

Betriebskontrolle Aktennotiz Nr. **38015** vom 30 August 1936

Kennwort: ~~Abkühlung von Rippenrohren~~

Betr.: Labor. — Betrieb — Werkstatt

Verfasser: Dr. Willig

Inhalt: ~~Abkühlung von Rippenrohren~~

Dr. Willig
8906

Abkühlung von Rippenrohren.I. Versuchseinrichtung.

Zur Klärung der Frage: "Ist es bei Rippenrohren, um einen großen Wärmeübergang zu erreichen, notwendig, die Rippenbleche dicht aufeinander folgen zu lassen oder erreicht man mit einer kleinen Rippenzahl das Gleiche?", wurden folgende Versuche ausgeführt. In einem Blechkasten, der außen gegen Wärmeverluste isoliert war (angefertigt nach Plan L-10042-2), waren Rippenrohre (Plan N-5548-2) auswechselbar eingebaut. Die Zuführungen zu den Rohren waren mit Asbeststricken unwickelt. Durch die Rohre wurde Heißdampf hindurchgeleitet und senkrecht dazu ein Luftstrom von Zimmertemperatur geschickt. Die Luft wurde durch eine Meßstrecke und der Dampf durch die Kondensatmenge bestimmt. Die Temperaturen des zu- und abgehenden Dampfes und der Luft wurden mit Thermometern und Thermoelementen gemessen.

Es wurden verschiedene Rippenrohre geprüft. Die Maße der Rohre unterscheiden sich von den Angaben des Planes in folgendem:

Rohr Nr.	I	II	III	IV
Zahl der Rippenbleche	520	312	208	208
Rohrlänge (mm)	3280	3288	3304	3296
Rippenabstand (mm)	6,3	10,5	15,9	15,9

Bei den ersten 3 Rohren waren die Rippen einseitig, bei dem vierten beiderseits angeschweißt.

II. Versuchsergebnisse.

a) Beispiel für eine Meßreihe (siehe Anlage 1).

Die Wärmemengen, die vom Dampf abgegeben und von der Luft aufgenommen wurden, stimmten in den Versuchen nicht überein. Die Abweichungen betragen etwa 10 %. Das findet seine Erklärung in folgendem: Die durch die Rippenrohre strömende Luft war in dem Kasten nicht gleichmäßig verteilt und hatte beim Abströmen keine einheitliche Temperatur. Die Wärmemenge, die von der Luft aufgenommen wurde, konnte somit nur angenähert bestimmt werden.

b) Zusammenstellung der Meßergebnisse (graphische Darstellung siehe Anlage 2)

Rohr Nr.	F qm	Luft 2150 kg/h		Luft 2400 kg/h		Luft 2650kg/h		Mittel
		Dampf		Dampf		Dampf		
		480kg/h	550kg/h	480kg/h	550kg/h	480kg/h	550kg/h	
I	5,74	48,0	53,0	50,7	54,5	53,5	56,3	
II	3,6	40,5	45,5	41,5	47,0	-	48,0	
III, IV	2,53	32,0	34,3	34,0	36,3	36,3	38,0	

Rohr Nr.	F/F _I	α/α_I						
		Luft 2150 kg/h		Luft 2400 kg/h		Luft 2650 kg/h		Mittel
		Dampf 480kg/h	Dampf 550kg/h	Dampf 480kg/h	Dampf 550kg/h	Dampf 480kg/h	Dampf 550kg/h	
I	100	100	100	100	100	100	100	100
II	62,8	84,5	85,8	81,8	86,4	-	86,7	85,0
III u. IV	44,1	66,7	64,7	67,0	66,7	67,8	67,5	66,7

α ist diejenige Wärmemenge, die von einem Rippenrohr von 1 m Länge bei 1° Temperaturdifferenz übertragen wird. Um die α -Werte vergleichen zu können, werden sie auf eine Messung von 100° Temperaturdifferenz bezogen; denn die Wärmeübergangszahl wird um so kleiner, je größer die Temperaturdifferenz zwischen Dampf und kühlender Luft ist. (vergl. Anlage).

III. Versuche zur Verbesserung des Wärmeübergangs.

Im zweiten Teil der Versuche wurde die Frage geklärt: "Auf welche Weise kann ein größerer Wärmeübergang erreicht werden?". Ein großer Teil der zur Kühlung bestimmten Luft geht neben den Rippen vorbei. Dies wurde durch Aufnahme des Geschwindigkeitsprofils und mit einem Pitotrohr und durch Aufnahme des Temperaturprofils mit Thermoelementen (Eisen-Konstantan) festgestellt. Es ist nun nicht so, daß die neben den Rippenrohren vorbeiströmende Luft einen vollständigen Verlust darstellt; denn die starke Wirbelbildung zwischen den Rohren bringt doch einen gewissen Wärmeausgleich zustande. Um von vornherein zu vermeiden, daß kühlende Luft nicht voll ausgenutzt wird, wurden, wie beiliegende Zeichnung zeigt, Führungsbleche an den Rippen angeschweißt, so daß die Luft gezwungen war, zwischen den Rippen hindurchzugehen. Diese Versuche wurden an Rohr I und IV durchgeführt. (Siehe Anlage 3)

Versuchsergebnisse:

a) Die Geschwindigkeitsprofile zeigen, daß in dem Raum zwischen Kastenwand und Rippenrohr, wie es auch selbstverständlich ist, die durchströmende Luft die größte Geschwindigkeit hat. Zwischen den Rippen sinkt die Geschwindigkeit stark ab. Im Schatten des Rohres treten starke Wirbel auf, die ein Messen unmöglich machen. Das geht daraus hervor, daß die mit dem Pitotrohr gemessenen Druckunterschiede für diese Stellen sogar negativ werden. Durch Anbringen von Führungsblechen wird, wie die Profile zeigen, zum Teil erreicht, daß die Luft zwischen den Rippen in größerer Menge hindurchgeht. Die in der Anlage beigelegten Geschwindigkeitsprofile sind in 30 mm Abstand vom Rippenrohr aufgenommen worden. Unsymmetrien sind durch die Lage der Rohre im Kasten bedingt.

- b) Die Temperaturprofile sind eine Bestätigung für die Schlußfolgerungen, die sich aus den Geschwindigkeitsprofilen ergeben. Sie sind an der gleichen Stelle wie letztere aufgenommen.
- c) Bestimmung des Widerstandes.

Rohr	Druckverlust Δp in mm WS		
	Q = 1800	Q = 2050	Q = 2250
I	9,4	10,7	12,0
Ia	12,7	15,0	18,2
IV	4,0	4,1	4,3
IVa	6,0	7,4	8,3

Q gibt die Luftmenge in m^3 an, die in einer Stunde durch den Kasten hindurchströmt. Ia und IVa bedeuten die Rohre mit Führungsblechen.

Die Druckverluste steigen durch die Führungsbleche durchschnittlich um 50 % an.

d) Wärmeübergangszahl.

Die Wärmeübergangszahl ändert sich beim Rohr IV durch Anbringen der Führungsbleche nicht merklich. Dagegen erhalten wir beim Rohr Ia eine Vergrößerung von α um 15 %.

Rohr Nr.	α						Mittel
	Luft / 2150 kg/h		Luft 2400 kg/h		Luft 2650 kg/h		
	Dampf 480kg/h	Dampf 550kg/h	Dampf 480kg/h	Dampf 550kg/h	Dampf 480kg/h	Dampf 550kg/h	
I	48,0	53,0	50,7	54,5	53,5	56,3	
Ia	55,2	58,0	57,0	61,9	-	64,2	
				α/α_I			
I	100	100	100	100	100	100	100
Ia	115,0	109,5	112,5	113,6	-	114,2	112,9

(vergl. damit die Tabelle Seite 1 und 2)

Zusammenfassung der Ergebnisse.

Die durchgeführten Versuche ergaben eindeutig folgende Ergebnisse :

- 1) Engberippte Rohre haben den besten Wärmeübergang.
- 2) Doppelt geschweißte Rohre haben denselben Wärmeübergang wie einfach geschweißte Rohre.
- 3) Durch Führungsbleche oder besser durch Verdränger lassen sich größere Wärmeübergangszahlen erreichen. Der Widerstand zwischen den Rippenrohren steigt dadurch jedoch stark an.

Anbei: 3 Anlagen.

Blitz

1/12

Rohr Nr. IV. Rohroberfläche: $F = 2,53 \text{ qm}$, Länge $l = 3,3 \text{ m}$.

8910

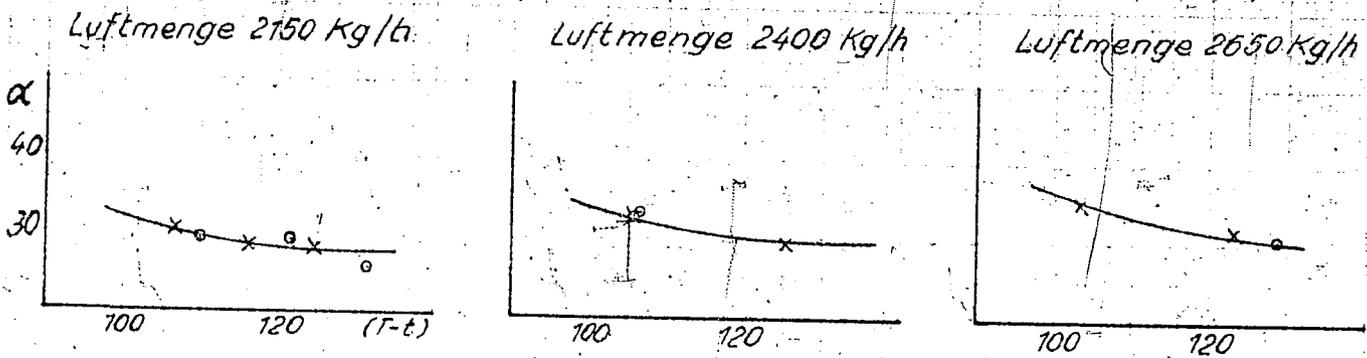
Dampfmenge (kg/h)	544	544	532	598	605	605	482	487	485
T_1 °C	161	165,5	170,5	176	174	175	170	169,5	168
T_2 °C	117	118	117,5	137	129,5	127,3	122,5	119,5	116
$T = \frac{T_1 + T_2}{2}$	139	141,8	144	156,5	151,8	151,2	146,3	144,5	142
Abgeg. Wärmemenge (Kcal/h)	11250	12200	13200	10900	12550	13520	10700	11450	11900
Luftmenge (kg/h)	2105	2395	2625	2160	2365	2625	2160	2355	2625
t_1 °C	25,5	26,5	25,5	28,0	26,5	26,5	29,0	29,0	29,0
t_2 °C	48,3	48,4	46,0	50,1	47,4	46,6	50,3	49,4	48,7
$t = \frac{t_1 + t_2}{2}$	36,9	37,5	35,8	39,1	37,0	36,6	39,7	39,2	38,9
Aufgen. Wärmemenge (Kcal/h)	11620	12700	13020	11570	11950	12750	11150	11620	12520
$\Delta t = T - t$	102,1	104,3	108,2	117,4	114,8	114,6	106,6	105,3	103,1
$\alpha = \frac{Q}{\Delta t \cdot l}$	33,4	35,4	36,9	28,1	33,1	35,7	30,4	32,9	35,0
Mittlere Luftgeschwind. (m/sec)	5,6	6,4	7,0	5,8	6,3	7,0	5,8	6,3	7,0
Mittlere Dampfgeschwind. (m/sec)		365			415			330	

Anlage 1

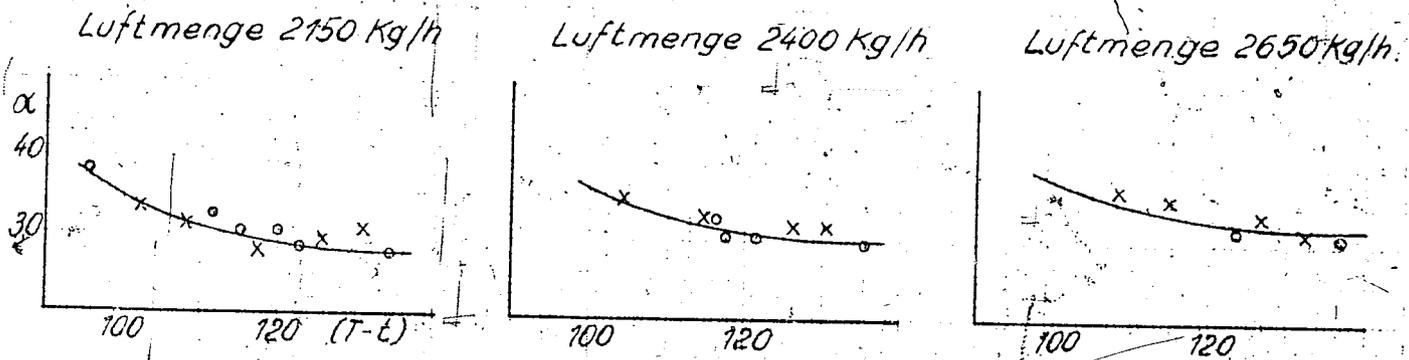
Abhängigkeit von α von der Temp.-Diff. $T-t$. (Rohr III u. IV)

Dampfmenge: 480 Kg/h

8911

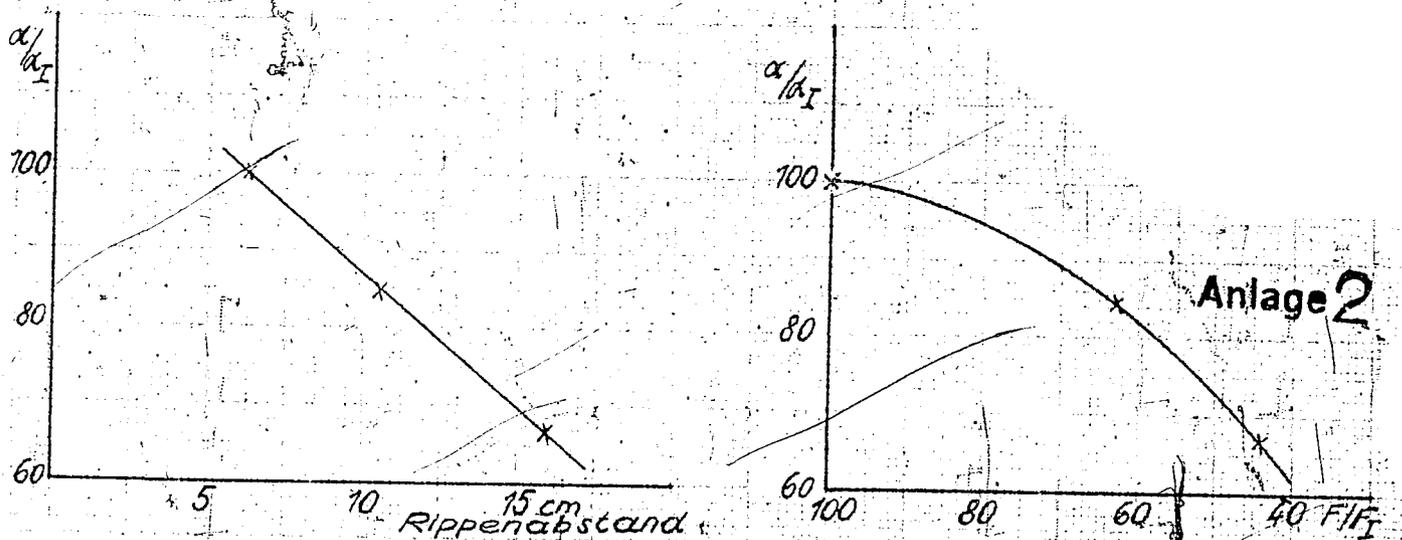


Dampfmenge 550 Kg/h



x ohne } Führungsblechen
o mit

Anderung des α Wertes mit dem Rippenabstand und der Fläche



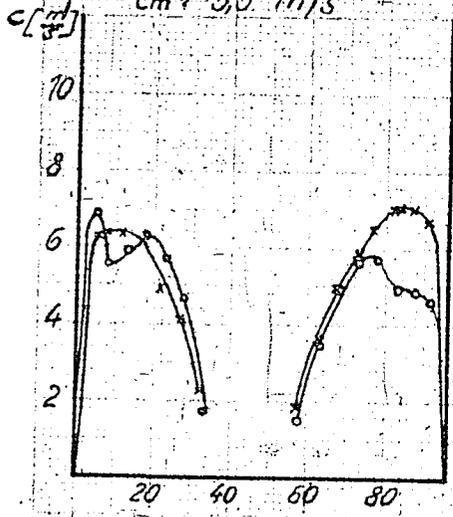
BKOBs 1575-16

27.8.38. Scherf

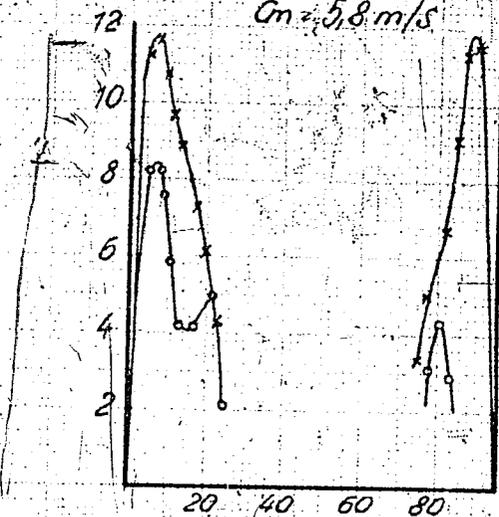
Geschwindigkeitsprofil

8912

Rohr IV
Rippenabstand 15,9 cm
Mittlere Geschwindigkeit
 $c_m = 5,5 \text{ m/s}$



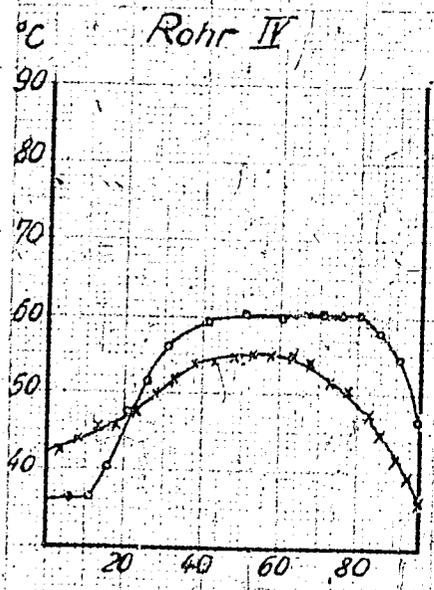
Rohr I
Rippenabstand 6,3 cm
 $c_m = 5,8 \text{ m/s}$



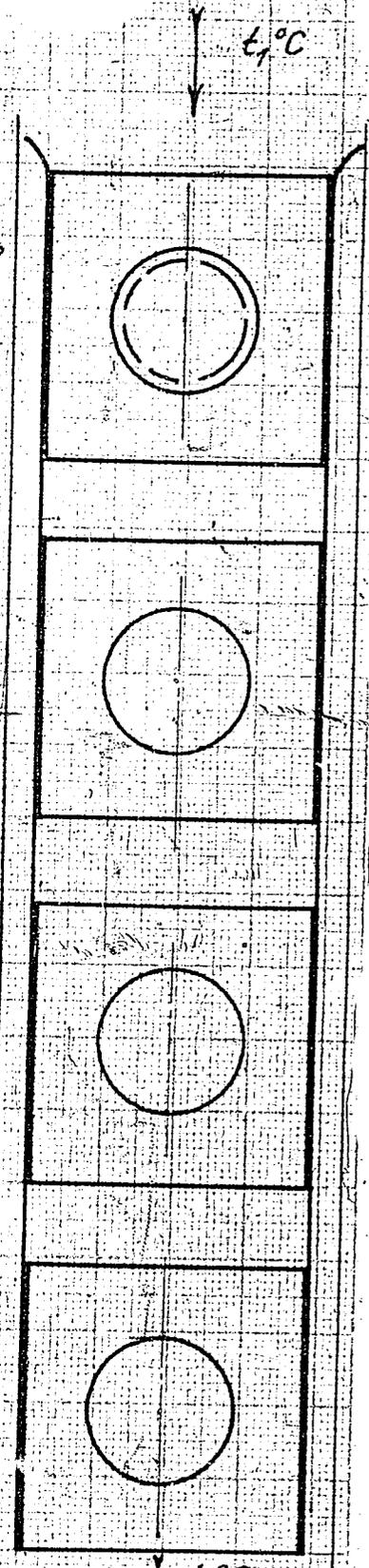
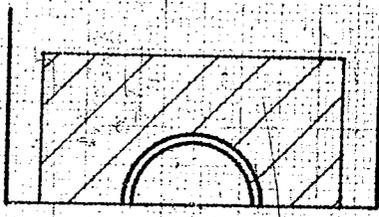
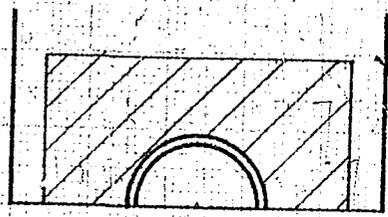
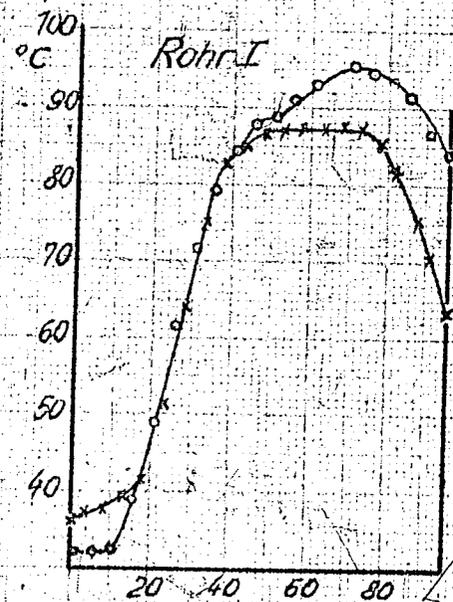
x ohne } Führungsblechen
o mit }

Temperaturprofil

Rohr IV



Rohr I



Anordnung der an die
Rippenrohre angeschw.
Führungsbleche

Anlage 3

BKOBs 1576-16

30.8.38. Scherf