

ANTWOORD AAN DEN HEER L. A. VAN SCHIE
betreffende snelheid van den uitstroomenden stoom.

De heer VAN SCHIE zegt zich niet te kunnen vereenigen met de bewering, dat de snelheid van den geëxpandeerden stoom 70,000 M. per minuut bedraagt en wel op grond van het feit, dat de snelheid, waarmede verzadigde stoom in het luchtledige stroomt, nagenoeg 620 M. per seconde bedraagt bij een absolute spanning van 20 K.G. per cm^2 .

De heer VAN SCHIE maakt zelfs een berekening van de snelheid van drogen stoom, uitstroomende uit een stoomketel met een druk van 11 atmosfeer absoluut, en vindt dan 620 M. per seconde. Deze berekening is evenwel niet juist.¹ Het bevreemdt ons zeer dergelijke uitspraken te vernemen, die als een onomstootelijke waarheid verkondigd worden en die totaal in strijd zijn met hetgeen door ons is meegedeeld, terwijl de door ons gegeven cijfers natuurlijk niet uit de lucht gegrepen zijn, maar wij integendeel voor de juistheid daarvan de noodige bewijzen kunnen aanvoeren.

De verkeerde denkbeelden en becijferingen van den heer VAN SCHIE vinden hun oorsprong hoofdzakelijk hierin, dat hij de werking van de Laval-stoomturbine niet begrepen heeft. De stoom vloeit nl. niet door een cilindrische buis doch door een mondstuk, dat zich konisch verwijdt en waarvan de afmetingen zóó gekozen zijn, dat de stoom hierin volledig expandeert en wel zoodanig, dat de eindspanning volkomen gelijk is aan die der omgeving, d.w.z. één atmosfeer, wanneer gewerkt wordt zonder condensatie en circa 0,1 atmosfeer, indien condensatie wordt toegepast.

Bij deze expansie neemt de snelheid van den stoom zeer belangrijk toe niettegenstaande de doorsnede naar het einde van het mondstuk grooter wordt. De heer VAN SCHIE verklaart apodictisch: de snelheid van den stoom kan door de uitzetting niet vermeerderen, want zijn spanning zal nu in dezelfde mate afnemen als zijn soortelijk gewicht. Deze gevolgtrekking is ons volkomen onbegrijpelijk en de uitspraak is in lijnrechten strijd met de werkelijkheid. Juist op de

¹ Zie o. a. HÜTTE, *Ing. Taschenbuch*, blz. 269 en GRASHOF *Theor. Maschinelehre*, Bd. I § 111-113.

snelheidsvermeerdering ten gevolge van de expansie berust geheel het principe der Laval-turbine. Zelfs voor een leek is het te vatten, dat wanneer bijv. de stoom zich tienvoudig expandeert, het volume dus circa tienmaal groter wordt, de snelheid evenzeer tienmaal groter zou worden, indien de doorsnede der doorstromingsopening gelijk bleef. Wordt nu de doorsnede bijv. op het einde viermaal groter dan bij het begin, dan zal de snelheid aan het einde nog circa $2\frac{1}{2}$ maal zoo groot zijn als aan het begin der buis. Hieruit volgt ook onmiddellijk, dat de snelheid aan het einde van het konisch mondstuk geheel afhankelijk is van den graad van expansie, dat is bij goed geconstrueerde mondstukken dus van begin- en eindspanning van den stoom, en dat het een ongerijmdheid is te spreken van een snelheid van 620 M. per secunde, die bij verschillende spanningen slechts weinig groter of kleiner zou zijn. Wij laten hier nu eenige cijfers volgen betreffende snelheden van uitstroomenden stoom (altijd in de veronderstelling, dat het uitstroomingsmondstuk zóó geconstrueerd is, dat de stoom volledig expandeert tot den druk der omgeving.) Deze cijfers zijn ontleend aan een werkje van prof. CEDERBLOM, hoogleeraar aan de technische hoogeschool te Stockholm en bekende autoriteit op dit gebied. Zij zijn berekend volgens formules gegeven door prof. ZEUNER in zijn mechanische warmte-theorie en in de practijk zijn deze cijfers volkomen juist gebleken.

Aanvangsdruk in atmosferen	Einddruk absoluut.	uitstroomingssnelheid van drogen stoom uit een konisch, juist gevormd mondstuk
1	0,1	833,4 M. per seconde.
1	0,5	477,6
1	0,9	189,5
2	0,1	951,7
2	0,5	675,9
2	0,9	521,7
2	1	487,5
4	0,1	1057,5
4	0,5	828,4
4	1	689,7
6	0,1	1115
6	0,5	905,9
6	1	784,3
8	0,1	1154,3
8	0,5	957,2
8	1	845
10	0,1	1184
10	0,5	995,3
10	1	889,4
12	0,1	1207,8
12	0,5	1025,4
12	1	924

De hier meegedeelde cijfers variëren dus van 189,5 M. tot 1207,8 Meter per secunde, waaruit men dus de volkomen onjuistheid ziet van de bewering, dat de snelheid van den stoom altijd zou bedragen 620 M. en bij verschillende spanningen slechts weinig daarvan zou afwijken.

De heer VAN SCHIE zegt dat men toch zeker niet den stoom laat uitzetten om daarvan meer arbeid te verwachten. Ook dit bewijst, dat de heer VAN SCHIE de werking der Laval-machine in het geheel niet begrijpt. Er is in den stoom een zekere hoeveelheid arbeid opgehoopt en deze hoeveelheid wordt zeer zeker niet grooter door hem te laten uitzetten. Bij de Laval-machine berust de werking op den arbeid van den stoom in den vorm van levende kracht en deze wordt juist wel grooter door hem te laten uitzetten. De levende kracht is nl. evenredig aan het kwadraat van de snelheid; laat men nu den stoom niet of in mindere mate uitzetten dan behoudt deze een zekeren druk, waarbij natuurlijk de totale hoeveelheid arbeidsvermogen hetzelfde blijft maar waarbij de werking, dus het nuttig effect in de Turbine, veel minder voordeelig zou zijn.

Theoretisch kan de stoom, werkende door zijn drukking en bij volledige expansie in een stoomwerktuig met cylinder en zuiger juist zooveel arbeid verrichten als in de Laval-machine, werkende door zijn snelheid of juistere door zijn levende kracht. Bij eerstgenoemde machine is echter volledige expansie niet mogelijk, terwijl bij de turbine bovendien veel minder verliezen behoeven op te treden. Het stoomverbruik bij de Laval-turbine is dan ook inderdaad zeer gunstig nl. bij eenigszins hooge drukkingen en bij toepassing van condensatie zeker niet hooger dan bij de beste geconstrueerde compoundmachines. Terwijl men deze sedert een lange reeks van jaren al meer volmaakt heeft, is de Laval-turbine nog van betrekkelijk jongen datum en zal deze ongetwijfeld nog belangrijke verbeteringen ondergaan, waarbij zeker een veel gunstiger cijfer van stoomverbruik bereikbaar is dan bij de machine met cylinder en zuiger mogelijk kan worden geacht.

Het komt ons voor, dat de heer VAN SCHIE, bij zijn aanval op de Westinghouse-machine vergeten heeft dat wij daarover volstrekt niet gesproken hebben, dat wij alleen de Westinghouse genoemd hebben onder de goede snelloopers.

Wij hebben die machine niet aangehaald als type van zuinig stoomverbruik, doch als voorbeeld van snellopende machine; het bewijs dat zij niet zoo goed zoude zijn, door den heer VAN SCHIE aange-

voerd, n.l. dat ze slechts sporadisch zoude voorkomen, lijkt ons niet afdoende; het kan zijn dat hij er niet veel gezien heeft doch het aantal in ons kleine land geplaatste machines is reeds 37, wat volstrekt niet weinig is, in aanmerking genomen het totale aantal buitenlandsche machines hier geplaatst.

Doch het is ook niet zoozeer de vraag hoeveel er hier geplaatst zijn dan wel hoeveel er in het geheel geplaatst zijn, en in de andere landen van Europa, maar vooral in Amerika waar zij zeer veel voorkomen.

Het hoofdgebrek dat de heer VAN SCHIE opnoemt n.l. verborgenheid der beweeglijke deelen wordt algemeen als een hoofddeugd beschouwd; en de Willans, en de Carels, en de Rayworth, zijn geheel ingepakt.

Bij amerikaansche machines kan men altijd zeker zijn dat de afwerking van alle aan slijtage onderhevige deelen zoo goed is dat zij gerust ingepakt kunnen zijn; het amerikaansche beginsel is om wat er niet op aan komt ruw te laten en soms onaanzienlijk doch wat er wel op aan komt, zooals alle bewegende deelen, uitstekend af te werken; geen gepolijste tentoonstellings-frames doch volkomen accuraat passende deelen.

De heer VAN SCHIE houde ons ten goede dat wij voor het oogenblik meer hechten aan de ervaring van DE LAVAL, die turbine schijfjes van 11 cM. toepast, dan aan zijn voorstel om turbine schijven van 200 cM. te maken; uit een constructief oogpunt is het verschil nog al groot.

Een kleine correctie zij ons vergund: het gewicht van een 5 P.K. motor is niet 350 K.G. zooals ik schreef doch slechts 130 K.G.

Ten slotte mag nog vermeld worden dat alle gegevens betreffende de Laval-turbine, mij welwillend verstrekt zijn geworden door den heer N. C. H. VERDAM, werktuigkundig ingenieur bij de firma KOOPMAN & co., en dat dus de verschillende cijfers niet zijn uit de lucht gegrepen doch wetenschappelijk juist.

A. VOSMAER.