwam in een *condensor* zoals hier rechts te zien is. In die condensor zitten buisjes waardoor koud water wordt gepompt. De stoom condenseert op die buisjes en het schone water druppelt naar beneden. Dat wordt weer naar de stoomketel gepompt en kan dan opnieuw gebruikt worden.



In de werkstukhulp “Van Snelkookpan tot Stoommachine

kun je lezen over de proef met het blikje. Dat laat zien dat als stoom afkoelt, er behalve condenswater ook nog een vacuüm ontstaat. Het vacuüm in de condensor wordt gebruikt om de stoommachine nog beter te laten werken. Dus twee vliegen in één klap!

En stoom in de lucht? Ja, dat kan. Het vliegtuigje hieronder vloog in 1931 op stoom, met een waterpijpketel en een benzinevuur aan boord. Maar stoom in vliegtuigen is wel heel zeldzaam.



Er zijn op Youtube filmpjes over dit vliegtuig te zien. Zoek maar eens op de woorden:

besler steam plane

Hans Walrecht

opmerkingen s.v.p. naar:

stoom@hansonline.eu