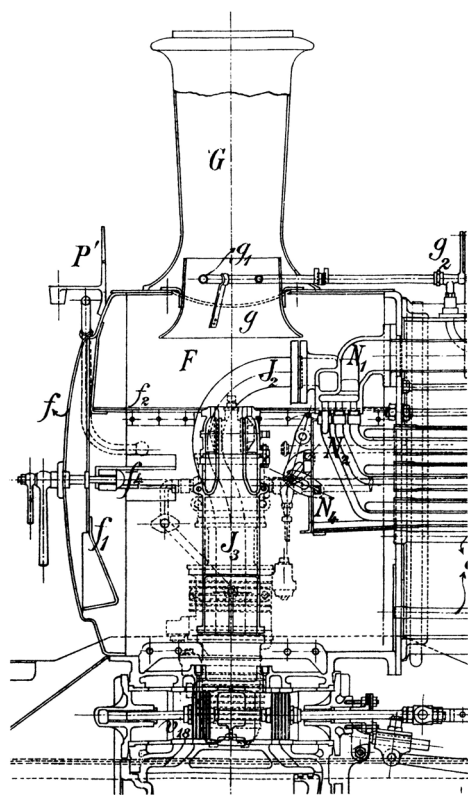


Appendix E: Schoorsteen, blaaspijp en slagring

De originele tekening van Werkspoor toont een rookkast met daarin een exhaustmond van het type Adams Vortex met een ringvormige blaasmond. Volgens de opgave in deel III van het Handboek voor Spoorwegtechniek blz 136 was de bemating bij de NS resp. 168 – 137 mm, overeenkomende met een enkele mond van 97 mm. De schoorsteen blijkt op het nauwste punt, de keel, een diameter van ca. 400 mm te hebben. Van de laatste maat is meteen al op te merken dat deze te groot is. De verhouding tussen de massa van de exhauststoom en die van het mengsel dat de schoorsteen uit wordt geblazen keert terug in de verhouding van de exhaust diameter tot die van de schoorsteenkeel. De verhouding 97 tot 400 of 1 : 4,12 betekent dat bij de HSM locs een grote overmaat aan lucht is mee gezogen. Bij de testen rond 1950 van de locs van British Railways werd vastgesteld dat 1 : 2,85 volstrekt voldoende was. De vernieuwde exhaust zal dan ook een soortgelijke verhouding krijgen.



Met behulp van de impuls vergelijking zoals die door Zeuner rond 1860 voor het eerst is gebruikt en die stelt dat het vacuüm in de rookkast maal de oppervlakte van de doorsnede van de schoorsteen een kracht voorstelt die tot stand komt door het verschil in impuls van de exhaust stoom en die van het stoom-rookgas mengsel dat de schoorsteen uitgeblazen wordt.

De impuls wordt gedefinieerd door de massa maal de snelheid daarvan.

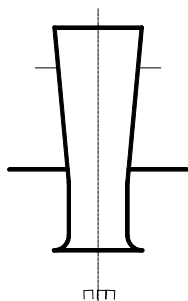
Als deze vergelijking wordt gebruikt met de geschatte hoeveelheden stoom, rookgas en bijbehorende temperaturen van de oorspronkelijke locomotief blijkt er een vacuüm van ongeveer 1000-1200 aanwezig te zijn geweest. De hoeveelheid stoom door de exhaustmond zorgt voor een tegendruk van ca. 43000 Pa. Volgens de formule van Ell zou de exhaustmond 109 mm kunnen zijn, volgens Nordmann 84 mm, de werkelijke maat zit er precies tussenin. Wel moet meteen worden

opgemerkt dat de grote schoorsteen een kleine exhaustmond tot gevolg heeft, de straal moet voldoende impuls krijgen met een grotere snelheid om de verhoogde hoeveelheid stoom plus rookgassen plus luchtvermaat de schoorsteen uit te krijgen.

Het nadeel van die 97 mm is de grote exhaustdruk die erbij hoort: ca 43.000 Pa, 0,4 bar. De manier om dat aan te pakken is het gebruik van een meervoudige mond.

Als de enkele schoorsteen van de HSM loc zou worden vervangen door 4 stuks met afmetingen van 1/4 van het origineel blijft de exhaustwerking hetzelfde. Dat is al in 1864 door Nozo en Geoffroy in Frankrijk met praktijkproeven bewezen en volgt ook uit de bewering ("Pi-Theorema") uit 1915 van Buckingham, degene die de theoretische onderbouwing van dimensieloze modelregels (Reynolds, Mach e.d) heeft geleverd.

Bij locomotieven zit de foef er nu in dat we wel de verschaalde exhaustmonden blijven toepassen, maar niet de verschaalde schoorstenen. Die maken we weer net zo lang (hoog) als de originele schoorsteen. In die langere schoorstenen kan de impuls overdracht van afgewerkte stoom op de rookgassen langer duren en het geheel gaat beter werken. Dat blijkt wel uit de toepassing van dubbele schoorstenen, Kylchaps van Chapelon, Lemaitres, Giesls en Lempor volgens het recept van Porta.



Bij de HSM 814 wordt dus ook zo'n schoorsteen toegepast en gekozen is voor 4 monden. Bij het maken van de sommetjes blijken de monden elk ca 62,5 mm te kunnen zijn. De afstand tot de keel van de schoorsteen 370 mm, het rechte menggedeelte 355 mm en de conische diffuser erboven op 1046,5

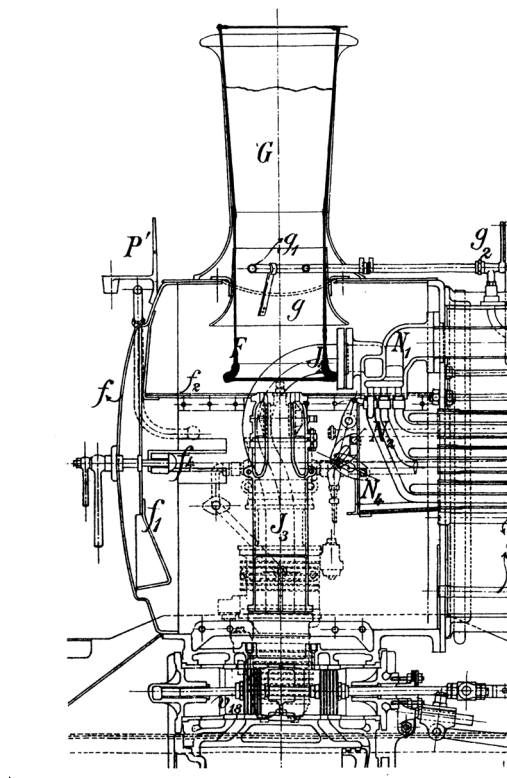
mm. Het totaal geeft een bouwhoogte van 4520 mm boven de rails, nu evenhoog als de 3700 e.d.

Berekening

Naam	Eenheid	Naam	Eenheid
stoom/uur	5744 kg	exhaustmond diameter	62,5 mm
stoom temperatuur	150 oC	exhaustmond oppervlakte	0,0123 m ²
Blaasdruk	Pa	keel diameter	178,125 mm
Gas/uur	10627 kg	keel oppervlakte	0,0997 m ²
Gas temperatuur	380 oC	schoorsteen uitgang diameter	524 mm
Gemiddelde Temperatuur	264 oC	schoorsteen uitgang oppervlakte	0,2156 m ²
dichtheid gas	0,5562 kg/m ³	Ideale oppervlakte reductie	0,6323
Vacuüm	1350 Pa	oppervlakte verhouding	2,1630
stoom flux	1,596 kg/sec		
dichtheid exhaustmond stoom	0,5094 kg/m ³	Saunders ideale theorie	Units
snelheid exhaustmond	255 m/sec	stoom / mixtuur verhoud.	0,9370
Berekende exhaust druk	16594 Pa	exhaustmond / keel verhoud.	0,12311
Impuls flux	407 N	Ideale diffuser	
Vacuüm*Oppervlakte= Krach	184 N	Ves	83,91 m/sec
Impuls uitgang flux	223 N	pg-pes	-258 Pa
snelheid uitgang	44 m/sec	ideale diffuser	1505 Pa
Mengsel hoeveelheid	5,115 kg/sec	Totaal	1763 Pa
gas flux	3,520 kg/sec	Volgens vergelijking A.32.8	1763 Pa
gas/uur	12671 kg/uur		
gas/stoom berekend	2,206	Practische diffuser	
gas/stoom gemeten	1,850	Ves	84 m/sec
Verschil	-2044 kg/uur	pg-pes	-258 Pa
Vehouding gemeten/bereken	0,839	diffuser incl. efficiency	1098 Pa
dichtheid gas	0,676 kg/m ³	Totaal	1355 Pa
dichtheid stoom	0,399 kg/m ³		
Volume stoom	14395 m ³ /uur	Ve uitgangssnelheid	38,794 m/sec
Volume gas	15716 m ³ /uur	Flux uitgang	4,548 kg/sec
Totaal	30111 m ³ /uur	Getal van Euler	0,04083
dichtheid mengsel	0,5437 kg/m ³	Verschil Eu nrs	0,00016
Getal van Euler	0,04068		

Uit de som hierboven blijkt het benodigde vacuüm van 1350 Pa te worden gehaald terwijl daarbij een exhaustdruk van 16600 Pa nodig is, 40% van die van de originele NS 5800. Dat gaat dus wel betekenen dat aan de onderzijde van een indicateur diagram de druk wordt verlaagd met 0,3 bar. Omdat dit geldt voor de hele zuigerslag zolang de exhaustpoort geopend is wordt daarmee de effectieve druk in de zuiger verhoogd. Franco laat in zijn vergelijking van de NS 2100, 3500, 3600 en 3700 zien dat bij de snelheid vanaf 90 km/uur de trekkracht verminderd is tot ca 1/3 van die bij stilstand. Dat is de in de tabellen opgegeven trekkracht die al bepaald wordt met 70% van de keteldruk. Toegepast op de HSM loc betekent dat 1/3 van 70% van 15 bar of effectief 3,5 bar. Dat is dus 0,3 bar aan toe te voegen, 8,5%!

Omdat in een indicateur diagram aan de onderzijde toegevoegde oppervlakte bij een zelfde vermogen weer kan worden teruggehaald door het verschuiven van de expansielijn betekent dit dat de locomotief effectief met minder stoomtoevoer kan rijden.



In de nevenstaande figuur is de diffuser schoorsteen ingetekend. Hij past (uiteraard) in de originele buitenschoorsteen die iets zou moeten worden verlengd. De vier exhaustmonden komen in de plaats van de getekende Adams-vortex mond wat lager in de schoorsteen.

Conclusie

Binnen de originele contouren van de locomotief valt een verbeterde exhaust te plaatsen, die met minder tegendruk het benodigde vacuüm kan genereren.