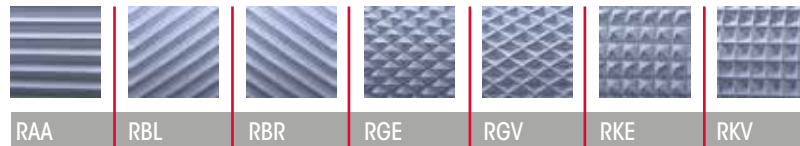


Technik



Rändelformen

Rändelprofile am Werkstück
DIN 82



Anwendung:

- Spanlose Umformung
- Bearbeitung von kaltumformbaren Werkstoffen
- Alle Rändelformen und Rändelprofile können hergestellt werden
- Für Stirn- und Innenrändelungen geeignet
- Rändelung bis zum Bund möglich
- Werkzeug kann an jeder Stelle des Werkstückes angesetzt werden

Handhabung:

- Vorbereitung des Werkstückes nur bedingt erforderlich
- Sehr einfache Handhabung des Werkzeuges (kurze Rüstzeiten)

Eigenschaften:

- Durch Werkstoffverdrängung wird der Außendurchmesser des Werkstückes vergrößert
- Die Oberfläche wird verdichtet
- Rändelformen von kleinen Durchmessern nur bedingt möglich

Rändelfräsen

Rändelprofile am Werkstück
DIN 82



Anwendung:

- Spanabhebende Bearbeitungsalternative
- Materialabtragung unter Vorschub
- Bearbeitung von dünnwandigen, weichen sowie auch schwer zerspanbaren Werkstoffen möglich
- Es können ausschließlich zylindrische Werkstücke in axialer Richtung bearbeitet werden
- Bearbeitung von kleinen Durchmessern möglich
- Höchste Präzision und Oberflächengüte, daher vor allem für Sichrändel geeignet
- Zum Ansetzen des Werkzeuges im mittleren Bereich des Werkstückes ist ein Einstich erforderlich
- Rändelung bis an einen Bund ist nicht möglich

Handhabung:

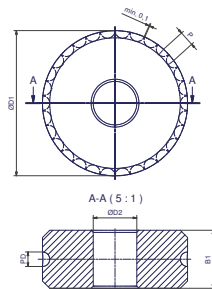
- Präzise Werkzeugeinstellung und Feinjustierung erforderlich
- Präzise Vorbereitung des Werkstückes erforderlich

Eigenschaften:

- Minimale Veränderung des Außendurchmessers
- Geringe Oberflächenverdichtung
- Geringere Maschinenbelastung als beim Rändelformen
- Minimaler Druck auf Werkstück und Maschine

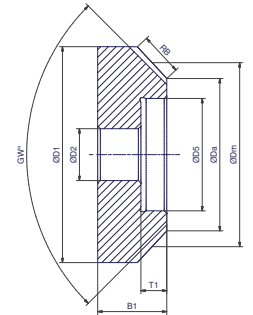
Radgeometrien

Bezeichnung	Abkürzung
Außendurchmesser	D1
Bohrungsdurchmesser	D2
Breite	B1
Teilung	p
Abgesetzter Durchmesser	D3
Abgesetzter Durchmesser	D4
Bundbolzenbohrungsdurchmesser	D5
Radius	R
Gesamtwinkel	GW

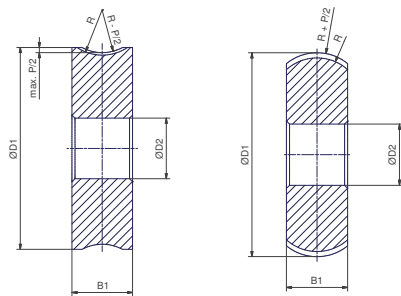


Perlrändel – Nr. 60

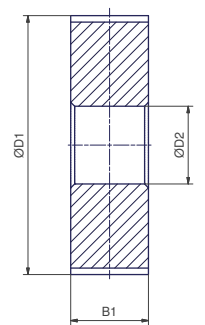
Bezeichnung	Abkürzung
Kleinsten Durchmesser	Da
Mittleren Durchmesser	Dm
Bohrungstiefe	T1
Absatzbreite	B2
Absatzbreite	B3
Rändelbreite	RB
Rändelbreite + Fase	RBF
Perl Durchmesser	PD



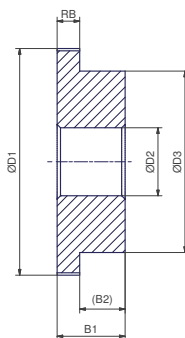
konische Rändelräder – Nr. 70



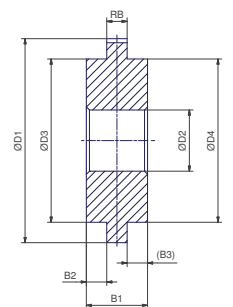
konkave / konvexe Rändelräder – Nr. 80



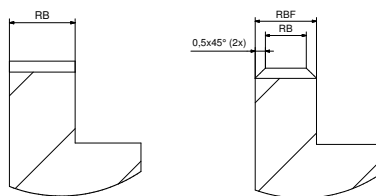
Sonderrändelräder – Nr. 90



Sonderrändelräder – Nr. 92

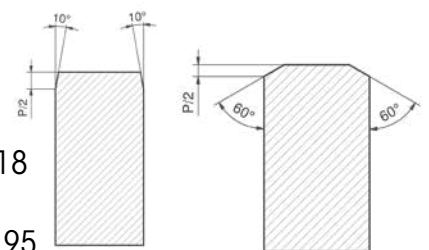


Sonderrändelräder – Nr. 93



Rändelbreite und Fase

Die Rändelbreite (= RB) auf dem Rändelrad definiert sich stets ohne Fase.
Die Rändelbreite auf dem Werkstück wird definiert durch die Rändelbreite + Fase (= RBF) auf dem Rändelrad.



Mit Fase 10° – Nr. 17/18

Mit Fase 60° – Nr. 94 / 95

Rändelungen nach CP (TPI) und DP

■ CP (TPI) = Circular Pitch (Teeth Per Inch)

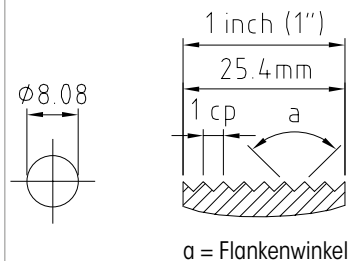
Bei diesem Standard wird die Anzahl der Zähne auf einer Strecke von 1 Inch (1" ~ 25,4 mm) angegeben. Zur Berechnung der Teilung wird 1 Inch durch die Anzahl der Zähne dividiert. Der Profilwinkel ist je nach Anzahl der Zähne pro Inch mit 70° oder 90° festgelegt.

Umrechnungsbeispiel:

Angabe CP (TPI) = 20

Teilung (mm) =

1 Inch (~25,4 mm) : 20 (Anzahl der Zähne) = 1,27 mm



■ DP = Diametral Pitch

Im Gegensatz zu CP (TPI) wird bei diesem Standard die Anzahl der Zähne am Umfang eines Kreises mit einem Durchmesser von 1 Inch (1" ~ 25,4 mm) angegeben.

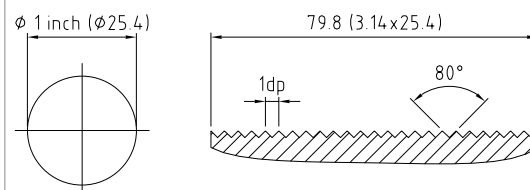
Zur Berechnung der Teilung wird der Umfang eines Kreises von 1 Inch durch die Anzahl der Zähne dividiert. Der Profilwinkel ist grundsätzlich mit 80° festgelegt.

Umrechnungsbeispiel:

Angabe DP = 64

Teilung (mm) =

1 Inch (~25,4) x π (3,14...) : 64 (Anzahl der Zähne) = 1,25 mm



Werkstoffaufwurf – spanlose Umformung

Unsere Erfahrungswerte für die Vergrößerung des Werkstückdurchmessers

Rändelprofil nach DIN 82: RAA (Rändelprofil am Werkstück)
 Rändelräder nach DIN 403: AA (Rändelprofil am Rändelrad)



Teilung [mm]		0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	1,5	1,6	2,0
Werkstoff	Werkstück Ø [mm]	Vergrößerung des Werkstückdurchmessers in mm										
Automatenstahl	5	0,08	0,14	0,18	0,22	0,27	0,29	0,35	0,50	-	-	-
	15	0,08	0,14	0,18	0,23	0,30	0,40	0,44	0,50	0,60	0,65	0,70
	25	0,08	0,15	0,23	0,24	0,28	0,35	0,44	0,53	0,62	0,70	0,98
Rostfreier Stahl	5	0,10	0,15	0,20	0,25	0,28	0,30	0,42	0,41	-	-	-
	15	0,10	0,15	0,19	0,25	0,30	0,34	0,45	0,51	0,60	-	-
	25	0,10	0,14	0,20	0,26	0,31	0,33	0,43	0,50	0,62	-	-
Messing	5	0,08	0,12	0,18	0,20	0,21	0,22	0,25	0,28	-	-	-
	15	0,10	0,14	0,20	0,26	0,28	0,29	0,35	0,41	0,44	0,48	0,55
	25	0,10	0,15	0,20	0,25	0,28	0,30	0,36	0,43	0,46	0,50	0,53
Aluminium	5	0,09	0,15	0,19	0,23	0,28	0,30	0,41	0,40	-	-	-
	15	0,10	0,15	0,19	0,26	0,29	0,33	0,45	0,51	0,57	0,65	-
	25	0,09	0,15	0,19	0,26	0,29	0,32	0,45	0,52	0,59	0,65	0,75

Rändelprofil nach DIN 82: RBL30°/RBR30° (Rändelprofil am Werkstück)
 Rändelräder nach DIN 403: BR30°/BL30° (Rändelprofil am Rändelrad)



Teilung [mm]		0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	1,5	1,6	2,0
Werkstoff	Werkstück Ø [mm]	Vergrößerung des Werkstückdurchmessers in mm										
Automatenstahl	5	0,11	0,15	0,20	0,24	0,28	0,34	0,45	0,55	-	-	-
	15	0,11	0,15	0,22	0,26	0,30	0,35	0,45	0,52	0,67	0,73	0,85
	25	0,11	0,14	0,23	0,25	0,28	0,36	0,45	0,56	0,70	0,72	0,90
Rostfreier Stahl	5	0,09	0,14	0,19	0,25	0,31	0,34	0,45	0,52	-	-	-
	15	0,12	0,20	0,23	0,31	0,35	0,40	0,51	0,62	0,66	0,73	0,97
	25	0,12	0,18	0,24	0,27	0,37	0,39	0,49	0,59	0,80	0,84	0,96
Messing	5	0,10	0,14	0,20	0,23	0,24	0,28	0,33	0,37	-	-	-
	15	0,10	0,15	0,21	0,23	0,24	0,31	0,41	0,47	0,53	0,55	0,63
	25	0,11	0,15	0,22	0,22	0,25	0,30	0,40	0,45	0,55	0,61	0,68
Aluminium	5	0,12	0,14	0,21	0,24	0,29	0,34	0,41	0,51	-	-	-
	15	0,12	0,18	0,23	0,26	0,36	0,40	0,50	0,56	0,56	0,61	0,75
	25	0,12	0,18	0,25	0,28	0,37	0,39	0,50	0,58	0,77	0,82	0,96

!

Wichtiger Hinweis:

Diese Angaben sind Erfahrungswerte. Abweichungen sind möglich.

Rändelprofil nach DIN 82: RGE30° (Rändelprofil am Werkstück)
 Rändelräder nach DIN 403: BR30° / BL30° (Rändelprofil am Rändelrad)



Teilung [mm]		0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	1,5	1,6	2,0
Werkstoff	Werkstück Ø [mm]	Vergrößerung des Werkstückdurchmessers in mm										
Automatenstahl	5	0,12	0,16	0,20	0,25	0,33	0,41	0,55	0,65	-	-	-
	15	0,13	0,22	0,30	0,32	0,35	0,41	0,52	0,62	0,67	0,81	0,95
	25	0,12	0,18	0,28	0,32	0,35	0,38	0,55	0,67	0,77	0,87	0,98
Rostfreier Stahl	5	0,11	0,20	0,25	0,30	0,36	0,39	0,55	0,55	-	-	-
	15	0,10	0,14	0,21	0,24	0,29	0,34	0,43	0,53	0,66	0,72	0,88
	25	0,11	0,13	0,20	0,25	0,28	0,32	0,44	0,52	0,67	0,70	0,83
Messing	5	0,12	0,13	0,16	0,20	0,24	0,28	0,32	0,38	-	-	-
	15	0,12	0,16	0,18	0,24	0,28	0,30	0,39	0,40	0,48	0,52	0,63
	25	0,12	0,17	0,22	0,23	0,27	0,30	0,38	0,41	0,48	0,50	0,63
Aluminium	5	0,10	0,15	0,21	0,25	0,33	0,36	0,50	0,57	-	-	-
	15	0,11	0,14	0,20	0,25	0,28	0,33	0,43	0,54	0,67	0,71	0,89
	25	0,11	0,15	0,22	0,25	0,29	0,34	0,44	0,53	0,68	0,69	0,88

Richtwerte für Schnittgeschwindigkeit und Vorschub



Rändelformen – spanlose Bearbeitung

Werkstoff	Werkstück Ø [mm]	Rändelrad Ø [mm]	Vc [m/min]		f [mm/U]					
					Radial		Axial			
			von	bis	von	bis	Teilung [mm]			
							>0,3 < 0,5	>0,5 < 1,0	>1,0 < 1,5	>1,5 < 2,0
Automatenstahl	< 10	10 / 15	20	50	0,04	0,08	0,14	0,09	0,06	0,05
	10 - 40	15 / 20	25	55	0,05	0,10	0,20	0,13	0,10	0,07
	40 - 100	20 / 25	30	60	0,05	0,10	0,25	0,18	0,12	0,08
	100 - 250	20 / 25	30	60	0,05	0,10	0,30	0,20	0,13	0,09
	> 250	25	30	60	0,05	0,10	0,32	0,21	0,14	0,10
Rostfreier Stahl	< 10	10 / 15	15	40	0,04	0,08	0,12	0,08	0,05	0,04
	10 - 40	15 / 20	20	50	0,05	0,10	0,17	0,11	0,09	0,06
	40 - 100	20 / 25	25	50	0,05	0,10	0,21	0,15	0,10	0,07
	100 - 250	20 / 25	25	50	0,05	0,10	0,26	0,17	0,11	0,08
	> 250	25	25	50	0,05	0,10	0,27	0,18	0,12	0,09
Messing	< 10	10 / 15	30	75	0,04	0,08	0,15	0,09	0,06	0,05
	10 - 40	15 / 20	40	85	0,05	0,10	0,21	0,14	0,11	0,07
	40 - 100	20 / 25	45	90	0,05	0,10	0,26	0,19	0,13	0,08
	100 - 250	20 / 25	45	90	0,05	0,10	0,32	0,21	0,14	0,09
	> 250	25	45	90	0,05	0,10	0,34	0,22	0,15	0,11
Aluminium	< 10	10 / 15	25	60	0,04	0,08	0,18	0,11	0,08	0,06
	10 - 40	15 / 20	30	65	0,05	0,10	0,25	0,16	0,13	0,09
	40 - 100	20 / 25	35	70	0,05	0,10	0,31	0,23	0,15	0,10
	100 - 250	20 / 25	35	70	0,05	0,10	0,38	0,25	0,16	0,11
	> 250	25	35	70	0,05	0,10	0,40	0,26	0,18	0,13



Wichtiger Hinweis:

Diese Angaben sind Richtwerte. Die optimalen Werte sind in der Anwendung zu suchen. Auf eine gute Kühlung / Schmierung ist zu achten, um das Einwalzen von Spänen zu verhindern und die Standzeit der Rändelräder zu erhöhen.

Rändelfräsen – spanabhebende Bearbeitung

Werkstoff	Werkstück Ø [mm]	Rändelrad Ø [mm]	Vc [m/min]		f [mm/U]					
					Radial		Axial			
			von	bis	von	bis	Teilung [mm]			
							>0,3 < 0,5	>0,5 < 1,0	>1,0 < 1,5	>1,5 < 2,0
Automatenstahl	< 10	10 / 15	40	70	0,04	0,08	0,20	0,13	0,08	0,07
	10 - 40	15 / 25	50	90	0,05	0,10	0,28	0,18	0,14	0,10
	40 - 100	25 / 32 / 42	65	110	0,05	0,10	0,35	0,25	0,17	0,11
	100 - 250	25 / 32 / 42	65	110	0,05	0,10	0,42	0,28	0,18	0,13
	> 250	32 / 42	80	100	0,05	0,10	0,45	0,29	0,20	0,14
Rostfreier Stahl	< 10	10 / 15	22	40	0,04	0,08	0,14	0,09	0,06	0,05
	10 - 40	15 / 25	30	50	0,05	0,10	0,20	0,13	0,10	0,07
	40 - 100	25 / 32 / 42	35	60	0,05	0,10	0,25	0,18	0,12	0,08
	100 - 250	25 / 32 / 42	35	60	0,05	0,10	0,29	0,20	0,13	0,09
	> 250	32 / 42	45	55	0,05	0,10	0,31	0,21	0,14	0,10
Messing	< 10	10 / 15	55	100	0,04	0,08	0,22	0,14	0,09	0,08
	10 - 40	15 / 25	70	125	0,05	0,10	0,31	0,20	0,15	0,11
	40 - 100	25 / 32 / 42	90	155	0,05	0,10	0,39	0,28	0,18	0,12
	100 - 250	25 / 32 / 42	90	155	0,05	0,10	0,46	0,31	0,20	0,14
	> 250	32 / 42	115	140	0,05	0,10	0,49	0,32	0,22	0,15
Aluminium	< 10	10 / 15	70	120	0,04	0,08	0,12	0,08	0,05	0,04
	10 - 40	15 / 25	80	150	0,05	0,10	0,17	0,11	0,08	0,06
	40 - 100	25 / 32 / 42	110	160	0,05	0,10	0,21	0,15	0,10	0,07
	100 - 250	25 / 32 / 42	110	160	0,05	0,10	0,25	0,17	0,11	0,08
	> 250	32 / 42	130	150	0,05	0,10	0,27	0,18	0,12	0,08

Die Rändel- optimierung

Die Teilung geht am Werkstückumfang gut auf

In vielen Fällen bemerkt der Anwender nichts von dem Zusammenhang zwischen Teilung und Werkstückumfang, da die Teilung bereits gut am Werkstückumfang aufgeht. Das Rändelrad kann die Verzerrung der Teilung ausgleichen, sodass ein gutes Rändelergebnis entsteht (siehe **Abbildung 1**).

Die Teilung geht am Werkstückumfang nicht optimal auf

Je ungünstiger die Teilung auf dem Werkstückumfang aufgeht, desto mehr muss das Rändelrad dies ausgleichen. Dadurch verschlechtern sich das Rändelergebnis und die Standzeit.

Auswirkungen auf das Rändelergebnis:

■ Rändelformen:

Der ungünstigere Umformprozess (Werkstoff wird unnötig hin- und hergewalzt) führt zu einer rauen Oberfläche und Reduzierung der Standzeit. Durch die Verschlechterung des Eindringprozesses entsteht Materialabrieb, der in das Rändelprofil hineingeformt wird (unsaubere Profilflanken). Es kommt zu Verzerrungen des Rändelprofils, die an der Abflachung des Profils und größeren Verrundungen der Zahnspitze bzw. des Zahngrunds zu erkennen sind (siehe **Abbildung 2**).

■ Rändelfräsen:

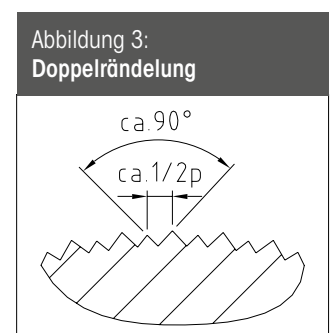
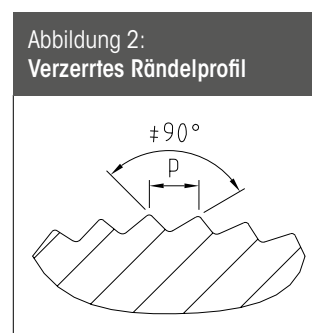
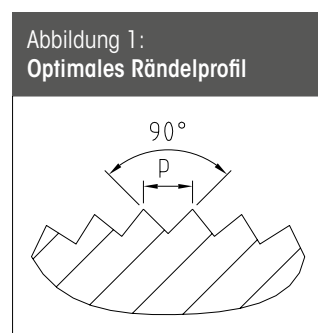
Die Verschlechterung des Eindringprozesses des Rändelrades führt zu unsauberer Profilflanken (Schattierungen). Es kommt zu Verzerrungen des Rändelprofils, die an der Abflachung des Rändelprofils und größeren Verrundungen der Zahnspitze bzw. des Zahngrunds zu erkennen sind (siehe **Abbildung 2**).

Die Teilung geht am Werkstückumfang nicht auf

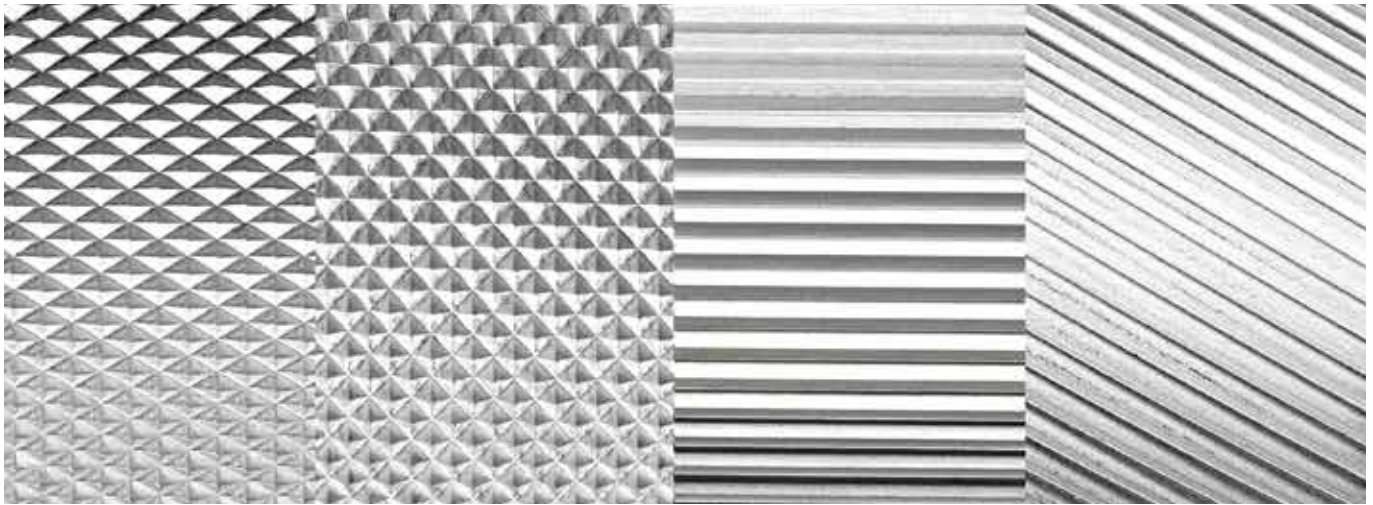
Hierbei handelt es sich um den Extremfall. Das Rändelrad kann das ungünstige Verhältnis zwischen Teilung und Werkstückumfang nicht mehr oder nur mit starker Profilverzerrung ausgleichen.

Es kann im ungünstigsten Fall eine „Doppelrändelung“ entstehen. Das Rändelrad findet dann nach einer Werkstückumdrehung nicht mehr in das Rändelprofil zurück, sondern taucht dazwischen ein.

Zu erkennen ist dies an der feineren Teilung der Rändelung (siehe **Abbildung 3**).



p = Teilung



Durch eine Optimierung der Rändelung über die Veränderung des Vordrehdurchmessers bzw. der Teilung, kann die Rändelqualität und die Standzeit wesentlich verbessert werden.

Für die systematische Optimierung gilt folgende Vorgehensweise:

- Korrektur des Vordrehdurchmessers bis optimales Rändelerggebnis erreicht wird.

Hinweis:

Bereits eine Veränderung des Vordrehdurchmessers um wenige hundertstel mm wirkt sich wesentlich auf den Umfang aus {Faktor π (x 3,14...)} und kann das Rändelerggebnis entscheidend verändern.

Wenn eine Korrektur nicht möglich ist (Toleranzen können nicht mehr eingehalten werden; Werkstück soll nicht überdreht werden), gilt:

- Überprüfung, ob Teilung geändert werden kann.

Sollte die Änderung der Teilung nicht möglich sein, ist die Anfertigung eines Sonderrändelrades mit optimierter Teilung (definierte Zähnezahl / Außendurchmesser des Rändelrades) erforderlich.

Die Beratung findet durch die Hommel+Keller Anwendungstechniker auf Basis von Werkstückzeichnung und Informationen zur Maschine statt.

Die Berechnung der optimalen Teilung wird auf der Basis von Näherungsformeln durchgeführt. Aufgrund von Einflussfaktoren (z.B. Werkstoffunterschiede) kann eine weitere Optimierung erforderlich sein.

Zusammenfassung:

Kundenanforderungen sind:

- Sauber ausgeprägtes Rändelprofil
- Volle Ausprägung der Zähne
- Keine Doppelrändelung / keine unvollständig ausgeprägte Rändelung

Lösungsvarianten:

1) Optimierungsmaßnahmen durch Anwender realisierbar:

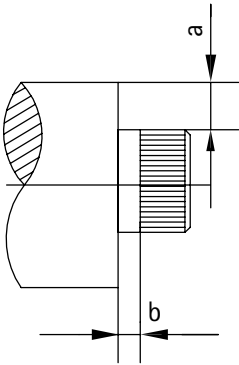
- Korrektur des Vordrehdurchmessers
- Änderung der Teilung

2) Optimierungsmaßnahmen durch Hommel+Keller:

- Optimierung durch Anfertigung eines Sonderrändelrades:
- Durch die Berechnung der Zähnezahl wird ein Rändelrad entwickelt, welches durch ein optimales Verhältnis des Durchmessers und der Zähnezahl speziell auf die Anwendung ausgelegt ist.

Einflussfaktoren

Abstandsmaße / Einstich Rändelfräsen



■ Abstandsmaß Rändelfräsen – Werkstückbund

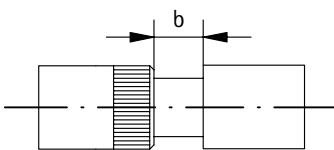
Durch die konstruktiv bedingte Schrägstellung (30°) des Rändelkopfes und der Ausladung der Deckscheibe kann mit einem Rändelfräswerkzeug grundsätzlich nicht bis an einen Bund gerändelt werden.

Das Maß a entspricht der Zunahme des Absatzes (mm).
Das Maß b entspricht dem Mindestabstand beim jeweiligen verwendeten Rändelrad (Ø-Angabe in mm).

Maß a berechnet sich aus der Bundhöhe plus der 1/2 Teilung bei Flankenwinkel 90°.

Maß „a“ [mm]	b 10 x 3 x 6 mm	b 15 x 4 x 8 mm	b 25 x 6 x 8 mm	b 42 x 13 x 16 mm
1	1,3	1,5	2	3
3	2,7	4,2	3,2	5
5	3	4,9	4,5	7
7	3	5,2	5,5	9
10	3	5,2	6,7	12
12	3	5,2	7	12

Maß a = Bundhöhe + 1/2 Teilung (Flankenwinkel 90°)



■ Mindestbreite des Einstiches – Rändelfräsen

Wenn eine Rändelung mitten im Werkstück angebracht werden soll, benötigt man einen „Rändelfreistich“ (Rändelrad benötigt Fase zur Zentrierung).
Tiefe des Einstiches: mindestens 1/2 Teilung + 0,3 mm.

Maß Rändelräder [mm]	10 x 3 x 6 mm	15 x 4 x 8 mm	25 x 6 x 8 mm	42 x 13 x 16 mm
Mindestbreite Einstich (b)	3 mm	4 mm	6,5 mm	14 mm

Einflussfaktoren auf Qualität und Prozesssicherheit beim Rändeln

Zur Herstellung eines hochwertigen und funktionell einwandfreien Rändelprofils sind eine Vielzahl von Faktoren zu berücksichtigen und gegebenenfalls zu optimieren.

Unten stehende Einflussfaktoren sind entscheidend für die Prozesssicherheit, Qualität, Präzision und Oberflächengüte und sollten bei der Anwendungsoptimierung berücksichtigt werden.

Werkzeugeigenschaften	Qualität und Spezifikation des Rändelrades	Rändelbreite	Grundmaterial des Rändelrades Härte des Rändelrades Nachbehandlung PVD-Beschichtung TENIFER®			
		Rändelrad mit Fase				
		Materialeigenschaften		Rundlaufgenauigkeit Konzentrität		
					Präzision	Profileigenschaften Schärfe der Zahnschneidkante Radius im Zahngrund Flankenwinkel
		Art des verwendeten Werkzeughalters		Art des Rändelverfahrens		
	Qualität und Zustand des Laufstiftes / der Laufbuchse Stabilität / Vibrationsfreiheit Präzision		Rändelfräsen			
				Maschineneigenschaften	Präzision	
					Stabilität / Vibrationsfreiheit	
	Eigenschaften des zu bearbeitenden Werkstoffes		Härte	Vorschub		
		Zähigkeit				
Schnittwerte						
Einstechtiefe		Schnittgeschwindigkeit				
Kühlung / Schmierung						
Freiwinkel		Vordrehdurchmesser Teilung / Zähnezahl				
Qualität der Verzahnung			Materialaufwurf			