

LOESCHE GMBH



Analyse HGG-Brennkammer

Kurzfassung

Dr.-Ing. W. Garber

Düsseldorf, Mai 2010

Inhaltsverzeichnis

1. Loesche HGGs bei Anwendungen	1 - 5
2. Vorbild – Brennkammer GTU	6 - 8
3. Passive und aktive Brennkammern	9 – 11
4. Kühlung von Brennkammer GTU	12 – 14
5. Niedrig – Emissionen Brennkammer	14 – 17
6. Beispiele aus Deutschland	18 – 21
7. Weitere Themen nach Bedarf	22
8. Weiterentwicklung LOMA- Brennkammer	22 – 26
Anlage 1	27 - 28

1. Loesche-HGGs bei Anwendungen

1.1. Ausgangspunkt für diese Analyse ist August 2009:

Ein Anpassungsversuch HGG für eine Asphalttrommel zeigte, dass die HGG- Ausgangsflanschen zu groß für die Asphalttrommel sind.

Die Ergebnisse der Berechnungen für Anpassungen beim HGG – Ausgangsdurchmesser und der Asphalttrommel wurden damals in Tabelle 1 erfasst:

Leistung, Tonne/St	Trocknungs- trommel		HGG Typ	HGG- Daten		
	Durch- messer, mm	Länge , m		Ausgang- Durch., mm	Passende Durchmesser, mm	Differenz, mm
40	1300	6,0	LF11	1120	650	470
80	1600	7,0	LF16	1600	950	650
120	1900	8	LF20	2000	1250	750
160	2200	9,0	LF22	2240	1550	690
200	2540	9,0	LF25	2500	1850	650
240	2800	9,0	LF28	2800	2150	650
320	2800	12,0	LF31	3100	2150	950

Tabelle 1: HGG- Ausgangsdurchmesser für Trocknungstrommel bei Asphaltproduktion

1.2. Weiterer Anhaltspunkt war in September 2009:

Ein Anpassungsversuch HGG in Containern zeigte, dass HGG nur bis LF 11 für 40“ Container passt. Dabei hat die Eingangsflansch für sekundäre Luftzufuhr sich als zweites ungeeignetes Element gezeigt.

Hauptabmessungen für LF-HGGs siehe Beilage 1.

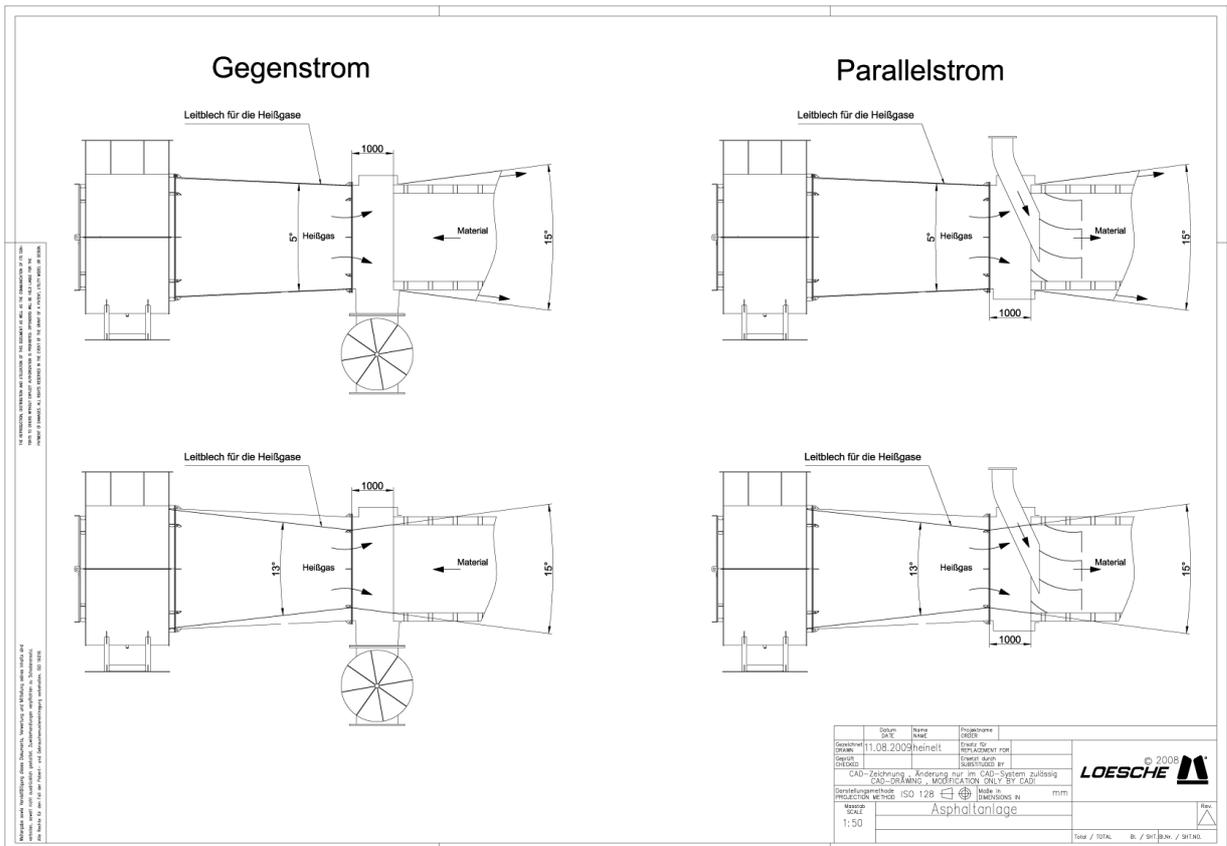


Bild1: Kupplungsstelle Asphalttrommel und HGG

Im folgenden sind für einige Standard-Containertypen beispielhaft die wichtigsten Daten zusammengefasst. Die Daten wurden von der Firma Hapag-Lloyd, Hamburg, übernommen [68].

Standard-Container aus Stahl: 40' lang und 8'6" hoch								
Innenabmessungen			Türöffnungen		Gewichte			Volumen [m ³]
Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]	Zul. Gesamtgewicht [kg]	Eigengewicht [kg]	Max. Zuladung [kg]	
12029	2350	2392	2340	2292	30480	3780	26700	67,7

Vergleich der HGG- und Container- Abmessungen zeigt, dass ab LF 11 Typ L kein HGG zu einem Standard-Container passt.

1.3. Die Entwürfe der Platzierungen LF-HGGs für die aktuellen Anfragen von Kovdor GOK und Olenegorskij GOK zeigten wieder, dass die Abmessungen von LF-HGGs für Trocknungstrommeln zu groß sind.

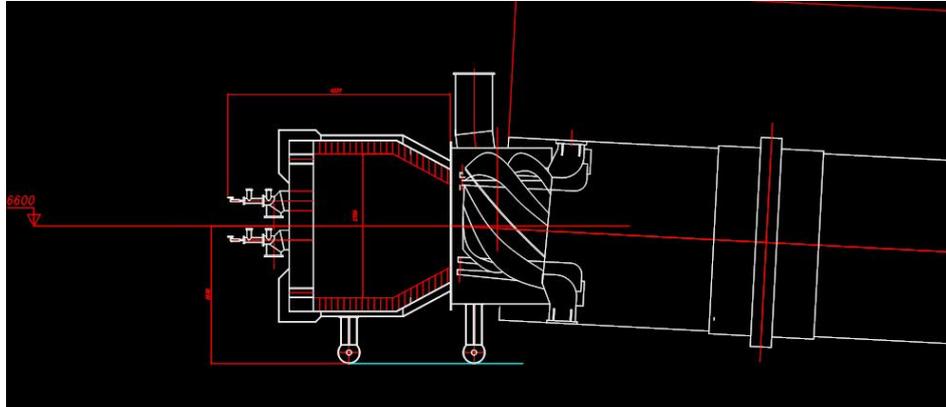


Bild 2: Kovdir GOK: Brennkammer und Trocknungstrommel 3,6 x 27 m

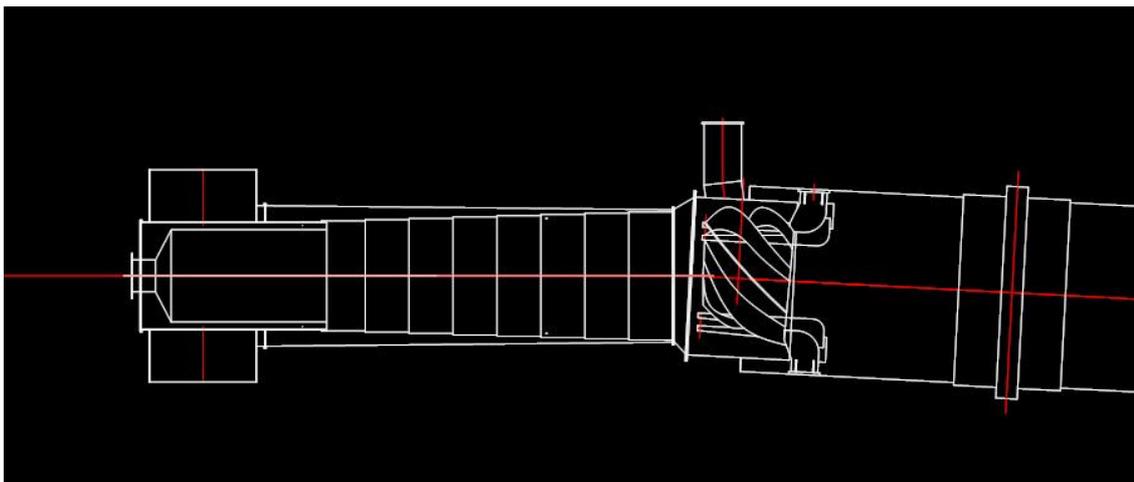
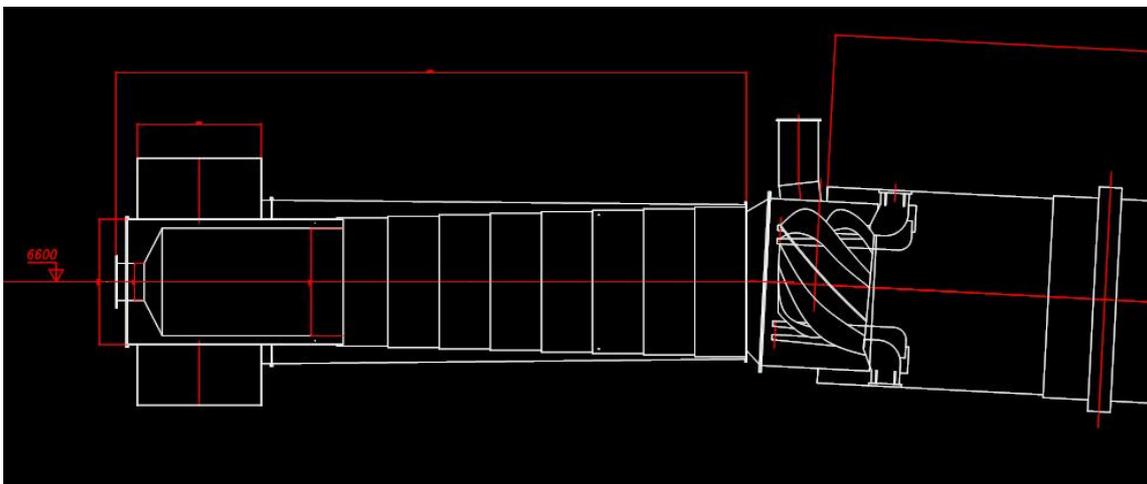


Bild 3: Kovdor GOK: LF 25H und Trocknungstrommel 3,6 x 27 m

Bild 4(unten): Kovdor GOK: LH 28H und Trocknungstrommel 3,6 x 27 m



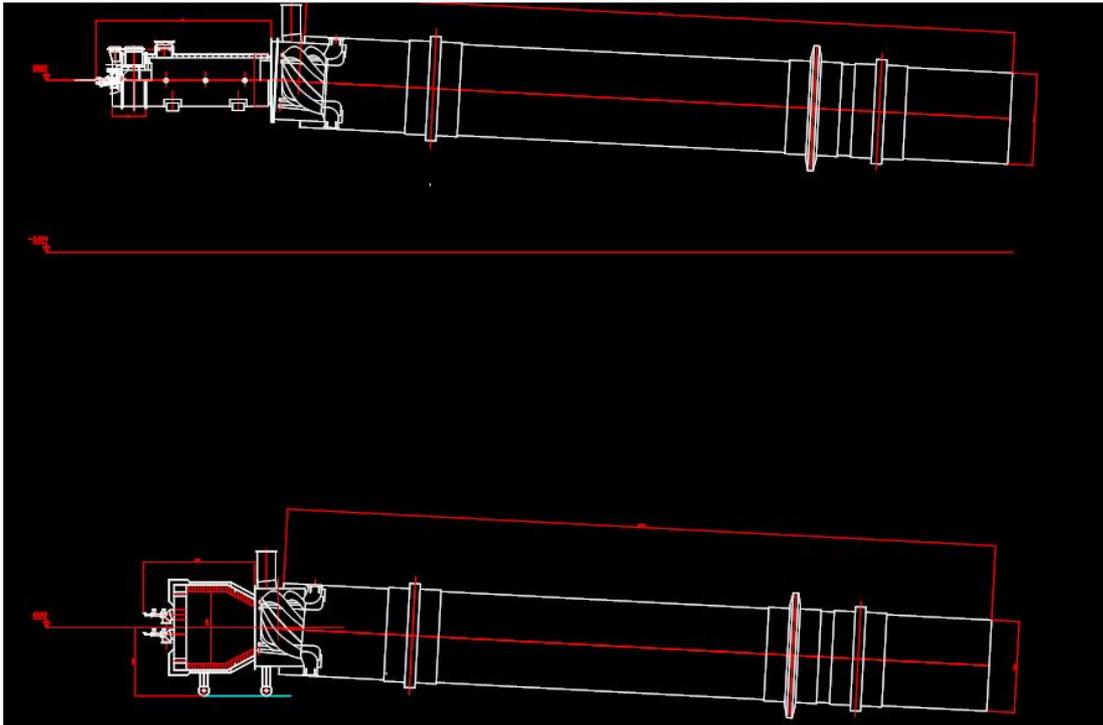


Bild 5: HGG Typ TG und Trocknungstrommel beim Kovdor GOK

Das Beispiel von Kovdor zeigt, dass Loesche für die HGG-Vorschläge bei Trocknungstrommeln nicht bereit ist.

Die Einschätzungen von Herr Pliaskin von Loesche-Filiale in Moskau und mir zeigen, dass allein im Sektor von Eisen-Aufbereitungsfabriken mehrere dutzende HGG-Anlagen möglich sind.

Dabei ist die Wirtschaftlichkeit beim Übergang von Schweröl zur Kohlestaubverbrennung besonders attraktiv.

1.4. Die Konstruktionen von Techkom-HGGs Typ TG zeigen im Vergleich mit der Loesche-HGGs eine kompaktere Bauweise.

Die Berechnungen von relativer Verbrennung – Intensität weisen an Werten ca. [1 - 3,5] MW/m³ bei HGG Typ TG und ca. [0,5 – 1,3] MW/m³ bei LF-HGG auf.

Es wird oft behauptet, dass man die Konstruktion von ausgemauerten Brennkammern vom Typ TG mit den unausgemauerten LF-Brennkammern nicht vergleichen soll. Im Weiteren wird jedoch gezeigt, dass eine solche Ansicht nur eine eingeschränkte Begründung findet.

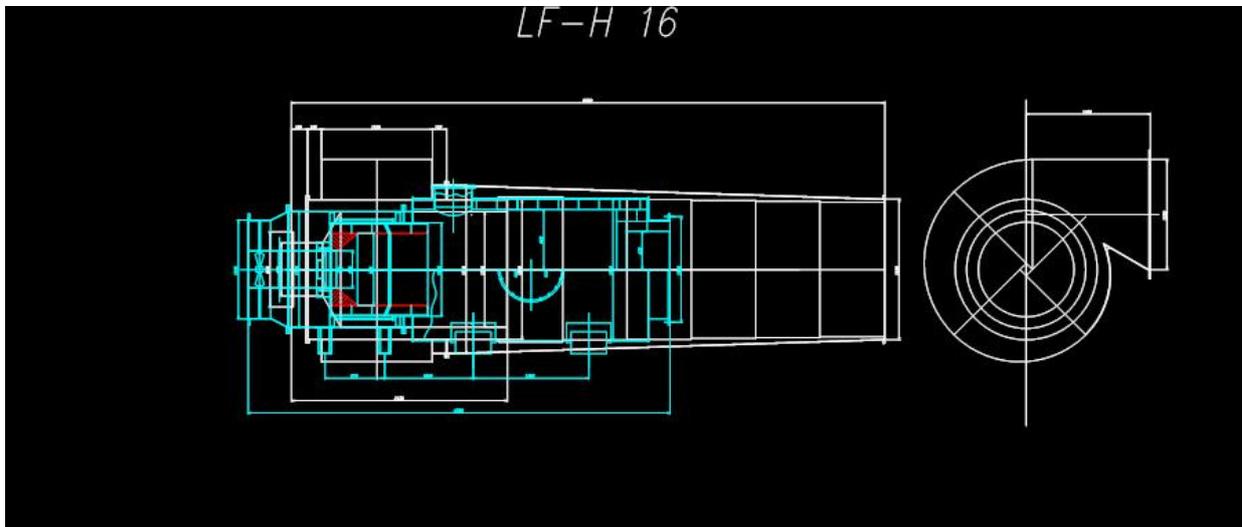


Bild 6: Vergleich HGG Typ TGM 7 und LF-16H

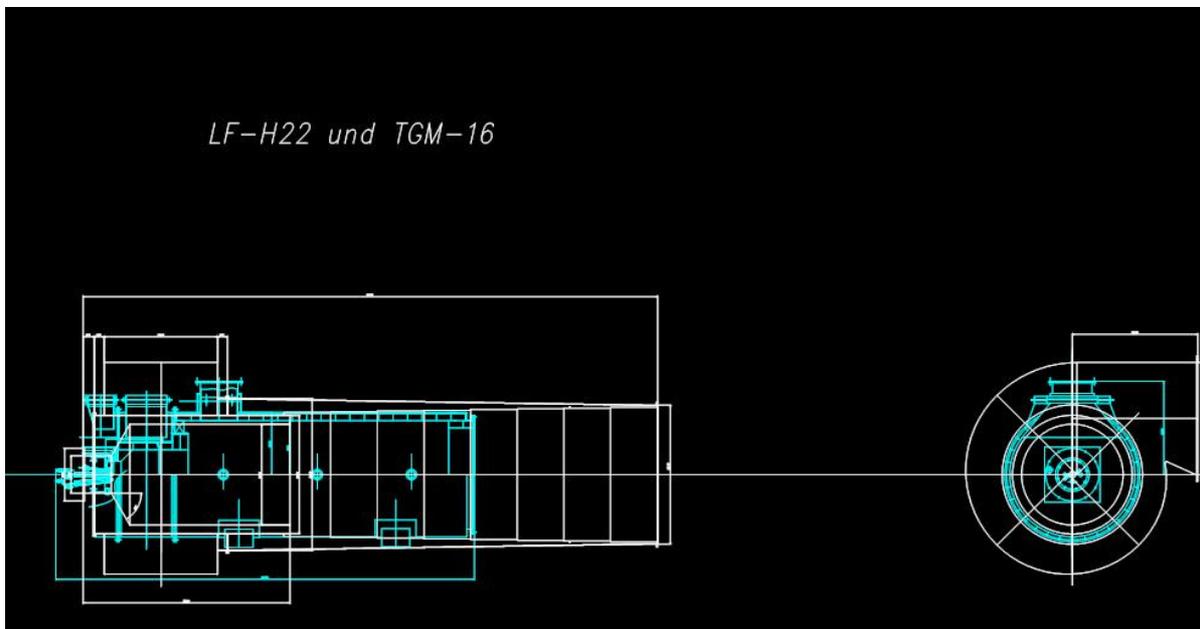


Bild 7: Bild 6: Vergleich HGG Typ TGM 16 und LF-22H

1.5. Bei Anwendung von HGG bei Trocknung/Granulierung, auch oft gemäß Kundenanfragen, ist eine bis ca. 900-1100°C erhöhte Temperatur von heißen Gasen wichtig. In vielen Fällen sind maximale Ausgangstemperaturen von 750°C hinter LOMA zu niedrig. Auch in mehreren anderen Prozessen werden Heißgastemperaturen bis zu 1000-1200°C benötigt.

2. Vorbild - Brennkammer GTU

Nur wenige Firmen beschäftigen sich hauptsächlich mit Brennkammern für HGGs. Das sind Saacke, Carbotechnik, Loesche in Deutschland und Techkom in Russland. Nur wenige Firmen haben bereits Erfahrung mit unausgemauerten Brennkammern. Das ist der Grund, warum diese Konstruktionen nicht so gut bekannt und nicht so weit entwickelt sind, wie sonstige Maschinen aus Deutschland. Dazu ist es nur begrenzt möglich, solche industrielle Brennkammern zu verbessern, ohne die Versuche im Technikum zu durchzuführen.

Direktes Vorbild für unausgemauerte Brennkammern sind die Konstruktionen der Brennkammern für Gasturbinen bei Stromkraftwerken und Jet-Motoren. In diesem Bereich findet man zahlreiche Beispiele und wertvolle Anweisungen für weitere Entwicklungen von unausgemauerten Brennkammern, die auf kontinuierlichen Forschungen, Versuchen im Technikum und Computersimulationen basieren. Es gibt dutzende Firmen, die solche Forschungen und Entwicklungen betreiben, basierend auf großzügigen Finanzierungen, auch aus dem militärischen Sektor.

Unten einige Beispiele.

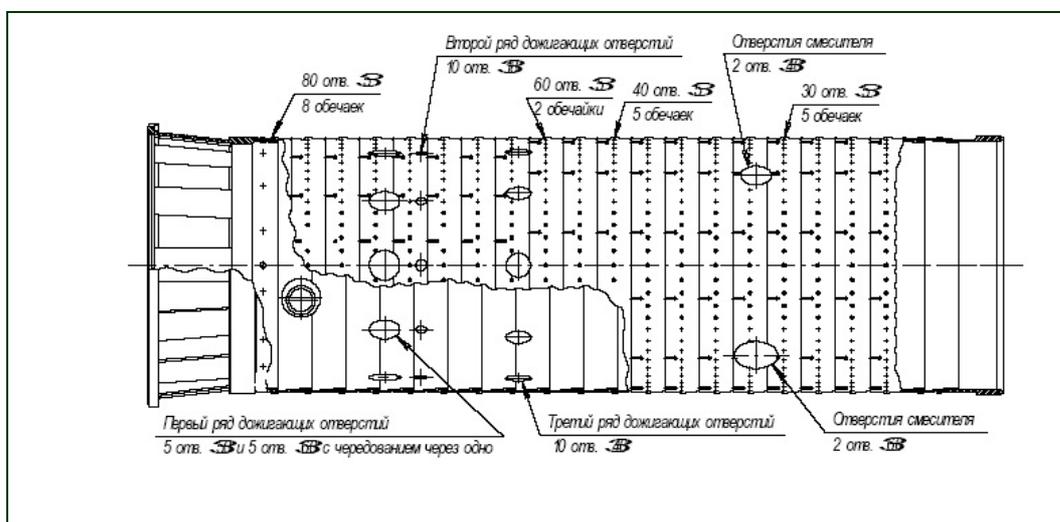


Bild 8: Konventionelle Brennkammer für Turbine.

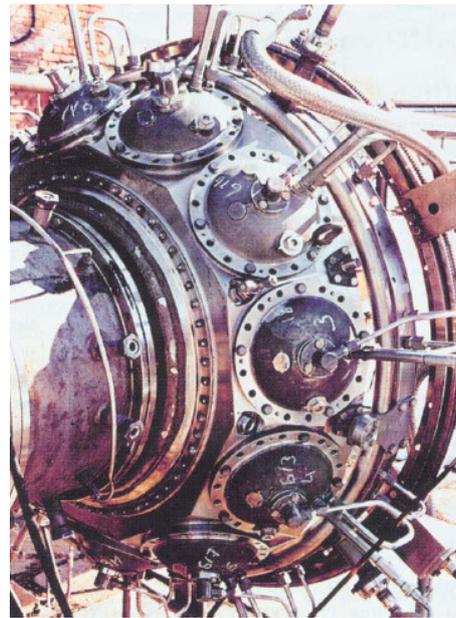


Bild 9, 10: Die Brennkammer für Gasturbinen, rechts - Rundbrennkammer

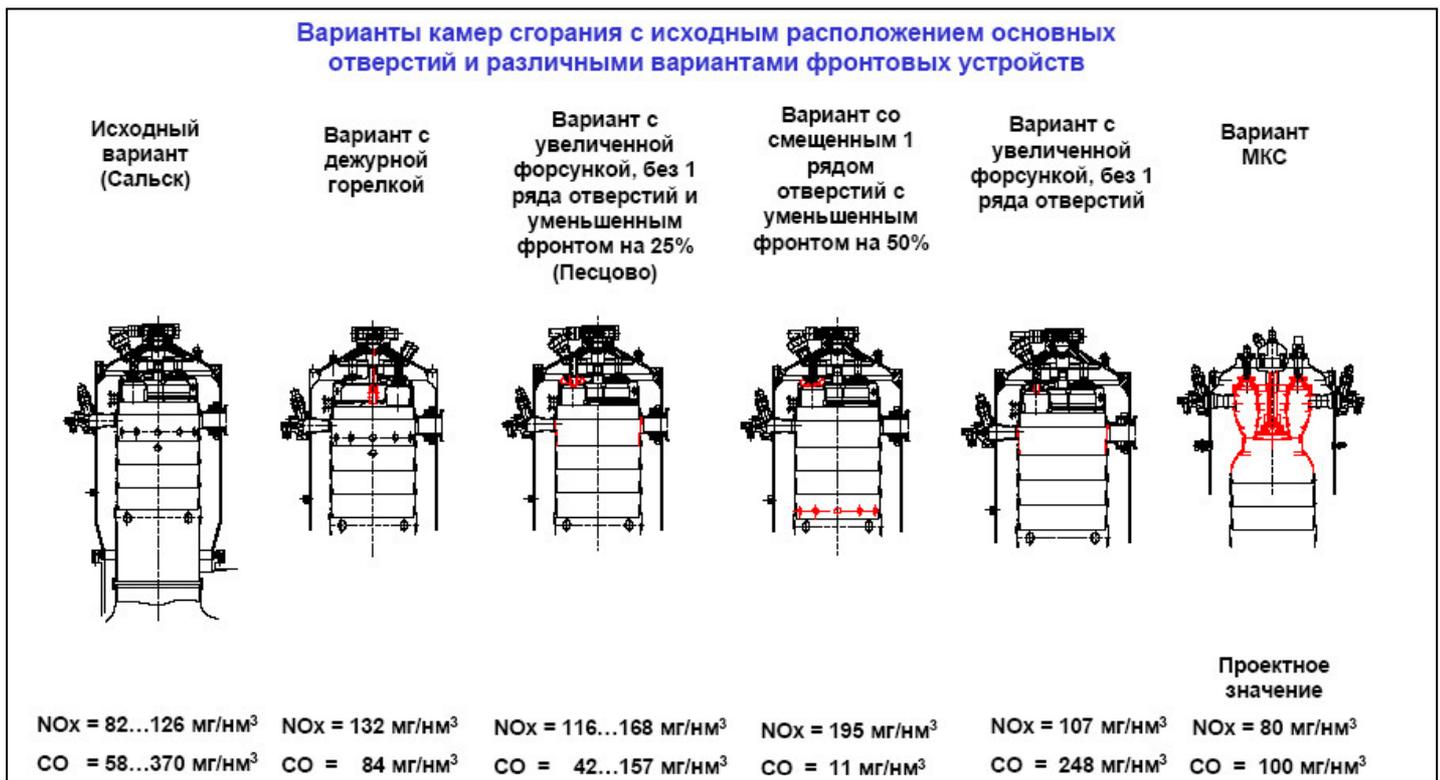


Bild10: Versuchsreihe mit Niedrigemissionen- Brennkammern.

Bei Brennkammerkühlung, Niedrigemissionen-Verbrennung, Auswahl von Stählen für Brennkammer, Mischerkonstruktion, Schutz von Brennkammerwänden durch

Keramik oder Schichten von feuerfesten Materialien dienen die Brennkammer für Turbinen als Richtungszeiger.

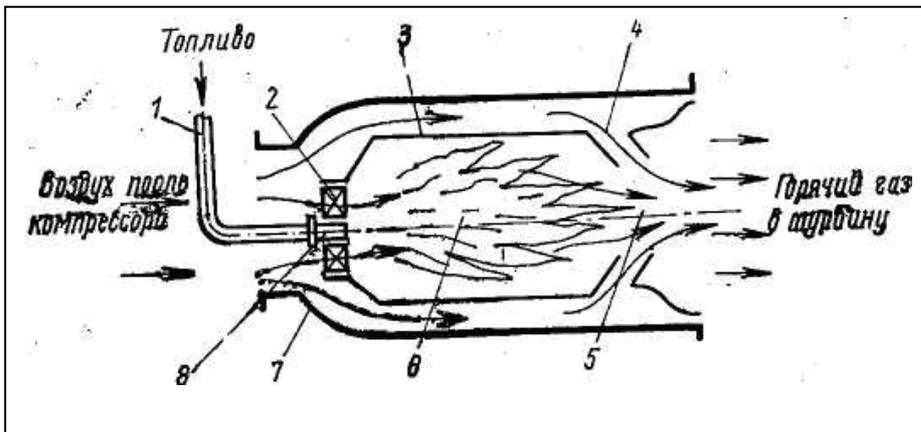


Bild 11:
Brennkammer
mit Mischer

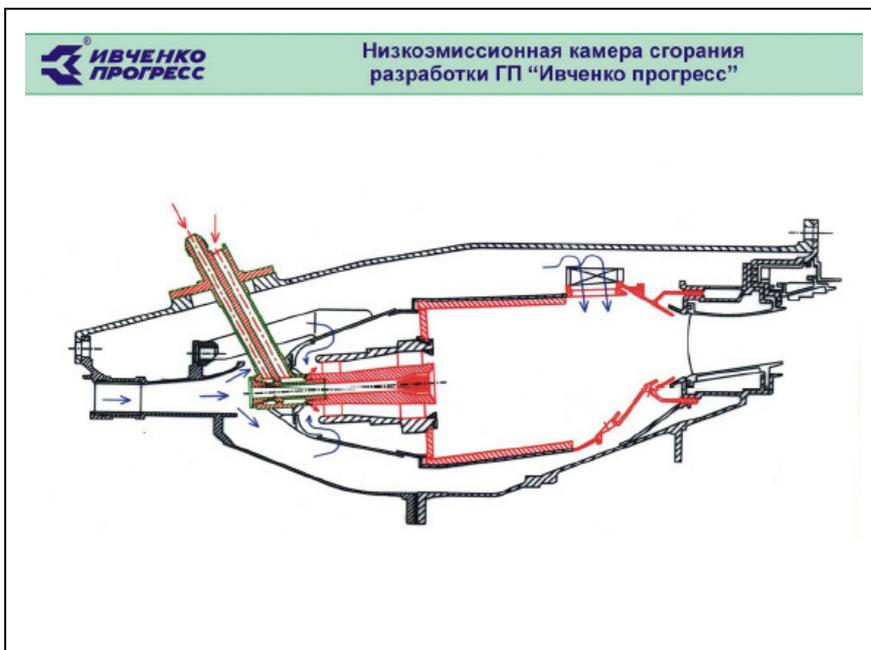


Bild 12:
Brennkammer
mit Muffel

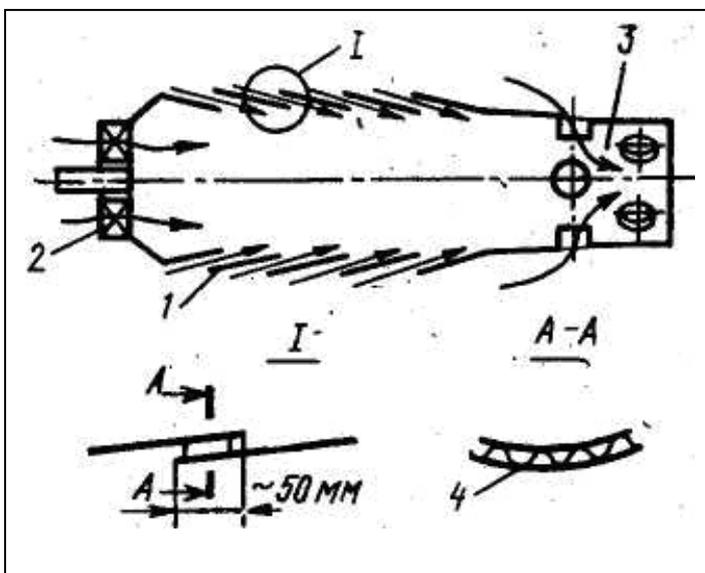


Bild 13: Brennkammer
mit Kühlung und Mischer

3. Passive und aktive Brennkammer

Ich verwende seit langem ein Begriff: passive oder aktive Brennkammer.

Unter passiver Brennkammer verstehe ich eine Brennkammer, die keine Auswirkung auf die Flamme/Strömung von heißen Gasen nach dem Brenner / der Muffel gewährleistet. Einzige Funktion bei solcher Brennkammer ist Kühlung/Schutz von eigenen Wänden. Dabei gehen die Prozesse in Flamen „so wie es ist“, was normaler Weise zur Verlängerung von Flamme führt. Passive Brennkammern haben auch kein speziell organisierten Mischer mit sekundärer Luft/Gasen, auch dieses Verfahren geht „so wie es ist“ durch verlängerte Mischung auf der Basis von Strömungsturbulenzen.

Beispiel: die Brennkammer LF 25H ist eine passive Brennkammer. Nach dem Muffel mit einer Länge von ca. 2 m, bei einem Ausbrennungsgrad von ca. 90%, läuft die Verbrennung von restlichen 10% der Brennstoff innerhalb von ca. 10m. Brennkammer LF 25H hat auch kein Mischer.

Unter aktiver Brennkammer verstehe ich dagegen eine Brennkammer, die eine gezielte Auswirkung auf die Flamme/Strömung von heißen Gasen nach dem Brenner/Muffel gewährleistet.

Beispiel: Brennkammer GTU: siehe Bilder 8-13. Durch große Öffnungen in den Wänden erfolgt eine dynamische Auswirkung auf Flamme, zusätzliche Verwirbelung, Transport von Sauerstoff, Mischung zwischen heißen Gasen und sekundärer Luft/Gasen. Unten sind Beispiele von aktive Auswirkung auf Flamme/Strömungen in Brennkammer dargestellt.

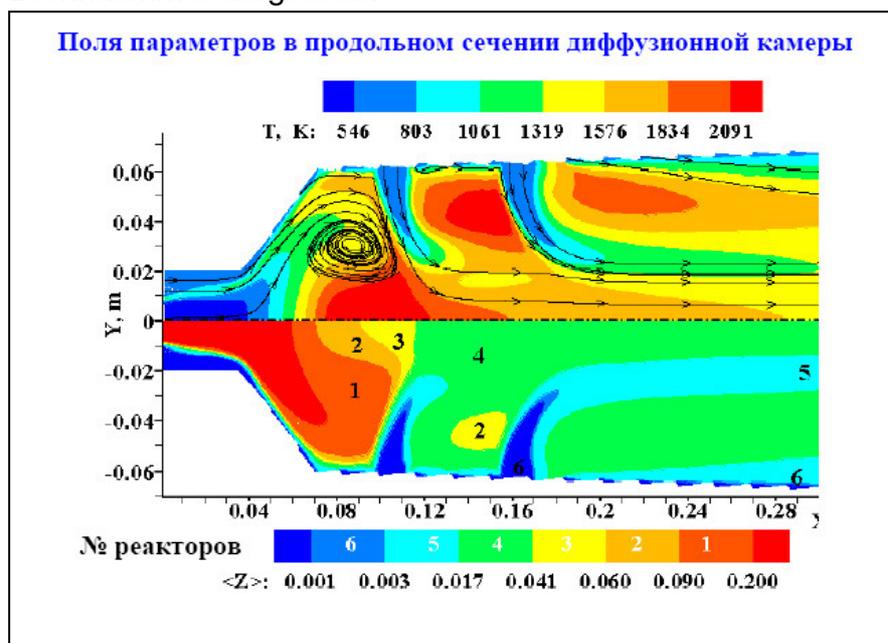


Bild 14: Temperatur Feld

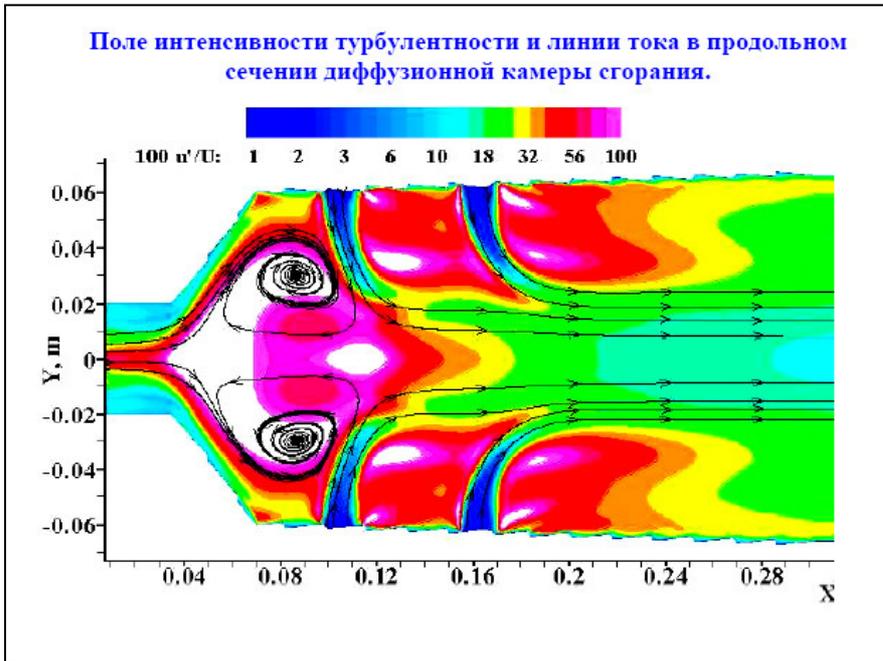


Bild 15:
Turbulenz-Feld

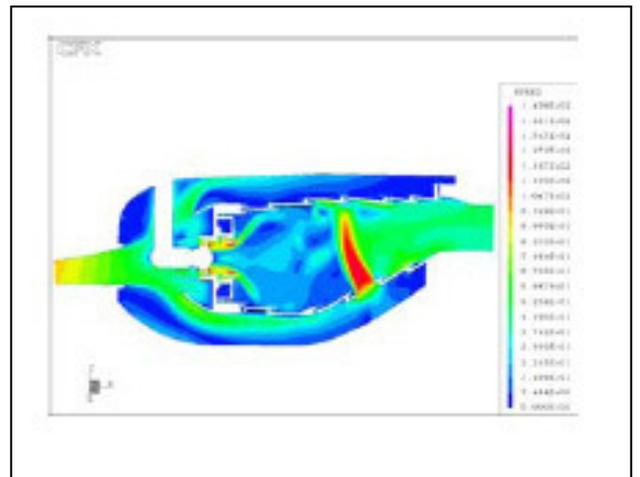
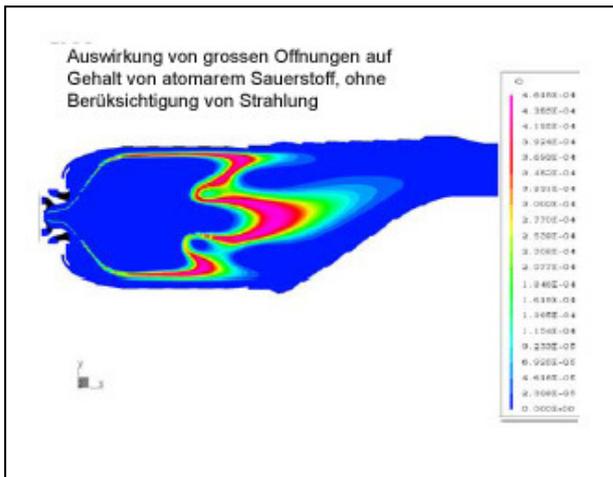


Bild 16, 17: Große Öffnungen bei Mischer

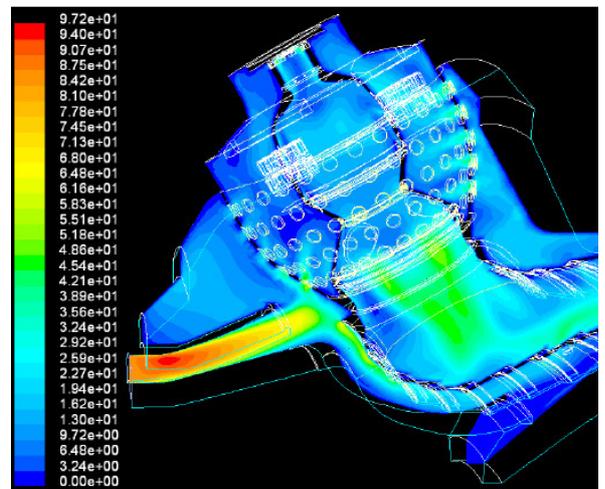
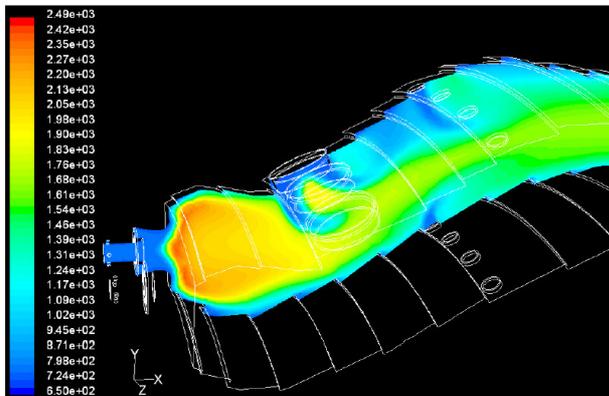


Bild 18, 19: Große Öffnungen bei unterschiedlichen Brennkammer



Bild 20: Versuchsreihen bei der Optimierung von Brennkammer NPO Saturn

4. Kühlung der Brennkammer GTU

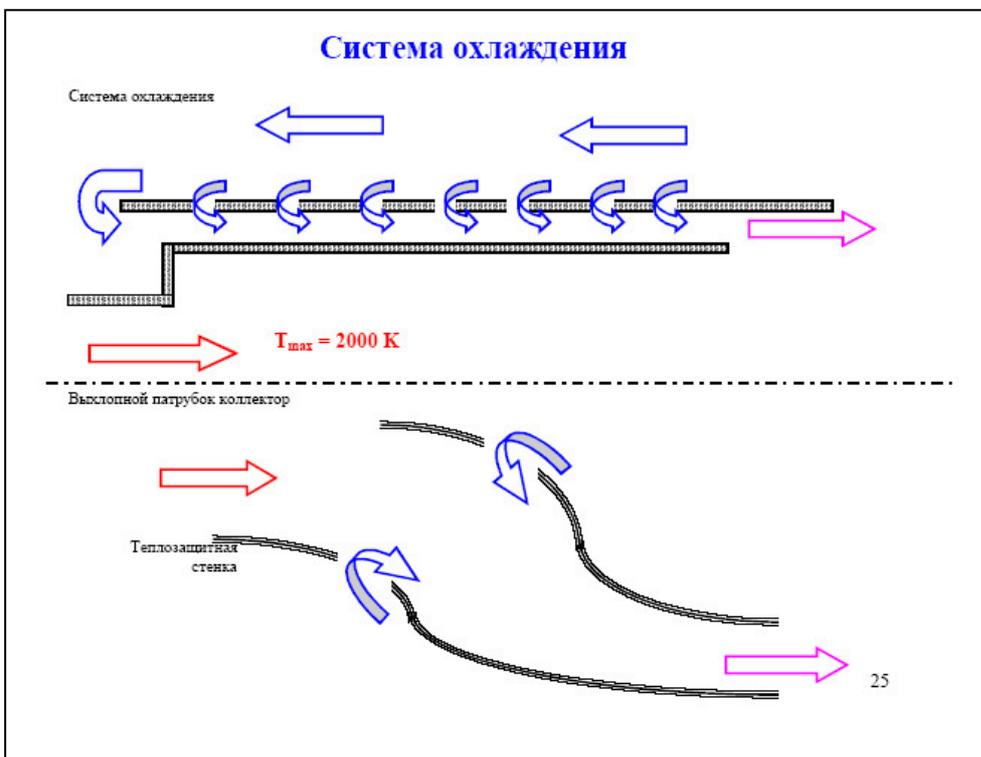
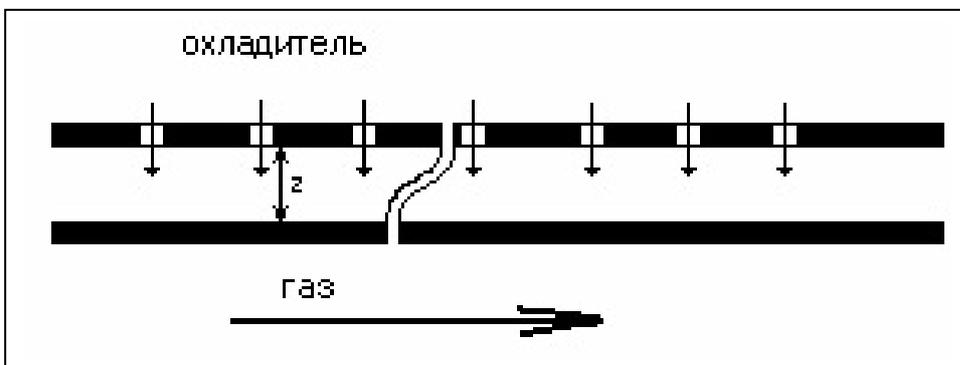
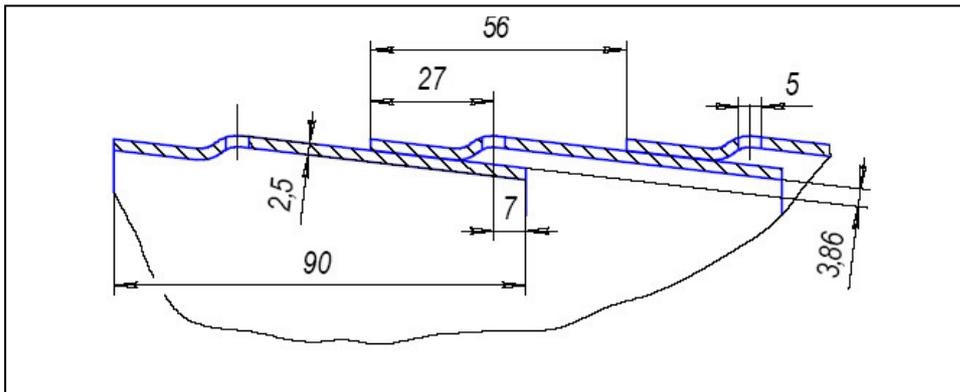


Bild 21,22,23 Kühlungsschemen

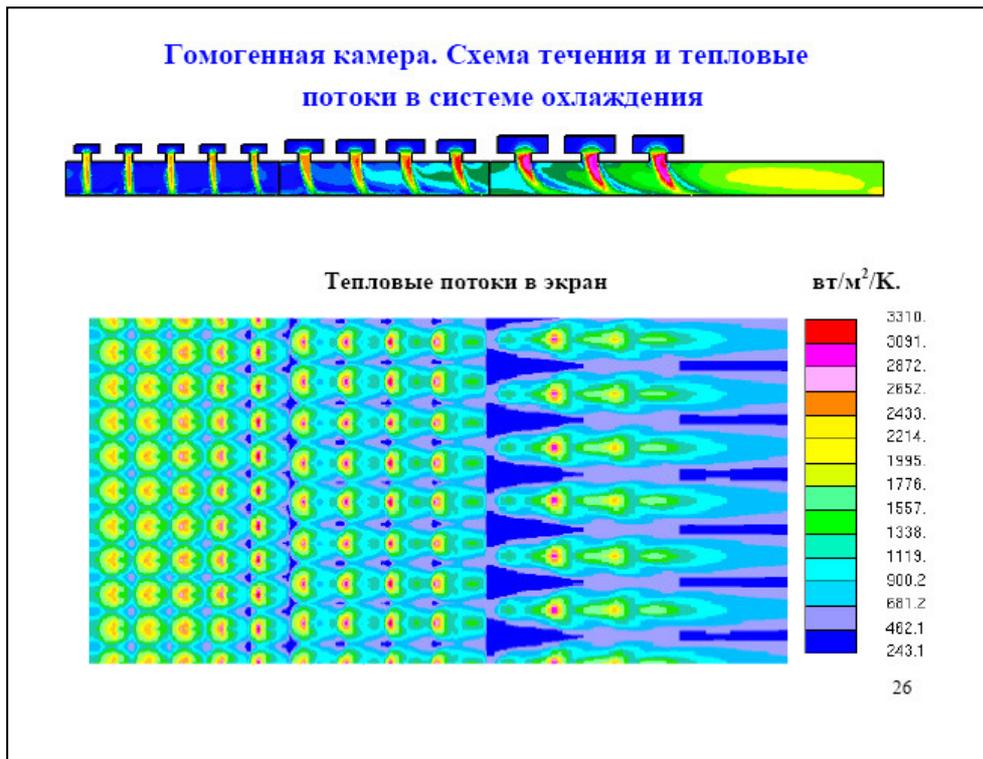


Bild 24: Wärmeströmungen an der Brennkammerwand

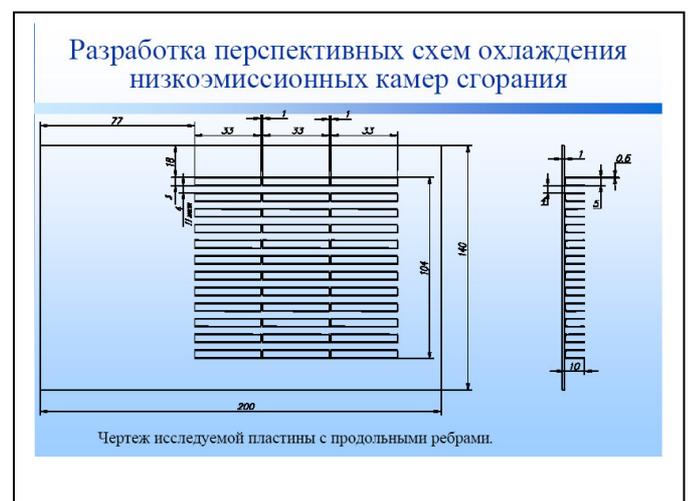
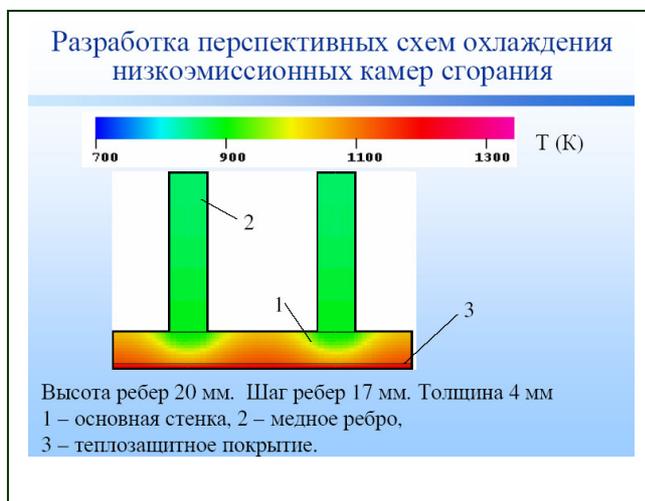


Bild 25, 26: Kühlungsrippen aus Kupfer und U-Rippen

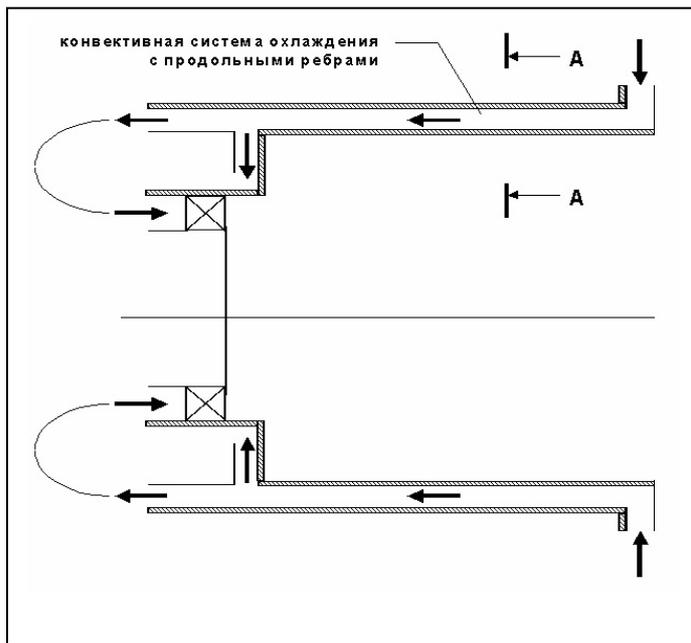


Bild 27: Kühlungsschema mit Rippen - Strömungen

5. Niedrig-Emissionen Brennkammer

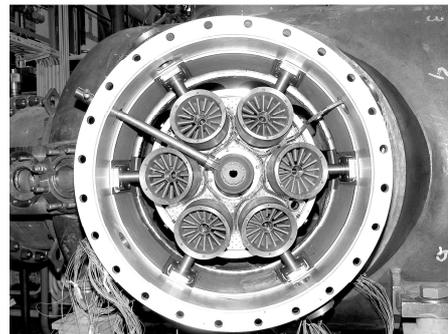
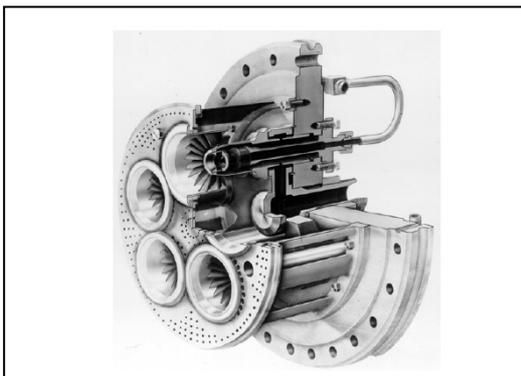


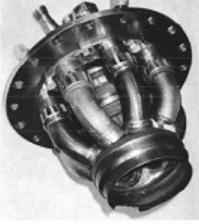
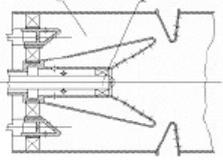
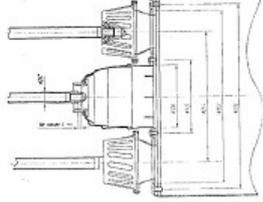
Bild 28, 29 : Multibrenner



Bild 30: Modell einer Brennkammer

Малоэмиссионные камеры сгорания, испытанные в ВТИ ($P_{кс}=0,12$ МПа)					
Конструкция фронтного устройства	Тип ГТУ	Топливо	Параметры $\eta_e, \alpha_{кс}$	Выбросы (при $P_{кс}=0,12-0,15$ МПа)	
				NO_x , мг/м ³ (15%O ₂)	CO, мг/м ³
	ГТУ-150 (ЛМЗ)	Природный газ	300-320 3,0-3,2	60-70	≤200
		Жидкое топливо		90-100	≤200
	Унифицированный модуль (ПО НЗЛ)	Природный газ	300 3,0-3,2	40-45	≤100
		Жидкое топливо		80-90	≤100
	ГТУ-150 (ЛМЗ)	Природный газ	350-360 3,0-3,2	30-40	≤200
		Жидкое топливо		50-60	≤200
	ГТУ-150 (ЛМЗ)	Природный газ	350-360 3,0-3,2	20-25	≤100
	ГТН-12 (АО Авиадвигатель)	Природный газ	360-380 3,0-3,1	15-208	0

Bild 31, 32: Geprüfte Brennkammer mit niedrigen Emissionen bei BTI

	<p>НК-37 (СНТК)</p>	<p>Природный газ</p>	<p>420-440 3,7-4,0</p>	<p>20-25</p>	<p>≤100</p>
	<p>ГТЭ-25 (УТМЗ)</p>	<p>Природный газ</p>	<p>390 3,0-3,1</p>	<p>10-15</p>	<p>≤100</p>
	<p>ГТЭ-18 (ЛМЗ-АО) Авнадвигатель</p>	<p>Природный газ</p>	<p>350-380 2,8-3,0</p>	<p>15-20</p>	<p>0</p>

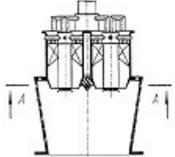
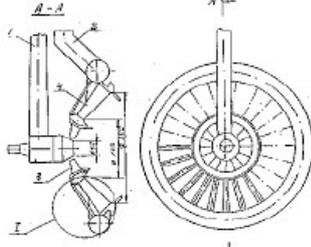
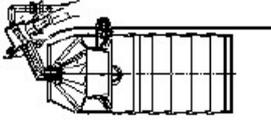
	<p>ГТН-16 (УТМЗ)</p>	<p>Природный газ</p>	<p>350-360 4,0-4,2</p>	<p>20-25</p>	<p>0</p>
	<p>ГТЭ-115 (НПО Турбоатом)</p>	<p>Природный газ</p>	<p>340 2,8-3,0</p>	<p>25-30</p>	<p>≤100</p>
	<p>ГТЭ-20 (Салют)</p>	<p>Природный газ</p>	<p>380 3,5-3,7</p>	<p>20-25</p>	<p>≤100</p>

Bild 33, 34: Weitere geprüfte Brennkammer mit niedrigen Emissionen bei BTI

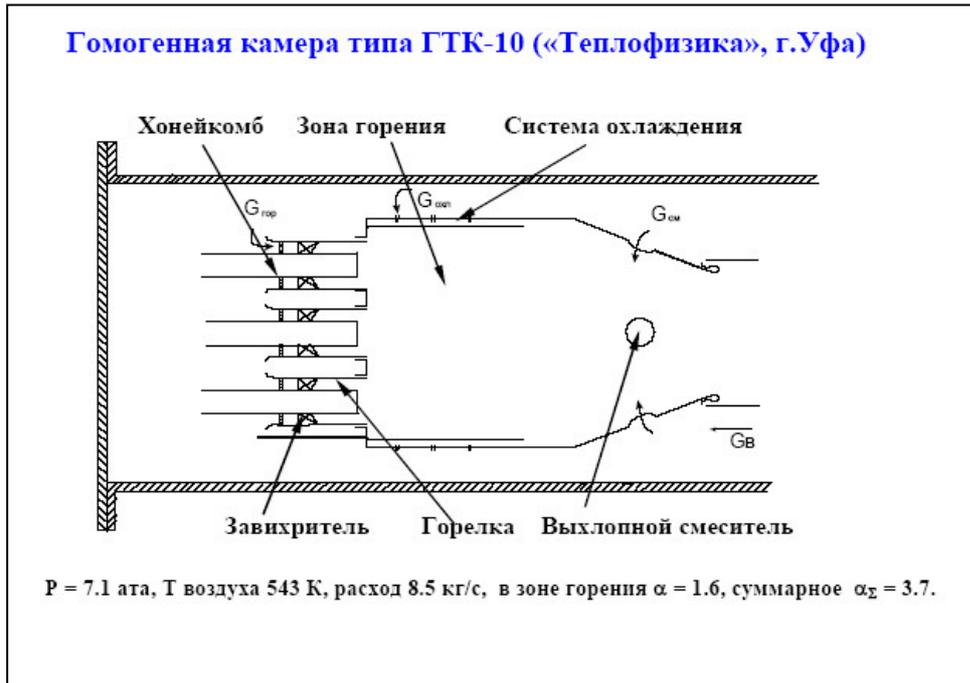
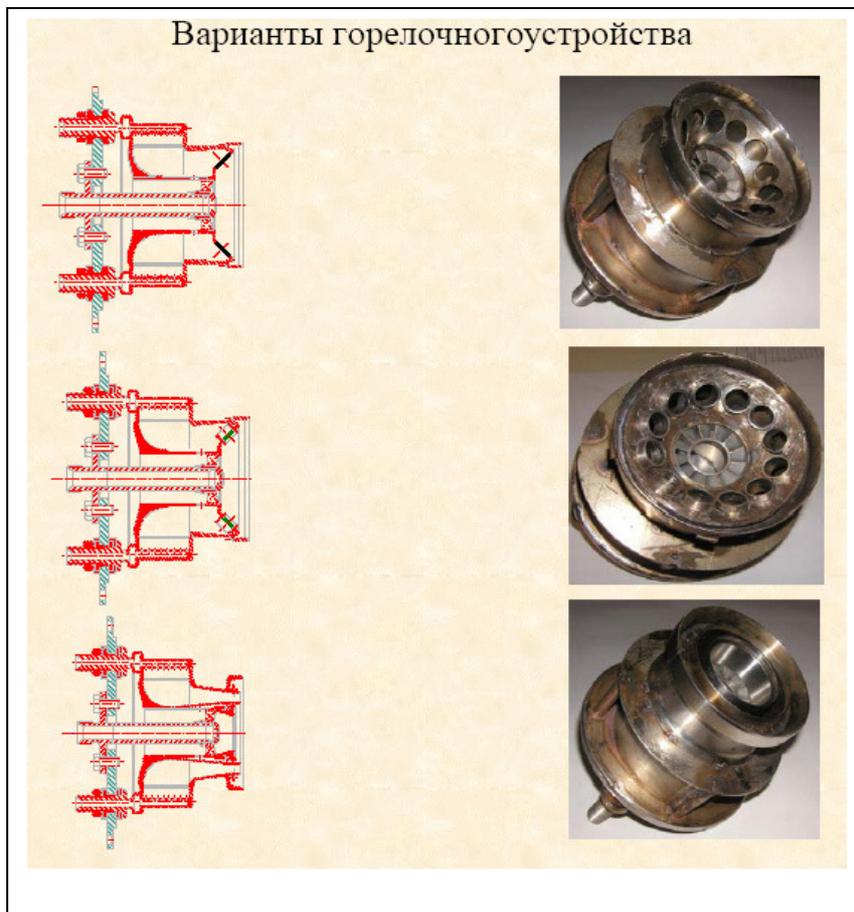


Bild 35, 36: Homogene Verbrennung in Brennkammer (Multibrenner)



6. Beispiele aus Deutschland:

Quelle:

Untersuchung der Sekundärlufteinblasung in eine drallbehaftete Gasturbinen-Brennkammerströmung

Vom Fachbereich Maschinenbau
an der Technischen Universität Darmstadt

zur

Erlangung des Grades eines Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.)

genehmigte

Dissertation

vorgelegt von

Dipl.-Ing. Bernd Krautkremer

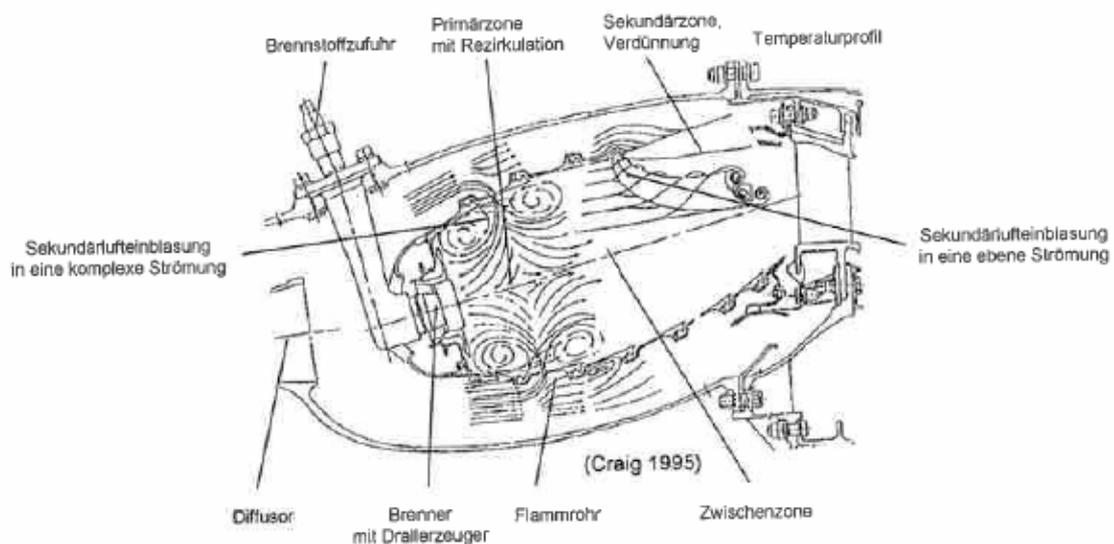


Bild 1.5 Schnitt durch eine Ringbrennkammer

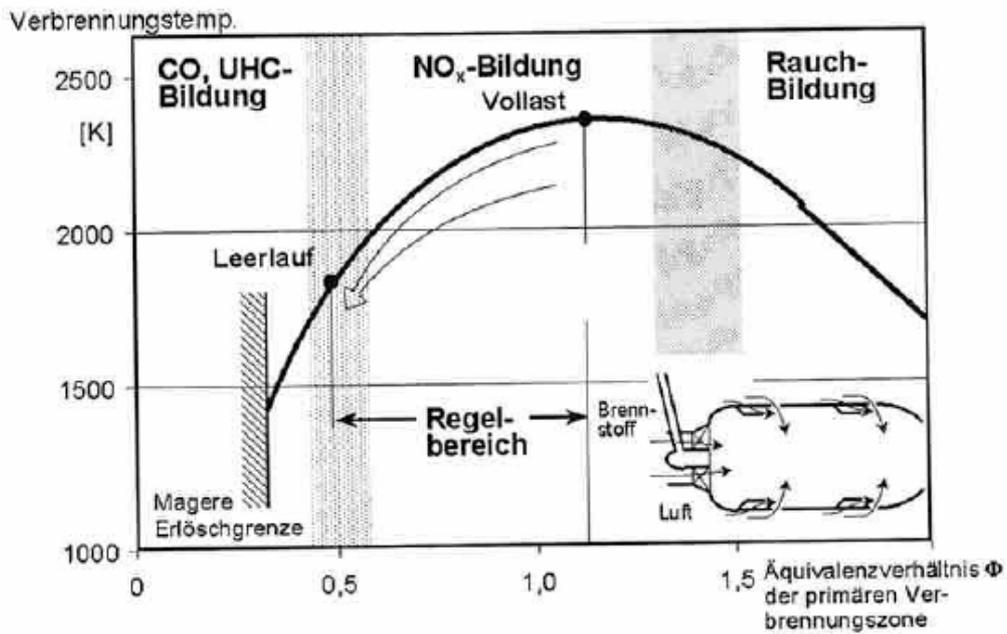


Bild 1.6 Schadstoffbildung in einer konventionellen Brennkammer [60]

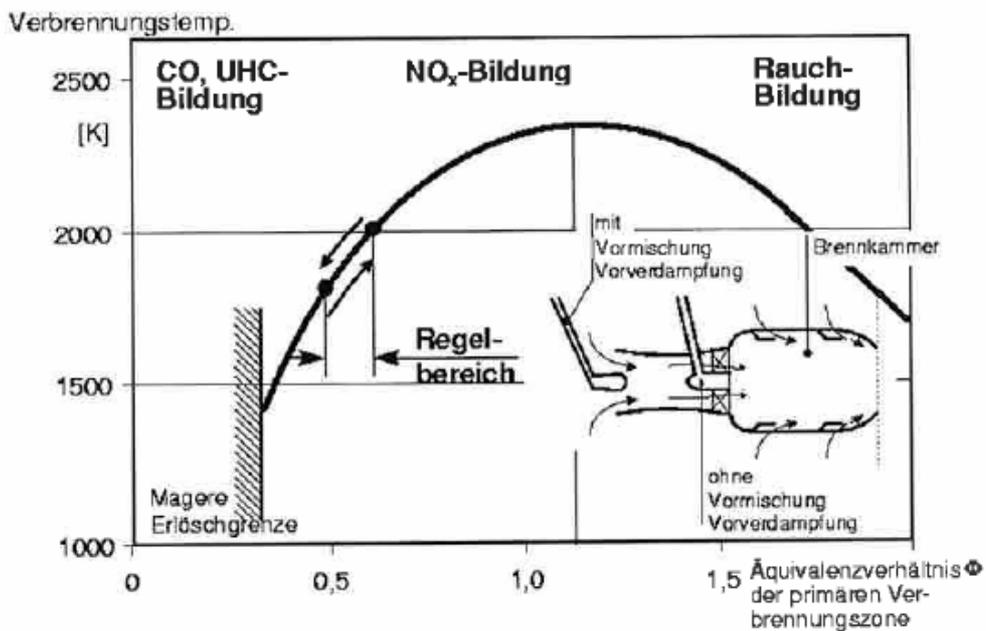


Bild 1.7 Konzept einer Mager-Brennkammer [60]

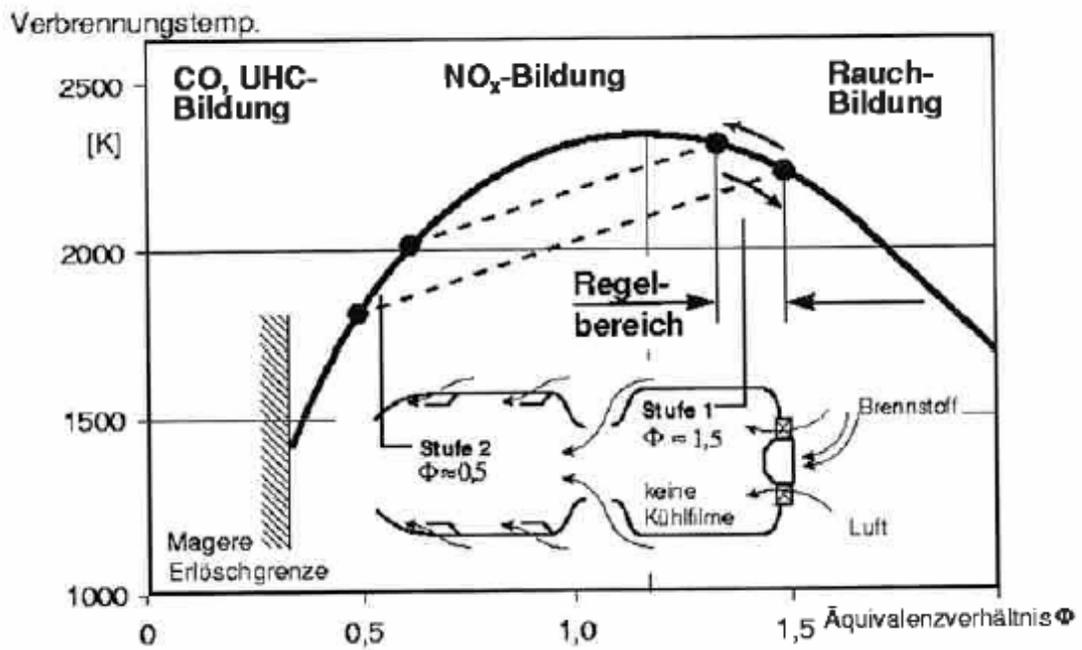


Bild 1.8 Konzept einer Fett-Mager-Brennkammer [60]

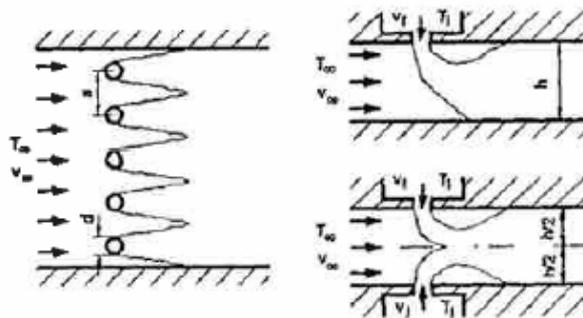


Bild 2.1 Strahlreiheneinblasung in eine ebene Querströmung [75]

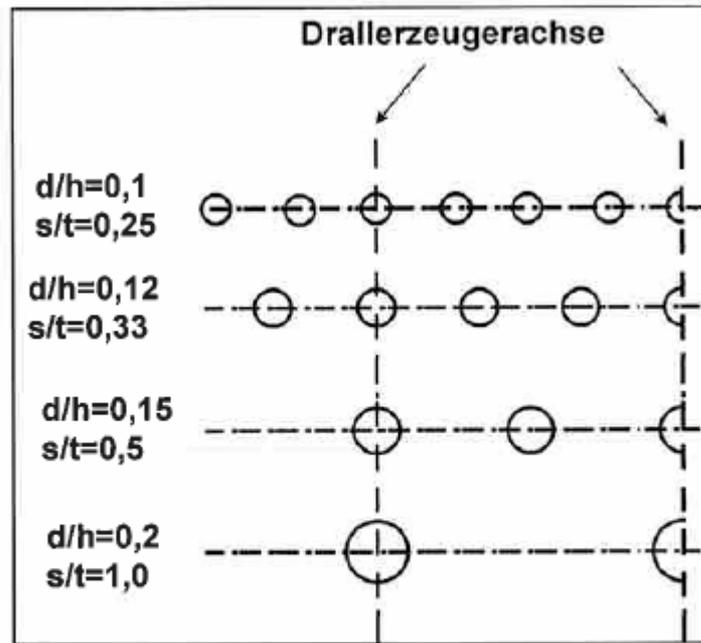


Bild 8.2 Parameterfeld der Belochungsgeometrien

Quelle: Siemens

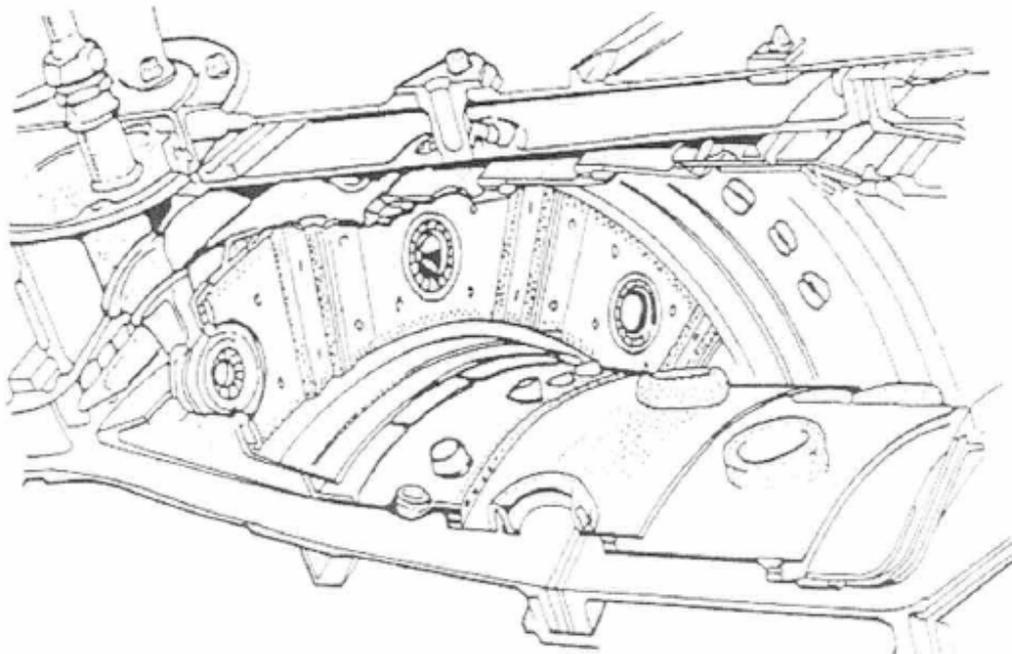
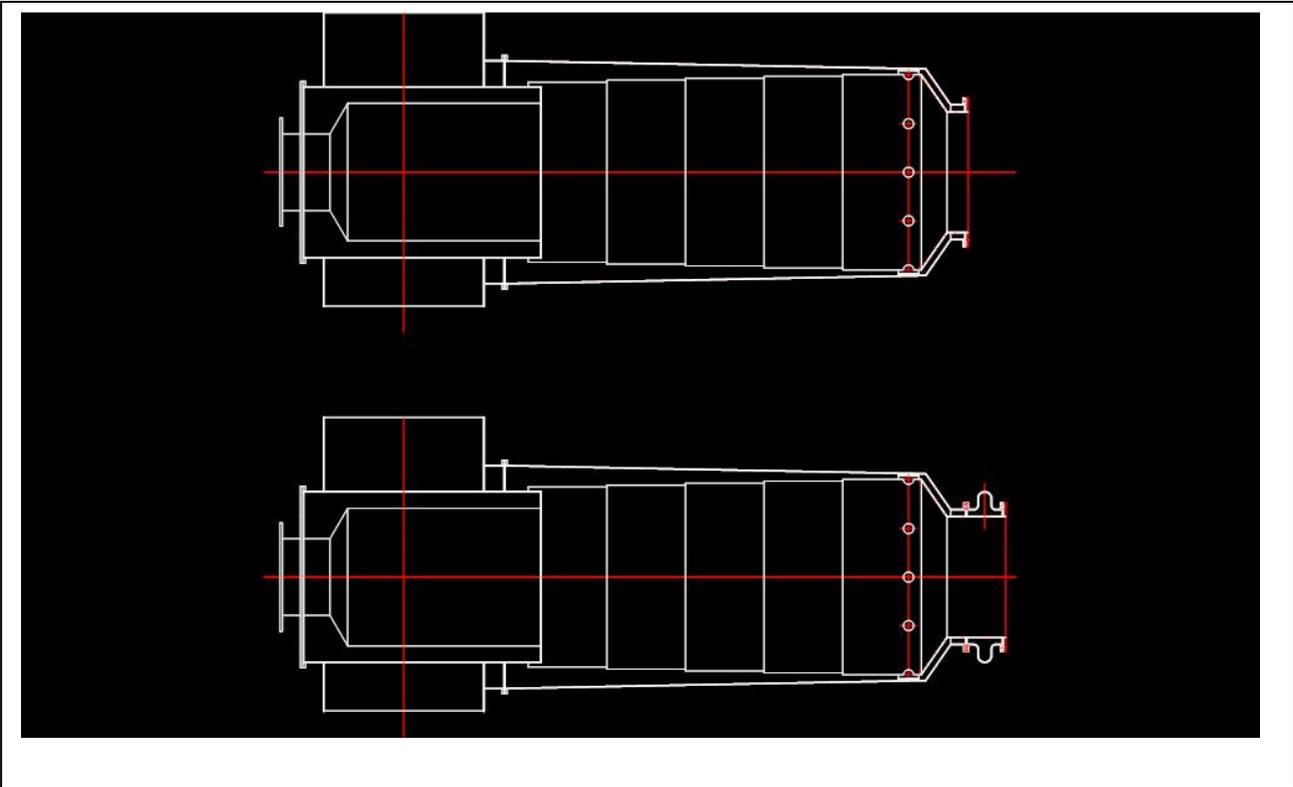
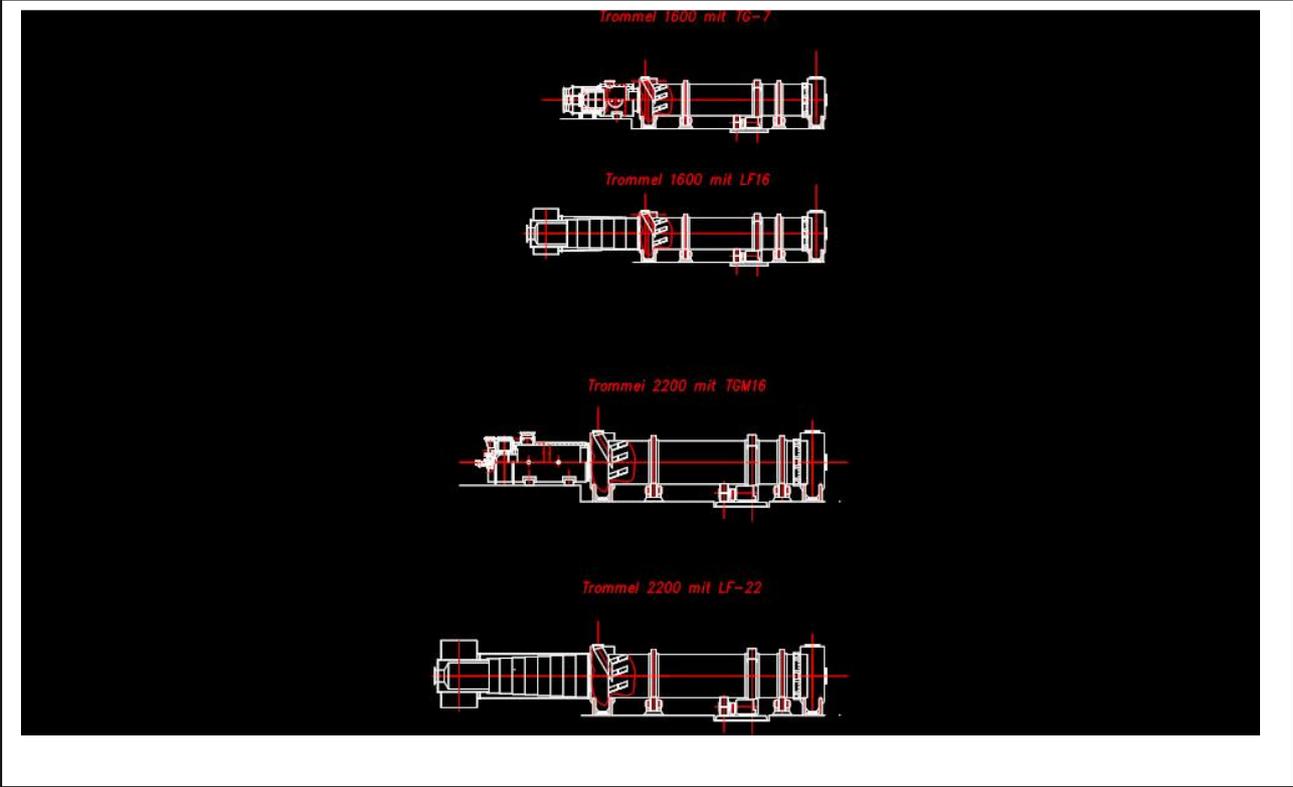
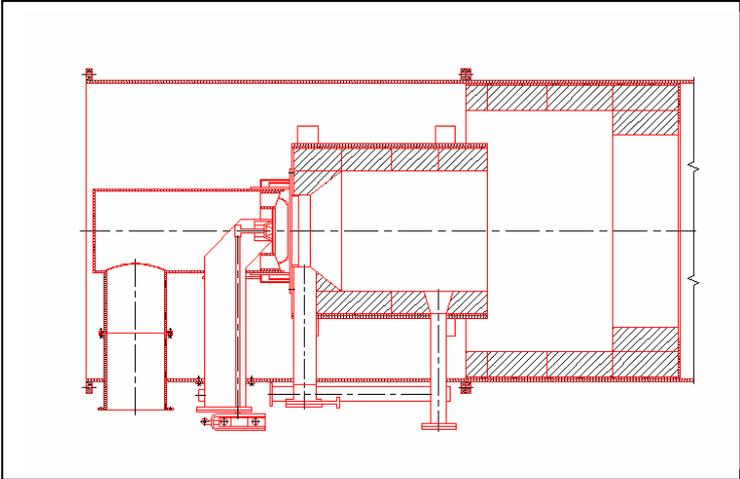
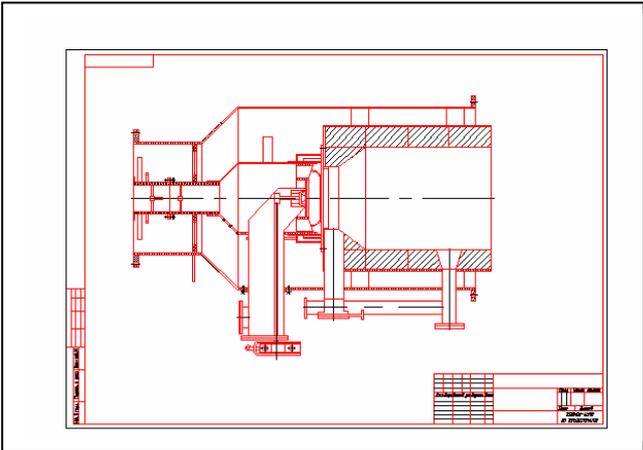
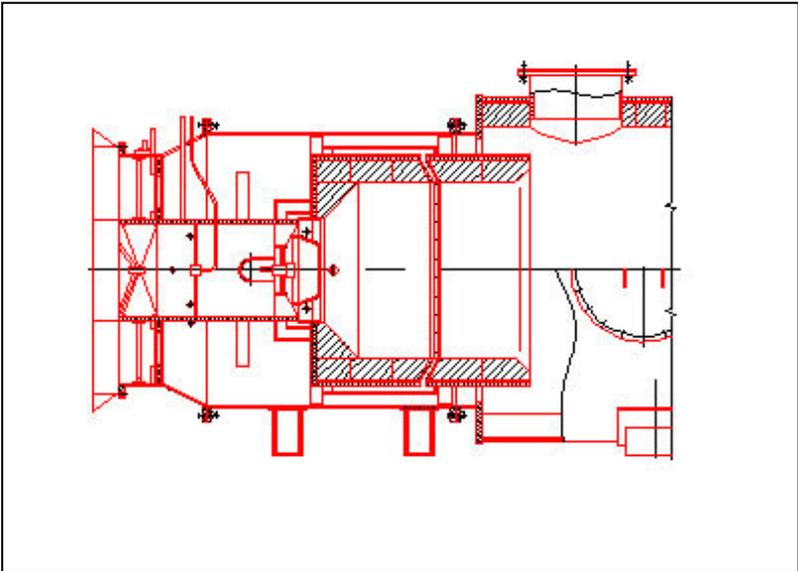


Bild 8.1 Blick in eine Ringbrennkammer







Anlage 1:

HAUPTABMESSUNGEN LF - HGG

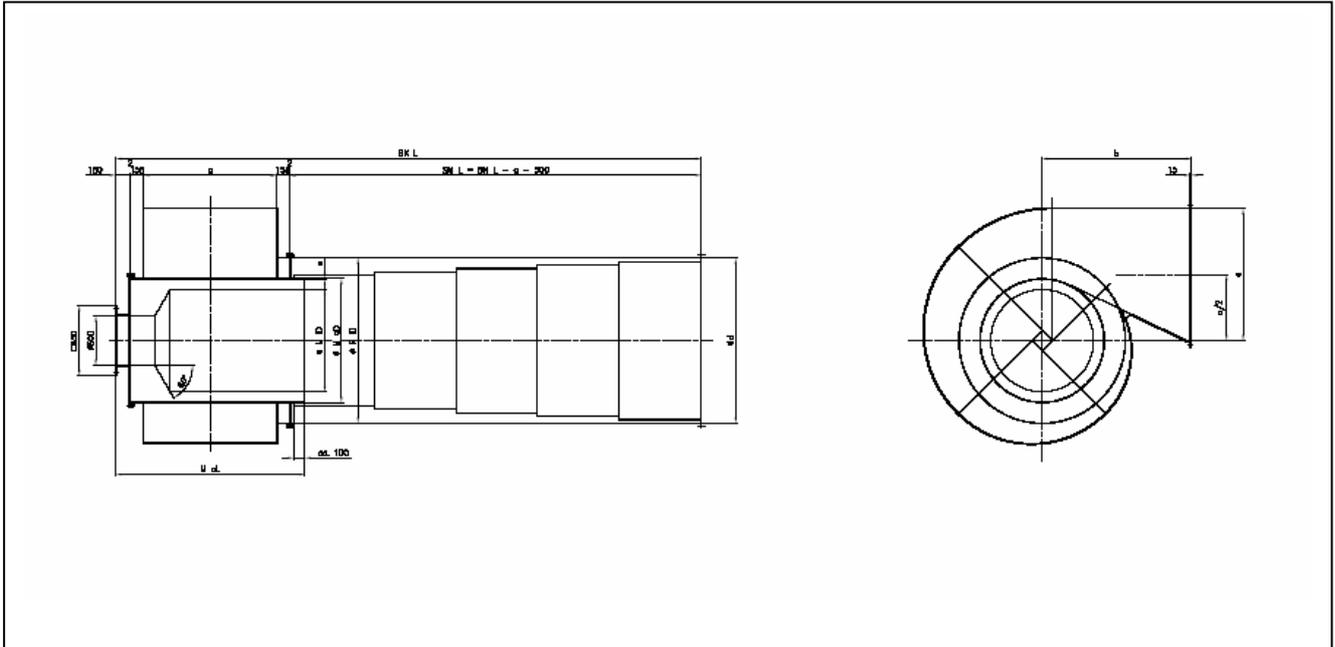


Bild: Skizze von LF-HGG

LOMA-Feuerung Type L

Typ	MW	a	d	max. P	FL m³/h	w	max. P	RG m³/h	w	HG m³/h	w	MID	FF	Is	Bl.	M aD	M iL	Br.M.	M aL	b	F. ID	Ring.	Konus	w	Ring.	w	Ring.	Fl. L	BK L
LF 3		250	315											10	4														
LF 3,5		280	355											10	4														
LF 4	0,50	315	400	520	2500	6,999	460	3500	9,80	8200	18,13	470	55	10	4	608	400	170	560	400	670	31	135	11,16	15,62	1200	1600		
LF 4,5	0,63	355	450										10	4		450	170	630	450										
LF 5	0,80	400	500	810	3850	6,684	710	5400	9,38	12800	18,11	530	55	10	5	670	500	200	710	500	760	45	130	10,58	14,84	1500	2000		
LF 6	1,25	500	630	1280	6200	6,889	1130	8700	9,67	20200	18,00	610	60	10	5	760	630	230	900	630	880	60	125	11,14	15,64	1890	2500		
LF 7	1,60	560	710	1630	7800	6,909	1440	11000	9,74	25700	18,03	660	65	10	5	820	710	230	1000	710	960	70	125	11,07	15,61	2130	2800		
LF 8	2,00	630	800	2120	10300	7,209	1870	14400	10,08	33500	18,51	710	70	10	5	880	800	305	1120	800	1050	85	125	11,10	15,52	2400	3150		
LF 9	2,50	710	900	2630	12500	6,888	2320	17700	9,75	41500	18,12	760	75	10	5	940	900	305	1205	900	1130	95	115	11,24	15,92	2700	3400		
LF 10	3,15	800	1000	3200	15500	6,727	2850	21700	9,42	50700	17,93	810	80	10	5	1000	1000	365	1365	1000	1216	108	108	11,45	16,03	3000	3750		
LF 11	4,00	900	1120	3900	18700	6,413	3450	26300	9,02	61600	17,37	860	85	10	5	1060	1120	365	1485	1060	1320	130	100	10,69	15,03	3310	4000		
LF 12	5,00	1000	1250	5060	24200	6,722	4460	34100	9,47	79900	18,09	928	116	10	6	1192	1250	390	1640	1120	1480	144	115	11,12	15,67	3720	4500		
LF 14	6,30	1120	1400	6350	30500	6,754	5800	43100	9,54	100400	18,12	998	116	10	6	1262	1400	430	1830	1250	1600	169	100	11,15	15,76	4200	5000		
LF 16	8,00	1250	1600	8100	39000	6,933	7150	54900	9,76	128000	17,68	1078	116	10	6	1342	1600	430	2030	1400	1750	204	75	10,93	15,39	4800	5800		
LF 18	10,00	1400	1800	10500	50400	7,143	9300	70800	10,03	166000	18,12	1158	116	10	6	1422	1800	430	2240	1600	1900	239	50	11,23	15,77	5400	6300		
LF 20	12,50	1600	2000	12900	61800	6,706	11400	86800	9,42	203800	18,02	1228	116	12	8	1500	2000	500	2500	1800	2000	250	0	12,49	17,54	6000	7000		
LF 22	16,00	1800	2240	16300	78000	6,687	14400	111000	9,52	257400	18,14	1328	126	12	8	1620	2250	500	2750	2000	2240	310	0	11,53	16,40	6750	7750		
LF 25	20,00	2000	2500	20400	97500	6,771	18000	137000	9,51	322000	18,22	1498	126	12	8	1790	2500	500	3000	2240	2500	355	0	11,32	15,91	7500	8500		
LF 28	25,00	2240	2800	25500	122000	6,754	22000	172500	9,55	402000	18,14	1758	126	12	8	2050	2800	500	3300	2360	2800	375	0	11,86	16,77	8350	9350		
LF 31	31,50	2500	3150	31000	149000	6,622	28500	211000	9,38	490000	17,47	1898	126	15	10	2200	3100	500	3600	2500	3150	475	0	10,37	14,68	9300	10300		
LF 35	40,00	2800	3500	40000	191000	6,767	34000	270500	9,58	630500	18,20	2098	126	15	10	2400	3500	500	4000	2800	3500	550	0	10,41	14,74	10500	11500		
LF 40		3150	4000																										
LF 45		3550	4500																										
LF 50		4000	5000																										
LF 56		4500	5600																										
LF 63		5000	6300																										
LF 71		5600	7100																										
LF 80		6300	8000																										
LF 90		7100	9000																										
LF 100		8000	10000																										

Bild: Abmessungen LF Typ L

Typ	a	Ent.	d	Aust.	MW	max.P	FL m³/h	w	Eintritt	max.P	FG m³/h	w	Eintr.	HG m³/h	w	Austr.	M ID	FF	iso	Bl.	M aD	M IL	Br.M.	M aL	x	Flansch	R. ID	Ring.	Konus	w	Ring.	w	Ring.	F.L.L	BK L		
LF 3	250	315																	10	4																	
LF 3,5	280	355																	10	4																	
LF 4	315	400	0,50	520	2500	6,999	460	3500	9,80	8200	18,13	572	65	10	4	730	500	150	660							780	25	190	11,71	16,40	1460	1900					
LF 4,5	355	450	0,63																10	4			0	170	180												
LF 5	400	500	0,80	810	3850	6,884	710	5400	9,38	12800	18,11	650	65	10	5	810	630	200	840							880	35	190	11,51	16,14	1820	2400					
LF 6	500	630	1,25	1280	6200	6,889	1130	8700	9,67	20200	18,00	750	75	10	5	930	800	230	1070							1090	50	200	11,19	15,70	2300	3000					
LF 7	560	710	1,60	1630	7800	6,909	1440	11000	9,74	25700	18,03	810	80	10	5	1000	900	230	1190							1110	55	200	11,89	16,76	2580	3250					
LF 8	630	800	2,00	2120	10300	7,209	1870	14400	10,08	33500	18,51	870	85	10	5	1070	1000	305	1320							1200	65	200	12,34	17,26	2950	3700					
LF 9	710	900	2,50	2630	12500	6,888	2320	17700	9,75	41500	18,12	930	90	10	5	1140	1120	305	1470							1300	80	200	11,32	16,04	3280	4050					
LF 10	800	1000	3,15	3200	15500	6,727	2850	21700	9,42	50700	17,93	990	100	10	5	1220	1250	365	1650							1400	90	200	11,62	16,27	3620	4460					
LF 11	900	1120	4,00	3900	18700	6,413	3450	26300	9,02	61600	17,37	1060	105	10	5	1300	1400	365	1780							1500	100	190	11,81	16,61	4000	4850					
LF 12	1000	1250	5,00	5060	24200	6,722	4460	34100	9,47	79900	18,09	1138	115	10	6	1400	1600	387	1980							1630	115	190	12,28	17,31	4550	5430					
LF 14	1120	1400	6,30	6350	30500	6,754	5600	43100	9,54	100400	18,12	1218	115	10	6	1480	1800	410	2210							1760	140	180	11,89	16,80	5100	6000					
LF 16	1250	1600	8,00	8100	39000	6,933	7150	54900	9,76	128000	17,68	1308	125	10	6	1590	2000	430	2430							1920	165	160	11,91	16,76	5760	6680					
LF 18	1400	1800	10,00	10500	50400	7,143	9300	70800	10,03	166000	18,12	1418	125	10	6	1700	2240	430	2680							2100	200	150	11,73	16,47	6550	7480					
LF 20	1600	2000	12,50	12900	61800	6,706	11400	86800	9,42	203800	18,02	1500	125	12	8	1790	2500	500	3000							2250	230	125	11,76	16,52	7260	8260					
LF 22	1800	2240	16,00	16300	78000	6,687	14400	111000	9,52	257400	18,14	1620	125	12	8	1910	2800	500	3300							2440	265	100	11,97	17,03	8160	9160					
LF 25	2000	2500	20,00	20400	97500	6,771	18000	137000	9,51	322000	18,22	1740	125	12	8	2030	3150	500	3650							2650	310	75	11,88	16,70	9130	10130					
LF 28	2240	2800																																			
LF 31	2500	3150																																			
LF 35	2800	3500																																			
LF 40	3200	4000																																			
LF 45	3600	4500																																			
LF 50	4000	5000																																			
LF 56	4500	5600																																			
LF 63	5000	6300																																			
LF 71	5600	7100																																			
LF 80	6300	8000																																			
LF 90	7100	9000																																			
LF 100	8000	10000																																			

Bild: Abmessungen LF Typ H