

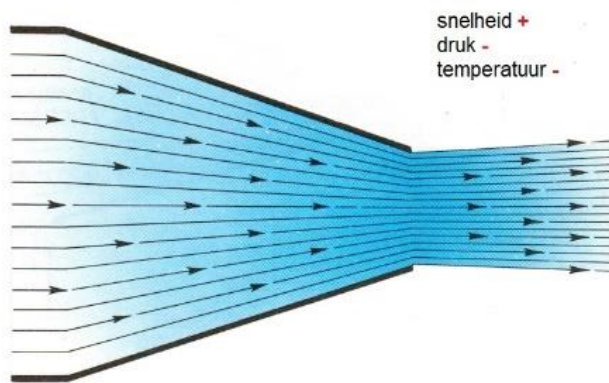
De injecteur

De voedingspomp voor ketel 4 in het Stoommachinemuseum kan met de stoomdruk uit de ketel het voedingswater tegen de stoomdruk van de stoomketel in pompen. Dat lijkt vreemd, maar het kan verklaard worden door de diameters van de zuigers. Zowel de stoomzuiger als de zuiger van de pomp zijn door een stang met elkaar verbonden. De zuiger van de de stoomcilinder heeft een groter oppervlak dan de zuiger van de waterpomp. De druk op de stoomzuiger levert dus een grote kracht, waarmee de kleinere pompzuiger het water gemakkelijk tegen de keteldruk in kan persen.

Een stoomstraalpompe, of *injecteur* doet hetzelfde maar heeft helemaal geen bewegende delen. Dat lijkt nog vreemder. De uitvinder ervan had dan ook grote moeite om anderen te overtuigen dat het echt zou kunnen werken.

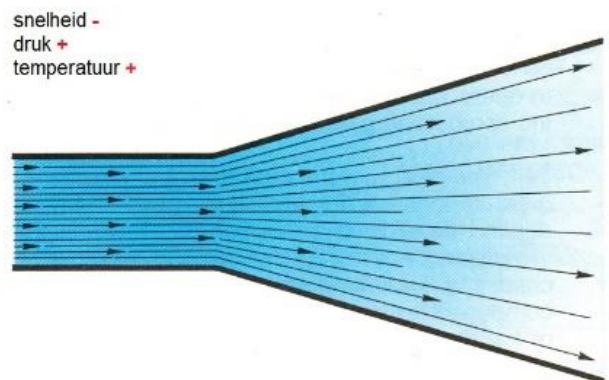
We kunnen een injecteur in de baggermolen 'Vooruit' zien, links van de stoomketel. (Maak maar eens een virtuele reis door de baggermolen via www.stoommachinemuseum.nl). Het is ook een type pomp dat op stoomlocomotieven voorkomt.

Daniel Bernouilly observeerde in de 18^e eeuw het stromingsgedrag van vloeistoffen en gassen en ontdekte daarin een wetmatigheid, die vanaf dat moment bekend werd als 'de wet van Bernouilly'.



Hier is een *convergerende* opening getekend, een opening die kleiner wordt.

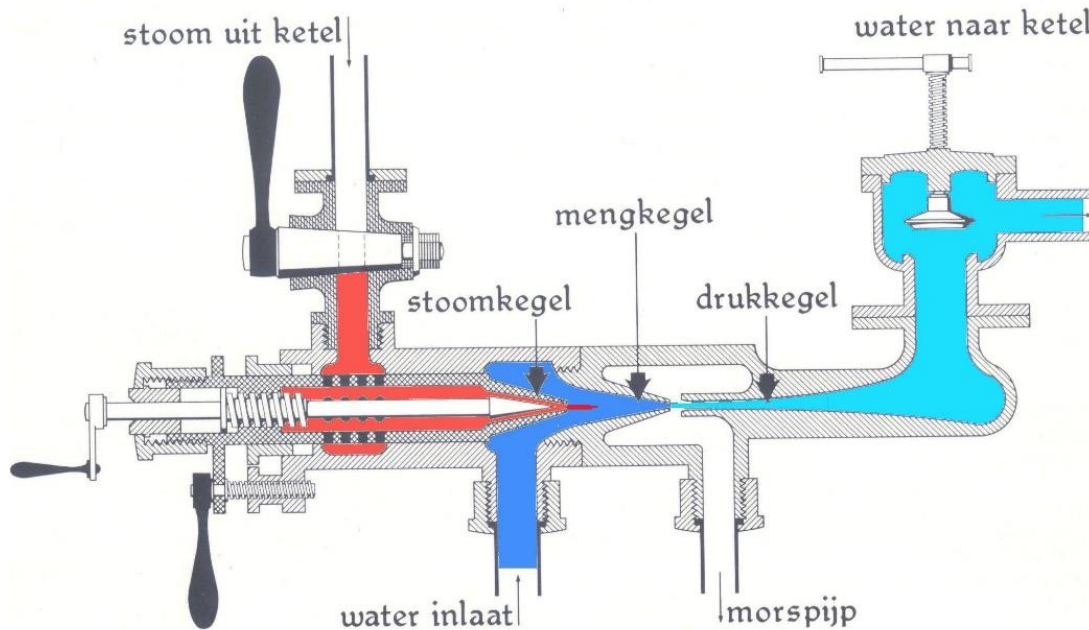
Het meest bekende voorbeeld is het principe van de tuinslang waarvan we de opening aan het eind wat dichtknijpen. Het water spuit opeens veel verder. In een wat handiger vorm is dit het straalpijpje van Gardena. Bij een convergerende opening wordt de snelheid groter, de druk lager en bij gassen wordt de temperatuur lager. Dit heet ook *venturi* effect.



Het omgekeerde is wat lastiger voor te stellen. Als je de opening wijder maakt, of *divergerend*, neemt de snelheid af, maar de druk toe. Bij gassen wordt de temperatuur hoger.

Beide principes komen we overal tegen, zoals bijvoorbeeld in een carburateur, bij een centrifugaalpomp of in een straalmotor.

Beide principes maken het samen ook mogelijk om er een voedingswaterpomp mee te maken: de injecteur. De Franse ingenieur Henri Giffard deed dat en hij was iemand met een brede interesse. Hij vloog in 1852 al in zijn langwerpige gasballon met daaronder een gondel. In die gondel stond een kleine 3 pk stoommachine met propeller en achteraan hing een zeil als roer. Dit was het eerste luchtvaartuig waarmee men zelf de richting kon bepalen.



In 1858 ontwierp hij de injecteur, waarvan niemand dacht dat die zou werken. Bij een eerste proef bleek dat hij zelfs uitstekend werkte.

Het principe van de injecteur staat hierboven getekend. De stoom (rood) wordt toegevoerd naar de ruimte waarin een spindel aanwezig is met aan het eind een conische vorm. Daarmee is de stoomdoorlaat in de stoomkegel te regelen. De stoomkegel is convergerend en daardoor neemt snelheid van de stoom toe. En hierdoor wordt de druk in de mengkegel lager. Door die lagere druk wordt aanvankelijk lucht meegezogen, maar al spoedig ook water (blauw) uit de voedingswaterbak. De stoom in de mengkegel condenseert door het koude water en daarbij komt warmte vrij. Die warmte zorgt voor opwarming van het voedingswater. Daarna komt het verwarmde water met grote snelheid in de drukkegel. Die heeft een divergerende vorm en zet de snelheid van het water weer om in druk (lichtblauw).

Die druk is hoger dan de druk in de ketel. Hoe kan dat? De snelheid van de stoom en de snelheid van het voedingswater worden in de mengkegel bij elkaar opgeteld. Samen hebben ze na de opening van de mengkegel in totaal een grotere snelheid dan wanneer we een even grote opening direct in de ketel zouden maken -ter hoogte van het water.

En een hogere snelheid levert in de drukkegel ook een hogere druk op. In het hand- en leerboek 'De Locomotief' wordt gesteld dat een injecteur bij 12 ato stoomdruk een uitgangsdruk van 21 ato kan bereiken.

En dan is er nog de *morspijp*. Als de injecteur wordt aangezet, zijn stoom en water nog niet in de goede verhouding en leveren nog niet voldoende druk op. Het water kan dan nog niet via de terugslagklep in de ketel stromen. De morspijp voert dat water dan zolang af naar de voedingswaterbak, totdat de druk hoog genoeg is.

(afbeeldingen van Rolls Royce plc. en uit het boek 'De breedspoorlocomotieven van de H.IJ.S.M'.)

Hans Walrecht