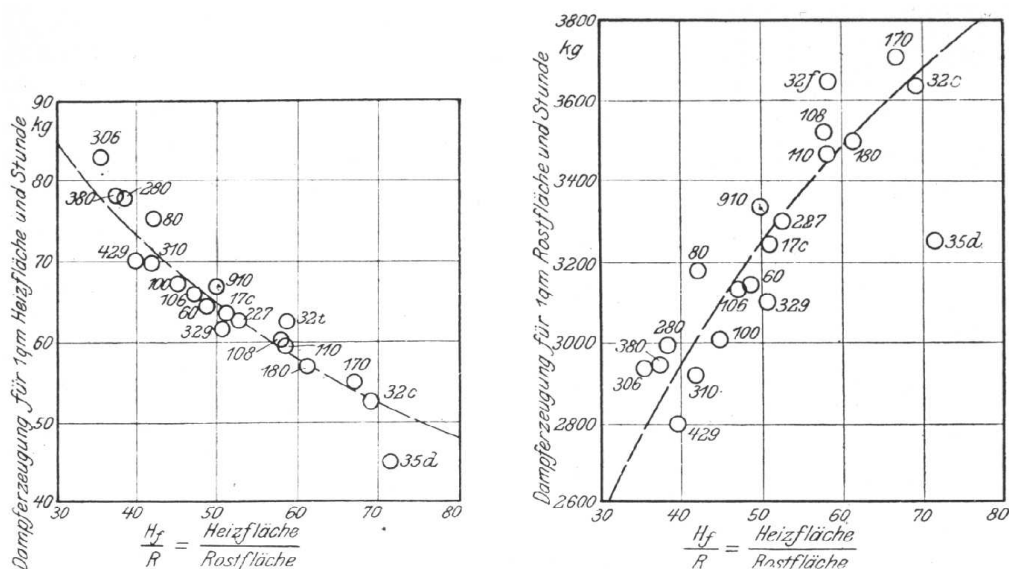


Appendix 3 De ketel van de NBDS 38

In de engelse tekst “The preliminary design of ..”, Appendix 1, wordt met behulp van de methode van Eckhardt de prestatie van de ketel bepaald. Dit op basis van de eis dat de locomotief met een trein van 400 ton 120 km/uur zou moeten kunnen rijden. Dit levert een aantal voorlopige gegevens op. De benodigde thermodynamische prestatie wordt daarna bepaald met behulp van de gegevens uit de testrapporten van British Railways van de LNER B1 en de BR class 4. De conclusie is dat tussen de 6500 en 7300 kg/hr stoom is benodigd, dit afhankelijk van de temperatuur van de afgewerkte stoom. Apart hiervan zullen dus de marges bepaald moeten worden waarbinnen zeker gesteld kan worden dat de locomotief de gevraagde prestaties levert.

Bij een stoomlocomotiefketel zijn een aantal onderlinge verhoudingen van belang.

1. Allereerst is dat de grootte van het verdampend oppervlak (H) ten opzichte van de oppervlakte van het rooster (R). Hiervoor geldt een vuistregel dat dit deze verhouding voor sneltreinlocomotieven ongeveer 50 zou moeten zijn. Deze waarde is rond 42 bij de NBDS locomotieven op basis van een rooster van 2,6 m² en een V.O. van ca. 111 m². Volgens de gegevens van Sanzin-Kochy (ZVDI 1921) uit onderstaande grafiek heeft dat als consequentie dat er per m² verdampend oppervlak bij een H/R van 42 ca 72 kg stoom/uur wordt geproduceerd. Gezien hun meetgegevens in de grafiek is het zelfs een kunst om ver onder de 70 kilo te komen. Voor de nieuwe ketel wordt dat dan ca. 7782 kilo stoom/uur, kennelijk voldoende voor het type dienst van deze locomotieven. Hierbij kan worden opgemerkt dat de indertijd in Nederland gebruikte gewijzigde formule 7666 kilo/uur als resultaat gaf.



Neendampfleistung von Lokomotivkesseln nach Sanzin-Köchy für Stückkohle von 6250 kcal/kg ohne Speisewasservorwärmung, in Abhängigkeit vom Verhältnis der Verdampfungsheizfläche zur Rostfläche; im linken Bild bezogen auf die Heizflächeneinheit, im rechten auf die Rostflächeneinheit.

2. De tweede belangrijke verhouding is die van de doortocht van de vlambuizen ten opzichte van het totaal van buizen en pijpen. Eenvoudig valt in te zien dat hoe meer rookgassen er langs de oververhitterelementen stromen hoe hoger de

temperatuur van de oververhitte stoom zal worden. Volgens de gegevens van Eckhardt in zijn “Die Konstruktion der Dampflokomotive und Ihre Berechnung” ,Verlag Technik Berlin 1952, bestaat er een verband tussen de oppervlakte verhouding, de ketel belasting en de bereikte temperatuur. Uit de onderstaande grafiek valt af te lezen dat bij de verhouding van 50% van de beschikbare doorsnede van het totaal van de oude ketel de stoom-temperatuur slechts ca 350 °C zal bedragen. Voor Nederlandse verhouding is dat niet slecht, meestal was het lager.

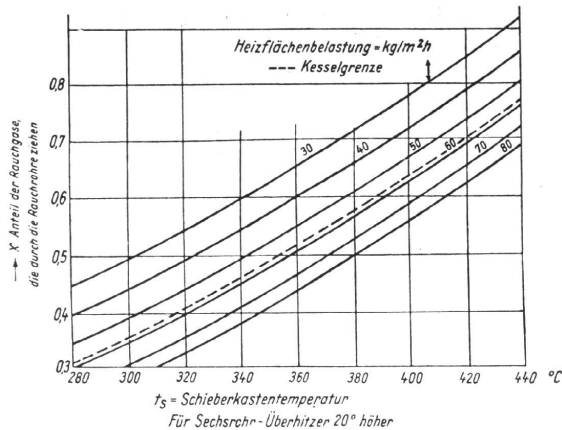


Bild 82. Schieberkastentemperatur $f(x)$ und der Heizflächenbelastung

3. De derde verhouding heeft te maken met de onderlinge verhouding van de weerstand van een vlampijp t.o.v. die van de vlambuis met elementen. Bij een pijp wordt de lengte diameter verhouding gebruikt waarbij de verhouding van 100 als optimaal geldt. Bij een vlambuis met inhoud is dat wat moeilijker te bepalen vandaar dat Wagner (ZVDI 1929, p.1217) gegrepen heeft naar de verhouding van de interne pijp oppervlakte S ten opzichte van de vrije doorsnede A . Eenvoudig valt in te zien dat voor een pijp die interne oppervlakte $l \cdot \pi \cdot d$ is en de oppervlakte van de doorsnede $\pi/4 \cdot d^2$ zodat die verhouding dus $l \cdot \pi \cdot d / (\pi/4 \cdot d)$ of $l \cdot 4/d$ wordt. Bij zo'n optimale vlampijp wordt de waarde dus 400. Hetzelfde valt te doen voor een vlambuis. De totale wandoppervlakte wordt dan die van de vlambuis zelf plus die van de elementen en de doorsnede wordt die van de vlambuis minus die van de elementen. Van de oorspronkelijke locomotief blijken de verhoudingen 380 voor de pijpen en 417 voor de buizen te zijn. Eenvoudig valt nu in te zien dat een kortere pijp dan 100 keer de diameter, een lagere verhouding gaat opleveren, in het geval van bijvoorbeeld 90 keer de diameter dus 360. Omdat deze verhouding te maken heeft met de stromings-weerstand, de korte buis heeft minder weerstand, blijkt nu hieruit dat de stromingsweerstand van de vlambuis met oververhitter dus groter was dan die van een vlampijp bij de oorspronkelijke uitvoering.

De onaangename consequentie van deze constatering is dat bij een hardrijdende locomotief, met een oplopende ketelbelasting, de rookgassen steeds meer de voorkeur geven aan de vlampijpen en niet aan de vlambuizen. De oververhitting neemt dus niet toe maar af! Dit is een van de oorzaken van de lagere oververhittingstemperaturen bij Nederlandse Stoomlocomotieven. In de engelse literatuur heet dit verschijnsel “preferential draughting” en is een van de oorzaken van indifferent gedrag van stoomlocomotieven. Het moet dus beslist worden voorkomen.

4. Een vierde verhouding is een praktische. De doortocht van de oververhitterpijpen samen moet groter zijn dan die van de stoomtoevoerbuis in de ketel. Door de oververhitting zet de stoom uit en heeft dan een groter volume nodig. Volgens de tekening van de NBDS ketel van Hanomag is de toevoerbuis 140 mm buitenmaat, bij Beyer Peacock 5 inch, 175 mm. De kleinste buis heeft 0,0133 m² oppervlakte van de doorsnede.

De aan de nieuwe ketel te stellen eisen.

Omdat aan een eventuele nieuwe ketel hogere eisen moeten worden gesteld, de lokomotief moet 120 in plaats van 90 km/u kunnen rijden, worden de volgende wijzigingen voorgesteld:

- een hogere oververhitting, te realiseren door de doortocht verhouding tussen vlambuis en vlampijp te wijzigen Voor de gewenste temperatuur van ca. 420 graden is bij een stoomproduktie van 70 kilo/m² dan een verhouding van ca 65% gewenst.
- de stromingsweerstand tussen vlambuizen en vlampijpen wijzigen in het nadeel van de vlampijpen

Praktisch zal dit kunnen worden gerealiseerd door:

1. Het plaatsen van een vierde rij vlambuizen met oververhitterelementen Hierbij wordt het oververhittend oppervlak vergroot. Tevens wordt de doortocht van de rookgassen langs de elementen vergroot. De ruimte gaat ten koste van vlampijpen, maar er is al geconstateerd dat de pijpen van de oude ketel een ongunstige L/D verhouding hebben.

Het wijzigen van de stromingsweerstand door:

2. Het gebruik van 40/45 mm vlampijpen in plaats van 43/48 mm Omdat de NS 2100 bij een iets grotere ketellengte deze kleinere pijpen heeft gehad, is er niets op tegen deze pijpen ook te gebruiken in de replika ketel. Een berekening laat zien dat bij 28 buizen en de 103 plaatsbare pijpen het V.O. maar weinig kleiner wordt.

Een alternatief zou kunnen bestaan uit:

3. Het vergroten van de diameter van de vlambuizen, in plaats van 133/125 mm 139/131 mm toepassen. Deze buizen blijken goed leverbaar zodat dit een haalbare oplossing is. Het onderlinge effect is hetzelfde als een verkleining van de vlampijpen. Deze pijpen blijken echter niet goed in de toch al kleine pijpenplaat te plaatsen en zijn dus onbruikbaar.

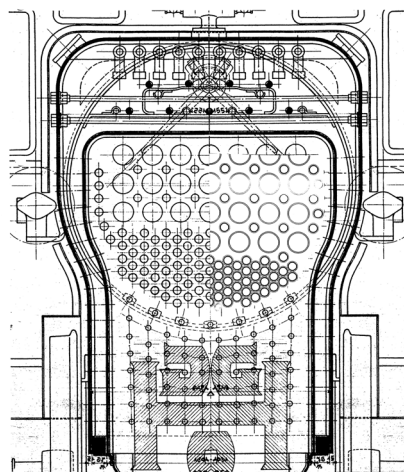
4. Gebruik van een kleinere maat oververhitterpijpen, 35 mm (1 3/8 in.) Deze pijpen zijn indertijd ook in de NS6300 toegepast en vergroten de doorstroming door de rookbuizen. Het oververhitter oppervlak is al met 28/21 vergroot zodat de verkleining wordt gecompenseerd door de grotere hoeveelheid rookgas. Ook brengt deze wijziging de A/S van de buizen onder die van de vlampijpen.

Door deze combinatie van wijzingen ontstaat een ketel die de volgende eigenschappen heeft:

1. Toepassing van standaard 133/125 mm vlambuis, 44,5/39,3 mm vlampijp, 35/28 mm oververhitterpijp. Al deze maten zijn momenteel uit de normale handelsvoorraad ketelpijp leverbaar. In verband met het intermitterende gebruik van de locomotief zou een 1 mm grotere wanddikte van de buizen en pijpen beter voor de levensduur zijn. Daarbij wijzigen de hierboven gemelde waarden.
2. Het Verwarmend Oppervlak wordt 111 m²
3. De Oververhitter oppervlakte wordt ca. 43 m²
4. De oververhitter doortocht wordt ca. 0,0172 m², de toevoerbuis kan daarop worden aangepast.
5. De netto vlambuis doortocht oppervlakte ten opzichte van het totaal wordt vergroot naar : 64,5%
6. De vlambuis lengte / hydr. diameter wordt : 92, iets onder de 100, de vlampijp lengte / diameter 102 .De A/S wordt resp 368 en 408

Bij een rooster van 2,6 m² kan dan per m² 70 kilo stoom worden geproduceerd, totaal 7770 kg/uur.. Bij de doortocht van 64,5% van het totaal wordt dan een stoomtemperatuur van rond de 420° C. bereikt. Door de gewijzigde verhoudingen zal deze temperatuur zelfs wat oplopen bij hogere belastingen, omdat onder die condities het rookgas een voorkeur heeft voor de vlambuizen door de betere weerstand.

Conclusie: Het is zeer wel mogelijk door het kiezen van iets andere vlambuis en vlampijp aantallen, vlampijp en oververhitter diameters het ketelontwerp zodanig aan te passen dat daarmee de benodigde stoomproductie met de gewenste stoomtemperatuur wordt bereikt.



Achterpijpenplaat in vuurkist van de NBDS 38, oude en nieuwe uitvoering

Volgens de opgaven in het boek “Onze nederlandse stoomlocomotieven” van Waldorp hadden de NBDS locomotieven de volgende ketelgegevens. De gegevens van het nieuwe ketelontwerp staan ernaast.

Locomotief type	NBDS 36 vlg. Labrijn	NBDS38
vlambuis diameter	125	125
aantal	21	28
oververhitter diam.	38	35
vlampijp diameter	43	40
aantal	112	103
opp. vlambuis/tot.	49,97%	64,57%
doortocht in m2	0,3251	0,3653
ovh doortocht	0,0159	0,0172
afstand pijpenpl.	4080	4080
vuurkist opp.	13,50	13,50
v.o.vlambuizen	33,65	44,86
v.o.vlampijpen	61,73	52,81
tot. vlambuis + pijp	95,4	97,67
tot. incl vuurkist	108,9	111,17
v.o. oververhit	34,1	41,93
totaal v.o.	143,02	153,10
Rooster R	2,60	2,60
v.o./R	41,88	42,76
AS/AR buizen	1602212	1602212
plus ovh	1625963	1497597
Som	3228175	3099809
opp	7735,387	8423,395
verh.buizen	417	368
pijpen	380	408

De aantallen vlambuizen en –pijpen valt uit de tekeningen te lezen, die van de NBDS 36 zijn door Labrijn gegeven in zijn artikel over de NBDS locomotieven in Spoor- en Tramwegen van juni 1942 blz 217 e.v.. Hierbij valt aan te tekenen dat Prof. Franco in zijn publicatie “De economie en het vermogen van moderne sneltreinlocomotieven”, KIVI 1915, zich baseert op de tekening van de NBDS 36 waaruit kennelijk andere gegevens te lezen waren dan die waarop Waldorp en Labrijn zich baseren. Hij komt tot 118,5 m2 verwarmend oppervlak.

De diameters van de vlambuizen en – pijpen van alle NS locomotieven zijn te vinden in tabel XXIV in het ”Handboek voor Spoorwegtechniek” deel III, pagina 135.