Leitfaden für die Schnittdatenempfehlungen – VHM-Fräsen

End mill – GM series

1

2

3

4

Material group		Composition / structure / heat treatment		Brinell hardness HB	Machining group	Starting values for cutting speed v_c [m/min]							
						5501R302GM 5601R302GM 5502R302GM 5602R302GM				GM-2E GM-2EFP GM-2F			
						Slot milling		Shoulder milling		Slot milling		Shoulder milling	
						Ø [mm]	$a_{p\,max}$	Ø [mm]	$a_{e\,max}$	Ø [mm]	$a_{p\,max}$	Ø [mm]	$a_{e\,max}$
						0<x<3	0,1 x D	0<x≤20	<0,5 x D	0<x<3	0,1 x D	0<x≤20	<0,5 x D
						3≤x≤20	0,8 x D			3≤x≤20	0,8 x D		
						KMG303				KMG303			
						a_e / D				a_e / D			
						1/1	1/2	1/10	f-group	1/1	1/2	1/10	f-group
P	Unalloyed steel	ca. 0,15 % C	annealed	125	1	150	200	270	2	150	200	270	2
		ca. 0,45 % C	annealed	190	2	145	190	260	2	145	190	260	2
		ca. 0,45 % C	tempered	250	3	105	140	190	2	105	140	190	2
		ca. 0,75 % C	annealed	270	4	90	120	165	2	90	120	165	2
		ca. 0,75 % C	tempered	300	5	85	110	150	2	85	110	150	2
	Low-alloyed steel		annealed	180	6	115	150	205	2	115	150	205	2
			tempered	275	7	90	120	165	2	90	120	165	2
			tempered	300	8	85	110	150	2	85	110	150	2
			tempered	350	9	80	105	145	2	80	105	145	2
	High-alloyed steel and high-alloyed tool steel		annealed	200	10	105	140	190	2	105	140	190	2
			hardened and tempered	325	11	80	110	145	2	80	110	145	2
M	Stainless steel	ferritic/martensitic	annealed	200	12	50	65	90	2	50	65	90	2
		martensitic	tempered	240	13	45	60	80	2	45	60	80	2
		austenitic	quench hardened	180	14	55	70	95	2	55	70	95	2
		austenitic-ferritic		230	15	45	60	80	2	45	60	80	2
K	Grey cast iron	perlitic/ferritic		180	16	110	150	200	2	110	150	200	2
		perlitic (martensitic)		260	17	90	120	165	2	90	120	165	2
	Cast iron with spheroidal graphite	ferritic		160	18	135	180	245	2	135	180	245	2
		perlitic		250	19	105	140	190	2	105	140	190	2
	Malleable cast iron	ferritic		130	20	150	200	270	2	150	200	270	2
		perlitic		230	21	120	160	220	2	120	160	220	2
N	Aluminium wrought alloys	cannot be hardened		60	22								
		hardenable	hardened	100	23								
	Cast aluminium alloys	≤ 12 % Si, cannot be hardened		75	24								
		≤ 12 % Si, hardenable	hardened	90	25								
		> 12 % Si, cannot be hardened		130	26								
	Copper and copper alloys (bronze/brass)	machining steel, PB> 1%		110	27								
		CuZn, CuSnZn		90	28								
		CuSn, Pb-free copper, electrolytic copper		100	29								
S	Heat-resistant alloys	Fe-based alloys	annealed	200	30								
			hardened	280	31								
		Ni or Co bass	annealed	250	32								
			hardened	350	33								
			cast	320	34								
	Titanium alloys	pure titanium		R_m 400	35								
		α and β alloys	hardened	R_m 1050	36								
H	Hardened steel		hardened and tempered	55 HRC	37								
			hardened and tempered	60 HRC	38								
	Hard cast iron		cast	400	39								
	Hardened cast iron		hardened and tempered	55 HRC	40								
X	Non-metallic materials	Thermoplasts			41								
		Thermosetting plastics			42								
		Plastic, glass-fibre reinforced GFRP			43								
		Plastic, carbon fibre reinforced CFRP			44								
		Graphite			45								
		Wood			46								

Note: The given cutting values are guide values, which were determined under ideal conditions.
The values have to be adapted in individual cases.
Feed rate recommendations on page B460
For examples of material for cutting tool groups view page D22.

Recommend feed rate

Solid carbide milling group 2 – Square shoulder mills GM *series*

4

	a_e / D	Feed rate per cutting edge (f_z) [mm]																	
		Ø0,5	Ø0,8	Ø 1	Ø 2	Ø 3	Ø 4	Ø 5	Ø 6	Ø 8	Ø 10	Ø 12	Ø 14	Ø 16	Ø 18	Ø 20			
P	1/1	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,06	0,07	0,07	0,08	0,08	0,09			
	1/2	0,01	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05	0,08	0,09	0,09	0,10	0,10	0,12			
	1/10	0,02	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,06	0,06	0,08	0,12	0,14	0,14	0,16	0,16	0,18			
M	1/1	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07			
	1/2	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,06	0,07	0,07	0,08	0,08	0,09			
	1/10	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,05	0,05	0,06	0,10	0,11	0,11	0,13	0,13	0,15			
K	1/1	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,06	0,07	0,07	0,08	0,08	0,09			
	1/2	0,01	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05	0,08	0,09	0,09	0,10	0,10	0,12			
	1/10	0,02	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,06	0,06	0,08	0,12	0,14	0,14	0,16	0,16	0,18			

5

Note: The given cutting values are guide values, which were determined under ideal conditions.
The values have to be adapted in individual cases.

1. Wählen Sie die passende Produktserie aus.
2. Bestimmen Sie das Eingriffsverhältnis.
3. Wählen Sie den eingesetzten Werkstoff aus und lesen Sie die Schnittgeschwindigkeit aus.
4. Bestimmen Sie die Vorschubgruppe und blättern Sie zu den passenden Vorschubempfehlungen.
5. Wählen Sie den Werkzeugdurchmesser und das Eingriffsverhältnis aus.

Schaftfräser – GM Serie

Werkstoffgruppe		Zusammensetzung/Gefüge/Wärmebehandlung		Brinell-Härte HB	Zerspanungsgruppe	Schnittgeschwindigkeit v_c [m/min]							
						5501R302GM 5601R302GM 5502R302GM 5602R302GM				GM-2E GM-2EFP GM-2F			
						Nutenfräsen		Eckfräsen		Nutenfräsen		Eckfräsen	
						Ø [mm]	$a_{p\,max}$	Ø [mm]	$a_{e\,max}$	Ø [mm]	$a_{p\,max}$	Ø [mm]	$a_{e\,max}$
						0 < x < 3	0,1 x D	0 < x ≤ 20	< 0,5 x D	0 < x < 3	0,1 x D	0 < x ≤ 20	< 0,5 x D
						3 ≤ x ≤ 20	0,8 x D			3 ≤ x ≤ 20	0,8 x D		
						KMG303				KMG303			
						a_e / D				a_e / D			
						1/1	1/2	1/10	f-Gruppe	1/1	1/2	1/10	f-Gruppe
P	Unlegierter Stahl	ca. 0,15 % C	geglüht	125	1	150	200	270	2	150	200	270	2
		ca. 0,45 % C	geglüht	190	2	145	190	260	2	145	190	260	2
		ca. 0,45 % C	vergütet	250	3	105	140	190	2	105	140	190	2
		ca. 0,75 % C	geglüht	270	4	90	120	165	2	90	120	165	2
		ca. 0,75 % C	vergütet	300	5	85	110	150	2	85	110	150	2
	Niedriglegierter Stahl		geglüht	180	6	115	150	205	2	115	150	205	2
			vergütet	275	7	90	120	165	2	90	120	165	2
			vergütet	300	8	85	110	150	2	85	110	150	2
			vergütet	350	9	80	105	145	2	80	105	145	2
	Hochlegierter Stahl und hochlegierter Werkzeugstahl		geglüht	200	10	105	140	190	2	105	140	190	2
			gehärtet und angelassen	325	11	80	110	145	2	80	110	145	2
M	Nichtrostender Stahl	ferritisch/martensitisch	geglüht	200	12	50	65	90	2	50	65	90	2
		martensitisch	vergütet	240	13	45	60	80	2	45	60	80	2
		austenitisch	abgeschreckt	180	14	55	70	95	2	55	70	95	2
		austenitisch-ferritisch		230	15	45	60	80	2	45	60	80	2
K	Grauguss	perlitisch/ferritisch		180	16	110	150	200	2	110	150	200	2
		perlitisch (martensitisch)		260	17	90	120	165	2	90	120	165	2
	Gusseisen mit Kugelgrafit	ferritisch		160	18	135	180	245	2	135	180	245	2
		perlitisch		250	19	105	140	190	2	105	140	190	2
	Temperguss	ferritisch		130	20	150	200	270	2	150	200	270	2
		perlitisch		230	21	120	160	220	2	120	160	220	2
N	Aluminium-Knetlegierungen	nicht aushärtbar		60	22								
		aushärtbar	ausgehärtet	100	23								
	Aluminium-Gusslegierungen	≤ 12 % Si, nicht aushärtbar		75	24								
		≤ 12 % Si, aushärtbar	ausgehärtet	90	25								
		> 12 % Si, nicht aushärtbar		130	26								
	Kupfer und Kupferlegierungen (Bronze/Messing)	Automatenlegierungen, PB > 1 %		110	27								
		CuZn, CuSnZn		90	28								
		CuSn, bleifreies Kupfer und Elektrolytkupfer		100	29								
S	Warmfeste Legierungen	Fe-Basis	geglüht	200	30								
			ausgehärtet	280	31								
		Ni- oder Co-Basis	geglüht	250	32								
			ausgehärtet	350	33								
			gegossen	320	34								
	Titanlegierungen	Reintitan		R_m 400	35								
		Alpha- + Beta-Legierungen	ausgehärtet	R_m 1050	36								
H	Gehärteter Stahl		gehärtet und angelassen	55 HRC	37								
			gehärtet und angelassen	60 HRC	38								
	Hartguss		gegossen	400	39								
	Gehärtetes Gusseisen		gehärtet und angelassen	55 HRC	40								
X	Nichtmetallische Werkstoffe	Thermoplaste			41								
		Duroplaste			42								
		Glasfaserverstärkter Kunststoff GFK			43								
		Kohlefaserverstärkter Kunststoff CFK			44								
		Grafit			45								
		Holz			46								

Hinweise: Bei den vorgegebenen Schnittdaten handelt es sich um Richtwerte, welche unter Idealbedingungen ermittelt wurden.
Je nach Anwendungsfall müssen sie individuell angepasst werden.
Die Vorschubempfehlungen befinden sich auf Seite B612.
Werkstoffbeispiele für Zerspanungsgruppen finden Sie auf Seite D11.

	Schnittgeschwindigkeit v_c [m/min]																			
	GM-2EL GM-2EX GM-2FL				GM-2EP GM-2ES				GM-3E GM-4E GM-4E-G				GM-2EL GM-4EL-G				5501R303GM 5601R303GM 5502R303GM 5602R303GM			
	Nutenfräsen		Eckfräsen		Nutenfräsen		Eckfräsen		Nutenfräsen		Eckfräsen		Nutenfräsen		Eckfräsen		Nutenfräsen		Eckfräsen	
	Ø [mm]	$a_{p\,max}$	Ø [mm]	$a_{e\,max}$	Ø [mm]	$a_{p\,max}$	Ø [mm]	$a_{e\,max}$	Ø [mm]	$a_{p\,max}$	Ø [mm]	$a_{e\,max}$	Ø [mm]	$a_{p\,max}$	Ø [mm]	$a_{e\,max}$	Ø [mm]	$a_{p\,max}$	Ø [mm]	$a_{e\,max}$
	0 < x < 3	0,1 x D	0 < x ≤ 20	< 0,5 x D	0 < x < 3	0,1 x D	0 < x ≤ 20	< 0,5 x D	0 < x < 3	0,1 x D	0 < x ≤ 20	< 0,5 x D	0 < x < 3	0,1 x D	0 < x ≤ 20	< 0,5 x D	0 < x < 3	0,1 x D	0 < x ≤ 20	< 0,5 x D
	3 ≤ x ≤ 20	0,8 x D			3 ≤ x ≤ 20	0,8 x D			3 ≤ x ≤ 20	0,8 x D			3 ≤ x ≤ 20	0,8 x D			3 ≤ x ≤ 20	0,8 x D		
	KMG303				KMG303				KMG303				KMG303				KMG303			
	a_e / D				a_e / D				a_e / D				a_e / D				a_e / D			
	1/1	1/2	1/10	f-Gruppe	1/1	1/2	1/10	f-Gruppe	1/1	1/2	1/10	f-Gruppe	1/1	1/2	1/10	f-Gruppe	1/1	1/2	1/10	f-Gruppe
	130	170	230	2	150	200	270	2	150	200	270	2	130	170	230	2	140	185	245	2
	125	165	220	2	145	190	260	2	145	190	260	2	125	165	220	2	135	180	235	2
	95	120	165	2	105	140	190	2	105	140	190	2	95	120	165	2	100	130	175	2
	80	105	140	2	90	120	165	2	90	120	165	2	80	105	140	2	85	115	150	2
	75	95	130	2	85	110	150	2	85	110	150	2	75	95	130	2	80	105	135	2
	100	130	175	2	115	150	205	2	115	150	205	2	100	130	175	2	105	140	185	2
	80	105	140	2	90	120	165	2	90	120	165	2	80	105	140	2	85	115	150	2
	75	95	130	2	85	110	150	2	85	110	150	2	75	95	130	2	80	105	135	2
	70	90	120	2	80	105	145	2	80	105	145	2	70	90	120	2	75	100	130	2
	95	120	165	2	105	140	190	2	105	140	190	2	95	120	165	2	100	130	175	2
	70	95	125	2	80	110	145	2	80	110	145	2	70	95	125	2	75	100	130	2
	45	55	75	2	50	65	90	2	50	65	90	2	45	55	75	2	45	60	80	2
	40	50	65	2	45	60	80	2	45	60	80	2	40	50	65	2	40	55	70	2
	45	60	80	2	55	70	95	2	55	70	95	2	45	60	80	2	50	65	85	2
	40	50	65	2	45	60	80	2	45	60	80	2	40	50	65	2	40	55	70	2
	95	125	170	2	110	150	200	2	110	150	200	2	95	125	170	2	105	140	180	2
	80	105	140	2	90	120	165	2	90	120	165	2	80	105	140	2	85	115	150	2
	120	155	210	2	135	180	245	2	135	180	245	2	120	155	210	2	130	170	225	2
	95	120	165	2	105	140	190	2	105	140	190	2	95	120	165	2	100	130	175	2
	130	170	230	2	150	200	270	2	150	200	270	2	130	170	230	2	140	185	245	2
	105	140	185	2	120	160	220	2	120	160	220	2	105	140	185	2	115	150	200	2

Schaftfräser – GM Serie

Werkstoffgruppe		Zusammensetzung/Gefüge/Wärmebehandlung		Brinell-Härte HB	Zerspanungsgruppe	Schnittgeschwindigkeit v_c [m/min]							
						5501R304GF 5601R304GF 5502R304GF 5602R304GF				GM-4F-G GM-4EFP			
						Nutenfräsen		Eckfräsen		Nutenfräsen		Eckfräsen	
						Ø [mm]	$a_{p\,max}$	Ø [mm]	$a_{e\,max}$	Ø [mm]	$a_{p\,max}$	Ø [mm]	$a_{e\,max}$
						0 < x < 3	0,1 x D	0 < x ≤ 20	< 0,5 x D	0 < x < 3	0,1 x D	0 < x ≤ 20	< 0,5 x D
						3 ≤ x ≤ 20	0,8 x D			3 ≤ x ≤ 20	0,8 x D		
						KMG303				KMG303			
						a_e / D				a_e / D			
						1/1	1/2	1/10	f-Gruppe	1/1	1/2	1/10	f-Gruppe
P	Unlegierter Stahl	ca. 0,15 % C	geglüht	125	1	155	200	265	2	150	200	270	2
		ca. 0,45 % C	geglüht	190	2	150	190	255	2	145	190	260	2
		ca. 0,45 % C	vergütet	250	3	110	140	190	2	105	140	190	2
		ca. 0,75 % C	geglüht	270	4	95	120	160	2	90	120	165	2
		ca. 0,75 % C	vergütet	300	5	90	110	150	2	85	110	150	2
	Niedriglegierter Stahl		geglüht	180	6	120	150	200	2	115	150	205	2
			vergütet	275	7	95	120	160	2	90	120	165	2
			vergütet	300	8	90	110	150	2	85	110	150	2
			vergütet	350	9	85	105	140	2	80	105	145	2
	Hochlegierter Stahl und hochlegierter Werkzeugstahl		geglüht	200	10	110	140	190	2	105	140	190	2
			gehärtet und angelassen	325	11	85	110	145	2	80	110	145	2
M	Nichtrostender Stahl	ferritisch/martensitisch	geglüht	200	12	50	65	85	2	50	65	90	2
		martensitisch	vergütet	240	13	45	60	75	2	45	60	80	2
		austenitisch	abgeschreckt	180	14	55	70	95	2	55	70	95	2
		austenitisch-ferritisch		230	15	45	60	75	2	45	60	80	2
K	Grauguss	perlitisch/ferritisch		180	16	115	150	195	2	110	150	200	2
		perlitisch (martensitisch)		260	17	95	120	160	2	90	120	165	2
	Gusseisen mit Kugelgrafit	ferritisch		160	18	140	180	240	2	135	180	245	2
		perlitisch		250	19	110	140	190	2	105	140	190	2
	Temperguss	ferritisch		130	20	155	200	265	2	150	200	270	2
		perlitisch		230	21	125	160	215	2	120	160	220	2
N	Aluminium-Knetlegierungen	nicht aushärtbar		60	22								
		aushärtbar	ausgehärtet	100	23								
	Aluminium-Gusslegierungen	≤ 12 % Si, nicht aushärtbar		75	24								
		≤ 12 % Si, aushärtbar	ausgehärtet	90	25								
		> 12 % Si, nicht aushärtbar		130	26								
	Kupfer und Kupferlegierungen (Bronze/Messing)	Automatenlegierungen, PB > 1 %		110	27								
		CuZn, CuSnZn		90	28								
		CuSn, bleifreies Kupfer und Elektrolytkupfer		100	29								
S	Warmfeste Legierungen	Fe-Basis	geglüht	200	30								
			ausgehärtet	280	31								
		Ni- oder Co-Basis	geglüht	250	32								
			ausgehärtet	350	33								
			gegossen	320	34								
	Titanlegierungen	Reintitan		R_m 400	35								
		Alpha- + Beta-Legierungen	ausgehärtet	R_m 1050	36								
H	Gehärteter Stahl		gehärtet und angelassen	55 HRC	37								
			gehärtet und angelassen	60 HRC	38								
	Hartguss		gegossen	400	39								
	Gehärtetes Gusseisen		gehärtet und angelassen	55 HRC	40								
X	Nichtmetallische Werkstoffe	Thermoplaste			41								
		Duroplaste			42								
		Glasfaserverstärkter Kunststoff GFK			43								
		Kohlefaserverstärkter Kunststoff CFK			44								
		Grafit			45								
		Holz			46								

Hinweise: Bei den vorgegebenen Schnittdaten handelt es sich um Richtwerte, welche unter Idealbedingungen ermittelt wurden.
Je nach Anwendungsfall müssen sie individuell angepasst werden.
Die Vorschubempfehlungen befinden sich auf Seite B612.
Werkstoffbeispiele für Zerspanungsgruppen finden Sie auf Seite D11.

	Schnittgeschwindigkeit v_c [m/min]																			
	GM-4FL-G GM-4EX-G				GM-6E				GM-6E 5589R45MGFR				5565R302GF 5565R302GM 5566R302GF				GM-2B GM-4B GM-2BS GM-2BP			
	Nutenfräsen		Eckfräsen				Eckfräsen				Eckfräsen		Nutenfräsen		Eckfräsen					
	Ø [mm]	$a_{p\,max}$	Ø [mm]	$a_{e\,max}$			Ø [mm]	$a_{e\,max}$			Ø [mm]	$a_{e\,max}$	Ø [mm]	$a_{p\,max}$	Ø [mm]	$a_{e\,max}$				
	0 < x < 3	0,1 x D	0 < x ≤ 20	< 0,5 x D			0 < x ≤ 20	< 0,5 x D			0 < x ≤ 20	< 0,5 x D	0 < x < 3	0,1 x D	0 < x ≤ 20	< 0,5 x D				
	3 ≤ x ≤ 20	0,8 x D											3 ≤ x ≤ 20	0,8 x D						
	KMG303				KMG303				KMG303				KMG303				KMG303			
	a_e / D				a_e / D				a_e / D				a_e / D				a_e / D			
	1/1	1/2	1/10	f-Gruppe	1/1	1/2	1/10	f-Gruppe	1/1	1/2	1/10	f-Gruppe	1/1	1/10	1/20	f-Gruppe	1/1	1/10	1/20	f-Gruppe
	130	170	230	2	–	–	270	2	–	–	230	2	–	250	280	5	–	250	280	5
	125	165	220	2	–	–	260	2	–	–	220	2	–	240	270	5	–	240	270	5
	95	120	165	2	–	–	190	2	–	–	165	2	–	175	200	5	–	175	200	5
	80	105	140	2	–	–	165	2	–	–	140	2	–	150	170	5	–	150	170	5
	75	95	130	2	–	–	150	2	–	–	130	2	–	140	155	5	–	140	155	5
	100	130	175	2	–	–	205	2	–	–	175	2	–	190	210	5	–	190	210	5
	80	105	140	2	–	–	165	2	–	–	140	2	–	150	170	5	–	150	170	5
	75	95	130	2	–	–	150	2	–	–	130	2	–	140	155	5	–	140	155	5
	70	90	120	2	–	–	145	2	–	–	120	2	–	130	150	5	–	130	150	5
	95	120	165	2	–	–	190	2	–	–	165	2	–	175	200	5	–	175	200	5
	70	95	125	2	–	–	145	2	–	–	125	2	–	135	150	5	–	135	150	5
	45	55	75	2	–	–	90	2	–	–	75	2	–	80	90	5	–	80	90	5
	40	50	65	2	–	–	80	2	–	–	65	2	–	70	80	5	–	70	80	5
	45	60	80	2	–	–	95	2	–	–	80	2	–	85	100	5	–	85	100	5
	40	50	65	2	–	–	80	2	–	–	65	2	–	70	80	5	–	70	80	5
	95	125	170	2	–	–	200	2	–	–	170	2	–	185	205	5	–	185	205	5
	80	105	140	2	–	–	165	2	–	–	140	2	–	150	170	5	–	150	170	5
	120	155	210	2	–	–	245	2	–	–	210	2	–	225	255	5	–	225	255	5
	95	120	165	2	–	–	190	2	–	–	165	2	–	175	200	5	–	175	200	5
	130	170	230	2	–	–	270	2	–	–	230	2	–	250	280	5	–	250	280	5
	105	140	185	2	–	–	220	2	–	–	185	2	–	200	225	5	–	200	225	5

Schaftfräser – GM Serie

Werkstoffgruppe		Zusammensetzung/Gefüge/Wärmebehandlung		Brinell-Härte HB	Zerspanungsgruppe	Schnittgeschwindigkeit v_c [m/min]							
						GM-2BL GM-4BL GM-2BFP				GM-2R GM-4R			
										Nutenfräsen		Eckfräsen	
										Ø [mm]	$a_{p\,max}$	Ø [mm]	$a_{e\,max}$
										0 < x < 3	0,1 x D	0 < x ≤ 20	< 0,5 x D
										3 ≤ x ≤ 20	0,8 x D		
						KMG303				KMG303			
						a_e / D				a_e / D			
						1/1	1/10	1/20	f-Gruppe	1/1	1/2	1/10	f-Gruppe
P	Unlegierter Stahl	ca. 0,15 % C	geglüht	125	1	–	220	250	5	160	215	275	2
		ca. 0,45 % C	geglüht	190	2	–	210	240	5	155	205	265	2
		ca. 0,45 % C	vergütet	250	3	–	155	175	5	115	155	195	2
		ca. 0,75 % C	geglüht	270	4	–	135	150	5	100	130	165	2
		ca. 0,75 % C	vergütet	300	5	–	125	140	5	90	120	155	2
	Niedriglegierter Stahl		geglüht	180	6	–	165	190	5	120	165	210	2
			vergütet	275	7	–	135	150	5	100	130	165	2
			vergütet	300	8	–	125	140	5	90	120	155	2
			vergütet	350	9	–	115	130	5	85	115	145	2
	Hochlegierter Stahl und hochlegierter Werkzeugstahl		geglüht	200	10	–	155	175	5	115	155	195	2
			gehärtet und angelassen	325	11	–	120	135	5	85	115	150	2
M	Nichtrostender Stahl	ferritisch/martensitisch	geglüht	200	12	–	75	80	5	55	70	90	2
		martensitisch	vergütet	240	13	–	65	70	5	45	65	80	2
		austenitisch	abgeschreckt	180	14	–	75	85	5	55	75	95	2
		austenitisch-ferritisch		230	15	–	65	70	5	45	65	80	2
K	Grauguss	perlitisch/ferritisch		180	16	–	165	185	5	120	160	205	2
		perlitisch (martensitisch)		260	17	–	135	150	5	100	130	165	2
	Gusseisen mit Kugelgrafit	ferritisch		160	18	–	200	225	5	145	195	250	2
		perlitisch		250	19	–	155	175	5	115	155	195	2
	Temperguss	ferritisch		130	20	–	220	250	5	160	215	275	2
		perlitisch		230	21	–	180	200	5	130	175	220	2
N	Aluminium-Knetlegierungen	nicht aushärtbar		60	22								
		aushärtbar	ausgehärtet	100	23								
	Aluminium-Gusslegierungen	≤ 12 % Si, nicht aushärtbar		75	24								
		≤ 12 % Si, aushärtbar	ausgehärtet	90	25								
		> 12 % Si, nicht aushärtbar		130	26								
	Kupfer und Kupferlegierungen (Bronze/Messing)	Automatenlegierungen, PB > 1 %		110	27								
		CuZn, CuSnZn		90	28								
		CuSn, bleifreies Kupfer und Elektrolytkupfer		100	29								
S	Warmfeste Legierungen	Fe-Basis	geglüht	200	30								
			ausgehärtet	280	31								
		Ni- oder Co-Basis	geglüht	250	32								
			ausgehärtet	350	33								
			gegossen	320	34								
	Titanlegierungen	Reintitan		R_m 400	35								
		Alpha- + Beta-Legierungen	ausgehärtet	R_m 1050	36								
H	Gehärteter Stahl		gehärtet und angelassen	55 HRC	37								
			gehärtet und angelassen	60 HRC	38								
	Hartguss		gegossen	400	39								
	Gehärtetes Gusseisen		gehärtet und angelassen	55 HRC	40								
X	Nichtmetallische Werkstoffe	Thermoplaste			41								
		Duroplaste			42								
		Glasfaserverstärkter Kunststoff GFK			43								
		Kohlefaserverstärkter Kunststoff CFK			44								
		Grafit			45								
		Holz			46								

Hinweise: Bei den vorgegebenen Schnittdaten handelt es sich um Richtwerte, welche unter Idealbedingungen ermittelt wurden.
Je nach Anwendungsfall müssen sie individuell angepasst werden.
Die Vorschubempfehlungen befinden sich auf Seite B612.
Werkstoffbeispiele für Zerspanungsgruppen finden Sie auf Seite D11.

	Schnittgeschwindigkeit v_c [m/min]								
	GM-4RL				5602R303GR 5602R304GR 5602R305GR GM-4W				
	Nutenfräsen		Eckfräsen		Nutenfräsen		Eckfräsen		
	Ø [mm]	$a_{p\,max}$	Ø [mm]	$a_{e\,max}$	Ø [mm]	$a_{p\,max}$	Ø [mm]	$a_{e\,max}$	
	0 < x < 3	0,1 x D	0 < x ≤ 20	< 0,5 x D	0 < x < 3	0,1 x D	0 < x ≤ 20	< 0,5 x D	
	3 ≤ x ≤ 20	0,8 x D			3 ≤ x ≤ 20	0,8 x D			
	KMG303				KMG303				
	a_e / D				a_e / D				
	1/1	1/2	1/10	f-Gruppe	1/1	1/2	1/10	f-Gruppe	
	145	200	240	2	135	180	240	2	
	140	190	230	2	130	175	230	2	
	105	140	170	2	95	130	170	2	
	90	120	145	2	85	110	145	2	
	80	110	135	2	75	100	135	2	
	110	150	180	2	105	135	180	2	
	90	120	145	2	85	110	145	2	
	80	110	135	2	75	100	135	2	
	80	105	125	2	75	95	125	2	
	105	140	170	2	95	130	170	2	
	80	110	130	2	75	100	130	2	
	50	65	80	2	45	60	80	2	
	45	60	70	2	40	55	70	2	
	50	70	85	2	50	65	85	2	
	45	60	70	2	40	55	70	2	
	110	150	180	2	100	135	180	2	
	90	120	145	2	85	110	145	2	
	135	180	220	2	125	165	220	2	
	105	140	170	2	95	130	170	2	
	145	200	240	2	135	180	240	2	
	120	160	195	2	110	145	195	2	

Schaftfräser – HM Serie

Werkstoffgruppe		Zusammensetzung/Gefüge/Wärmebehandlung		Brinell-Härte HB	Zerspanungsgruppe	Schnittgeschwindigkeit v_c [m/min]							
						HM-2E HM-2EP HM-2ES HM-4E				HM-2EFP HM-4EL HM-4EFP			
						Eckfräsen				Eckfräsen			
						Ø [mm]		$a_{e\,max}$		Ø [mm]		$a_{e\,max}$	
						0 < x ≤ 20		0,05 x D		0 < x ≤ 20		0,05 x D	
						KMG555				KMG555			
						a_e / D				a_e / D			
						1/1	1/2	1/10	f-Gruppe	1/1	1/2	1/10	f-Gruppe
P	Unlegierter Stahl	ca. 0,15 % C	geglüht	125	1								
		ca. 0,45 % C	geglüht	190	2								
		ca. 0,45 % C	vergütet	250	3								
		ca. 0,75 % C	geglüht	270	4								
		ca. 0,75 % C	vergütet	300	5								
	Niedriglegierter Stahl		geglüht	180	6								
			vergütet	275	7								
			vergütet	300	8								
			vergütet	350	9								
	Hochlegierter Stahl und hochlegierter Werkzeugstahl		geglüht	200	10								
			gehärtet und angelassen	325	11								
M	Nichtrostender Stahl	ferritisch/martensitisch	geglüht	200	12								
		martensitisch	vergütet	240	13								
		austenitisch	abgeschreckt	180	14								
		austenitisch-ferritisch		230	15								
K	Grauguss	perlitisch/ferritisch		180	16								
		perlitisch (martensitisch)		260	17								
	Gusseisen mit Kugelgrafit	ferritisch		160	18								
		perlitisch		250	19								
	Temperguss	ferritisch		130	20								
		perlitisch		230	21								
N	Aluminium-Knetlegierungen	nicht aushärtbar		60	22								
		aushärtbar	ausgehärtet	100	23								
	Aluminium-Gusslegierungen	≤ 12 % Si, nicht aushärtbar		75	24								
		≤ 12 % Si, aushärtbar	ausgehärtet	90	25								
		> 12 % Si, nicht aushärtbar		130	26								
	Kupfer und Kupferlegierungen (Bronze/Messing)	Automatenlegierungen, PB > 1 %		110	27								
		CuZn, CuSnZn		90	28								
		CuSn, bleifreies Kupfer und Elektrolytkupfer		100	29								
S	Warmfeste Legierungen	Fe-Basis	geglüht	200	30								
			ausgehärtet	280	31								
		Ni- oder Co-Basis	geglüht	250	32								
			ausgehärtet	350	33								
			gegossen	320	34								
	Titanlegierungen	Reintitan		R_m 400	35								
		Alpha- + Beta-Legierungen	ausgehärtet	R_m 1050	36								
H	Gehärteter Stahl		gehärtet und angelassen	55 HRC	37	55	100	125	3	50	95	115	3
			gehärtet und angelassen	60 HRC	38	55	95	120	3	50	95	110	3
	Hartguss		gegossen	400	39	70	125	160	3	65	120	145	3
	Gehärtetes Gusseisen		gehärtet und angelassen	55 HRC	40	55	100	125	3	50	95	115	3
X	Nichtmetallische Werkstoffe	Thermoplaste			41								
		Duroplaste			42								
		Glasfaserverstärkter Kunststoff GFK			43								
		Kohlefaserverstärkter Kunststoff CFK			44								
		Grafit			45								
		Holz			46								

Hinweise: Bei den vorgegebenen Schnittdaten handelt es sich um Richtwerte, welche unter Idealbedingungen ermittelt wurden.
Je nach Anwendungsfall müssen sie individuell angepasst werden.
Die Vorschubempfehlungen befinden sich auf Seite B612.
Werkstoffbeispiele für Zerspanungsgruppen finden Sie auf Seite D11.

	Schnittgeschwindigkeit v_c [m/min]																			
	HM-6E				HM-6EL				HM-2B HM-2BP HM-2BS HM-4B				HM-2BL HM-4BL				HM-4R HM-4RP HM-4RF			
			Eckfräsen				Eckfräsen												Eckfräsen	
			Ø [mm]	$a_{e\,max}$			Ø [mm]	$a_{e\,max}$											Ø [mm]	$a_{e\,max}$
			0 < x ≤ 20	0,05 x D			0 < x ≤ 20	0,05 x D											0 < x ≤ 20	0,05 x D
	KMG555				KMG555				KMG555				KMG555				KMG555			
	a_e / D				a_e / D				a_e / D				a_e / D				a_e / D			
	1/1	1/2	1/10	f-Gruppe	1/1	1/2	1/10	f-Gruppe	1/1	1/10	1/20	f-Gruppe	1/1	1/10	1/20	f-Gruppe	1/1	1/2	1/10	f-Gruppe
	–	–	125	3	–	–	115	3	–	130	145	7	–	125	140	7	55	100	125	3
	–	–	120	3	–	–	110	3	–	80	90	7	–	80	90	7	55	95	120	3
	–	–	160	3	–	–	145	3	–	163	181	7	–	156	175	7	70	125	160	3
	–	–	125	3	–	–	115	3	–	109	145	7	–	105	140	7	55	100	125	3

Schaftfräser – NM Serie

Werkstoffgruppe		Zusammensetzung/Gefüge/Wärmebehandlung		Brinell-Härte HB	Zerspanungsgruppe	Schnittgeschwindigkeit v_c [m/min]							
						5502R402NM NM-2E NM-4E NM-2EP				NM-2B NM-4BP			
						Nutenfräsen		Eckfräsen					
						Ø [mm]	$a_{p\ max}$	Ø [mm]	$a_{e\ max}$				
						0<x<12	0,5xD	0<x≤20	<0,5xD				
						12≤x≤20	1,0xD						
						KMG309				KMG309			
						a_e / D				a_e / D			
						1/1	1/2	1/10	f-Gruppe	1/1	1/10	1/20	f-Gruppe
P	Unlegierter Stahl	ca. 0,15 % C	geglüht	125	1								
		ca. 0,45 % C	geglüht	190	2								
		ca. 0,45 % C	vergütet	250	3								
		ca. 0,75 % C	geglüht	270	4								
		ca. 0,75 % C	vergütet	300	5								
	Niedriglegierter Stahl		geglüht	180	6								
			vergütet	275	7								
			vergütet	300	8								
			vergütet	350	9								
	Hochlegierter Stahl und hochlegierter Werkzeugstahl		geglüht	200	10								
			gehärtet und angelassen	325	11								
M	Nichtrostender Stahl	ferritisch/martensitisch	geglüht	200	12								
		martensitisch	vergütet	240	13								
		austenitisch	abgeschreckt	180	14								
		austenitisch-ferritisch		230	15								
K	Grauguss	perlitisch/ferritisch		180	16								
		perlitisch (martensitisch)		260	17								
	Gusseisen mit Kugelgrafit	ferritisch		160	18								
		perlitisch		250	19								
	Temperguss	ferritisch		130	20								
		perlitisch		230	21								
N	Aluminium-Knetlegierungen	nicht aushärtbar		60	22	920	1100	1200	4	–	1400	1550	4
		aushärtbar	ausgehärtet	100	23	555	660	720	4	–	840	930	4
	Aluminium-Gusslegierungen	≤ 12 % Si, nicht aushärtbar		75	24	370	440	480	4	–	560	620	4
		≤ 12 % Si, aushärtbar	ausgehärtet	90	25	460	550	600	4	–	700	775	4
		> 12 % Si, nicht aushärtbar		130	26	140	165	180	4	–	210	235	4
	Kupfer und Kupferlegierungen (Bronze/Messing)	Automatenlegierungen, PB > 1 %		110	27	280	330	360	4	–	420	465	4
		CuZn, CuSnZn		90	28	325	385	420	4	–	490	545	4
		CuSn, bleifreies Kupfer und Elektrolytkupfer		100	29	280	330	360	4	–	420	465	4
S	Warmfeste Legierungen	Fe-Basis	geglüht	200	30								
			ausgehärtet	280	31								
		Ni- oder Co-Basis	geglüht	250	32								
			ausgehärtet	350	33								
			gegossen	320	34								
	Titanlegierungen	Reintitan		R_m 400	35								
		Alpha- + Beta-Legierungen	ausgehärtet	R_m 1050	36								
H	Gehärteter Stahl		gehärtet und angelassen	55 HRC	37								
			gehärtet und angelassen	60 HRC	38								
	Hartguss		gegossen	400	39								
	Gehärtetes Gusseisen		gehärtet und angelassen	55 HRC	40								
X	Nichtmetallische Werkstoffe	Thermoplaste			41								
		Duroplaste			42								
		Glasfaserverstärkter Kunststoff GFK			43								
		Kohlefaserverstärkter Kunststoff CFK			44								
		Grafit			45								
		Holz			46								

Hinweise: Bei den vorgegebenen Schnittdaten handelt es sich um Richtwerte, welche unter Idealbedingungen ermittelt wurden.
Je nach Anwendungsfall müssen sie individuell angepasst werden.
Die Vorschubempfehlungen befinden sich auf Seite B612.
Werkstoffbeispiele für Zerspanungsgruppen finden Sie auf Seite D11.

Schaftfräser – AL Serie, ALP/ALG Serie

Werkstoffgruppe		Zusammensetzung/Gefüge/Wärmebehandlung		Brinell-Härte HB	Zerspanungsgruppe	Schnittgeschwindigkeit v_c [m/min]							
						ALP-1EP				AL-1E, AL-2E, AL-3E (W), ALG-2E			
						Nutenfräsen		Eckfräsen		Nutenfräsen		Eckfräsen	
						Ø [mm]	$a_{p\,max}$	Ø [mm]	$a_{e\,max}$	Ø [mm]	$a_{p\,max}$	Ø [mm]	$a_{e\,max}$
						0<x<12	0,5xD	0<x≤20	<0,5xD	0<x<12	0,5xD	0<x≤20	<0,5xD
						12≤x≤20	1,0xD			12≤x≤20	1,0xD		
						YK40F / KMD401				YK30F / YK40F			
						a_e / D				a_e / D			
						1/1	1/2	1/10	f-Gruppe	1/1	1/2	1/10	f-Gruppe
P	Unlegierter Stahl	ca. 0,15 % C	geglüht	125	1								
		ca. 0,45 % C	geglüht	190	2								
		ca. 0,45 % C	vergütet	250	3								
		ca. 0,75 % C	geglüht	270	4								
		ca. 0,75 % C	vergütet	300	5								
	Niedriglegierter Stahl		geglüht	180	6								
			vergütet	275	7								
			vergütet	300	8								
			vergütet	350	9								
	Hochlegierter Stahl und hochlegierter Werkzeugstahl		geglüht	200	10								
			gehärtet und angelassen	325	11								
M	Nichtrostender Stahl	ferritisch/martensitisch	geglüht	200	12								
		martensitisch	vergütet	240	13								
		austenitisch	abgeschreckt	180	14								
		austenitisch-ferritisch		230	15								
K	Grauguss	perlitisch/ferritisch		180	16								
		perlitisch (martensitisch)		260	17								
	Gusseisen mit Kugelgrafit	ferritisch		160	18								
		perlitisch		250	19								
	Temperguss	ferritisch		130	20								
		perlitisch		230	21								
N	Aluminium-Knetlegierungen	nicht aushärtbar		60	22	300	345	375	12	920	1100	1200	4
		aushärtbar	ausgehärtet	100	23	250	290	315	12	555	660	720	4
	Aluminium-Gusslegierungen	≤ 12 % Si, nicht aushärtbar		75	24	250	280	315	12	370	440	480	4
		≤ 12 % Si, aushärtbar	ausgehärtet	90	25	210	240	265	12	460	550	600	4
		> 12 % Si, nicht aushärtbar		130	26	180	210	225	12	140	165	180	4
	Kupfer und Kupferlegierungen (Bronze/Messing)	Automatenlegierungen, PB > 1 %		110	27	280	320	350	12	280	330	360	4
		CuZn, CuSnZn		90	28	310	360	390	12	325	385	420	4
		CuSn, bleifreies Kupfer und Elektrolytkupfer		100	29	280	320	350	12	280	330	360	4
S	Warmfeste Legierungen	Fe-Basis	geglüht	200	30								
			ausgehärtet	280	31								
		Ni- oder Co-Basis	geglüht	250	32								
			ausgehärtet	350	33								
			gegossen	320	34								
	Titanlegierungen	Reintitan		R_m 400	35								
		Alpha- + Beta-Legierungen	ausgehärtet	R_m 1050	36								
H	Gehärteter Stahl		gehärtet und angelassen	55 HRC	37								
			gehärtet und angelassen	60 HRC	38								
	Hartguss		gegossen	400	39								
	Gehärtetes Gusseisen		gehärtet und angelassen	55 HRC	40								
X	Nichtmetallische Werkstoffe	Thermoplaste			41								
		Duroplaste			42								
		Glasfaserverstärkter Kunststoff GFK			43								
		Kohlefaserverstärkter Kunststoff CFK			44								
		Grafit			45								
		Holz			46								

Hinweise: Bei den vorgegebenen Schnittdaten handelt es sich um Richtwerte, welche unter Idealbedingungen ermittelt wurden.
Je nach Anwendungsfall müssen sie individuell angepasst werden.
Die Vorschubempfehlungen befinden sich auf Seite B612.
Werkstoffbeispiele für Zerspanungsgruppen finden Sie auf Seite D11.

	Schnittgeschwindigkeit v_c [m/min]																			
	AL-2EL AL-3EL				ALG-3E ALP-3E ALP-4E				ALG-3E (W) ALP-3E (W) ALP-4E (W)				5566R302NH AL-2B				AL-2R-AIR AL-3R-AIR			
	Nutenfräsen		Eckfräsen		Nutenfräsen		Eckfräsen		Nutenfräsen		Eckfräsen		Nutenfräsen		Eckfräsen		Nutenfräsen		Eckfräsen	
	Ø [mm]	$a_{p\,max}$	Ø [mm]	$a_{e\,max}$	Ø [mm]	$a_{p\,max}$	Ø [mm]	$a_{e\,max}$	Ø [mm]	$a_{p\,max}$	Ø [mm]	$a_{e\,max}$	Ø [mm]	$a_{p\,max}$	Ø [mm]	$a_{e\,max}$	Ø [mm]	$a_{p\,max}$	Ø [mm]	$a_{e\,max}$
	0<x<12	0,5xD	0<x≤20	<0,5xD	0<x<12	0,5xD	0<x≤20	<0,5xD	0<x<12	0,5xD	0<x≤20	<0,5xD	0<x<12	0,5xD	0<x≤20	<0,5xD	0<x<12	0,5xD	0<x≤20	<0,5xD
	12≤x≤20	1,0xD			12≤x≤20	1,0xD			12≤x≤20	1,0xD			12≤x≤20	1,0xD			12≤x≤20	1,0xD		
	YK30F				YK40F				KMD401				YK30F / YK40F				YK40F			
	a_e / D				ae / D				a_e / D				a_e / D				ae / D			
	1/1	1/2	1/10	f-Gruppe	1/1	1/2	1/10	f-Gruppe	1/1	1/10	1/20	f-Gruppe	1/1	1/2	1/10	f-Gruppe	1/1	1/2	1/10	f-Gruppe
	830	990	1080	4	920	1100	1200	4	1200	1430	1560	4	–	1400	1550	4	1150	1380	1500	8
	500	595	650	4	555	660	720	4	725	860	940	4	–	840	930	4	690	830	900	8
	335	400	435	4	370	440	480	4	485	575	625	4	–	560	620	4	460	555	600	8
	415	495	540	4	460	550	600	4	600	715	780	4	–	700	775	4	575	690	750	8
	125	150	165	4	140	165	180	4	185	215	235	4	–	210	235	4	175	210	225	8
	250	300	325	4	280	330	360	4	365	430	470	4	–	420	465	4	345	415	450	8
	295	350	380	4	325	385	420	4	425	505	550	4	–	490	545	4	405	485	525	8
	250	300	325	4	280	330	360	4	365	430	470	4	–	420	465	4	345	415	450	8

Schaftfräser – AL Serie, ALP/ALG Serie

Werkstoffgruppe		Zusammensetzung/Gefüge/Wärmebehandlung		Brinell-Härte HB	Zerspanungsgruppe	Schnittgeschwindigkeit v_c [m/min]							
						ALG-2R (W)				AL-2RL-AIR AL-3RL-AIR			
						Nutenfräsen		Eckfräsen		Nutenfräsen		Eckfräsen	
						Ø [mm]	$a_{p\,max}$	Ø [mm]	$a_{e\,max}$	Ø [mm]	$a_{p\,max}$	Ø [mm]	$a_{e\,max}$
						0<x<12	0,5xD	0<x≤20	<0,5xD	0<x<12	0,5xD	0<x≤20	<0,5xD
						12≤x≤20	1,0xD			12≤x≤20	1,0xD		
						KMD401				YK40F			
						a_e / D				a_e / D			
						1/1	1/2	1/10	f-Gruppe	1/1	1/2	1/10	f-Gruppe
P	Unlegierter Stahl	ca. 0,15 % C	geglüht	125	1								
		ca. 0,45 % C	geglüht	190	2								
		ca. 0,45 % C	vergütet	250	3								
		ca. 0,75 % C	geglüht	270	4								
		ca. 0,75 % C	vergütet	300	5								
	Niedriglegierter Stahl		geglüht	180	6								
			vergütet	275	7								
			vergütet	300	8								
			vergütet	350	9								
	Hochlegierter Stahl und hochlegierter Werkzeugstahl		geglüht	200	10								
			gehärtet und angelassen	325	11								
M	Nichtrostender Stahl	ferritisch/martensitisch	geglüht	200	12								
		martensitisch	vergütet	240	13								
		austenitisch	abgeschreckt	180	14								
		austenitisch-ferritisch		230	15								
K	Grauguss	perlitisch/ferritisch		180	16								
		perlitisch (martensitisch)		260	17								
	Gusseisen mit Kugelgrafit	ferritisch		160	18								
		perlitisch		250	19								
	Temperguss	ferritisch		130	20								
		perlitisch		230	21								
N	Aluminium-Knetlegierungen	nicht aushärtbar		60	22	1495	1795	1950	8	1035	1250	1350	8
		aushärtbar	ausgehärtet	100	23	900	1080	1170	8	625	750	810	8
	Aluminium-Gusslegierungen	≤ 12 % Si, nicht aushärtbar		75	24	600	725	780	8	415	500	540	8
		≤ 12 % Si, aushärtbar	ausgehärtet	90	25	750	900	975	8	520	625	675	8
		> 12 % Si, nicht aushärtbar		130	26	230	275	295	8	160	190	205	8
	Kupfer und Kupferlegierungen (Bronze/Messing)	Automatenlegierungen, PB > 1 %		110	27	450	540	585	8	315	375	405	8
		CuZn, CuSnZn		90	28	530	635	685	8	365	440	475	8
		CuSn, bleifreies Kupfer und Elektrolytkupfer		100	29	450	540	585	8	315	375	405	8
S	Warmfeste Legierungen	Fe-Basis	geglüht	200	30								
			ausgehärtet	280	31								
		Ni- oder Co-Basis	geglüht	250	32								
			ausgehärtet	350	33								
			gegossen	320	34								
	Titanlegierungen	Reintitan		R_m 400	35								
		Alpha- + Beta-Legierungen	ausgehärtet	R_m 1050	36								
H	Gehärteter Stahl		gehärtet und angelassen	55 HRC	37								
			gehärtet und angelassen	60 HRC	38								
	Hartguss		gegossen	400	39								
	Gehärtetes Gusseisen		gehärtet und angelassen	55 HRC	40								
X	Nichtmetallische Werkstoffe	Thermoplaste			41								
		Duroplaste			42								
		Glasfaserverstärkter Kunststoff GFK			43								
		Kohlefaserverstärkter Kunststoff CFK			44								
		Grafit			45								
		Holz			46								

Hinweise: Bei den vorgegebenen Schnittdaten handelt es sich um Richtwerte, welche unter Idealbedingungen ermittelt wurden.
Je nach Anwendungsfall müssen sie individuell angepasst werden.
Die Vorschubempfehlungen befinden sich auf Seite B612.
Werkstoffbeispiele für Zerspanungsgruppen finden Sie auf Seite D11.

Schaftfräser – TM Serie

Werkstoffgruppe		Zusammensetzung/Gefüge/Wärmebehandlung		Brinell-Härte HB	Zerspanungsgruppe	Schnittgeschwindigkeit v_c [m/min]							
						TM-2R / TM-3R / TM-4R / TM-4RP TM-5R / TM-5RP TM-7R / TM-7RP TM-9R / TM-9RP				TM-4B / TM-4BP TM-5B / TM-5BP			
						Nutenfräsen		Eckfräsen					
						Ø [mm]	$a_{p\,max}$	Ø [mm]	$a_{e\,max}$				
						0 < x < 3	0,3 x D	0 < x < 3					
						3 ≤ x < 12	0,7 x D	3 ≤ x < 20	0,3 x D				
						12 ≤ x ≤ 20	1,5 x D						
						KMS405				KMS405			
						a_e / D				a_e / D			
						1/1	1/2	1/10	f-Gruppe	1/1	1/10	1/20	f-Gruppe
P	Unlegierter Stahl	ca. 0,15 % C	geglüht	125	1								
		ca. 0,45 % C	geglüht	190	2								
		ca. 0,45 % C	vergütet	250	3								
		ca. 0,75 % C	geglüht	270	4								
		ca. 0,75 % C	vergütet	300	5								
	Niedriglegierter Stahl		geglüht	180	6								
			vergütet	275	7								
			vergütet	300	8								
			vergütet	350	9								
	Hochlegierter Stahl und hochlegierter Werkzeugstahl		geglüht	200	10								
			gehärtet und angelassen	325	11								
M	Nichtrostender Stahl	ferritisch/martensitisch	geglüht	200	12								
		martensitisch	vergütet	240	13								
		austenitisch	abgeschreckt	180	14								
		austenitisch-ferritisch		230	15								
K	Grauguss	perlitisch/ferritisch		180	16								
		perlitisch (martensitisch)		260	17								
	Gusseisen mit Kugelgrafit	ferritisch		160	18								
		perlitisch		250	19								
	Temperguss	ferritisch		130	20								
		perlitisch		230	21								
N	Aluminium-Knetlegierungen	nicht aushärtbar		60	22								
		aushärtbar	ausgehärtet	100	23								
	Aluminium-Gusslegierungen	≤ 12 % Si, nicht aushärtbar		75	24								
		≤ 12 % Si, aushärtbar	ausgehärtet	90	25								
		> 12 % Si, nicht aushärtbar		130	26								
	Kupfer und Kupferlegierungen (Bronze/Messing)	Automatenlegierungen, PB > 1 %		110	27								
		CuZn, CuSnZn		90	28								
		CuSn, bleifreies Kupfer und Elektrolytkupfer		100	29								
S	Warmfeste Legierungen	Fe-Basis	geglüht	200	30	45	55	85	10	–	85	90	10
			ausgehärtet	280	31	25	30	45	10	–	45	50	10
		Ni- oder Co-Basis	geglüht	250	32	45	55	85	10	–	85	90	10
			ausgehärtet	350	33	25	30	45	10	–	45	50	10
			gegossen	320	34	25	30	45	10	–	45	50	10
	Titanlegierungen	Reintitan		R_m 400	35	75	90	135	10	–	135	145	10
		Alpha- + Beta-Legierungen	ausgehärtet	R_m 1050	36	45	55	85	10	–	85	90	10
H	Gehärteter Stahl		gehärtet und angelassen	55 HRC	37								
			gehärtet und angelassen	60 HRC	38								
	Hartguss		gegossen	400	39								
	Gehärtetes Gusseisen		gehärtet und angelassen	55 HRC	40								
X	Nichtmetallische Werkstoffe	Thermoplaste			41								
		Duroplaste			42								
		Glasfaserverstärkter Kunststoff GFK			43								
		Kohlefaserverstärkter Kunststoff CFK			44								
		Grafit			45								
		Holz			46								

Hinweise: Bei den vorgegebenen Schnittdaten handelt es sich um Richtwerte, welche unter Idealbedingungen ermittelt wurden.
Je nach Anwendungsfall müssen sie individuell angepasst werden.
Die Vorschubempfehlungen befinden sich auf Seite B612.
Werkstoffbeispiele für Zerspanungsgruppen finden Sie auf Seite D11.

Schaftfräser – PM Serie

Werkstoffgruppe		Zusammensetzung/Gefüge/Wärmebehandlung		Brinell-Härte HB	Zerspanungsgruppe	Schnittgeschwindigkeit v_c [m/min]							
						PM-2E PM-2ES / PM-2EP / PM-2RP PM-4E PM-4E-G				PM-4EL PM-4EL-G PM-4EX-G			
						Nutenfräsen		Eckfräsen		Nutenfräsen		Eckfräsen	
						Ø [mm]	$a_{p\,max}$	Ø [mm]	$a_{e\,max}$	Ø [mm]	$a_{p\,max}$	Ø [mm]	$a_{e\,max}$
						0 < x < 3	0,1 5 x D	0 < x ≤ 20	0,15 x D	0 < x < 3	0,1 5 x D	0 < x ≤ 20	0,15 x D
						3 ≤ x < 6	0,3 x D			3 ≤ x < 6	0,3 x D		
						6 ≤ x ≤ 20	0,5 x D			6 ≤ x ≤ 20	0,5 x D		
						KMG405				KMG405			
						a_e / D				a_e / D			
						1/1	1/2	1/10	f-Gruppe	1/1	1/2	1/10	f-Gruppe
P	Unlegierter Stahl	ca. 0,15 % C	geglüht	125	1	165	220	300	1	140	190	255	1
		ca. 0,45 % C	geglüht	190	2	160	210	285	1	135	185	245	1
		ca. 0,45 % C	vergütet	250	3	120	155	210	1	100	135	180	1
		ca. 0,75 % C	geglüht	270	4	100	135	180	1	85	115	155	1
		ca. 0,75 % C	vergütet	300	5	95	125	165	1	80	105	145	1
	Niedriglegierter Stahl		geglüht	180	6	125	165	225	1	110	145	195	1
			vergütet	275	7	100	135	180	1	85	115	155	1
			vergütet	300	8	95	125	165	1	80	105	145	1
			vergütet	350	9	90	115	160	1	75	100	135	1
	Hochlegierter Stahl und hochlegierter Werkzeugstahl		geglüht	200	10	120	155	210	1	100	135	180	1
			gehärtet und angelassen	325	11	90	120	160	1	75	105	140	1
M	Nichtrostender Stahl	ferritisch/martensitisch	geglüht	200	12	55	75	100	1	45	65	85	1
		martensitisch	vergütet	240	13	50	65	85	1	40	55	75	1
		austenitisch	abgeschreckt	180	14	60	75	105	1	50	65	90	1
		austenitisch-ferritisch		230	15	50	65	85	1	40	55	75	1
K	Grauguss	perlitisch/ferritisch		180	16	125	165	220	1	105	140	190	1
		perlitisch (martensitisch)		260	17	100	135	180	1	85	115	155	1
	Gusseisen mit Kugelgrafit	ferritisch		160	18	150	200	270	1	130	175	230	1
		perlitisch		250	19	120	155	210	1	100	135	180	1
	Temperguss	ferritisch		130	20	165	220	300	1	145	190	255	1
		perlitisch		230	21	135	180	240	1	115	155	205	1
N	Aluminium-Knetlegierungen	nicht aushärtbar		60	22								
		aushärtbar	ausgehärtet	100	23								
	Aluminium-Gusslegierungen	≤ 12 % Si, nicht aushärtbar		75	24								
		≤ 12 % Si, aushärtbar	ausgehärtet	90	25								
		> 12 % Si, nicht aushärtbar		130	26								
	Kupfer und Kupferlegierungen (Bronze/Messing)	Automatenlegierungen, PB > 1 %		110	27								
		CuZn, CuSnZn		90	28								
		CuSn, bleifreies Kupfer und Elektrolytkupfer		100	29								
S	Warmfeste Legierungen	Fe-Basis	geglüht	200	30								
			ausgehärtet	280	31								
		Ni- oder Co-Basis	geglüht	250	32								
			ausgehärtet	350	33								
			gegossen	320	34								
	Titanlegierungen	Reintitan		R_m 400	35								
		Alpha- + Beta-Legierungen	ausgehärtet	R_m 1050	36								
H	Gehärteter Stahl		gehärtet und angelassen	55 HRC	37	80	105	140	1	65	90	120	1
			gehärtet und angelassen	60 HRC	38	–	–	–	–	–	–	–	–
	Hartguss		gegossen	400	39	105	140	185	1	85	120	160	1
	Gehärtetes Gusseisen		gehärtet und angelassen	55 HRC	40	–	–	–	–	–	–	–	–
X	Nichtmetallische Werkstoffe	Thermoplaste			41								
		Duroplaste			42								
		Glasfaserverstärkter Kunststoff GFK			43								
		Kohlefaserverstärkter Kunststoff CFK			44								
		Grafit			45								
		Holz			46								

Hinweise: Bei den vorgegebenen Schnittdaten handelt es sich um Richtwerte, welche unter Idealbedingungen ermittelt wurden.
Je nach Anwendungsfall müssen sie individuell angepasst werden.
Die Vorschubempfehlungen befinden sich auf Seite B612.
Werkstoffbeispiele für Zerspanungsgruppen finden Sie auf Seite D11.

	Schnittgeschwindigkeit v_c [m/min]																			
	PM-6E				PM-6EL				PM-2B PM-2BS / PM-2BP PM-4B				PM-2BL PM-2BFP PM-4BL				PM-2BC			
			Eckfräsen				Eckfräsen													
			Ø [mm]	$a_{p\,max}$			Ø [mm]	$a_{p\,max}$												
			$0 < x \leq 20$	0.15 x D			$0 < x \leq 20$	0.15 x D												
	KMG405				KMG405				KMG405				KMG405				KMG405			
	a_e / D				a_e / D				a_e / D				a_e / D				a_e / D			
	1/1	1/2	1/10	f-Gruppe	1/1	1/2	1/10	f-Gruppe	1/1	1/10	1/20	f-Gruppe	1/1	1/10	1/20	f-Gruppe	1/1	1/10	1/20	f-Gruppe
	–	220	300	1	–	190	255	1	–	270	300	5	–	230	255	5	–	230	255	5
	–	210	285	1	–	185	245	1	–	260	285	5	–	220	245	5	–	220	245	5
	–	155	210	1	–	135	180	1	–	190	210	5	–	165	180	5	–	165	180	5
	–	135	180	1	–	115	155	1	–	165	180	5	–	140	155	5	–	140	155	5
	–	125	165	1	–	105	145	1	–	150	165	5	–	130	145	5	–	130	145	5
	–	165	225	1	–	145	195	1	–	205	225	5	–	175	195	5	–	175	195	5
	–	135	180	1	–	115	155	1	–	165	180	5	–	140	155	5	–	140	155	5
	–	125	165	1	–	105	145	1	–	150	165	5	–	130	145	5	–	130	145	5
	–	115	160	1	–	100	135	1	–	145	160	5	–	120	135	5	–	120	135	5
	–	155	210	1	–	135	180	1	–	190	210	5	–	165	180	5	–	165	180	5
	–	120	160	1	–	105	140	1	–	145	160	5	–	125	140	5	–	125	140	5
	–	75	100	1	–	65	85	1	–	90	100	5	–	75	85	5	–	75	85	5
	–	65	85	1	–	55	75	1	–	80	85	5	–	65	75	5	–	65	75	5
	–	75	105	1	–	65	90	1	–	95	105	5	–	80	90	5	–	80	90	5
	–	65	85	1	–	55	75	1	–	80	85	5	–	65	75	5	–	65	75	5
	–	165	220	1	–	140	190	1	–	200	220	5	–	170	190	5	–	170	190	5
	–	135	180	1	–	115	155	1	–	165	180	5	–	140	155	5	–	140	155	5
	–	200	270	1	–	175	230	1	–	245	270	5	–	210	230	5	–	210	230	5
	–	155	210	1	–	135	180	1	–	190	210	5	–	165	180	5	–	165	180	5
	–	220	300	1	–	190	255	1	–	270	300	5	–	230	255	5	–	230	255	5
	–	180	240	1	–	155	205	1	–	220	240	5	–	185	205	5	–	185	205	5
	–	105	140	1	–	90	120	1	–	125	140	5	–	110	120	5	–	110	120	5
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	–	140	185	1	–	120	160	1	–	165	185	1	–	145	160	1	–	145	160	1
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Schaftfräser – PM Serie, VPM Serie

Werkstoffgruppe		Zusammensetzung/Gefüge/Wärmebehandlung		Brinell-Härte HB	Zerspanungsgruppe	Schnittgeschwindigkeit v_c [m/min]							
						PM-2R PM-4R				PM-4RL			
						Nutenfräsen		Eckfräsen		Nutenfräsen		Eckfräsen	
						Ø [mm]	$a_{p\,max}$	Ø [mm]	$a_{e\,max}$	Ø [mm]	$a_{p\,max}$	Ø [mm]	$a_{e\,max}$
						0 < x < 3	0,1 5x D	0 < x ≤ 20	0.15 x D	0 < x < 3	0,1 5x D	0 < x ≤ 20	0.15 x D
						3 ≤ x < 6	0,3 x D			3 ≤ x < 6	0,3 x D		
						6 ≤ x ≤ 20	0,5 x D			6 ≤ x ≤ 20	0,5 x D		
						KMG405				KMG405			
						a_e / D				a_e / D			
						1/1	1/2	1/10	f-Gruppe	1/1	1/2	1/10	f-Gruppe
P	Unlegierter Stahl	ca. 0,15 % C	geglüht	125	1	165	220	300	1	150	200	265	1
		ca. 0,45 % C	geglüht	190	2	160	210	285	1	145	190	255	1
		ca. 0,45 % C	vergütet	250	3	120	155	210	1	105	140	190	1
		ca. 0,75 % C	geglüht	270	4	100	135	180	1	90	120	160	1
		ca. 0,75 % C	vergütet	300	5	95	125	165	1	85	110	150	1
	Niedriglegierter Stahl		geglüht	180	6	125	165	225	1	115	150	200	1
			vergütet	275	7	100	135	180	1	90	120	160	1
			vergütet	300	8	95	125	165	1	85	110	150	1
			vergütet	350	9	90	115	160	1	80	105	140	1
	Hochlegierter Stahl und hochlegierter Werkzeugstahl		geglüht	200	10	120	155	210	1	105	140	190	1
			gehärtet und angelassen	325	11	90	120	160	1	80	110	145	1
M	Nichtrostender Stahl	ferritisch/martensitisch	geglüht	200	12	55	75	100	1	50	65	85	1
		martensitisch	vergütet	240	13	50	65	85	1	45	60	75	1
		austenitisch	abgeschreckt	180	14	60	75	105	1	55	70	95	1
		austenitisch-ferritisch		230	15	50	65	85	1	45	60	75	1
K	Grauguss	perlitisch/ferritisch		180	16	125	165	220	1	110	150	195	1
		perlitisch (martensitisch)		260	17	100	135	180	1	90	120	160	1
	Gusseisen mit Kugelgrafit	ferritisch		160	18	150	200	270	1	135	180	240	1
		perlitisch		250	19	120	155	210	1	105	140	190	1
	Temperguss	ferritisch		130	20	165	220	300	1	150	200	265	1
		perlitisch		230	21	135	180	240	1	120	160	215	1
N	Aluminium-Knetlegierungen	nicht aushärtbar		60	22								
		aushärtbar	ausgehärtet	100	23								
	Aluminium-Gusslegierungen	≤ 12 % Si, nicht aushärtbar		75	24								
		≤ 12 % Si, aushärtbar	ausgehärtet	90	25								
		> 12 % Si, nicht aushärtbar		130	26								
	Kupfer und Kupferlegierungen (Bronze/Messing)	Automatenlegierungen, PB > 1 %		110	27								
		CuZn, CuSnZn		90	28								
		CuSn, bleifreies Kupfer und Elektrolytkupfer		100	29								
S	Warmfeste Legierungen	Fe-Basis	geglüht	200	30								
			ausgehärtet	280	31								
		Ni- oder Co-Basis	geglüht	250	32								
			ausgehärtet	350	33								
			gegossen	320	34								
	Titanlegierungen	Reintitan		R_m 400	35								
		Alpha- + Beta-Legierungen	ausgehärtet	R_m 1050	36								
H	Gehärteter Stahl		gehärtet und angelassen	55 HRC	37	85	110	145	1	70	95	125	1
			gehärtet und angelassen	60 HRC	38	–	–	–	–	–	–	–	–
	Hartguss		gegossen	400	39	115	145	190	1	95	125	165	1
	Gehärtetes Gusseisen		gehärtet und angelassen	55 HRC	40	–	–	–	–	–	–	–	–
X	Nichtmetallische Werkstoffe	Thermoplaste			41								
		Duroplaste			42								
		Glasfaserverstärkter Kunststoff GFK			43								
		Kohlefaserverstärkter Kunststoff CFK			44								
		Grafit			45								
		Holz			46								

Hinweise: Bei den vorgegebenen Schnittdaten handelt es sich um Richtwerte, welche unter Idealbedingungen ermittelt wurden.
Je nach Anwendungsfall müssen sie individuell angepasst werden.
Die Vorschubempfehlungen befinden sich auf Seite B612.
Werkstoffbeispiele für Zerspanungsgruppen finden Sie auf Seite D11.

	Schnittgeschwindigkeit v_c [m/min]								
	PM-4H PM-4HL				VPM-4E VPM-4R				
			Eckfräsen		Nutenfräsen		Eckfräsen		
			Ø [mm]	$a_{e\,max}$	Ø [mm]	$a_{p\,max}$	Ø [mm]	$a_{e\,max}$	
			0 < x ≤ 20	0.15 x D	0 < x < 3	0,5x D	0 < x < 3	0.15 x D	
					3 ≤ x < 12	1,5x D	3 ≤ x < 20	0,5 x D	
					12≤x≤20	2,0x D			
	KMG405				KMG406				
	a_e / D				a_e / D				
	1/1	1/2	1/10	f-Gruppe	1/1	1/2	1/10	f-Gruppe	
	–	210	270	6	230	280	350	9	
	–	200	260	6	220	270	340	9	
	–	150	190	6	160	190	250	9	
	–	130	165	6	140	160	210	9	
	–	120	150	6	130	150	200	9	
	–	160	205	6	180	215	270	9	
	–	130	165	6	130	170	220	9	
	–	120	150	6	125	150	190	9	
	–	110	145	6	120	150	190	9	
	–	150	190	6	160	190	250	9	
	–	115	145	6	115	140	190	9	
	–	70	90	6	70	90	110	9	
	–	60	80	6	60	80	100	9	
	–	75	95	6	75	90	120	9	
	–	60	80	6	65	80	100	9	
	–	155	200	6	160	200	260	9	
	–	130	165	6	140	170	220	9	
	–	190	245	6	215	250	330	9	
	–	150	190	6	160	200	250	9	
	–	210	270	6	230	280	360	9	
	–	170	220	6	180	230	290	9	
	–	100	125	1	100	120	150	9	
	–	–	–	–	–	–	–	–	
	–	130	165	1	110	150	180	9	
	–	–	–	–	–	–	–	–	

Schaftfräser – EPM Serie

Werkstoffgruppe		Zusammensetzung/Gefüge/Wärmebehandlung		Brinell-Härte HB	Zerspanungsgruppe	Schnittgeschwindigkeit v_c [m/min]							
						EPM-2E EPM-4E				EPM-2EL EPM-4EL			
						Nutenfräsen		Eckfräsen		Nutenfräsen		Eckfräsen	
						Ø [mm]	$a_{p\,max}$	Ø [mm]	$a_{e\,max}$	Ø [mm]	$a_{p\,max}$	Ø [mm]	$a_{e\,max}$
						0 < x < 3	0,1 5 x D	0 < x ≤ 20	0,15 x D	0 < x < 3	0,1 5 x D	0 < x ≤ 20	0,15 x D
						3 ≤ x < 6	0,3 x D			3 ≤ x < 6	0,3 x D		
						6 ≤ x ≤ 20	0,5 x D			6 ≤ x ≤ 20	0,5 x D		
						KMG406				KMG406			
						a_e / D				a_e / D			
						1/1	1/2	1/10	f-Gruppe	1/1	1/2	1/10	f-Gruppe
P	Unlegierter Stahl	ca. 0,15 % C	geglüht	125	1	165	220	300	1	140	190	255	1
		ca. 0,45 % C	geglüht	190	2	160	210	285	1	135	185	245	1
		ca. 0,45 % C	vergütet	250	3	120	155	210	1	100	135	180	1
		ca. 0,75 % C	geglüht	270	4	100	135	180	1	85	115	155	1
		ca. 0,75 % C	vergütet	300	5	95	125	165	1	80	105	145	1
	Niedriglegierter Stahl		geglüht	180	6	125	165	225	1	110	145	195	1
			vergütet	275	7	100	135	180	1	85	115	155	1
			vergütet	300	8	95	125	165	1	80	105	145	1
			vergütet	350	9	90	115	160	1	75	100	135	1
	Hochlegierter Stahl und hochlegierter Werkzeugstahl		geglüht	200	10	120	155	210	1	100	135	180	1
			gehärtet und angelassen	325	11	90	120	160	1	75	105	140	1
M	Nichtrostender Stahl	ferritisch/martensitisch	geglüht	200	12	55	75	100	1	45	65	85	1
		martensitisch	vergütet	240	13	50	65	85	1	40	55	75	1
		austenitisch	abgeschreckt	180	14	60	75	105	1	50	65	90	1
		austenitisch-ferritisch		230	15	50	65	85	1	40	55	75	1
K	Grauguss	perlitisch/ferritisch		180	16	125	165	220	1	105	140	190	1
		perlitisch (martensitisch)		260	17	100	135	180	1	85	115	155	1
	Gusseisen mit Kugelgrafit	ferritisch		160	18	150	200	270	1	130	175	230	1
		perlitisch		250	19	120	155	210	1	100	135	180	1
	Temperguss	ferritisch		130	20	165	220	300	1	145	190	255	1
		perlitisch		230	21	135	180	240	1	115	155	205	1
N	Aluminium-Knetlegierungen	nicht aushärtbar		60	22								
		aushärtbar	ausgehärtet	100	23								
	Aluminium-Gusslegierungen	≤ 12 % Si, nicht aushärtbar		75	24								
		≤ 12 % Si, aushärtbar	ausgehärtet	90	25								
		> 12 % Si, nicht aushärtbar		130	26								
	Kupfer und Kupferlegierungen (Bronze/Messing)	Automatenlegierungen, PB > 1 %		110	27								
		CuZn, CuSnZn		90	28								
		CuSn, bleifreies Kupfer und Elektrolytkupfer		100	29								
S	Warmfeste Legierungen	Fe-Basis	geglüht	200	30								
			ausgehärtet	280	31								
		Ni- oder Co-Basis	geglüht	250	32								
			ausgehärtet	350	33								
			gegossen	320	34								
	Titanlegierungen	Reintitan		R_m 400	35								
		Alpha- + Beta-Legierungen	ausgehärtet	R_m 1050	36								
H	Gehärteter Stahl		gehärtet und angelassen	55 HRC	37	80	105	140	1	65	90	120	1
			gehärtet und angelassen	60 HRC	38	–	–	–	–	–	–	–	–
	Hartguss		gegossen	400	39	105	140	185	1	85	120	160	1
	Gehärtetes Gusseisen		gehärtet und angelassen	55 HRC	40								
X	Nichtmetallische Werkstoffe	Thermoplaste			41								
		Duroplaste			42								
		Glasfaserverstärkter Kunststoff GFK			43								
		Kohlefaserverstärkter Kunststoff CFK			44								
		Grafit			45								
		Holz			46								

Hinweise: Bei den vorgegebenen Schnittdaten handelt es sich um Richtwerte, welche unter Idealbedingungen ermittelt wurden.
Je nach Anwendungsfall müssen sie individuell angepasst werden.
Die Vorschubempfehlungen befinden sich auf Seite B612.
Werkstoffbeispiele für Zerspanungsgruppen finden Sie auf Seite D11.

	Schnittgeschwindigkeit v_c [m/min]																			
	EPM-2B EPM-4B				EPM-2BL EPM-4BL															
	KMG406				KMG406															
	a_e / D				a_e / D															
	1/1	1/10	1/20	f-Gruppe	1/1	1/10	1/20	f-Gruppe												
	–	270	300	5	–	230	255	5												
	–	260	285	5	–	220	245	5												
	–	190	210	5	–	165	180	5												
	–	165	180	5	–	140	155	5												
	–	150	165	5	–	130	145	5												
	–	205	225	5	–	175	195	5												
	–	165	180	5	–	140	155	5												
	–	150	165	5	–	130	145	5												
	–	145	160	5	–	120	135	5												
	–	190	210	5	–	165	180	5												
	–	145	160	5	–	125	140	5												
	–	90	100	5	–	75	85	5												
	–	80	85	5	–	65	75	5												
	–	95	105	5	–	80	90	5												
	–	80	85	5	–	65	75	5												
	–	200	220	5	–	170	190	5												
	–	165	180	5	–	140	155	5												
	–	245	270	5	–	210	230	5												
	–	190	210	5	–	165	180	5												
	–	270	300	5	–	230	255	5												
	–	220	240	5	–	185	205	5												
	–	125	140	5	–	110	120	5												
	–	–	–	–	–	–	–	–												
	–	165	185	1	–	145	160	1												

Schaftfräser – HPC Serie, UM/UMC Serie, VSM Serie

Werkstoffgruppe		Zusammensetzung/Gefüge/Wärmebehandlung		Brinell-Härte HB	Zerspanungsgruppe	Schnittgeschwindigkeit v_c [m/min]							
						5501R38414GM (-R) 5502R38414GM (-R) 5602R38414GM (-R)				5501R38414GM 5502R38414GM 5602R38414GM			
						Nutenfräsen		Eckfräsen		Nutenfräsen		Eckfräsen	
						Ø [mm]	$a_{p\,max}$	Ø [mm]	$a_{e\,max}$	Ø [mm]	$a_{p\,max}$	Ø [mm]	$a_{e\,max}$
						0 < x < 3	0,3 x D	0 < x < 3	0.15 x D	0 < x < 3	0,3 x D	0 < x < 3	0.15 x D
						3 ≤ x < 12	0,7 x D	3 ≤ x < 20	0,3 x D	3 ≤ x < 12	0,7 x D	3 ≤ x < 20	0,3 x D
						12 ≤ x ≤ 20	1,5 x D			12 ≤ x ≤ 20	1,5 x D		
						KMG405				KMG406			
						a_e / D				a_e / D			
						1/1	1/2	1/10	f-Gruppe	1/1	1/2	1/10	f-Gruppe
P	Unlegierter Stahl	ca. 0,15 % C	geglüht	125	1	250	300	380	9	230	280	350	9
		ca. 0,45 % C	geglüht	190	2	240	285	365	9	220	270	340	9
		ca. 0,45 % C	vergütet	250	3	175	210	270	9	160	190	250	9
		ca. 0,75 % C	geglüht	270	4	150	180	230	9	140	160	210	9
		ca. 0,75 % C	vergütet	300	5	140	165	210	9	130	150	200	9
	Niedriglegierter Stahl		geglüht	180	6	190	225	285	9	180	215	270	9
			vergütet	275	7	150	180	230	9	130	170	220	9
			vergütet	300	8	140	165	210	9	125	150	190	9
			vergütet	350	9	130	160	200	9	120	150	190	9
	Hochlegierter Stahl und hochlegierter Werkzeugstahl		geglüht	200	10	175	210	270	9	160	190	250	9
			gehärtet und angelassen	325	11	135	160	205	9	115	140	190	9
M	Nichtrostender Stahl	ferritisch/martensitisch	geglüht	200	12	80	100	125	9	70	90	110	9
		martensitisch	vergütet	240	13	70	85	110	9	60	80	100	9
		austenitisch	abgeschreckt	180	14	85	105	130	9	75	90	120	9
		austenitisch-ferritisch		230	15	70	85	110	9	65	80	100	9
K	Grauguss	perlitisch/ferritisch		180	16	185	220	280	9	160	200	260	9
		perlitisch (martensitisch)		260	17	150	180	230	9	140	170	220	9
	Gusseisen mit Kugelgrafit	ferritisch		160	18	225	270	345	9	215	250	330	9
		perlitisch		250	19	175	210	270	9	160	200	250	9
	Temperguss	ferritisch		130	20	250	300	380	9	230	280	360	9
		perlitisch		230	21	200	240	305	9	180	230	290	9
N	Aluminium-Knetlegierungen	nicht aushärtbar		60	22								
		aushärtbar	ausgehärtet	100	23								
	Aluminium-Gusslegierungen	≤ 12 % Si, nicht aushärtbar		75	24								
		≤ 12 % Si, aushärtbar	ausgehärtet	90	25								
		> 12 % Si, nicht aushärtbar		130	26								
	Kupfer und Kupferlegierungen (Bronze/Messing)	Automatenlegierungen, PB > 1 %		110	27								
		CuZn, CuSnZn		90	28								
		CuSn, bleifreies Kupfer und Elektrolytkupfer		100	29								
S	Warmfeste Legierungen	Fe-Basis	geglüht	200	30								
			ausgehärtet	280	31								
		Ni- oder Co-Basis	geglüht	250	32								
			ausgehärtet	350	33								
			gegossen	320	34								
	Titanlegierungen	Reintitan		R_m 400	35								
		Alpha- + Beta-Legierungen	ausgehärtet	R_m 1050	36								
H	Gehärteter Stahl		gehärtet und angelassen	55 HRC	37	115	140	175	9	100	120	150	9
			gehärtet und angelassen	60 HRC	38	–	–	–	–	–	–	–	–
	Hartguss		gegossen	400	39	135	165	205	9	110	150	180	9
	Gehärtetes Gusseisen		gehärtet und angelassen	55 HRC	40	–	–	–	–	–	–	–	–
X	Nichtmetallische Werkstoffe	Thermoplaste			41								
		Duroplaste			42								
		Glasfaserverstärkter Kunststoff GFK			43								
		Kohlefaserverstärkter Kunststoff CFK			44								
		Grafit			45								
		Holz			46								

Hinweise: Bei den vorgegebenen Schnittdaten handelt es sich um Richtwerte, welche unter Idealbedingungen ermittelt wurden.
Je nach Anwendungsfall müssen sie individuell angepasst werden.
Die Vorschubempfehlungen befinden sich auf Seite B612.
Werkstoffbeispiele für Zerspanungsgruppen finden Sie auf Seite D11.

	Schnittgeschwindigkeit v_c [m/min]																			
	UM-4E UM-4E-W UM-4R UM-5EP				UM-4EL UM-4EL-W UM-4ELP UM-4EFP				UM-4RL UM-4RFP				UMC-4E UMC-4E-W				VSM-4E VSM-4R			
	Nutenfräsen		Eckfräsen		Nutenfräsen		Eckfräsen		Nutenfräsen		Eckfräsen		Nutenfräsen		Eckfräsen		Nutenfräsen		Eckfräsen	
	Ø [mm]	$a_{p\,max}$	Ø [mm]	$a_{e\,max}$	Ø [mm]	$a_{p\,max}$	Ø [mm]	$a_{e\,max}$	Ø [mm]	$a_{p\,max}$	Ø [mm]	$a_{e\,max}$	Ø [mm]	$a_{p\,max}$	Ø [mm]	$a_{e\,max}$	Ø [mm]	$a_{p\,max}$	Ø [mm]	$a_{e\,max}$
	0 < x < 3	0,3x D	0 < x < 3	0.15 x D	0 < x < 3	0,3x D	0 < x < 3	0.15 x D	0 < x < 3	0,3x D	0 < x < 3	0.15 x D	0 < x < 3	0,3x D	0 < x < 3	0.15 x D	0 < x < 3	0,3x D	0 < x < 3	0.15 x D
	3 ≤ x < 12	0,7 x D	3 ≤ x < 20	0,3 x D	3 ≤ x < 12	0,7 x D	3 ≤ x < 20	0,3 x D	3 ≤ x < 12	0,7 x D	3 ≤ x < 20	0,3 x D	3 ≤ x < 12	0,7 x D	3 ≤ x < 20	0,3 x D	3 ≤ x < 12	0,7 x D	3 ≤ x < 20	0,3 x D
	12≤x≤20	1,5xD			12≤x≤20	1,5xD			12≤x≤20	1,5xD			12≤x≤20	1,5xD			12≤x≤20	1,5xD		
	KMG405				KMG405				KMG405				KMG405				KMG405			
	a_e / D				a_e / D				a_e / D				a_e / D				a_e / D			
	1/1	1/2	1/10	f-Gruppe	1/1	1/2	1/10	f-Gruppe	1/1	1/2	1/10	f-Gruppe	1/1	1/2	1/10	f-Gruppe	1/1	1/2	1/10	f-Gruppe
	250	300	380	9	150	180	230	9	150	180	230	9	–	–	300	9	145	180	250	10
	240	285	365	9	145	175	220	9	145	175	220	9	–	–	285	9	140	175	240	10
	175	210	270	9	105	130	165	9	105	130	165	9	–	–	210	9	105	130	175	10
	150	180	230	9	90	110	140	9	90	110	140	9	–	–	180	9	90	110	150	10
	140	165	210	9	85	100	130	9	85	100	130	9	–	–	165	9	80	100	140	10
	190	225	285	9	115	135	175	9	115	135	175	9	–	–	225	9	110	135	190	10
	150	180	230	9	90	110	140	9	90	110	140	9	–	–	180	9	90	110	150	10
	140	165	210	9	85	100	130	9	85	100	130	9	–	–	165	9	80	100	140	10
	130	160	200	9	80	95	120	9	80	95	120	9	–	–	160	9	80	95	130	10
	175	210	270	9	105	130	165	9	105	130	165	9	–	–	210	9	105	130	175	10
	135	160	205	9	80	100	125	9	80	100	125	9	–	–	160	9	80	100	135	10
	80	100	125	9	50	60	75	9	50	60	75	9	–	–	100	9	50	60	80	10
	70	85	110	9	45	55	65	9	45	55	65	9	–	–	85	9	45	55	70	10
	85	105	130	9	55	65	80	9	55	65	80	9	–	–	105	9	50	65	85	10
	70	85	110	9	45	55	65	9	45	55	65	9	–	–	85	9	45	55	70	10
	185	220	280	9	110	135	170	9	110	135	170	9	–	–	220	9				
	150	180	230	9	90	110	140	9	90	110	140	9	–	–	180	9				
	225	270	345	9	135	165	210	9	135	165	210	9	–	–	270	9				
	175	210	270	9	105	130	165	9	105	130	165	9	–	–	210	9				
	250	300	380	9	150	180	230	9	150	180	230	9	–	–	300	9				
	200	240	305	9	120	145	185	9	120	145	185	9	–	–	240	9				
																	45	55	85	10
																	25	30	45	10
																	45	55	85	10
																	25	30	45	10
																	25	30	45	10
																	75	90	135	10
																	45	55	85	10
	115	140	175	9	70	85	110	9	70	85	110	9								
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–								
	135	165	205	9	85	100	130	9	85	100	130	9								
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–								

Entgratfräser – FM Serie

Werkstoffgruppe		Zusammensetzung/Gefüge/Wärmebehandlung		Brinell-Härte HB	Zerspanungsgruppe	Schnittgeschwindigkeit v_c [m/min] 5501 / 5601 5501 / 5601 5601 KMG303 a_e / D 1/1	1/2	1/10	f-Gruppe
P	Unlegierter Stahl	ca. 0,15 % C	geglüht	125	1	–	–	230	11
		ca. 0,45 % C	geglüht	190	2	–	–	220	11
		ca. 0,45 % C	vergütet	250	3	–	–	165	11
		ca. 0,75 % C	geglüht	270	4	–	–	140	11
		ca. 0,75 % C	vergütet	300	5	–	–	130	11
	Niedriglegierter Stahl		geglüht	180	6	–	–	175	11
			vergütet	275	7	–	–	140	11
			vergütet	300	8	–	–	130	11
			vergütet	350	9	–	–	120	11
	Hochlegierter Stahl und hochlegierter Werkzeugstahl		geglüht	200	10	–	–	165	11
			gehärtet und angelassen	325	11	–	–	125	11
M	Nichtrostender Stahl	ferritisch/martensitisch	geglüht	200	12	–	–	75	11
		martensitisch	vergütet	240	13	–	–	65	11
		austenitisch	abgeschreckt	180	14	–	–	80	11
		austenitisch-ferritisch		230	15	–	–	65	11
K	Grauguss	perlitisch/ferritisch		180	16	–	–	170	11
		perlitisch (martensitisch)		260	17	–	–	140	11
	Gusseisen mit Kugelgrafit	ferritisch		160	18	–	–	210	11
		perlitisch		250	19	–	–	165	11
	Temperguss	ferritisch		130	20	–	–	230	11
		perlitisch		230	21	–	–	185	11
N	Aluminium-Knetlegierungen	nicht aushärtbar		60	22	–	–	1200	11
		aushärtbar	ausgehärtet	100	23	–	–	720	11
	Aluminium-Gusslegierungen	≤ 12 % Si, nicht aushärtbar		75	24	–	–	480	11
		≤ 12 % Si, aushärtbar	ausgehärtet	90	25	–	–	600	11
		> 12 % Si, nicht aushärtbar		130	26	–	–	180	11
	Kupfer und Kupferlegierungen (Bronze/Messing)	Automatenlegierungen, PB > 1 %		110	27	–	–	360	11
		CuZn, CuSnZn		90	28	–	–	420	11
		CuSn, bleifreies Kupfer und Elektrolytkupfer		100	29	–	–	360	11
S	Warmfeste Legierungen	Fe-Basis	geglüht	200	30				
			ausgehärtet	280	31				
		Ni- oder Co-Basis	geglüht	250	32				
			ausgehärtet	350	33				
			gegossen	320	34				
	Titanlegierungen	Reintitan		R_m 400	35				
		Alpha- + Beta-Legierungen	ausgehärtet	R_m 1050	36				
H	Gehärteter Stahl		gehärtet und angelassen	55 HRC	37				
			gehärtet und angelassen	60 HRC	38				
	Hartguss		gegossen	400	39				
	Gehärtetes Gusseisen		gehärtet und angelassen	55 HRC	40				
X	Nichtmetallische Werkstoffe	Thermoplaste			41				
		Duroplaste			42				
		Glasfaserverstärkter Kunststoff GFK			43				
		Kohlefaserverstärkter Kunststoff CFK			44				
		Grafit			45				
		Holz			46				

Hinweise: Bei den vorgegebenen Schnittdaten handelt es sich um Richtwerte, welche unter Idealbedingungen ermittelt wurden.
Je nach Anwendungsfall müssen sie individuell angepasst werden.
Die Vorschubempfehlungen befinden sich auf Seite B612.
Werkstoffbeispiele für Zerspanungsgruppen finden Sie auf Seite D11.

Schaftfräser – QCH Serie

Werkstoffgruppe		Zusammensetzung/Gefüge/Wärmebehandlung		Brinell-Härte HB	Zerspanungsgruppe	Schnittgeschwindigkeit v_c [m/min]							
						Q**-PM-4E Q**-PM-4R Q**-VPM-4E Q**-VPM-4R				Q**PM-2B Q**PM-4B			
						Nutenfräsen		Eckfräsen					
						Ø [mm]	$a_{p\ max}$	Ø [mm]	$a_{e\ max}$				
						0 < x < 3	0,3 x D	0 < x < 20	0,15xD				
						3 ≤ x < 6	0,3 x D						
						6 ≤ x ≤ 20	0,5 x D						
						KMG405				KMG405			
						a_e / D				a_e / D			
						1/1	1/2	1/10	f-Gruppe	1/1	1/2	1/10	f-Gruppe
P	Unlegierter Stahl	ca. 0,15 % C	geglüht	125	1	165	220	300	1	–	270	300	5
		ca. 0,45 % C	geglüht	190	2	160	210	285	1	–	260	285	5
		ca. 0,45 % C	vergütet	250	3	120	155	210	1	–	190	210	5
		ca. 0,75 % C	geglüht	270	4	100	135	180	1	–	165	180	5
		ca. 0,75 % C	vergütet	300	5	95	125	165	1	–	150	165	5
	Niedriglegierter Stahl		geglüht	180	6	125	165	225	1	–	205	225	5
			vergütet	275	7	100	135	180	1	–	165	180	5
			vergütet	300	8	95	125	165	1	–	150	165	5
			vergütet	350	9	90	115	160	1	–	145	160	5
	Hochlegierter Stahl und hochlegierter Werkzeugstahl		geglüht	200	10	120	155	210	1	–	190	210	5
			gehärtet und angelassen	325	11	90	120	160	1	–	145	160	5
M	Nichtrostender Stahl	ferritisch/martensitisch	geglüht	200	12	55	75	100	1	–	90	100	5
		martensitisch	vergütet	240	13	50	65	85	1	–	80	85	5
		austenitisch	abgeschreckt	180	14	60	75	105	1	–	95	105	5
		austenitisch-ferritisch		230	15	50	65	85	1	–	80	85	5
K	Grauguss	perlitisch/ferritisch		180	16	125	165	220	1	–	200	220	5
		perlitisch (martensitisch)		260	17	100	135	180	1	–	165	180	5
	Gusseisen mit Kugelgrafit	ferritisch		160	18	150	200	270	1	–	245	270	5
		perlitisch		250	19	120	155	210	1	–	190	210	5
	Temperguss	ferritisch		130	20	165	220	300	1	–	270	300	5
		perlitisch		230	21	135	180	240	1	–	220	240	5
N	Aluminium-Knetlegierungen	nicht aushärtbar		60	22								
		aushärtbar	ausgehärtet	100	23								
	Aluminium-Gusslegierungen	≤ 12 % Si, nicht aushärtbar		75	24								
		≤ 12 % Si, aushärtbar	ausgehärtet	90	25								
		> 12 % Si, nicht aushärtbar		130	26								
	Kupfer und Kupferlegierungen (Bronze/Messing)	Automatenlegierungen, PB > 1 %		110	27								
		CuZn, CuSnZn		90	28								
		CuSn, bleifreies Kupfer und Elektrolytkupfer		100	29								
S	Warmfeste Legierungen	Fe-Basis	geglüht	200	30								
			ausgehärtet	280	31								
		Ni- oder Co-Basis	geglüht	250	32								
			ausgehärtet	350	33								
			gegossen	320	34								
	Titanlegierungen	Reintitan		R_m 400	35								
		Alpha- + Beta-Legierungen	ausgehärtet	R_m 1050	36	–	–	–	–				
H	Gehärteter Stahl		gehärtet und angelassen	55 HRC	37	80	105	140	1				
			gehärtet und angelassen	60 HRC	38	–	–	–	–				
	Hartguss		gegossen	400	39	105	140	185	1				
	Gehärtetes Gusseisen		gehärtet und angelassen	55 HRC	40								
X	Nichtmetallische Werkstoffe	Thermoplaste			41								
		Duroplaste			42								
		Glasfaserverstärkter Kunststoff GFK			43								
		Kohlefaserverstärkter Kunststoff CFK			44								
		Grafit			45								
		Holz			46								

Hinweise: Bei den vorgegebenen Schnittdaten handelt es sich um Richtwerte, welche unter Idealbedingungen ermittelt wurden.
Je nach Anwendungsfall müssen sie individuell angepasst werden.
Die Vorschubempfehlungen befinden sich auf Seite B612.
Werkstoffbeispiele für Zerspanungsgruppen finden Sie auf Seite D11.

	Schnittgeschwindigkeit v_c [m/min]																			
	Q**-HMX-4E Q**-HMX-4R				Q**-HMX-2B Q**-HMX-4B															
			Eckfräsen																	
	Ø [mm]	$a_{p\,max}$	Ø [mm]	$a_{e\,max}$	Ø [mm]	$a_{p\,max}$	Ø [mm]	$a_{e\,max}$												
			0 < x ≤ 20	0.15 x D																
	KMG5515				KMG5515															
	a_e / D				a_e / D															
	1/1	1/2	1/10	f-Gruppe	1/1	1/2	1/10	f-Gruppe												
	–	–	–	–	–	–	–	–												
	55	100	125	3	–	130	145	7												
	55	95	120	3	–	80	90	7												
	70	125	160	3	–	163	181	7												
	55	100	125	3	–	109	145	7												

Vorschubempfehlung

VHM-Fräsen Gruppe 1 – Eckfräser PM Serie, QCH Serie, EPM Serie

	a_e / D	Vorschub pro Schneide (f_z) [mm]																			
		Ø0,5	Ø0,8	Ø 1	Ø 2	Ø 3	Ø 4	Ø 5	Ø 6	Ø 8	Ø 10	Ø 12	Ø 14	Ø 16	Ø 18	Ø 20					
P	1/1	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,05	0,07	0,08	0,08	0,09	0,09	0,10					
	1/2	0,01	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,06	0,09	0,10	0,10	0,12	0,12	0,13					
	1/10	0,02	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,07	0,07	0,09	0,14	0,16	0,16	0,18	0,18	0,20					
M	1/1	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,05	0,06	0,06	0,07	0,07	0,08					
	1/2	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04	0,04	0,05	0,07	0,08	0,08	0,10	0,10	0,11					
	1/10	0,02	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,07	0,11	0,13	0,13	0,15	0,15	0,16					
K	1/1	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,05	0,07	0,08	0,08	0,09	0,09	0,10					
	1/2	0,01	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,06	0,09	0,10	0,10	0,12	0,12	0,13					
	1/10	0,02	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,07	0,07	0,09	0,14	0,16	0,16	0,18	0,18	0,20					
H	1/1	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,05	0,06	0,06	0,07	0,07	0,08					
	1/2	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04	0,04	0,05	0,07	0,08	0,08	0,10	0,10	0,11					
	1/10	0,02	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,07	0,11	0,13	0,13	0,15	0,15	0,16					

Hinweise: Bei den vorgegebenen Schnittdaten handelt es sich um Richtwerte, welche unter Idealbedingungen ermittelt wurden.
Je nach Anwendungsfall müssen sie individuell angepasst werden..

VHM-Fräsen Gruppe 2 – Eckfräser GM Serie

	a_e / D	Vorschub pro Schneide (f_z) [mm]																			
		Ø0,5	Ø0,8	Ø 1	Ø 2	Ø 3	Ø 4	Ø 5	Ø 6	Ø 8	Ø 10	Ø 12	Ø 14	Ø 16	Ø 18	Ø 20					
P	1/1	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,06	0,07	0,07	0,08	0,08	0,09					
	1/2	0,01	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05	0,08	0,09	0,09	0,10	0,10	0,12					
	1/10	0,02	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,06	0,06	0,08	0,12	0,14	0,14	0,16	0,16	0,18					
M	1/1	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07					
	1/2	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,06	0,07	0,07	0,08	0,08	0,09					
	1/10	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,05	0,05	0,06	0,10	0,11	0,11	0,13	0,13	0,15					
K	1/1	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,06	0,07	0,07	0,08	0,08	0,09					
	1/2	0,01	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05	0,08	0,09	0,09	0,10	0,10	0,12					
	1/10	0,02	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,06	0,06	0,08	0,12	0,14	0,14	0,16	0,16	0,18					

Hinweise: Bei den vorgegebenen Schnittdaten handelt es sich um Richtwerte, welche unter Idealbedingungen ermittelt wurden.
Je nach Anwendungsfall müssen sie individuell angepasst werden.

VHM-Fräsen Gruppe 3 – Eckfräser HM Serie, QCH Serie

	a_e / D	Vorschub pro Schneide (f_z) [mm]																			
		Ø0,5	Ø0,8	Ø 1	Ø 2	Ø 3	Ø 4	Ø 5	Ø 6	Ø 8	Ø 10	Ø 12	Ø 14	Ø 16	Ø 18	Ø 20					
H	1/1	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07					
	1/2	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,06	0,07	0,07	0,08	0,08	0,09					
	1/10	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,05	0,05	0,06	0,10	0,11	0,11	0,13	0,13	0,15					

Hinweise: Bei den vorgegebenen Schnittdaten handelt es sich um Richtwerte, welche unter Idealbedingungen ermittelt wurden.
Je nach Anwendungsfall müssen sie individuell angepasst werden.

VHM-Fräsen Gruppe 4 – Eckfräser AL Serie, NM Serie

	a_e / D	Vorschub pro Schneide (f_z) [mm]																			
		Ø0,5	Ø0,8	Ø 1	Ø 2	Ø 3	Ø 4	Ø 5	Ø 6	Ø 8	Ø 10	Ø 12	Ø 14	Ø 16	Ø 18	Ø 20					
N	1/1	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,05	0,05	0,06	0,09	0,11	0,11	0,12	0,12	0,14					
	3/4	0,02	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,06	0,06	0,08	0,12	0,14	0,14	0,16	0,16	0,18					
	1/10	0,03	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,09	0,09	0,12	0,19	0,22	0,22	0,25	0,25	0,28					
	1/20	0,04	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,12	0,12	0,16	0,23	0,27	0,27	0,31	0,31	0,35					

Hinweise: Bei den vorgegebenen Schnittdaten handelt es sich um Richtwerte, welche unter Idealbedingungen ermittelt wurden.
Je nach Anwendungsfall müssen sie individuell angepasst werden.

Vorschubempfehlung

VHM-Fräsen Gruppe 5 – Kugelfräser GM Serie, QCH Serie, EPM Serie

	a_e / D	Vorschub pro Schneide (f_z) [mm]																			
		Ø0,5	Ø0,8	Ø 1	Ø 2	Ø 3	Ø 4	Ø 5	Ø 6	Ø 8	Ø 10	Ø 12	Ø 14	Ø 16	Ø 18	Ø 20					
P	1/1																				
	1/10	0,02	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,07	0,07	0,09	0,14	0,16	0,16	0,18	0,18	0,20					
	1/20	0,03	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,08	0,08	0,11	0,17	0,20	0,20	0,23	0,23	0,25					
M	1/1																				
	1/10	0,02	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,07	0,11	0,13	0,13	0,15	0,15	0,16					
	1/20	0,02	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,07	0,07	0,09	0,14	0,16	0,16	0,18	0,18	0,21					
K	1/1																				
	1/10	0,02	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,07	0,07	0,09	0,14	0,16	0,16	0,18	0,18	0,20					
	1/20	0,03	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,08	0,08	0,11	0,17	0,20	0,20	0,23	0,23	0,25					
H	1/1																				
	1/10	0,02	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,07	0,11	0,13	0,13	0,15	0,15	0,16					
	1/20	0,02	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,07	0,07	0,09	0,14	0,16	0,16	0,18	0,18	0,21					

Hinweise: Bei den vorgegebenen Schnittdaten handelt es sich um Richtwerte, welche unter Idealbedingungen ermittelt wurden.
Je nach Anwendungsfall müssen sie individuell angepasst werden.

VHM-Fräsen Gruppe 6 – Hochvorschubfräser PM Serie

	a_e / D	Vorschub pro Schneide (f_z) [mm]																			
		Ø 3	Ø 4	Ø 5	Ø 6	Ø 8	Ø 10	Ø 12													
P	1/1																				
	1/10																				
	1/20	0,15	0,25	0,28	0,33	0,44	0,55	0,66													
M	1/1																				
	1/10																				
	1/20	0,12	0,22	0,25	0,30	0,41	0,52	0,63													
K	1/1																				
	1/10																				
	1/20	0,15	0,25	0,28	0,33	0,44	0,55	0,66													
H	1/1																				
	1/10																				
	1/20	0,12	0,22	0,25	0,30	0,41	0,52	0,63													

Hinweise: Bei den vorgegebenen Schnittdaten handelt es sich um Richtwerte, welche unter Idealbedingungen ermittelt wurden.
Je nach Anwendungsfall müssen sie individuell angepasst werden..

VHM-Fräsen Gruppe 7 – Kugelfräser HM Serie, QCH Serie

	a_e / D	Vorschub pro Schneide (f_z) [mm]																			
		Ø0,5	Ø0,8	Ø 1	Ø 2	Ø 3	Ø 4	Ø 5	Ø 6	Ø 8	Ø 10	Ø 12	Ø 14	Ø 16	Ø 18	Ø 20					
H	1/1																				
	1/2	0,02	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,07	0,11	0,13	0,13	0,15	0,15	0,16					
	1/10	0,02	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,07	0,07	0,09	0,14	0,16	0,16	0,18	0,18	0,21					

Hinweise: Bei den vorgegebenen Schnittdaten handelt es sich um Richtwerte, welche unter Idealbedingungen ermittelt wurden.
Je nach Anwendungsfall müssen sie individuell angepasst werden..

VHM-Fräsen Gruppe 8 – Hochvorschubfräser AL Serie, ALP/ALG Serie

	a_e / D	Vorschub pro Schneide (f_z) [mm]																			
		Ø 6	Ø 8	Ø 10	Ø 12	Ø 14	Ø 16	Ø 18	Ø 20												
N	1/1	0,04	0,05	0,08	0,09	0,11	0,13	0,16	0,18												
	3/4	0,05	0,07	0,10	0,12	0,14	0,16	0,20	0,23												
	1/10	0,08	0,11	0,16	0,19	0,22	0,25	0,31	0,36												

Hinweise: Bei den vorgegebenen Schnittdaten handelt es sich um Richtwerte, welche unter Idealbedingungen ermittelt wurden.
Je nach Anwendungsfall müssen sie individuell angepasst werden.

Vorschubempfehlung

VHM-Fräsen Gruppe 9 – Eckfräser UM/UMC Serie, VPM Serie HSC/HPC-Bearbeitung

	a_e / D	Vorschub pro Schneide (f_z) [mm]																			
		Ø 4	Ø 5	Ø 6	Ø 8	Ø 10	Ø 12	Ø 14	Ø 16	Ø 18	Ø 20										
P	1/1	0,06	0,06	0,06	0,07	0,07	0,07	0,07	0,08	0,08	0,08										
	1/2	0,08	0,08	0,08	0,09	0,09	0,09	0,09	0,10	0,10	0,10										
	1/10	0,14	0,14	0,16	0,18	0,22	0,25	0,27	0,3	0,32	0,36										
M	1/1	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06	0,06	0,06										
	1/2	0,06	0,06	0,06	0,07	0,07	0,07	0,07	0,08	0,08	0,08										
	1/10	0,10	0,10	0,10	0,12	0,12	0,14	0,16	0,16	0,18	0,18										
K	1/1	0,06	0,06	0,06	0,07	0,07	0,07	0,07	0,08	0,08	0,08										
	1/2	0,08	0,08	0,08	0,09	0,09	0,09	0,09	0,10	0,10	0,10										
	1/10	0,14	0,14	0,16	0,18	0,22	0,25	0,27	0,3	0,32	0,36										
H	1/1	0,045	0,045	0,045	0,053	0,053	0,053	0,053	0,06	0,06	0,06										
	1/2	0,06	0,06	0,06	0,07	0,07	0,07	0,07	0,08	0,08	0,08										
	1/10	0,10	0,10	0,10	0,12	0,12	0,14	0,16	0,16	0,18	0,18										

Hinweise: Bei den vorgegebenen Schnittdaten handelt es sich um Richtwerte, welche unter Idealbedingungen ermittelt wurden.
Je nach Anwendungsfall müssen sie individuell angepasst werden..

VHM-Fräsen Gruppe 10 – Eckfräser VSM Serie, TM Serie

	a_e / D	Vorschub pro Schneide (f_z) [mm]																			
		Ø 4	Ø 5	Ø 6	Ø 8	Ø 10	Ø 12	Ø 14	Ø 16	Ø 18	Ø 20										
P	1/1	0,03	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06	0,06	0,07	0,08										
	1/2	0,04	0,06	0,07	0,07	0,07	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11										
	1/10	0,05	0,08	0,09	0,09	0,09	0,09	0,11	0,12	0,14	0,15										
M	1/1	0,02	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06										
	1/2	0,03	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06	0,07	0,08	0,08										
	1/10	0,04	0,06	0,07	0,07	0,07	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11										
S	1/1	0,02	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06										
	1/2	0,03	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06	0,07	0,08	0,08										
	1/10	0,04	0,06	0,07	0,07	0,07	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11										

Hinweise: Bei den vorgegebenen Schnittdaten handelt es sich um Richtwerte, welche unter Idealbedingungen ermittelt wurden.
Je nach Anwendungsfall müssen sie individuell angepasst werden..

VHM-Fräsen Gruppe 11 – Entgratfräser FM Serie

	a_e / D	Vorschub pro Schneide (f_z) [mm]																			
		Ø 3	Ø 4	Ø 5	Ø 6	Ø 8	Ø 10	Ø 12	Ø 14	Ø 16	Ø 18	Ø 20									
P	1/1																				
	1/2																				
	1/10	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,06	0,07	0,07	0,08	0,08	0,09									
M	1/1																				
	1/2																				
	1/10	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07									
K	1/1																				
	1/2																				
	1/10	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,06	0,07	0,07	0,08	0,08	0,09									
N	1/1																				
	1/2																				
	1/10	0,03	0,03	0,05	0,05	0,06	0,09	0,11	0,11	0,12	0,12	0,14									

Hinweise: Bei den vorgegebenen Schnittdaten handelt es sich um Richtwerte, welche unter Idealbedingungen ermittelt wurden.
Je nach Anwendungsfall müssen sie individuell angepasst werden.

Vorschubempfehlung

VHM-Fräsen Gruppe 12 – Einschneider ALP-1EP

	a_e / D	Vorschub pro Schneide (f_z) [mm]																			
		Ø 2	Ø 3	Ø 4	Ø 5	Ø 6	Ø 8	Ø 10													
N	1/1	0,03	0,05	0,07	0,09	0,11	0,14	0,18													
	1/2	0,04	0,07	0,10	0,13	0,15	0,20	0,25													
	1/10	0,06	0,11	0,15	0,19	0,23	0,29	0,38													

Hinweise: Bei den vorgegebenen Schnittdaten handelt es sich um Richtwerte, welche unter Idealbedingungen ermittelt wurden.
Je nach Anwendungsfall müssen sie individuell angepasst werden.

Notizen

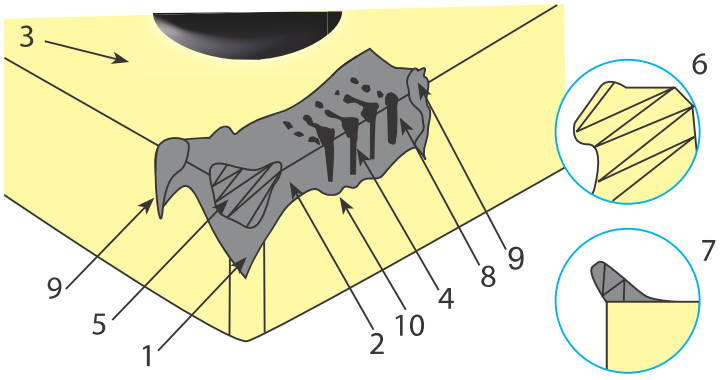
Technische Informationen

Maßnahmen zur Fehlerbehebung – Fräsen	**B618**
Technische Informationen – Fräsen	**B619-B632**
Sonderwerkzeuge – Fräsen	**B633**

B

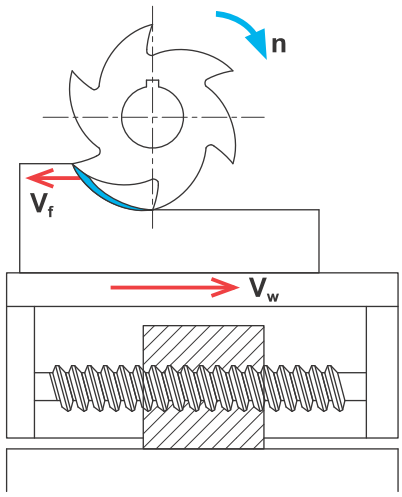
Maßnahmen zur Fehlerbehebung – Wendeschneidplatten-Fräser

s. Bild	Verschleißart	Auswirkungen	Grund	Gegenmaßnahmen
1+2	Freiflächen-verschleiß	– Schlechte Oberflächengüte und Maßhaltigkeit – Anstieg der Schnittkraft	– Sorte nicht verschleißfest genug – Schnittgeschwindigkeit zu hoch – Freiwinkel zu klein – Vorschub zu gering	– Sorte mit höherer Verschleißfestigkeit – Schnittgeschwindigkeit reduzieren – Freiwinkel vergrößern – Vorschub reduzieren
3	Kolkverschleiß	– Schlechte Oberflächengüte und Spankontrolle	– Sorte nicht verschleißfest genug – Schnittgeschwindigkeit zu hoch – Vorschub zu hoch	– Sorte mit höherer Verschleißfestigkeit – Schnittgeschwindigkeit reduzieren – Vorschub reduzieren
4	Ausbröckelung	– Standzeit nicht stabil – Plötzlicher Bruch der Schneidkante	– Sorte ist zu hart – Vorschub zu hoch – Schneidkantenstabilität nicht ausreichend Stabilität des Werkzeughalter oder Spannung nicht ausreichend	– Sorte mit höherer Zähigkeit – Vorschub reduzieren – Schneidkantenverrundung ändern – Stabileren Halter verwenden
5	Bruch	– Anstieg der Schnittkraft – Schlechte Oberflächengüte und Maßhaltigkeit	– Sorte ist zu hart – Vorschub zu hoch – Schneidkantenstabilität nicht ausreichend – Stabilität des Werkzeughalters oder Spannung nicht ausreichend	– Sorte mit höherer Zähigkeit – Vorschub reduzieren – Schneidkantenverrundung ändern – Stabileren Halter verwenden
6	Plastische Deformation	– Schlechte Maßhaltigkeit – Beschädigung der Schneidkante	– Sorte nicht verschleißfest genug – Schnittgeschwindigkeit zu hoch – Schnitttiefe und/oder Vorschub zu hoch – Temperatur an der Schneide zu hoch	– Sorte mit höherer Verschleißfestigkeit – Schnittgeschwindigkeit reduzieren – Schnitttiefe und Vorschub reduzieren – Sorte mit höherer Wärmebeständigkeit
7	Aufbauschneide	– Anstieg der Schnittkraft – Schlechte Oberflächengüte	– Schnittgeschwindigkeit zu niedrig – Schneidkante nicht scharf genug – Sorte nicht geeignet	– Schnittgeschwindigkeit erhöhen – Spanwinkel erhöhen – Geeignetere Sorte wählen
8	Thermischer Verschleiß	– Bruch durch thermische Wechselwirkung, oft bei unterbrochenem Schnitt (Fräsen)	– Bearbeitungstemperaturschwankungen – Sorte ist zu hart	– Trockenbearbeitung – Sorte mit höherer Zähigkeit
9	Kerbverschleiß	– Gratbildung – Anstieg der Schnittkraft	– Beschädigung durch Späne (ausgefranste Spankante) – Vorschub und Schnittgeschwindigkeit zu hoch	– Sorte mit höherer Verschleißfestigkeit – Spanwinkel vergrößern, um eine schärfere Schneide zu bekommen – Schnittgeschwindigkeit verringern
10	Abplatzung (Beschichtung)	– Oft bei der Bearbeitung härterer Werkstoffe oder wenn Vibrationen auftauchen	– Verklebungen an der Schneidkante sowie Ausbrüche – Schlechte Spanabfuhr	– Spanwinkel vergrößern, um eine schärfere Schneide zu bekommen – Spanbrecher mit größerer Spankammer

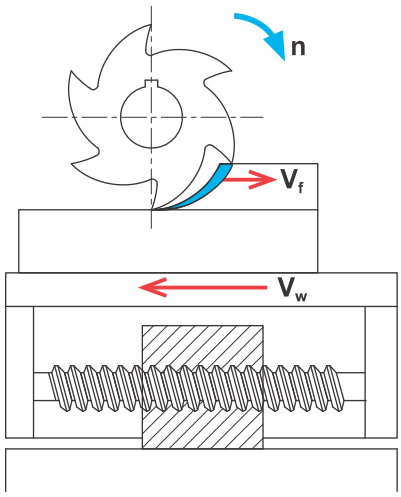


Wendeschneidplatten-Fräser

Unterschied zwischen Gleichlauf und Gegenlauf



Gegenlauffräsen



Gleichlauffräsen

V_f Vorschub Werkzeug
V_w Vorschub Werkstück
n Drehrichtung

Beim Gegenlauffräsen ist die Drehrichtung des Fräswerkzeugs und die Vorschubrichtung des Werkstücks entgegengesetzt.	Beim Gleichlauffräsen sind die Drehrichtung des Fräswerkzeugs und die Vorschubrichtung des Werkstücks gleich gerichtet.

Vor- und Nachteile

Richtung	Vorteil	Nachteil
Gegenlauffräsen	– Verhindert das Einhaken des Werkzeugs – Ruhigerer Lauf	– Größere Belastung für den Schneidstoff – Kürzere Standzeiten
Gleichlauffräsen	– Höhere Standzeiten – Weniger thermische Belastung	– Einhaken des Werkzeugs möglich

Wendeschneidplatten-Fräser

Fräserteilung

Als Fräserteilung wird der Abstand von einer Schneidenecke zur nächsten Schneidenecke bezeichnet.
Die Einteilung erfolgt in weiter (differential), normaler und enger Teilung.

Bearbeitungsstabilität		
L (niedrig)	M (mittel)	H (hoch)
Weite Teilung	Normale Teilung	Enge Teilung
		
Ist die Fräsbreite gleich dem Fräserdurchmesser und verfügt die Maschine über ausreichend Leistung und ist in sich stabil, wird eine weite Teilung empfohlen. Damit kann eine hohe Produktivität erreicht werden.	Erste Wahl für allgemeine Fräsbearbeitung und Mischbearbeitung.	Ist die Fräsbreite kleiner als der Fräserdurchmesser, führt eine große Schneidenanzahl zu einer hohen Produktivität. Die Fräser sind für alle Materialien geeignet, besonders für schwerzerspanbare Werkstoffe.

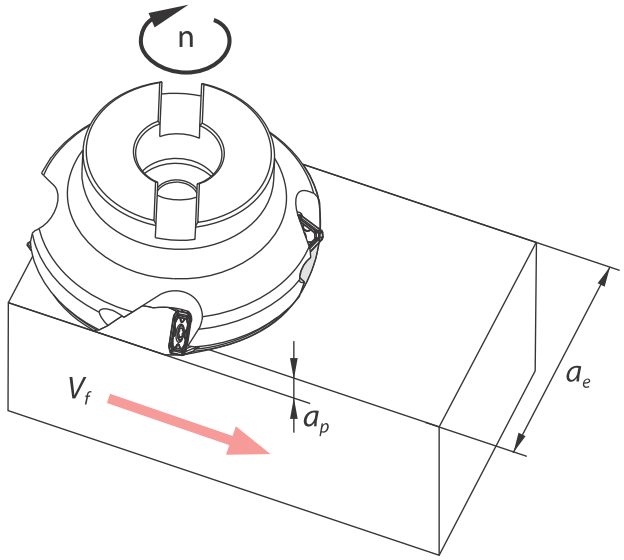
Einstellwinkel

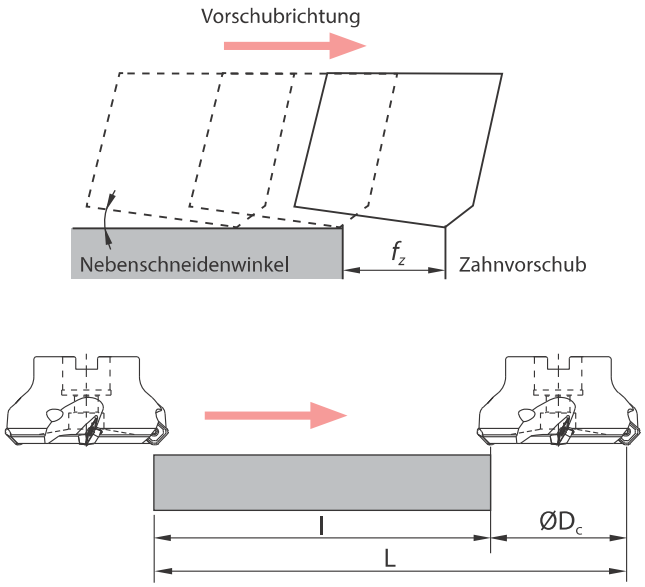
Der Einstellwinkel eines Planfräsers steht in Verbindung mit der Spandicke. Dies ist der Winkel zwischen der Hauptschneide, der Wendeschneidplatte und der Werkstückoberfläche. Spandicke, Schnittkräfte und Standzeit werden insbesondere durch den Einstellwinkel beeinflusst. Durch Verringern des Einstellwinkels wird die Spandicke bei einer gegebenen Vorschubrate kleiner. Dieser Effekt führt dazu, dass sich das Material über einen größeren Teil der Schneidkante verteilt. Ein kleiner Einstellwinkel sorgt auch für einen weniger abrupten Eintritt in den Schnitt, wodurch der radiale Druck sinkt und die Schneidkante geschont wird. Die höheren axialen Kräfte verstärken jedoch den Druck auf das Werkstück. Für die Bearbeitung von dünnwandigen Bauteilen nicht geeignet.

Einstellwinkel	Zahnvorschub	Max. Spandicke
90°	f_z	$h_{ex} = f_z \times sin_{kr}$
75°		$h_{ex} = 0{,}96 \times f_z$
60°		$h_{ex} = 0{,}86 \times f_z$
45°		$h_{ex} = 0{,}707 \times f_z$
Rund		$h_{ex} = \frac{\sqrt{iC^2 \times (iC - 2a_p)^2}}{iC} \times f_z$

Wendeschneidplatten-Fräser

Allgemeine Formeln





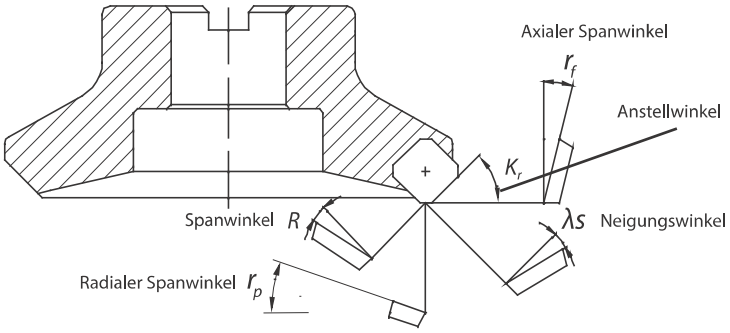
V_c: Schnittgeschwindigkeit [m/min]
D_c: Sollmaß von Fräswerkzeugen [mm]
n: Umdrehungsgeschwindigkeit [u/min]
z_n: Anzahl der Zähne
Q: Zerspanungsvolumen [cm^3/min]

V_f: Vorschub des Maschinentischs (feed speed) [mm/min]
f_z: Zahnvorschub [mm/z]
π: Kreiszahl ~3,14
T_c: Bearbeitungszeit [min]
f_n: Vorschub pro Umdrehung [mm/u]

Schnittgeschwindigkeit	$V_c = \frac{\pi \times D_c \times n}{1000}$ [m/min]
Umdrehungsgeschwindigkeit	$n = \frac{1000 \times V_c}{\pi \times D_c}$ [rev/min]
Vorschub des Maschinentischs	$V_f = f_z \times n \times z_n$ [mm/min]
Zahnvorschub	$f_z = \frac{V_f}{n \times Z_n}$ [mm/z]
Vorschub pro Umdrehung	$f_n = \frac{V_f}{n}$ [mm/rev]
Bearbeitungszeit	$T_c = \frac{1000 \times V_c}{\pi \times D_c}$ [min]
Zerspanungsvolumen	$Q = \frac{a_p \times a_e \times V_f}{1000}$ [cm^3/min]

Wendeschneidplatten-Fräser

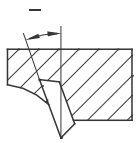
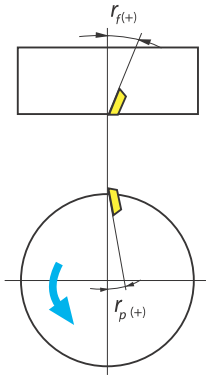
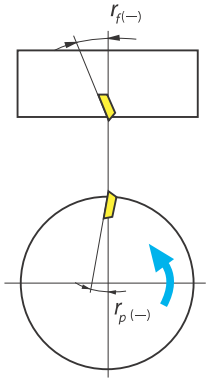
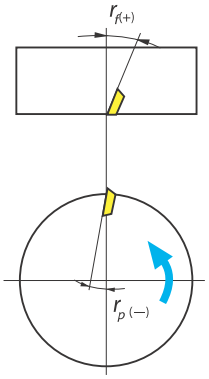
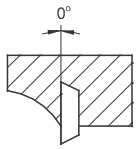
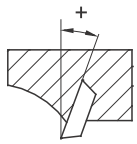
Winkelfunktion beim Planfräsen



Winkel beim Planfräsen

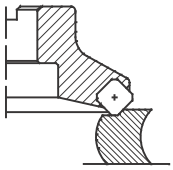
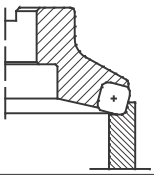
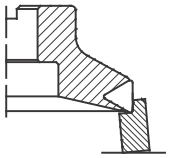
Winkel	Funktion	Auswirkung		
Axialer Spanwinkel r_f	Beeinflusst die Spanflussrichtung	Negativer Spanwinkel, gute Späneabfuhr		
Radialer Spanwinkel r_p	Definiert die Schneidenschärfe	Positiver Spanwinkel, gute Schnittleistung		
Anstellwinkel K_r	Beeinflusst die Spandicke	K_r↑, Spandicke↑, K_r↓, Spandicke↓;		
Spanwinkel R	Beeinflusst die Schnittkraft	Schlechte Schnittleistung, stabile Schneidkante	(−)←0→(+)	Gute Schnittleistung, instabile Schneidkante
Neigungswinkel λs	Beeinflusst die Spanflussrichtung	Schlechte Schnittleistung, stabile Schneidkante	(−)←0→(+)	Gute Schnittleistung, instabile Schneidkante

Kombination von verschiedenen Spanwinkeln

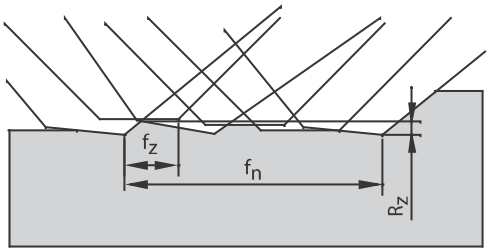
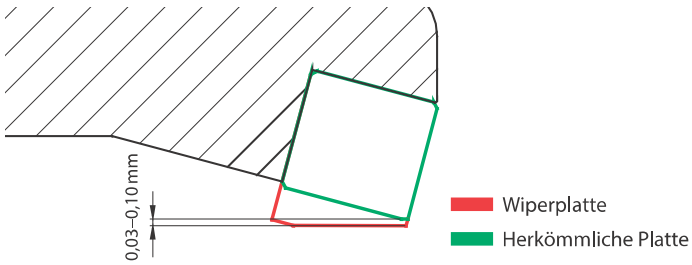
		Doppelt positiv	Doppelt negativ	Postitiv/Negativ
Negativer Spanwinkel				
Neutraler Winkel				
Positiver Spanwinkel				
Axialer Spanwinkel r_f		+	−	+
Radialer Spanwinkel r_p		+	−	−
Anwendungs-bereich	P	√		√
	M	√		√
	K		√	√
	N	√		
	S	√		√

Wendeschneidplatten-Fräser

Schneidleistung bei verschiedenen Einstellwinkeln

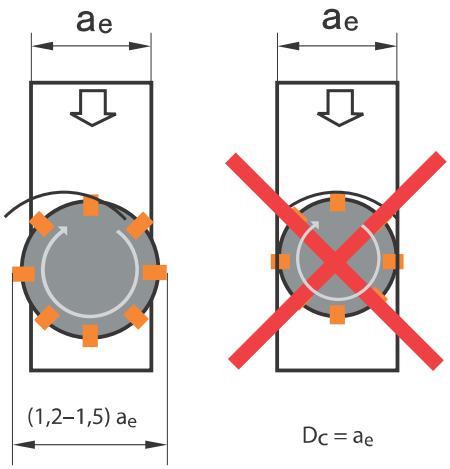
Einstellwinkel	Darstellung	Erklärung
45°		Die axiale Kraft ist sehr hoch. Wegen der Verbiegung nicht geeignet für die Bearbeitung von dünnwandigen Bauteilen. Optimal für die Planbearbeitung von Stahl, Gusseisen und nichtrostendem Stahl.
75°		Die axiale Kraft ist normal. Für die allgemeine Planbearbeitung.
90°		Die axiale Kraft ist nahezu null. Für die Zerspanung von dünnen, labilen Werkstücken geeignet.

Wendeschneidplatten mit Wiper

Einsatz von herkömmlichen Platten	Einsatz von Wiperplatten
	
Normale Oberflächengüte	Hohe Oberflächengüte

Die Wiperplatte muss ca. 0,03–0,1 mm über den normalen Platten in axialer Richtung stehen, um den Wipereffekt zu erreichen.
Bei Standarddurchmessern reicht eine Wiperplatte. Bei sehr großen Fräserdurchmessern oder großen Vorschubraten können bis zu drei Wiperplatten eingesetzt werden.

Schnittbreiten



In der allgemeinen Anwendung sollte der Fräserdurchmesser 1,2x bis 1,5x a_e betragen.

Positionieren Sie den Fräser versetzt zur Mitte.

D_C: Werkzeugdurchmesser
a_e: Seitliche Zustellung

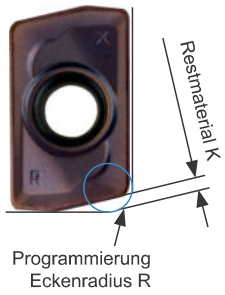
Wendeschneidplatten-Fräser

Tauch- und Zirkularfräsen mit Wendeschneidplatte APKT

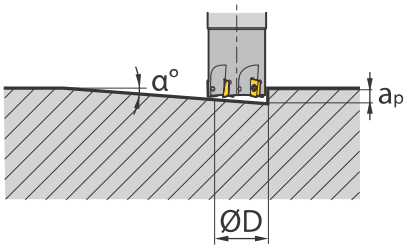
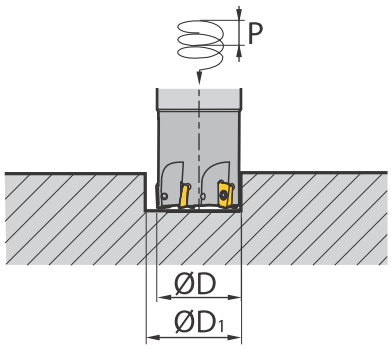
Ungefährer Programmierradius

Wendeschneidplatte	ca. R [mm]	Restmaterial K [mm]	a_p [mm]	f_z / mm
APKT0702-XR	0,8	0,291	0,2–0,5	0,25–0,7
APKT0702-XR	1,0	0,257	0,2–0,5	0,25–0,7
APKT11T3-XR	1,0	0,689	0,3–1,1	0,4–1,5
APKT11T3-XR	1,5	0,594	0,3–1,1	0,4–1,5
APKT11T3-XR	2,0	0,499	0,3–1,1	0,4–1,5

APKT



Wendeschneidplatte APKT

		Tauchfräsen		Zirkularfräsen	
		 $L_m = \frac{a_p}{\tan_\alpha}$ α: Eintauchwinkel		 $P = \tan_\alpha \times \pi \times D_1$ α: Spiralwinkel	
Wendeschneid-platte	Durchmesser ØD [mm]	Max. Schnitttiefe a_p [mm]	Max. Eintauchwinkel α°	Min. Durchmesser $ØD_1$ [mm]	Max. Durchmesser [mm]
AP**0702**	10	6	6	12	18
	12	6	4	15	22
	14	6	3	18	26
	16	6	2,5	21	30
AP**11**	16	10	10	20	30
	20	10	5	28	38
	25	10	4	40	48
	32	10	3	56	60
	40	10	2	70	76
AP**1604**	25	15	6	32	48
	30	15	5	40	58
	32	15	4,5	45	62
	40	15	2,5	60	78
	50	15	1,5	80	98
	63	15	1	105	124

Beim Tauch- und Zirkularfräsen den Vorschub reduzieren.
Vorschub bei Bohroperationen (axial) unter 0,2 mm einstellen.
„Vorsicht" – Beim Bohren können lange Späne entstehen.

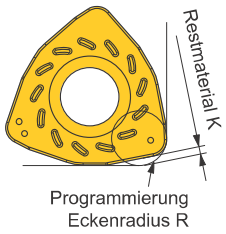
Wendeschneidplatten-Fräser

Tauch- und Zirkularfräsen mit Wendeschneidplatte WPGT und SDMT

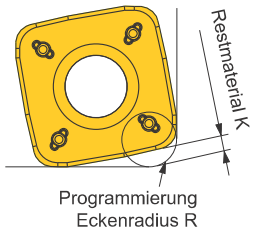
Ungefährer Programmierradius

WSP	ca. R [mm]	Restmaterial K [mm]
WPGT050315ZSR	2,0	0,5
WPGT060415ZSR	2,5	0,7
WPGT080615ZSR	2,5	0,7
WPGT090725ZSR	4,5	1,2
SDMT06T208	1,6	0,5
SDMT09T312	2,5	0,87
SDMT120412	4,0	0,93
SDMT150620	4,0	1,38

WPGT

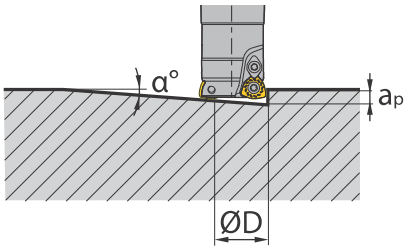


SDMT



Wendeschneidplatte WPGT

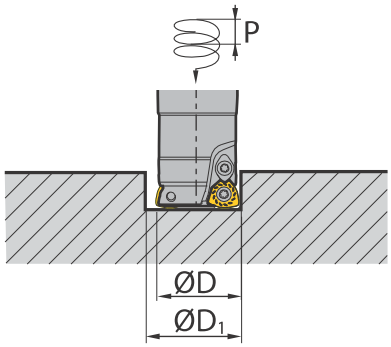
Tauchfräsen



$$L_m = \frac{a_p}{\tan_\alpha}$$

α: Eintauchwinkel

Zirkularfräsen



$$P = \tan_\alpha \times \pi \times D_1$$

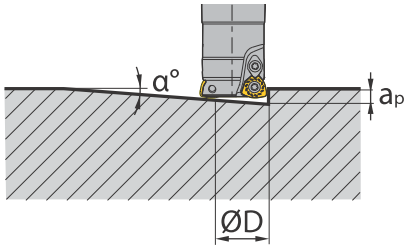
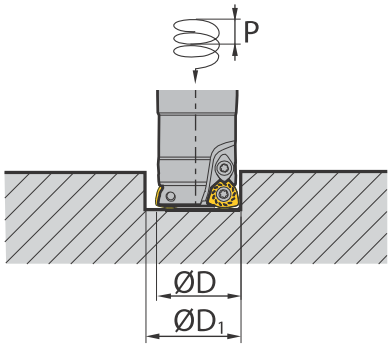
α: Spiralwinkel

Wendeschneid-platte	Durchmesser ØD [mm]	Max. Schnitttiefe a_p [mm]	Max. Eintauchwinkel α°	Min. Durchmesser $ØD_1$ [mm]	Max. Durchmesser [mm]
WP**05**	20	1,5	12	24	37
WP**06**	25	1,5	8,8	31	47
	32	1,5	5	45	61
	40	1,5	3,2	61	77
	50	1,5	2,8	81	97
WP**08**	40	1,5	9	52	77
	50	1,5	5,4	71	97
	63	1,5	4,3	97	123
	80	1,5	2,9	131	157
	100	1,5	2,1	171	197
	125	1,5	1,3	221	247
	160	1,5	1,1	291	317
WP**09**	50	3,0	7,2	70	96
	63	3,0	4,5	96	122
	80	3,0	2,8	130	156
	100	3,0	2,2	170	196
	125	3,0	1,6	220	246
	160	3,0	1,2	290	316

Beim Tauch- und Zirkularfräsen den Vorschub reduzieren.
Vorschub bei Bohroperationen (axial) unter 0,2 mm einstellen.
„Vorsicht" – Beim Bohren können lange Späne entstehen.

Wendeschneidplatten-Fräser

Wendeschneidplatte SDMT

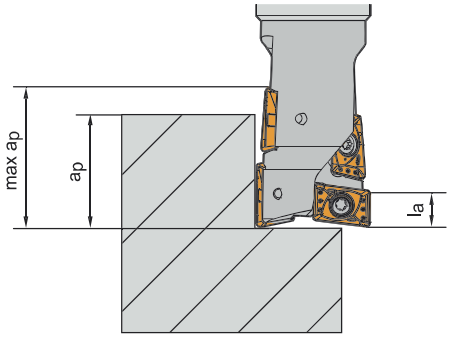
		Tauchfräsen		Zirkularfräsen	
					
		$L_m = \frac{a_p}{\tan_\alpha}$ α: Eintauchwinkel		$P = \tan_\alpha x \pi x D_1$ α: Spiralwinkel	
Wendeschneid-platte	Durchmesser ØD [mm]	Max. Schnitttiefe a_p [mm]	Max. Eintauchwinkel α°	Min. Durchmesser $ØD_1$ [mm]	Max. Durchmesser [mm]
SD**06**	20	0,8	3,6	30	38
	25	0,8	2,8	40	48
	32	0,8	1,6	52	60
	40	0,8	1,1	70	78
	50	0,8	0,8	90	98
	63	0,8	0,7	114	122
SD**09**	25	1,4	6,5	34	48
	32	1,4	4,5	48	62
	35	1,4	3,6	54	68
	50	1,4	1,8	84	98
	63	1,4	1,3	110	124
SD**12**	32	1,8	10,4	44	60
	40	1,8	5,7	60	76
	50	1,8	3,5	80	96
	63	1,8	2,5	106	122
	80	1,8	1,6	140	156
	100	1,8	1,2	180	196
SD**15**	40	2,2	7,3	54	76
	80	2,2	1,4	134	156
	100	2,2	1,0	174	196
	125	2,2	0,9	234	246
	160	2,2	0,6	304	316

Beim Tauch- und Zirkularfräsen den Vorschub reduzieren.
Vorschub bei Bohroperationen (axial) unter 0,2 mm einstellen.
„Vorsicht" – Beim Bohren können lange Späne entstehen.

Wendeschneidplatten-Fräser

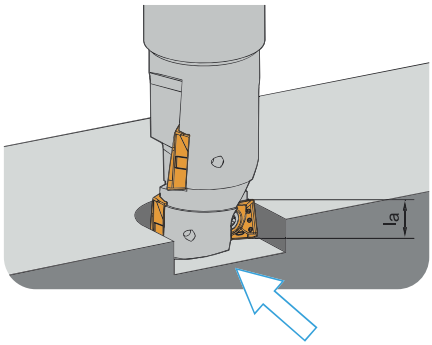
Frässtrategien EMP05

Schulterfräsen



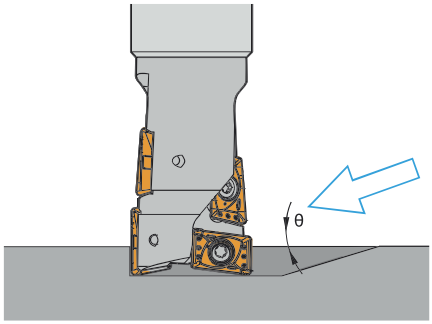
- Wenn die Schnitttiefe kleiner als l_a ist, sind sowohl die linke als auch die rechte Schneide am Schneidvorgang beteiligt.
- Wenn die Schnitttiefe größer als l_a ist, ist die rechte Schneide am Schneidvorgang beteiligt.
- Wenn die Schnitttiefe a_p zunimmt,müssen die Schnittgeschwindigkeit und die Vorschubgeschwindigkeit reduziert werden.
- Je länger der Überhang des Fräsers ist, desto leichter kommt es während der Bearbeitung zu Vibrationen. Wenn Vibrationen auftreten, reduzieren Sie bitte die Bearbeitungsparameter, bis keine deutlichen Vibrationen mehr auftreten.

Nutenfräsen



- Es wird empfohlen, dass die Schnitttiefe beim Nutenfräsen l_a nicht überschreitet.
- Es wird empfohlen, dass die Vorschubgeschwindigkeit beim Nutenfräsen 70 % der Vorschubgeschwindigkeit beim Schulterfräsen nicht überschreitet.
- Je länger der Überhang des Fräsers ist, desto leichter kommt es während der Bearbeitung zu Vibrationen. Wenn Vibrationen auftreten, reduzieren Sie bitte die Bearbeitungsparameter, bis keine deutlichen Vibrationen mehr auftreten.

Rampen

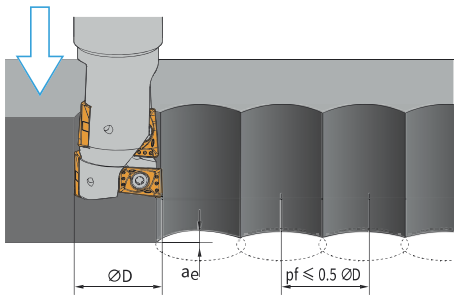


- Es wird empfohlen, dass der Rampenwinkel beim Rampenfräsen von normalen P-Materialien 3° nicht überschreitet.
- Es wird empfohlen, dass die Vorschubgeschwindigkeit beim Rampenfräsen 70 % der Vorschubgeschwindigkeit beim Schulterfräsen mit gleichen Parametern nicht überschreitet.
- Es wird empfohlen, dass der Rampenwinkel bei P-Materialien mit einer Härte von mehr als HRC45 nicht mehr als 1° beträgt.
- Je länger der Überhang des Fräsers ist, desto leichter kommt es während der Bearbeitung zu Vibrationen. Wenn Vibrationen auftreten, reduzieren Sie bitte die Bearbeitungsparameter, bis keine deutlichen Vibrationen mehr auftreten.

Wendeschneidplatten-Fräser

Frässtrategien EMP05

Tauchfräsen

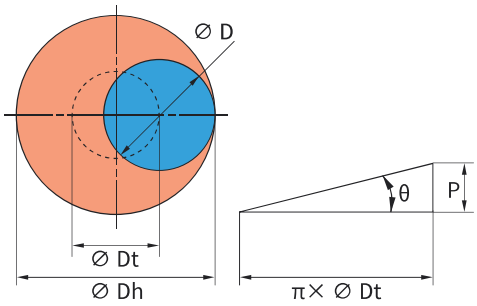


– Wenn Sie die Strategie „Tauchfräsen“ wählen, sollte die Vorschubgeschwindigkeit das 1,5- bis 1,8-fache der Strategie „Bohrfräsen“ betragen.

– Wenn der Schrittabstand ≤ 0,5 ΦD beträgt, bezieht sich die radiale Schnittbreite *ae* auf die folgende Tabelle:

ØD	Ø16	Ø20	Ø25	Ø32	Ø40	Ø50
ae	4,5	6	7,5	8,5	7,5	8,5

Helikal-Interpolationsfräsen



– Die Schnittparameter beziehen sich auf die Schulterfrässtrategie, und die Vorschubgeschwindigkeit beträgt etwa 70 % der Schulterfrässtrategie.

– Der Außendurchmesser des Spiralfräsers beträgt das 1,2- bis 1,8-fache des Fräserdurchmessers.

– Der Neigungswinkel bezieht sich auf den Winkelbereich der Rampenfrässtrategie.

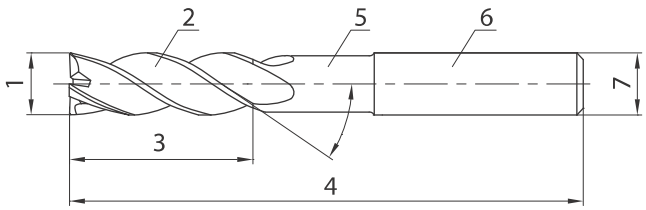
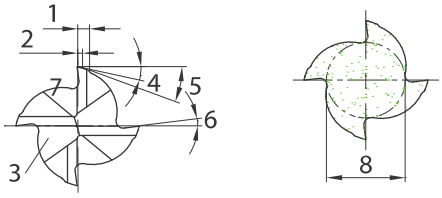
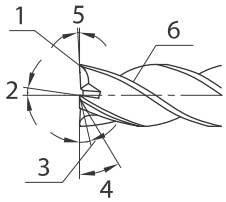
– Verwenden Sie Druckluft, um Späne aus dem bearbeiteten Loch zu entfernen.

– Die Werkzeugmittelbahn ergibt sich aus ΦDt=ΦDh-ΦDc
Werkzeugspirale = 1 Umdrehung (Vorschub + Rampenwinkel)

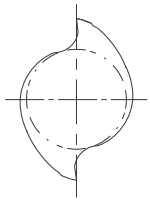
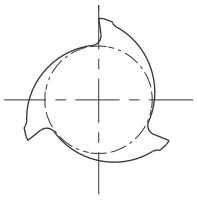
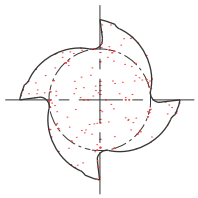
– Die Tiefe der Bohrung nimmt zu, wenn das Werkzeug eine Umdrehung spiralförmig getätigt hat.

VHM-Fräser

Begriffserklärung

A		1. Schneiddurchmesser 2. Spanraum 3. Schneidenlänge 4. Gesamtlänge 5. Hals 6. Schaft 7. Schaftdurchmesser
B		1. Fasenbreite, Hauptschneide 2. Fasenbreite, Durchmesser 3. Freischliff, stirnseitig 4. Primärer radialer Freiwinkel 5. Sekundärer radialer Freiwinkel 6. Radialer Spanwinkel 7. Axiale Hauptschneide 8. Kerndurchmesser
C		1. Schneidecke 2. Axialer Spanwinkel 3. Axialer primärer Freiwinkel 4. Axialer sekundärer Freiwinkel 5. Neigungswinkel 6. Radiale Schneidkante

Zähne, Spanraum und Stabilität

Zähne	2 Schneiden	3 Schneiden	4 Schneiden
Schnittdarstellung			
Schneidenanteil	54 %	56 %	60 %
Vorteile	– Große Spankammer – Gute Spanabfuhr	– Gute Spanabfuhr – Gute Oberflächengüte	– Gute Steifigkeit – Gute Oberflächengüte
Anwendung	– Nutenfräsen – Eckfräsen – Bohrungsbearbeitung	– Nutenfräsen – Eckfräsen – Schlichtbearbeitung	– Nutenfräsen (flach) – Eckfräsen – Schlichtbearbeitung

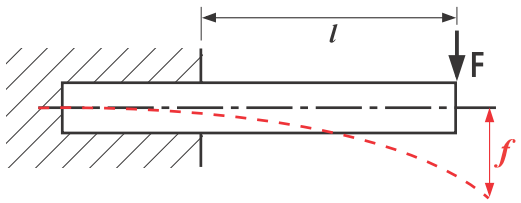
Länge der Schneidenauskragung und Schneidendurchmesser

Je kürzer die Werkzeugauskragung, um so stabiler ist die Bearbeitungssituation. Während der Bearbeitung können Werkzeugdurchbiegungen und Vibrationen entstehen.

Bei Vergrößerung der Auskragung um 100 % wird der Deflektionsgrad (Ablenkung) um das 8-fache erhöht.

Bei Reduzierung der Auskragung um 20 % reduziert sich der Deflektionsgrad (Ablenkung) um 50 %.

Bei Vergrößerung des Werkzeugdurchmessers um 20 % reduziert sich der Deflektionsgrad (Ablenkung) um 50 %.

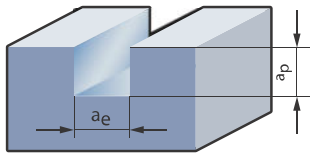


$$f = \frac{F \times l^3}{3 \times E \times I} = \frac{F \times l^3 \times 64}{3 \times E \times I}$$

VHM-Fräser

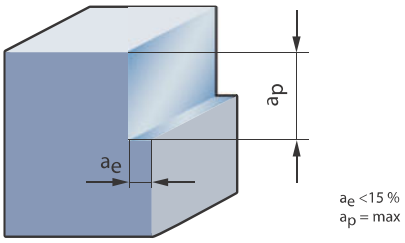
Bearbeitungsstrategien HPC/UM (HSC) Fräser

HPC = High Performance Cutting
Zerspanen mit deutlich erhöhtem Zeitspanvolumen durch höhere Schnitt- und Vorschubgeschwindigkeiten gegenüber den konventionellen Zerspanungsverfahren.

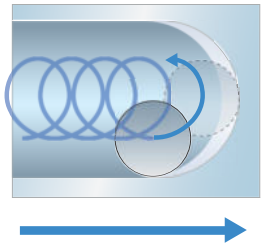


Vollnutfräsen

HSC (UM) = High Speed Cutting
Hohe Schnittgeschwindigkeit und Vorschübe in Kombination mit geringeren Schnitttiefen führen zu einer geringeren Spandicke als bei der normalen Zerspanung.

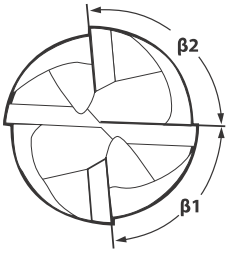


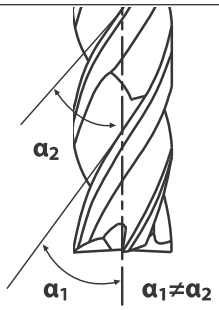
Besäumen



Trochoidalfräsen

Der UM Fräser wurde speziell für den Bereich der HSC Bearbeitung optimiert.



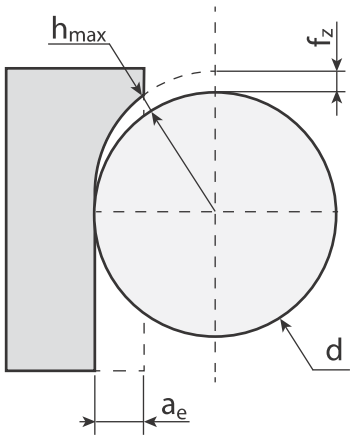


Mit diesem Werkzeug können höchste Zerspanungsvolumen realisiert werden.
Speziell auf hoch dynamischen Maschinen mit optimierten Werkzeugwegen zeigt dieser Fräser sein volles Potenzial.

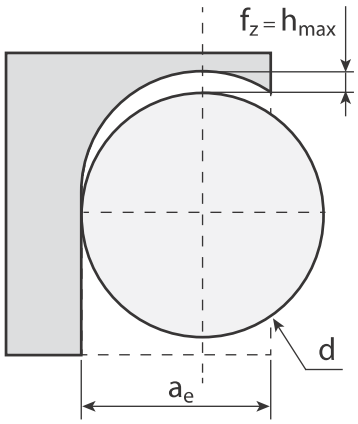
VHM-Fräser

HSC-Strategie

Wichtig ist die richtige Strategie. Bei der Programmierung muss unbedingt darauf geachtet werden, dass die seitliche Zustellung eingehalten wird. Die seitliche Zustellung sollte in der Regel nicht mehr als 15 % betragen. Bei der Zustelltiefe kann die volle Länge der Schneide genutzt werden.



$a_e < d/2 \quad h_{max} < f_z$

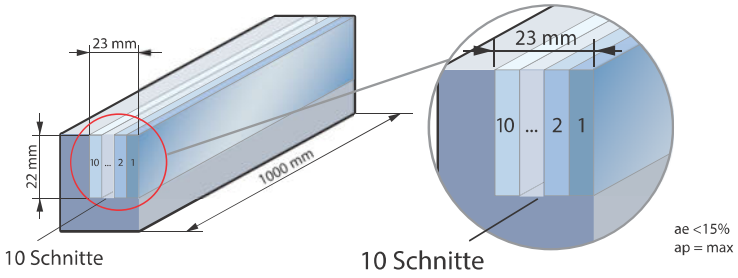


$a_e \geq d/2 \quad h_{max} = f_z$

$$h_{max} = 2f_z\sqrt{\frac{a_e}{d}\left(1-\frac{a_e}{d}\right)}$$

Bei Veränderung der seitlichen Zustellung müssen die Schnittparameter angepasst werden.
Als kalkulatorische Größe gilt eine Spandicke von ca. 0,15–0,2 mm bei den üblichen Stahlsorten.

Beispiel

Werkzeug	Bearbeitung
	
UM-4E-D20.0-W KMG405	HSC-Strategie

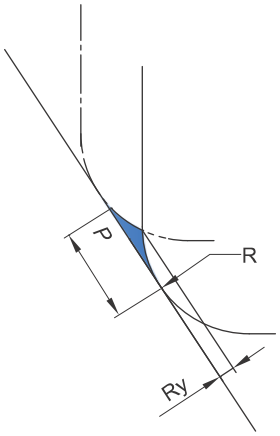
Werkstückmaterial
16MnCr5 (1.7131) ca. 700 N/mm³

Schnittdaten	
V_c	550 m/min
n	8750 1/min
f_z	0,3 mm (**h_{max} = 0,19 mm**)
V_f	10500 mm/min
a_p	22 mm
a_e	2,3 mm

Ergebnis
Zerspanungsrate **530 cm³/min**! Bearbeitungszeit 58 Sekunden! Die maximale Spandicke beträgt hier 0,19 mm.

VHM-Fräser

Vorschubwerte für das Formfräsen mit Kugelfräsern und Torusfräsern



$$Ry = R \times \{1-\cos[\arcsin(fr/2R)]\}$$

Ry: Theoretische Werte der Oberflächenqualität
P: Vorschub
R: Radius des Kugel- oder Torusfräsers

R \ Ry	Vorschub P									
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0,5	0,003	0,010	0,023	0,042	0,067	0,100				
1,0	0,001	0,005	0,011	0,020	0,032	0,046	0,063	0,083	0,107	
1,5	0,001	0,003	0,008	0,013	0,021	0,030	0,041	0,054	0,069	0,086
2,0	0,001	0,003	0,006	0,010	0,015	0,023	0,031	0,040	0,051	0,064
2,5	0,001	0,002	0,005	0,008	0,013	0,018	0,025	0,032	0,041	0,051
3,0		0,001	0,004	0,007	0,010	0,015	0,020	0,027	0,034	0,042
4,0		0,001	0,003	0,005	0,008	0,011	0,015	0,020	0,025	0,031
5,0		0,001	0,002	0,004	0,006	0,009	0,012	0,016	0,020	0,025
6,0			0,002	0,003	0,005	0,008	0,010	0,013	0,017	0,021
8,0			0,001	0,003	0,004	0,006	0,008	0,010	0,013	0,016
10,0			0,001	0,002	0,003	0,005	0,006	0,008	0,010	0,013
12,5			0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,006	0,008	0,010

R \ Ry	Vorschub P									
	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
0,5										
1,0										
1,5	0,104									
2,0	0,077	0,092	0,109							
2,5	0,061	0,073	0,086	0,100						
3,0	0,051	0,061	0,071	0,083	0,095	0,109				
4,0	0,038	0,045	0,053	0,062	0,071	0,081	0,091	0,103		
5,0	0,030	0,036	0,042	0,049	0,057	0,064	0,073	0,082	0,091	0,101
6,0	0,025	0,030	0,035	0,041	0,047	0,054	0,061	0,068	0,076	0,084
8,0	0,019	0,023	0,026	0,031	0,035	0,040	0,045	0,051	0,057	0,063
10,0	0,015	0,018	0,021	0,025	0,028	0,032	0,036	0,041	0,045	0,050
12,5	0,012	0,014	0,017	0,020	0,023	0,026	0,029	0,032	0,036	0,040