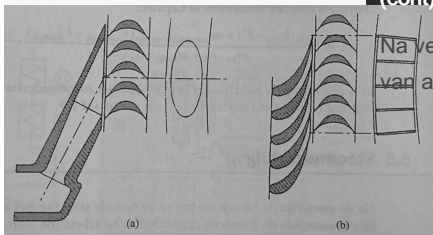


### Basisprincipe Stoomturbine



Werking gebaseerd op het principe van het vermeerderen van de snelheid van de stoom door expansie in een straalbuis (afbeelding A) of in een leidschoepkanaal (afbeelding B). Bij afbeelding A vindt je rechts de doorsnede van de straalbuis, dus een ovaal, en bij afbeelding B vindt je rechts de doorstroombroef van leidschoepen, dus rechthoekjes. Hierna gaan we al deze zaken wat nader bekijken.

### Basisprincipe Stoomturbine

Een leidschoepkanaal eindigt in een vernauwing van de doortocht, waardoor een snelheidsverhoging plaats vindt.

Deze snelheidstoename van de stoom gaat ten koste van een aantal dingen, namelijk:

Over het algemeen; De druk

### Basisprincipe Stoomturbine (cont)

De enthalpie van de stoom  
De potentiële energie van de stoom

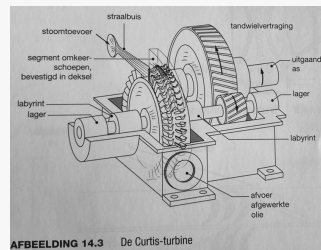
De straalbuizen of leidschoepen zijn in segmenten in het turbinehuis ingebouwd. Terwijl de loopschoepen op de rotor van de turbine zijn gemonteerd.

De stoom, die nu een hoge snelheid heeft opgebouwd, stroomt de loopschoep in, waarna zijn richting wordt veranderd door de vorm van de loopschoep. Door deze richtingsverandering oefent de stoom een kracht uit op de loopschoep, waardoor de rotor-as gaat draaien.

De snelheidsenergie van de stoom wordt omgezet in mechanische arbeid.

### Condensor en Drukval

### Curtisturbine (gelijke druk turbine)



### Werkingsprincipe

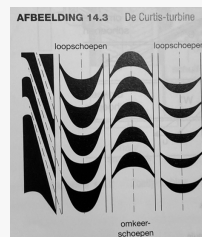
De stoom voor de turbine *verse stoom* wordt aangevoerd via een straalbuis, waarbij de druk **geheel** wordt omgezet in snelheid. De stoom expandeert dan van de toevoerdruk naar de afvoerdruk (*dit is de lage condensor druk*), waardoor het volume toeneemt.

### Werkingsprincipe (cont)

Dan stroomt het langs loopschoepen en omkeerschoepen. Na het laatste schoepenwiel stroomt de stoom in de condensor, dit wordt dan afgewerkte stoom genoemd.

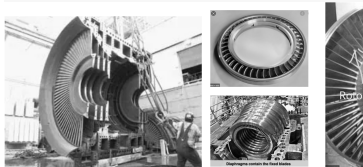
Het hoge toerental wordt gereduceerd door de tandwielreductie met aangehangen smeeroilpomp.

### Loop- en Omkeerschoepen



De richting waarin de stoom stroomt wordt omgedraaid in/door de loopschoepen in het eerste loopwiel. Hierdoor ondervindt het loopwiel een kracht, waardoor het loopwiel gaat draaien. Door deze richtingsverandering geeft de stoom een deel van zijn kinetische energie af. Na het loopwiel te zijn gepasseerd, wordt de stroomrichting van de stoom wederom veranderd in de vaste, dus aan het huis vast gemonteerde omkeerschoepen, waarna het in de tweede rij loopschoepen wederom arbeid kan verrichten.

### Constructie aspecten



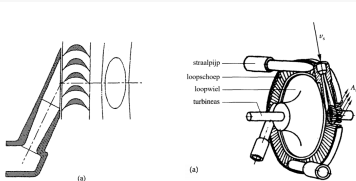
De omkeerschoepen "fixed blades" kunnen op twee manieren bevestigd worden:

- Aan de omkasting (*links*)
- In zogenaamde diaphragmen (*midden*)

De loopschoepen zitten bevestigd op de rotor (*rechts*).

Dus omkeerschoepen bewegen niet, alleen loopschoepen roteren omdat deze op de rotor en as zitten.

### Druk- en Snelheidstrap



Er wordt onderscheid gemaakt in twee trappen:

- De druktrap
- De snelheidstrap

Bij een curtisturbine zijn deze als volgt:

- De druktrap = de straalbuis
- De snelheidstrap = het loopwiel

*Op de rechter afbeelding weergegeven*

*De oriëntatie van 4 straalbuisen op een loopwiel*

### Snelheidsdriehoeken en Schoepcoëfficiënt

$c =$  absolute snelheid  
De baan van een stoomdeeltje voor een toeschouwer buiten de turbine.

$u =$  omtrek-snelheid  
Deze neemt toe met de straal en het toerental.

Formule  $u = \pi \times \text{Diameter} \times n$   
 $W =$  relatieve snelheid  
dus voor de waarnemer die naast het stoomdeeltje op de schoep bevindt.

$c = u + W$   
Absolute snelheid = omtreksnelheid + relatieve snelheid, *vectorieel opgeteld!!*

### Snelheidsdriehoeken en Schoepcoëfficiënt (cont)

Bij de loopschoep is de intredehoek zodanig geconstrueerd dat het stoomdeeltje met een ideale snelheidsrichting moet worden opgevangen, dus de raaklijn aan de schoep-rand, TERWIJL de loopschoep zijn nominale rotatiesnelheid, dus u nominaal, heeft.

Voor de schoep, die zelf met snelheid  $u$  rondvliegt, is die ideale snelheid de relatieve snelheid  $W$ .

Door wrijvingsverliezen is  $w_2$ , de relatieve snelheid vanuit de schoep, kleiner dan  $w_1$ . De schoepcoëfficiënt - hoofdletter psi geeft dit aan. ???

Ook is te zien dat de stoom loodrecht de turbine uit vliegt, want  $c_2$  is loodrecht.

In het rechter figuur zijn de snelheidsdriehoeken onder elkaar gezet.

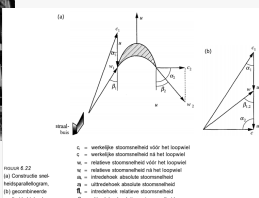
### Constructie Loopschoepen



### Diabolo Constructie

- Doortocht neemt toe
- Stroomtoevoer in het midden,
- Voordeel van deze stroomtoevoer, de axiale krachten heffen elkaar op

### Snelheidsdriehoeken en Schoepcoëfficiënt



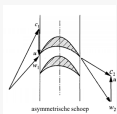
De afbeelding geeft een dwarsdoorsnede van een schoep weer, dus als de verder zou kijken, kijk je op de turbine-as.

In deze dia wordt alleen de omkering in het eerste loopwiel getoond.

In het rechter figuur zijn de snelheidsdriehoeken onder elkaar gezet.



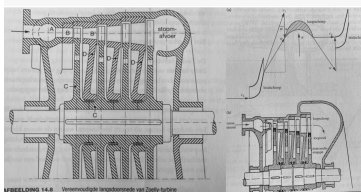
### Snelheidsdriehoeken en Schoepcoëfficiënt



Dit is een zogeheten asymmetrische loopschoep, hierbij wordt de absolute uittredesnelheid kleiner, wat het verlies beperkt. Nadeel hierbij is dat de axiale krachten die doorwerken op de rotor niet meer gebalanceerd zijn, waardoor een stuwlager vereist is.

### Expansie

### Zoelly turbine (Overdruk)



Hier expandeert de stoom in meerdere trappen, *druktrappen*, uiteindelijk tot de condensordruk. In het rechterplaatje zijn de snelheidsdriehoeken te zien. De schoep is zodanig geconstrueerd dat de uittredesnelheid loodrecht in de volgende druktrap stroomt om verder te expanderen en snelheid op te doen. De labyrint afdichtingen zijn te zien tussen de as en leidschoepen, wat ook nodig is aangezien de druk per trap verschilt.

De linker turbine heeft 4 druk- en snelheidstrappen

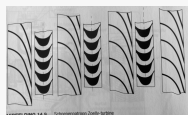
### Werkingsprincipe

In de Zoelly turbine expandeert de stoom in meerdere trappen.

Doordat de Zoelly-turbine trapsgewijs expandeert, neemt ook het soortelijk volume van de stoom trapsgewijs toe. Hierdoor moeten de schoepen bij het dalen van de druk een steeds grotere volumestroom van het stoom doorlaten. Deze grotere doorlaat kan verkregen worden door bij gelijkblijvende gemiddelde schoepdiameter de schoepen langer te maken. Bij gelijkblijvende schoeplengte kan de schoep diameter vergroot worden.

Vaak wordt een combinatie van beiden toegepast.

### Leidschoepen



Gebruik van alleen **convergerende leidschoepen**, i.p.v. straalbuizen. Hierbij wordt een deel van de druk omgezet in snelheid. Niet hele grote stoomsnelheid nodig, want in de volgende druktrap wordt de snelheid weer verhoogd.

### Constructie

### Druk- en Snelheidstrap

Er wordt onderscheid gemaakt in twee trappen:

- De druktrap - De snelheidstrap

Bij een Zoelly turbine zijn deze als volgt:

- De druktrap = een rij leischoppen - De snelheidstrap = het loopwiel????

### Druktrap

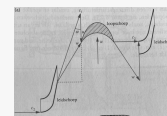
Dit is een expansietrap waarin de druk daalt. Een druktrap bestaat uit een rij leischoppen, waarin de stoom kinetische energie verkrijgt ten koste van de enthalpie

Bij deze turbine wordt elke druktrap opgevolgd door een loopwiel, waarin de kinetische energie van de stoom grotendeels omgezet wordt in mechanische arbeid.

### Snelheidstrap

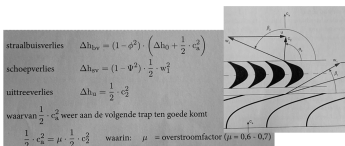
.... Een Zoelly turbine bestaat uit meerdere druk trappen elke gevolgd door een snelheidstrap.

### Snelheidsdriehoeken



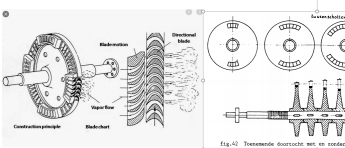
De schoep is zodanig geconstrueerd dat de uittredesnelheid loodrecht in de volgende druktrap stroomt om verder te expanderen en snelheid op te doen.

### Snelheidsdriehoeken



De uitstroomsnelheid  $c_2$  is niet gelijk aan de aanvangssnelheid  $c_a$  in de volgende druktrap, want er gaat nog energie verloren aan wervelingen. Een maat voor de energie die vanuit je uittredeverlies weer omgezet wordt in aanvangsenergie van je volgende druktrap is de overstroombfactor  $\mu$

### Gedeeltelijke Bestrijking



Omdat de stoom trapsgewijs expandeert, neemt ook trapsgewijs het soortelijk volume van de stoom toe.



### Gedeeltelijke Bestrijking

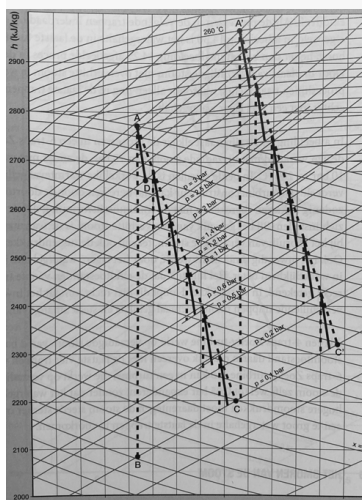
Dit kan voor in de turbine toegepast worden wanneer de schoepen bij het dalen van de druk een steeds grotere volume stroom moeten doorlaten.

Dit betekent dat slechts over een deel van de omtrek, leidsc-hoepen aanwezig zijn. De schoepdia-meter en de schoeplengte kunnen dan voor een aantal trappen gelijk zijn.

Naarmate de druk zakt en je verder in de turbine komt, neemt de bestrijking en doortocht toe

Om het uiteinde van de turbine constructief niet al te groot te maken en om ruimte te geven aan de geëxpandeerde stoom, wordt er een gedeelte van de stoom afgetapt en teruggeleid in het proces. Dit om bijv. Het voedingswater te voorwarmen. Wat gunstig is voor het rendement *dit wordt Rankine proces genoemd.*

### Expansie



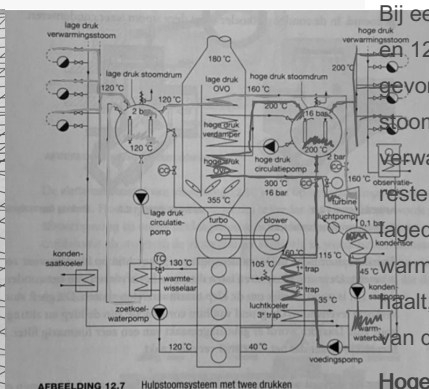
AFBEELDING 14.30 6-traps Zoelly-turbine op verzadigde en op oververhite stoom

De expansie *de gestippelde lijn* verloopt van A naar C.

Je ziet ook dat je met verzadigde stoom hoog eindigt in je watergehalte. Als je oververhite stoom gebruikt (rechterlijn), met eenzelfde delta H, dan eindigt je hoger in dampgehalte.

Er wordt hier uitgegaan dat het inwendig rendement per trap gelijk is, echter dit neemt af op het eind, want bij een hoger watergehalte neemt de wrijving en weerstand toe. Dan zou je lijn dus meer naar rechts toe krommen op het eind.

### Twee-druks Turbine



AFBEELDING 12.7 Hulpstoomsysteem met twee druken

Hier zie je dat oververhite stoom van de hoge stoomdrum aan 16 bar en 300 gr in de turbine samenkomt met stoom van de lage stoomdrum van 2 bar en 160 gr.

### Werkingsprincipe

De eerste- en de tweede-trap luchtkoeler worden hier beide gebruikt als voedingswaterverwarmer.

### Lagedrukstoomdrum

Een deel van het water wordt via een veerbelaste klep als voedingswater naar de lagedrukstoomdruk geperst. Het water daarin circuleert door een warmtewisselaar die verhit wordt met zoet koelwater van de motor met een temperatuur van 130 gr C.

### Werkingsprincipe (cont)

Bij een druk van ongeveer 2 bar en 120 grC wordt stoom gevormd. Een deel van de stoom wordt gebruikt voor verwarmingsdoeleinden. De resterende stoom gaat via de lagedruk-OVO, die de laatste warmte uit de uitlaatgassen haalt, naar de laatste trappen van de turbine.

### Hogedrukstoomdrum

Het water uit de eerste-trap luchtkoeler gaat als voedingswater naar de hogedrukstoomdrum. Het water daarin circuleert door de verdampersbundel in de uitlaatgassenketel, waarin stoom van ongeveer 200 gr C en 16 bar gevormd wordt. Een deel van deze verzadigde stoom wordt gebruikt voor het voorwarmen van onder andere de brandstof voor de hoofdmotor.

Het grootste deel van de stoom wordt in de hogedruk-OVO verhit tot 300 gr C en naar de turbine gevoerd. In de turbine ment de stoom zich na een aantal trappen met de lagedrukstoom, om samen verder te expanderen tot de condensordruk.

Constructie

Expansie

C

By **Noekie** (Noekie\_99)  
[cheatography.com/noekie-99/](https://cheatography.com/noekie-99/)

Not published yet.  
Last updated 14th June, 2022.  
Page 5 of 5.

Sponsored by **ApolloPad.com**  
Everyone has a novel in them. Finish  
Yours!  
<https://apollopad.com>