

Stoom	Stoom (cont)	Stoom (cont)	Verzadigde stoom
De specifieke arbeid van de stoom,	De hoeveelheid arbeid die wordt konse...	Bij het blyven tevooren van warmte...	Bij het blyven tevooren van warmte...
We spreken over twee soorten stoom, namelijk:	- Verzadigde stoom	Dit is omdat er bij cp arbeid verricht wordt, dus er...	Kenmerken - Druk en temperatuur van verzadigde stoom, zijn:
	- Oververhitte stoom (onverzadigde stoom)		Natte Stoom
Soortelijke Warmte			Als er in verzadigde stoom kleine v...
De hoeveelheid warmte in J die nodig is om 1 gram van een bepaald medium 1 K in temperatuur te doen stijgen.			De stoom condenseert dan gedeeltelijk ruppels ontstaan. Dit kan gebeuren in verzadigde stoomleiding waar het door heen stroomt.
Bij water: De soortelijke warmte van water gelijk is aan 4,19 kJ/kg.K			



Oververhitte stoom	Oververhitte stoom (cont)	Oververhitte stoom (cont)	Stoom als warmtedrager (cont)
Indien al het water verdampt is en de warmte-toevoer gaat nog steeds door, zal deze warmte opgenomen worden door de verzadigde stoom. Hierdoor zal deze stoom in temperatuur gaan stijgen.	Wanneer de temperatuur van de stoom hoger is dan de verzadigingstemperatuur, spreekt men van oververhitte stoom. Oververhitte stoom kan men ook verkrijgen wanneer men verzadigde stoom buiten aanwezigheid van water verwarmt, zoals gebeurt in een oververhitter van een stoomketel.	Oververhitte stoom komt ook wel eens voor onder de naam oververhitte stoom . Kenmerken van oververhitte stoom, zijn: <ul style="list-style-type: none">- Druk en temperatuur niet gekoppeld- Gedraagt zich als gas i.p.v. damp- De temp. toe neemt bij gelijk blijvende druk Gebieden m. dit graag, omdat	Stoom als warmtedrager (cont) <p>en daar stoom sterk kan expanderen is er bij bezwijken van onderdelen explosiegevaar. Daarom worden er hoge sterkte-eisen aan de installatie gesteld en is deze onderworpen aan periodieke keuring.</p> <ul style="list-style-type: none">- Door de stoomdruk en de snijdende weking van de stoom hebben lekkages de neiging om snel groter te worden.- Het condensaat en het ketelwater zijn van zichzelf corrosief en moeten daarom chemisch behandeld en regelmatig gecontroleerd worden.- Bij het noodzakelijk puien van de ketel gaat warmte verloren.- Het condensaat kan -bij stilstand- in leidingen bevriezen en deze laten stukspringen.
		Een watergehalte boven de de 12 % geeft erosie op de (laatste) schoepen door botsingen met kleine waterdruppeltjes.	
		Stoom als warmtedrager	
		Voordelen: <ul style="list-style-type: none">- Stoom heeft per kg meer condensatiewarmte beschikbaar dan welk ander middel ook.- Stoom is onbrandbaar, niet giftig, milieuvriendelijk.- Stoom en condensaat zijn niet onderhevig aan veroudering.	
		Nadelen:	



Stoom als warmtedrager (cont)

- Voor een zuinig bedrijf zijn condenspotten nodig.

Mede door deze nadelen heeft stoom veel terrein verloren aan thermische olie op het gebied van verwarmingssystemen.

Specifiek Stoomverbruik

Formule

$$b_e = \frac{\dot{m}_b}{P_e}$$

waarin:

b_e = specifiek (effectief) verbruik, in principe meestal echter in g/MW

Hiervoor kan geschreven worden:

$$b_e = \frac{\dot{m}_b}{\dot{m}_b \cdot (H_0 + L_{pr} \cdot c_1 \cdot t_1) \cdot \eta_{hot}} = \frac{1}{(H_0 + L_{pr} \cdot c_1 \cdot t_1) \cdot \eta_{hot}} \approx \frac{1}{H_{A,hot}}$$

$$s_e = \frac{\dot{m}_s}{P_e}$$

waarin:

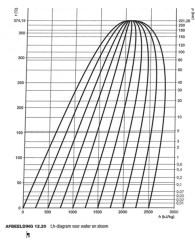
s_e = specifiek (effectief) stoomverbruik, in principe in kg/kWs; meestal echter in kg/MWs

De term specifiek brandstofverbruik kennen jullie al van de dieselmotor, deze kun je ook gebruiken voor stoom.

Let wel; het brandstofverbruik van de ketel tbv stoom voor de stoomturbine geeft een vertekend beeld, omdat de ketel vaak ook stoom produceert voor de productie tbv verwarmingsdoeleinden.

Analoog met de dieselmotor, kan voor de stoomturbine de term specifiek stoomverbruik worden geïntroduceerd, hierin is natuurlijk de massastroom stoom enkel de stoom naar de turbine.

Enthalpie van stoom



De enthalpie van stoom bestaat uit twee of drie bestanddelen:

- de verdampingswarmte, nodig om water van 0 °C bij gelijkzijdige druk te verhitten tot het kookpunt;
- de verdampingswarmte, nodig om bij gelijkzijdige temperatuur en druk het water te veranderen tot verzadigd stoom;
- de oververhittingswarmte (inlaten de stoom oververhit is), waarmee de verzadigde stoom bij gelijkzijdige druk wordt verwarmd tot oververhit stoom.

Voor verwarmingsdoeleinden wordt de stoom meestal niet oververhit, hoegenaam het bijgevoegde condenseren in de economiserleidingen te voorkomen.

In de tabel hieronder staan de waarden die volgt te vinden:

- h_g = dampenthalpie
- h_s = enthalpie van de verzadigde stoom
- r = verdampingswarmte

Bij de tabel voor oververhitte stoom wordt de enthalpie als standaard gegeven.

De enthalpie van nat of oververzadigd stoom wordt als volgt toegevoegd:

Formule:

$$h = h_g + x \cdot r$$

waarin:

- h = enthalpie in kJ/kg
- x = dampgehalte, onbepaald
- r = verdampingswarmte in kJ/kg

Enthalpie (cont)

De hoeveelheid warmte, die voor gasen/vloeistoffen dat geen faseovergang doorgaat geldt:

$$H = cT \quad dH = c dT$$

per kg c = soortelijke warmte

$$Q = m dH = m c dT; \text{ (warmte)*}$$

$$P = M s dH \text{ (vermogen)*}$$

$$P = \text{warmtestroom (W)} \quad M s = \text{massastroom (kg/s)}$$

Enthalpie van water en stoom te vinden in stoomtabellen.

Of online: ERIKS Stoomcalculator.

Enthalpie Formules

Voor natte of oververzadigde stoom, geldt:

$$h = h_v + x \cdot r$$

Waarin:

h = enthalpie in kJ/kg

x = dampgehalte, onbepaald

r = verdampingswarmte in kJ/kg

Enthalpie :

$$H = U + p \cdot V$$

p = druk, V = volume en U =

inwendige energie

Het wordt uitgedrukt in J/g of kJ/kg

Het wordt aangeduid met h

Enthalpie

De warmte inhoud van water of stoom van een bepaalde toestand,

Enthalpie Formules (cont)

Voor gasen/vloeistoffen dat geen faseovergang doorgaat geldt:

$$H = cT \quad dH = c dT$$

per kg c = soortelijke warmte

$$Q = m dH = m c dT; \text{ (warmte)*}$$

$$P = M s dH \text{ (vermogen)*}$$

$$P = \text{warmtestroom (W)} \quad M s = \text{massastroom (kg/s)}$$

Enthalpie van water en stoom te vinden in stoomtabellen.

Of online: ERIKS Stoomcalculator.

Principe Enthalpie

- Dus absolute waarde

Inwendige energie kan niet als absolute waarde gekwantificeerd worden.



Principe Enthalpie (cont)	Principe Enthalpie (cont)	Stoomdiagrammen (cont)	Stoomdiagrammen (cont)
- Het gaat om de enthalpie verschillen.	Bij stoom met fase overgangen te maken,	P-T Diagram	- H = absolute enthalpie
- Het is het beginpunt voor	- Tijdens faseovergang extra warmte toe afgevoerd.	- De damp- of stoomdruk tegen de temperatuur uitgezet.	- h = enthalpie per kg
- Met de hoeveelheid warmte drager, enthalpie is:	Let altijd op bij werken in stoomtabellen of je met een overdruk of absolute druk te maken hebt.	- Is geen lineair verband.	- X is het dampspinning en de dampsp
	Stoomdiagrammen	- Verzadigde stoom, <i>dus damp.</i>	- Beide X bij het kritische
	Het gaat hier over stoom als warmtedrager en zijn vermogen om arbeid te verrichten.	- Druk en temperatuur zijn gekoppeld,	lijnen komen in de top samen,
	Er zijn 3 soorten stoomdiagrammen die we gebruiken, namelijk:	- Lijn loopt van 0 tot 374 gr C,	de top samen,
	- P-T Diagram	- Boven kritische temp. wordt het een gas,	heid meer tussen vloeistof
	- P,T-h Diagram,		
		P,T-h Diagram	



Stoomdiagrammen (cont)

- een lijn van constante dampenthalpie, de zogenaamde Isopsychre lijn,
 - Het zog. opp. onder de parabool is het zog. Co-existentiegebied,
 - Het zog. opp. onder de parabool is het zog. Co-existentiegebied,

Stoomdiagrammen (cont)

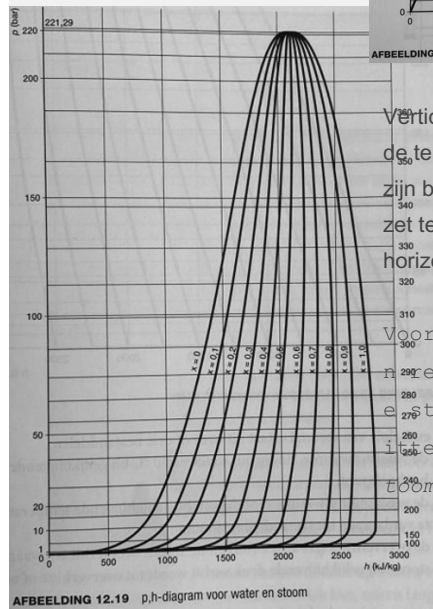
soortelijke enthalpie
 Het zog. Co-existentiegebied,
 - een lijn van constante dampenthalpie, de zogenaamde Isopsychre lijn.

Log P,T-h Diagram

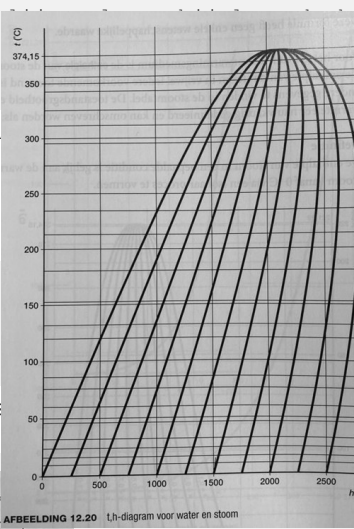
Log P,T-h Diagram

- De druk en temperatuur logaritmisch afgezet tegen de enthalpie.
 - Wordt gebruikt om het onderscheid te maken tussen de verschillende toestanden van de vloeistof en de damp.

P,T-h Diagram



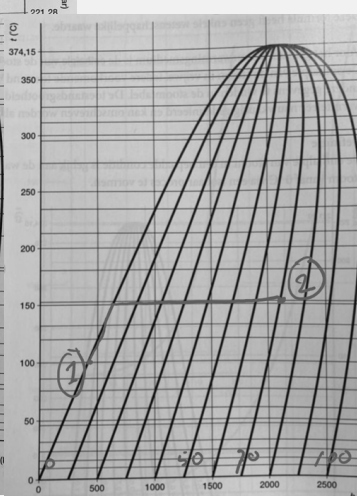
De druk en temperatuur worden beiden verticaal weergegeven tegen de enthalpie van damp, welk horizontaal is aangegeven



Verticaal zijn de druk (rechts) en de temp. (links) weergegeven, ze zijn beiden Logaritmisch afgezet tegen de enthalpie, welk horizontaal wordt aangeduid.

Voorbij de vloeistoflijn rechts is oververhitting van de vloeistof (licht oververhitting) en de droge stoom wordt droge stoom genoemd.

Enthalpie in het Co-existentiegebied

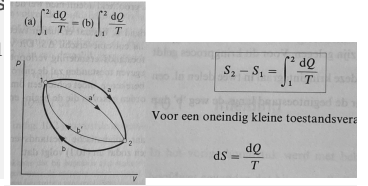


als je ergens op een horizontale lijn in het co-existentiegebied zit, dan heb je te maken met een deel vloeistof (1-x) en een deel damp (x).

De som van de enthalpie van dit deel damp en vloeistof samen = de enthalpie van de vloeistof plus het dampgehalte * de verdampingswarmte (r)
 $H_d = H_v + x * r$



Entropie	Entropie (cont)	Definitie Entropie S (cont)	Definitie Entropie S
Dit is de verhouding tussen de totale toegevoerde warmte in kJ aan 1 kg water of stoom of waterstoommengsel wordt uitgedrukt in kJ/kg en aangeduid met s.		Soort- per massa eenheid	
- Absolute entropie kan niet berekend worden.	- Een lage entropie komt overeen met een hoge stoomkwaliteit	De entropie	
- Het gaat om het entropieverschil.	- Een hoge entropie komt overeen met een lage stoomkwaliteit.	entropie	
- Een maat voor de stoomkwaliteit.	De entropie geeft aan hoe goed de energie van de ene in de andere vorm in vindt de energie omzetting plaats met weinig interne verliezen.	Is het entropieverschil klein, dan	
		Isentropie proces	De toestandsverandering in een omgeving) Dan is: $dQ=0$ en $S_1=S_2$ en $\Delta S=0$.
		De gereduceerde warmte	dQ/T (dit is een hoeveelheid af- of toegevoerde warmte, die nodig is om water van 0 gr
			Wanneer van toestand 1 naar 2 gaan in willekeurige, maar omkeerbare weg, dan blijkt de uitkomst van de gereduceerde warmte onafhankelijk van de gevolgde weg te zijn.
			Dit is de eigenschap die karakteristiek is voor een toestands-grootheid. Er bestaat dus een toestands-grootheid, waarvan het verschil, genomen tussen twee toestanden 1 en 2, gelijk is aan integraal van 2 naar 1 over dQ/T . Deze toestands-grootheid heet entropie, aangegeven met letter S

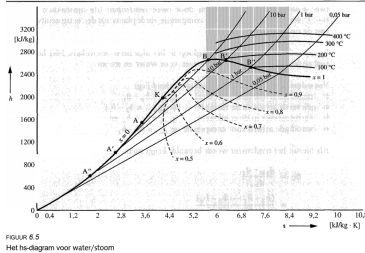


Stoomdiagrammen

Bij entropie zijn er een aantal stoomdiagrammen, namelijk:

- H-S Diagram
- Mollier Diagram
- T-S Diagram

H-S Diagram



Een volledig H-S diagram van water en stoom en het co-existentiegebied.

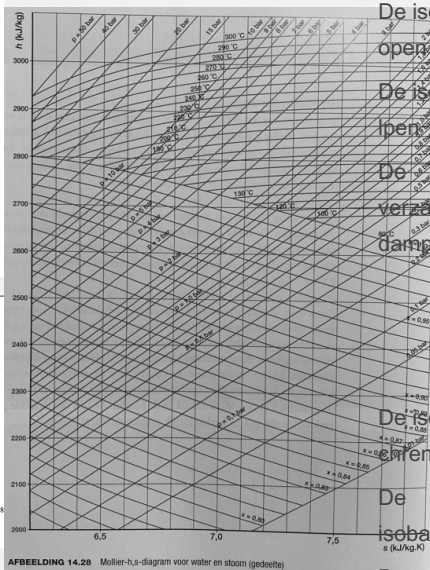
De entropie afzetten tegen de enthalpie.

Het gearceerde gebied is waar we berekeningen doen voor stoomturbines, dit uitvergroot is het Mollierdiagram.

Je ziet ook de isopsychren, en voor stoomturbines is een expansie van damp voorbij $x=0,82$, dus een watergehalte van meer dan 12% niet geschikt i.v.m. erosie van de schoepen door waterdruppels.

Je ziet dus ook dat het Mollierdiagram niet dit gebied bestrijkt.

Mollier Diagram



Het gebied waar we met natte en droge stoom in werken. Links de enthalpie in kJ/kg, Rechts de entropie in kJ/kg.K.

In het Mollierdiagram kan eenvoudig de begin en eindtoestand ingetekend worden aan de hand van druk, temperatuur en dampgehalte en dan verticaal de enthalpieval ΔH aflezen.

Je kan al deze nuttige waarden ook terugvinden in de stoomtabel. Stoomtabellen kunnen onderling enigszins verschillen, benoem altijd welke stoomtabel je gebruikt hebt.

Mollier Diagram

De isentropen: Verticaal van links naar rechts

De isothermen: Horizontaal van links naar rechts

De verzadigde damplijn: De dikke lijn, x=0,82

- natte stoom gebied

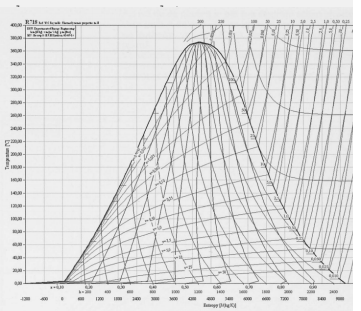
- oververhitting gebied

De isopsychren: Aangeduid met $x=0,80$, $x=0,85$ enz.

De isobaren: In het natte stoom gebied

De isothermen: In het oververhitting gebied

T-S Diagram



Isenthalp = blauw
Isobaar = rood
Isochoor = groen
Isopsychren = zwart
Top = kritisch punt

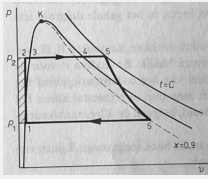
Theoretisch kringproces

Het theoretisch kringproces in de volgende diagrammen:

- P-V Diagram
- T-S Diagram
- H-S Diagram



P-V Diagram



Kringproces van de stoomturbine (cont)

Formule van Zeuner

2-3 =

Verwarming ketelwater onder constandte druk tot verdam pin gtemp is bereikt.

3-4 =

Verdamping van water onder constante druk en temp tot stoom.

4-5 =

Overve rhi tting van natte stoom.

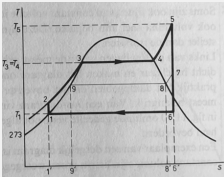
5-6 =

Isentropie expansie van overve rhitte stoom tot aan de conden sordruk (theor eti cht).

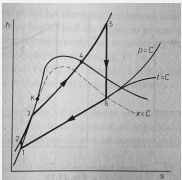
6-1 =

Conden satie van afgewerkte stoom bij constante druk en temper atuur in de cond

T-S Diagram



H-S Diagram



In de eerste twee diagrammen is de oppervlakte ingesloten door het proces (links en midden) een maat voor de verrichte arbeid, in het H-S diagram is dit de lengte van lijnstuk 5-6 , en dus eenvoudig af te lezen.

Kringproces van de stoomturbine

1-2 =

Op druk brengen van water door de ketelv oeding swa terpomp tot aan de keteldruk.

C

By **Noekie** (Noekie_99)
cheatography.com/noekie-99/

Not published yet.
 Last updated 18th June, 2022.
 Page 8 of 8.

Sponsored by **Readable.com**
 Measure your website readability!
<https://readable.com>