

Die Garantien sind:

1. Füllung, bezogen auf den Niederdruckzylinder in Proz.	6	12,5		
2. Leistung in PS indiziert normal und maximal	437	619		
3. Leistung in PS effektiv	190	285	380	550
4. Dampfverbrauch gesättigt pro ind. PS und Stunde in kg	6,7	6,3	6,0	5,6
5. Dampfverbrauch 280° C überhitzt pro ind. PS und Stunde in kg	5,7	5,4	5,1	5,6
	(mit 2 Proz. Toleranz)			
6. Wirkungsgrad in Proz.	82	85	87	89
7. Ungleichförmigkeitsgrad u. Schwungmoment GD^2	$1/250 GD^2 = 19\,500 \text{ kgm}^2$			
8. Tourenschwankung bei gleichbleibender Belastung in Proz.	0,5			
9. Tourenschwankung bei 25 Proz. plötzlicher Ent- oder Belastung in Proz.	1,5			
10. Tourenschwankung bei allmählichem Übergange vom Leerlauf bis zur Maximalbelastung in Proz.	4			

Versuchsergebnisse der Swiderski-Dampfmaschinen und der mit denselben gekuppelten Gleichstrom-Generatoren.

Im folgenden (s. umstehende Tabelle) seien die Mittelwerte der Notierungen während der einzelnen Versuche niedergelegt. Die Versuche selbst wurden in analoger Weise, wie die vorhergehenden Beispiele zeigen, ausgeführt.

Durch lineare Interpolation ergibt sich aus dem garantiemäßigen Dampfverbrauche bei einer Belastung von 412,5 PS_e eine Erhöhung des Dampfverbrauches um 0,0956 kg pro PS_i. Es ist somit der Dampfverbrauch bei einer Belastung von 412,5 PS_e \sim 5,195 kg pro PS_i.

Die Garantie bezog sich auf 280° C am Eintritt in die Maschine; für die geringere Dampf temperatur sind pro 10° C Temperaturunterschied in diesem Falle 0,08 kg Mehrdampfverbrauch zu rechnen. Der Temperaturunterschied betrug $280 - 257 = 23^\circ \text{C}$. Der garantierte Dampfverbrauch resultierte somit zu: $\frac{23 \cdot 0,08}{10} + 5,19 = 0,18 + 5,19 = 5,37 \text{ kg}$;

erreicht wurde ein Dampfverbrauch von 5,62 kg. Unter Inanspruchnahme der Toleranz von 2 Proz. — entsprechend $5,37 \cdot 0,02 = 0,107 \text{ kg}$ —, also $5,37 + 0,107 = 5,477$ würde die Überschreitung der Dampfgarantie bei Versuch I $5,620 - 5,477 = 0,143 \text{ kg} \sim 2,65 \text{ Proz.}$ betragen.

Bei Versuch II resultierte durch lineare Interpolation aus dem garantiemäßigen Dampfverbrauch bei 190 PS_e Belastung bei 206,05 PS_e.

	Versuch I	Versuch II	Versuch III
1. Versuchsdauer in Minuten	358	355	453
2. Speisewassermenge während des Versuches in kg	16 150	9871	25 361
3. Kondenswasser aus dem Überhitzer und der Dampfzuleitung bis zum Dampf- eintritt in die Maschine in kg	276	404	446
4. Dampfverbrauch der Dampfmaschine während der Versuchsdauer in kg	15 883	9467	24 915
5. Dampfverbrauch der Dampfmaschine während einer Stunde in kg	2 661,6	1599,6	3 300
6. Mittlere Nutzleistung des Generators in Kilowatt	286,28	137,23	386,15
7. Wirkungsgrad des Gleichstromgenerators in Proz.	94,3	90,5	94,6
8. Mittlere Dampfmaschinenleistung in PS _e	412,5	206,05	554,82
9. Garantierter Wirkungsgrad der Dampf- maschinen in Proz.	87	82	89
10. Mittlere Dampfmaschinenleistung in PS _i	474,1	251,3	623,4
11. Dampfverbrauch der Dampfmaschine pro 1 PS _i und Stunde in kg	5,62	6,36	5,29
12. Mittlere Kesselspannung in Atm.	12,088	12,23	12,08
13. Mittlere Dampfspannung am Eintritt in die Dampfmaschine in Atm.	11,48	11,80	11,46
14. Mittlere Dampftemperatur am Austritt aus dem Überhitzer C ⁰	359	336	382
15. Mittlere Dampftemperatur am Eintritt in die Maschine C ⁰	257	216,8	281,87
16. Mittleres Vakuum an der Maschine in Proz.	86,7	89	83,6
17. Mittlere Einspritzwassertemperatur C ⁰ .	19	19	18
18. „ Ausgußwassertemperatur C ⁰ . .	39	41	40
19. „ Umdrehungszahl pro Minute .	201	202	201,6

ein Dampfverbrauch von 5,65 kg pro indizierte Pferdekraft und Stunde. Eine weitere Korrektur für geringere Überhitzung ergab $5,0,08 + 1,4 \cdot 0,1 = 0,54$ kg. Der garantierte Dampfverbrauch unter den gegebenen Versuchsverhältnissen betrug somit $5,65 + 0,54 = 6,19$ kg bei 206,05 PS_e. Der erreichte Dampfverbrauch war 6,36 kg; demnach eine Überschreitung der Dampfverbrauchsgarantie — unter Berücksichtigung der Toleranz von 2 Proz. = 0,127 kg — um 0,17 kg = 2,7 Proz. Hierbei war für geringere Dampftemperatur, soweit die Versuchstemperatur über 230⁰, 0,08 kg Dampfverbrauch und unter der Temperatur von 230⁰ C 0,1 kg Dampfverbrauch pro 10⁰ Temperaturunterschied gerechnet, woraus sich die Korrektur von 0,54 kg ergibt. Bei Versuch III war die garantiemäßige Dampfüberhitzung erreicht. Der Dampfverbrauch betrug 5,29 kg pro indizierte Pferde-

Protokoll zu Versuch IV (Generatorbelastung = a bzw. $b \times 5$ ¹⁾.

Zeit	(a)	(b)	Touren	Bemerkungen u. Ausrechnungen
1	90,1	119,0	199,5	
1 ¹⁰	90,1	119,0	199,5	<i>Const.</i> <i>Const.</i>
1 ²⁰	90,0	118,9	199,4	= 5 = 5 KW PS _e
1 ³⁰	90,0	118,9	199,4	
1 ⁴⁰	90,0	118,8	199,3	
1 ⁵⁰	90,0	118,5	199,3	90,033 118,9 268 = 387
2	90,0	118,5	199,3	Mittelwerte nach jeder Versuchsstunde.
2 ¹⁰	90,0	118,3	199,3	
2 ²⁰	90,0	118,1	199,3	
2 ³⁰	89,9	118,1	199,3	
2 ⁴⁰	89,9	118,0	199,3	
2 ⁵⁰	89,8	118,0	199,3	90,00 118,16 266 = 387
3	89,9	118,1	199,3	Mittelwerte nach jeder Versuchsstunde.
3 ¹⁰	89,8	118,1	199,4	
3 ²⁰	89,9	118,1	199,4	
3 ³⁰	89,5	118,0	199,4	
3 ⁴⁰	89,8	118,0	199,4	
3 ⁵⁰	89,5	117,9	199,3	89,73 118,33 265,5 = 383
4	89,3	117,9	199,4	Mittelwerte nach jeder Versuchsstunde.
4 ¹⁰	90,7	119,5	199,4	
4 ²⁰	91,0	119,8	199,4	
4 ³⁰	90,9	119,2	199,4	
4 ⁴⁰	90,5	119,1	199,3	
4 ⁵⁰	90,5	119,0	199,3	90,46 119,10 270 = 389
5	90,8	119,1	199,3	Mittelwerte nach jeder Versuchsstunde.
5 ¹⁰	90,6	119,1	199,3	
5 ²⁰	91,5	118,0	199,3	
5 ³⁰	91,5	118,0	199,3	
5 ⁴⁰	91,3	117,9	199,3	
5 ⁵⁰	93,0	126,0	199,3	91,78 119,35 274 = 395
6	90,0	123,0	199,3	Mittelwerte nach jeder Versuchsstunde.
6 ¹⁰	90,0	123,0	199,3	
6 ²⁰	90,0	123,0	199,4	
6 ³⁰	90,0	123,0	199,4	
6 ⁴⁰	90,0	123,0	199,4	
6 ⁵⁰	90,3	123,3	199,4	90,05 123,05 278 = 401
7	90,3	123,5	199,4	Mittelwerte nach jeder Versuchsstunde.
7 ¹⁰	90,5	123,8	200,0	
7 ²⁰	90,5	123,8	200,0	
7 ³⁰	90,7	123,8	200,0	
7 ⁴⁰	90,5	123,3	200,0	
7 ⁵⁰	90,0	123,0	200,0	90,4 123,53 278,5 = 402
8	89,9	122,8	200,0	Mittelwerte nach jeder Versuchsstunde.
8 ¹⁰	89,9	122,8	200,0	
8 ²⁰	91,0	119,0	200,0	
8 ³⁰	91,0	119,0	200,0	
8 ⁴⁰	91,3	119,3	200,0	
8 ⁵⁰	91,3	119,2	200,0	90,73 120,35 273 = 394
9	91,8	120,0	200,0	Mittelwerte nach jeder Versuchsstunde.
9 ¹⁰	91,5	119,5	200,0	
9 ²⁰	91,7	119,5	200,0	
9 ³⁰	91,3	119,2	200,0	
9 ⁴⁰	91,5	119,3	200,0	91,6 119,55 274 = 395
9 ⁵⁰	91,7	119,8	200,0	Mittel 392,6

¹⁾ Rubriken (a) und (b) bedeuten Ausschläge der Präzisionsinstrumente; dieselben ergeben durch Multiplikation mit der Const. 5 die Ampere- und Voltwerte. Bei den Ausrechnungen wurde der jeweilig ermittelte Nutzeffekt des Generators zugrunde gelegt.

Protokoll zu Versuch IV.

Zeit	Wasser kg	Zeit	Dampfdruck		Dampf- temperatur an der Maschine C°	Receiv. Druck Atm.	Temperatur des Einspritz- Ausguß- Wassers		Luft- leere Proz.
			Kessel Atm.	Maschine Atm.			C°	C°	
1 ¹⁰	700	1	13,0	12,0	272	1,3			85
1 ²⁰	700	1 ¹⁵	13,0	12,2	275	1,3			85
1 ³⁰	700	1 ³⁰	13,1	12,2	275	1,3			85
1 ⁴⁵	700	1 ⁴⁵	13,0	12,0	271	1,3			85
2	700	2	12,6	11,8	272	1,3			85
2 ²⁵	700	2 ¹⁵	12,8	12,0	276	1,3			85
3 ⁰²	700	2 ³⁰	13,2	12,3	281	1,3			85
3 ¹²	700	2 ⁴⁵	12,8	12,0	284	1,3	7	27	85
3 ²²	700	3	13,4	12,5	279	1,3			85
3 ⁴⁰	700	3 ¹⁵	13,0	12,0	271	1,3			85
4 ⁰⁷	700	3 ³⁰	13,4	12,5	273	1,3			85
4 ²⁰	700	3 ⁴⁵	13,4	12,5	277	1,3			85
5 ⁰⁰	700	4	—	12,8	281	1,3			85
5 ¹⁰	700	4 ¹⁵	13,7	12,8	288	1,3	6	29	85
5 ²²	700	4 ³⁰	13,0	12,0	290	1,3			85
5 ⁴⁰	700	4 ⁴⁵	—	12,6	291	1,3			85
5 ⁵²	700	5	13,4	12,4	286	1,3			85
6 ¹¹	700	5 ¹⁵	13,4	12,8	283	1,3			85
6 ³²	700	5 ³⁰	13,2	12,3	278	1,3			85
7 ⁰⁴	700	5 ⁴⁵	13,1	12,3	283	1,3			85
7 ¹³	700	6	13,4	12,5	284	1,4			85
7 ²⁸	700	6 ¹⁵	13,3	12,4	292	1,3			85
7 ³⁸	700	6 ³⁰	13,0	12,2	292	1,3	7	29	85
8 ⁰⁰	700	6 ⁴⁵	13,6	12,0	285	1,3			85
8 ¹⁸	700	7	13,0	12,0	290	1,3			85
8 ³⁵	700	7 ¹⁵	12,8	11,8	285	1,3			86
9 ¹⁶	700	7 ³⁰	12,8	11,8	280	1,3			86
9 ²²	700	7 ⁴⁵	12,8	11,9	290	1,3			86
9 ³⁹	700	8	13,4	12,6	301	1,3			86
10 ¹⁰	700	8 ¹⁵	13,0	12,3	300	1,3			86
		8 ³⁰	13,1	12,4	291	1,3	6	29	86
		8 ⁴⁵	12,9	12,0	288	1,3			86
		9	13,0	12,0	280	1,3			86
		9 ¹⁵	13,3	12,4	275	1,3			86
		9 ³⁰	13,3	12,4	270	1,4			86
		9 ⁴⁵	13,0	12,1	274	1,4	6	29	86
		10 ¹⁰	Schluß		274				

Versuch IV.

Zeit	Stand des Hub- zählers	Zeit	Kondenswasser		PS _i aus den Dia- grammen ermittelt	Zeit der Indikator- Aufnahmen	Bemerkungen u. Ausrechnungen
			Kessel kg	Maschine kg			
1 ⁰⁵	814 913	1 ¹⁵		13	432,3	1	Beginn: 1 Uhr nachmittags
2 ⁰⁵	826 908	1 ³⁰		13	425,6	1 ¹⁵	Schluß: 10 ¹⁰ „ „
3 ¹⁵	840 903	1 ⁴⁵		13	422,8	1 ³⁰	
5 ²⁵	866 880	1 ⁵⁵		13	418,7	1 ⁴⁵	
6 ²⁵	878 851	2 ⁰⁷		13	418,7	2	Der Nutzeffekt der Dampf- maschine resultiert zu:
8 ⁴⁰	905 890	2 ²⁷		13	437,9	2 ¹⁵	PS _e 392,6
9 ⁵⁰	919 948	2 ³⁷	13	13	420,8	2 ³⁰	PS _i 426,2 = 0,921 = 92,1 Proz.
		2 ⁴⁸		13	416,9	2 ⁴⁵	
		2 ⁵⁸		13	416,7	3	Der garantierte Wert betrug bei der Belastung des Versuches
		3 ⁰⁸		13	411,8	3 ¹⁵	— 86,5 Proz., der Nutzeffekt ist so- mit 5,6 Proz. höher, als garantiert.
		3 ¹⁸		13	416,9	3 ³⁰	
		3 ²⁸		13	412,9	3 ⁴⁵	
		3 ³⁸		13	418,8	4	Garantie bei der Belastung ist mit 2 Proz. Toleranz 5,243 kg pro 1 PS _i und Stunde.
		3 ⁴⁹		13	421,6	4 ¹⁵	
		3 ⁵⁹	13	13	427,8	4 ³⁰	
		4 ¹⁰		13	419,8	4 ⁴⁵	
		4 ¹⁹		13	424,3	5	Gesamtwassermenge 700 . 30 = 21000 kg.
		4 ²⁹		13	424,9	5 ¹⁵	
		4 ⁴⁰		13	422,7	5 ³⁰	
		4 ⁵⁰		13	459,5	5 ⁴⁵	
		5		13	427,9	6	Mittlere Belastung 426,22 PS _e in 9 Stunden = 3835,98 PS _i und Stunden.
		5 ⁰⁰		13	428,0	6 ¹⁵	
		5 ¹⁸		13	429,4	6 ³⁰	
		5 ²⁷	13	13	429,3	6 ⁴⁵	
		5 ³⁸		13	439,9	7	Leitungskondensat 62 . 13 + 5 = 811 kg, somit nutzbare Dampf- menge = 21000 — 811 = 20189 kg. Pro PS _i und Stunde somit: = $\frac{20189}{3835,98} = 5,264$ kg.
		5 ⁴⁵		13	432,5	7 ¹⁵	Die Garantie ist nur um 0,4 Proz. überschritten; dieser Wert liegt innerhalb der Messungsfehler, und ist die Garantie als erfüllt zu be- trachten.
		5 ⁵⁸		13	440,5	7 ⁰	
		6 ⁰²		13	435,5	7 ⁴⁵	
		6 ¹¹		13	425,9	8	
		6 ²⁰		13	426,6	8 ¹⁵	
		6 ²⁹		13	420,7	8 ³⁰	
		6 ³⁹		13	419,7	8 ⁴⁵	
		6 ⁴⁸		13	419,7	9	
		6 ⁵⁴	13	13	430,5	9 ¹⁵	
		7 ⁰⁸		13	431,8	9 ³⁰	
		7 ¹⁷		13	430,5	9 ⁴⁵	
		7 ²⁷		13	430,5	10	
		7 ³⁵		13			
		7 ⁴⁴		13	426,22		
		7 ⁵²		13	PS _i Mittel		
		8 ⁰¹		13			
		8 ¹³	13	13			
		8 ¹⁹		13			
		8 ²⁹		13			
		8 ³⁹		13			
		8 ⁴⁸		13			
		8 ⁵⁷		13			
		9 ⁰⁵		13			
		9 ¹⁶		13			
		9 ²¹		13			
		9 ²⁹		13			
		9 ³⁸	13	13			
		9 ⁴⁶		13			
		10		13			
		10 ⁰⁴		13			
		10 ¹⁰		18			

kraft und Stunde; demnach eine Dampfgarantie unter Schreitung von $0,31 \text{ kg} = 5,5 \text{ Proz.}$

Der Grund dafür, daß bei Normalbelastung und halber Belastung der Dampfmaschine die gegebenen Dampfverbrauchsgarantien nicht erreicht worden sind, während der Versuch bei Maximalbelastung der Maschine eine bedeutende Unterschreitung der gegebenen Garantie zeigte, ist wohl nur auf die schwankende Nutzbelastung der Maschine bei Versuch I und II zurückzuführen. Der Elektrizitätswerkbetrieb erlaubte es nicht, die Versuchsmaschinen bei Versuch I und II nur auf Widerstände arbeiten zu lassen, wie dieses für die Garantieversuche erforderlich gewesen wäre; der Versuch III wurde bei Belastung durch Widerstände nachts ausgeführt. Ein weiterer Versuch IV sollte beweisen, daß auch der Dampfverbrauch bei der Normalbelastung und ferner der Nutzeffekt der Dampfmaschine erreicht wurde. Ich lasse die Versuchsprotokolle hierzu S. 63, 64 u. 65 folgen. Es wurde versucht, möglichst die Normalbelastung von 437 PS_i bzw. 380 PS_e dauernd zu erhalten. Laut Protokoll war die mittlere Belastung $426,22 \text{ PS}_i$ bzw. $392,6 \text{ PS}_e$. Der garantierte Dampfverbrauch bzw. Nutzeffekt für diese Belastung ist $3,243 \text{ kg pro PS}_i$ und Stunde — unter Inanspruchnahme der Toleranz von 2 Proz. — bzw. $86,5 \text{ Proz.}$ Nach dem Versuchsprotokolle ergab sich ein Dampfverbrauch von $5,264 \text{ kg pro PS}_i$ und Stunde und ein Nutzeffekt von $92,1 \text{ Proz.}$; die näheren Ausrechnungen sind im Versuchsprotokoll ausgeführt. Die Belastungsschwankungen während des Versuches betragen im einzelnen $5,7 \text{ Proz.}$ und im Mittel $2,5 \text{ Proz.}$ von dem dem zugesicherten Dampfverbrauch zugrunde gelegten Beanspruchung oder Belastung. Die Dampfverbrauchsgarantie ist nur um $0,4 \text{ Proz.}$ überschritten, während der Nutzeffekt $5,6 \text{ Proz.}$ höher ist, als garantiert war. Die Überschreitung der Dampfverbrauchsgarantie liegt innerhalb der Messungsfehler und ist die Garantie als erfüllt zu betrachten, und zwar um so mehr, da nach den allgemeinen Normen für Leistungsversuche an Dampfmaschinen auf Grund der allgemeinen Bedingungen sub 7 eine Toleranz von 5 Proz. zulässig ist, während bei diesen Versuchen ausnahmsweise nur 2 Proz. zugelassen wurden. Wie aus den Versuchsergebnissen hervorgeht, sind die Leistungen bei weitem erreicht.

Außerdem ergaben die Regulierungsversuche die Erfüllung der sub 7 bis 10 für die Regulierung gegebenen Garantien.

(Weitere Beispiele s. Kapitel L sowie hauptsächlich T.)