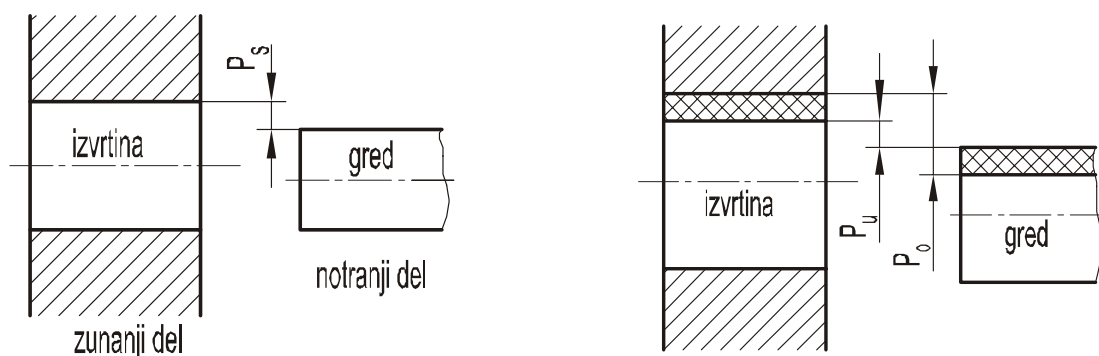


1. ISO ujemi in tolerance

Med deli z zunanjo obliko oz. mero (v nadaljevanju »čep«) in delom z notranjo obliko oz. mero (v nadaljevanju »luknja«) tvorimo ujeme oz. priloge, s katerimi dosežemo ustrezno funkcijo v sestavu. Ujem je lahko **ohlapen**, **prehoden** oz. **vmesen** in **tesen**. ISO ujemi se tvorijo tako, da je **imenska oz. teoretična mera** čepa in luknje vedno enaka.

- **Ohlapni ujem** – med čepom in luknjo **vedno obstaja ohlap** oz. »zračnost«, ujem je vedno preprosto sestavljen,
- **Vmesni ali prehodni ujem** - med čepom in luknjo vedno **lahko obstaja majhen ohlap lahko pa tudi majhen presežek**, ujem je lahko v eni skrajnosti sestavljen, v drugi pa z uporabo (majhne) sile
- **Tesni ujem** – med čepom in luknjo je vedno presežek, dela sta trdno spojena, za sestavljanje je potrebna večja do velika sila ali temperaturna razlika.

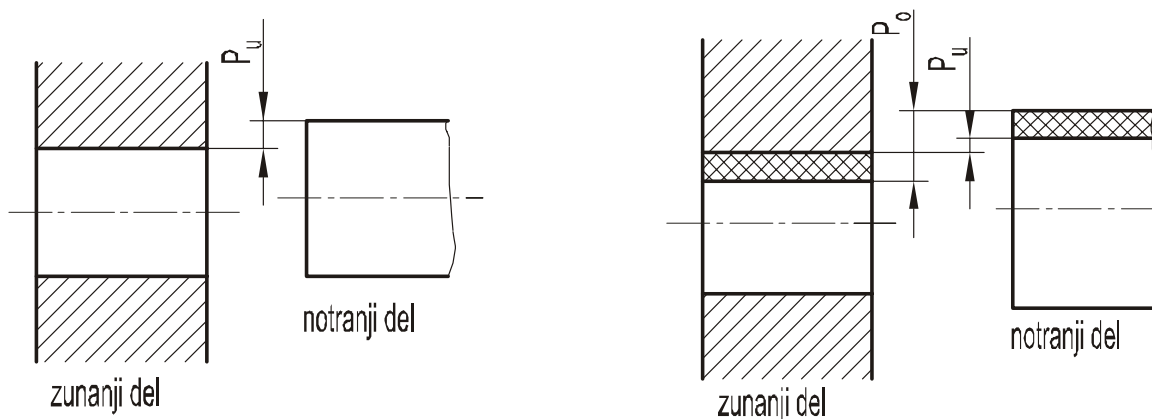
OHLAPNI UJEM



Ohlapni ujem z največjim in najmanjšim možnim ohlapom glede na tolerance luknje in čepa

- **Največji ohlap** (P_o) je pozitivna razlika med največjo možno mero luknje in najmanjšo možno mero čepa!
- **Najmanjši ohlap** (P_u) je pozitivna razlika med najmanjšo možno mero luknje in največjo možno mero čepa!

TESNI UJEM



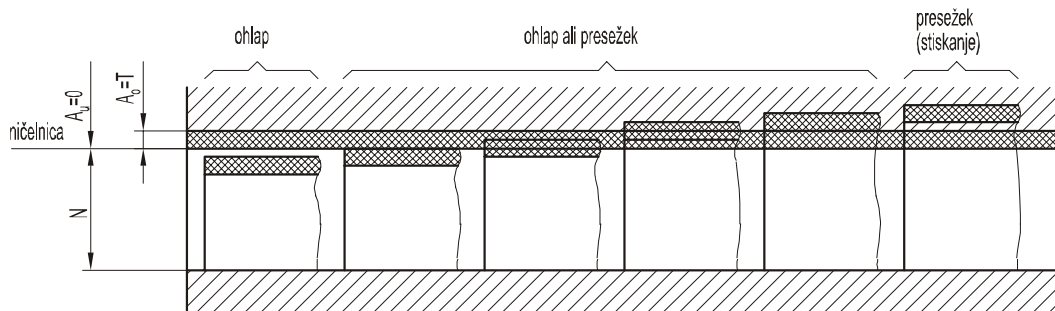
Tesni ujem z največjim in najmanjšim možnim presežkom glede na tolerance luknje in čepa

- **Največji presežek** (nadmera - P_o) je negativna razlika najmanjšo možno mero luknje in med največjo možno mero čepa in! Po ISO presežke označujemo z negativnim predznakom!
- **Najmanjši presežek** (P_u) je negativna razlika med največjo možno mero luknje in najmanjšo možno mero čepa!

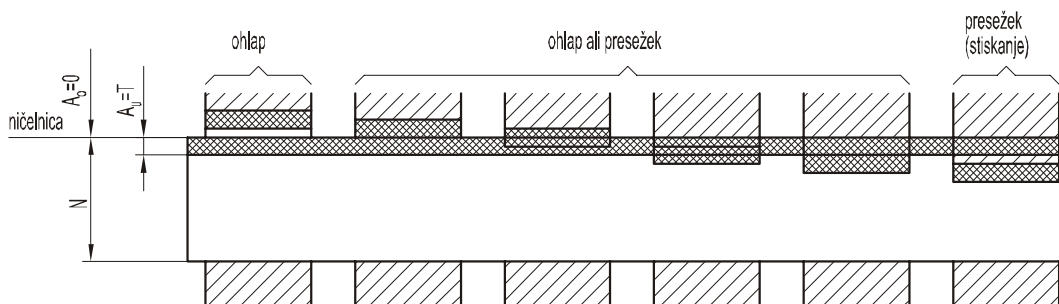
Po ISO sta določena dva sistema ujemov:

- sistem **ENOTNE LUKNJE**, kjer je **LUKNJA** vedno izdelana v tolerančnem polju **H** in
- sistem **ENOTNEGA ČEPA**, kjer je **ČEP** vedno izdelana v tolerančnem polju **h**

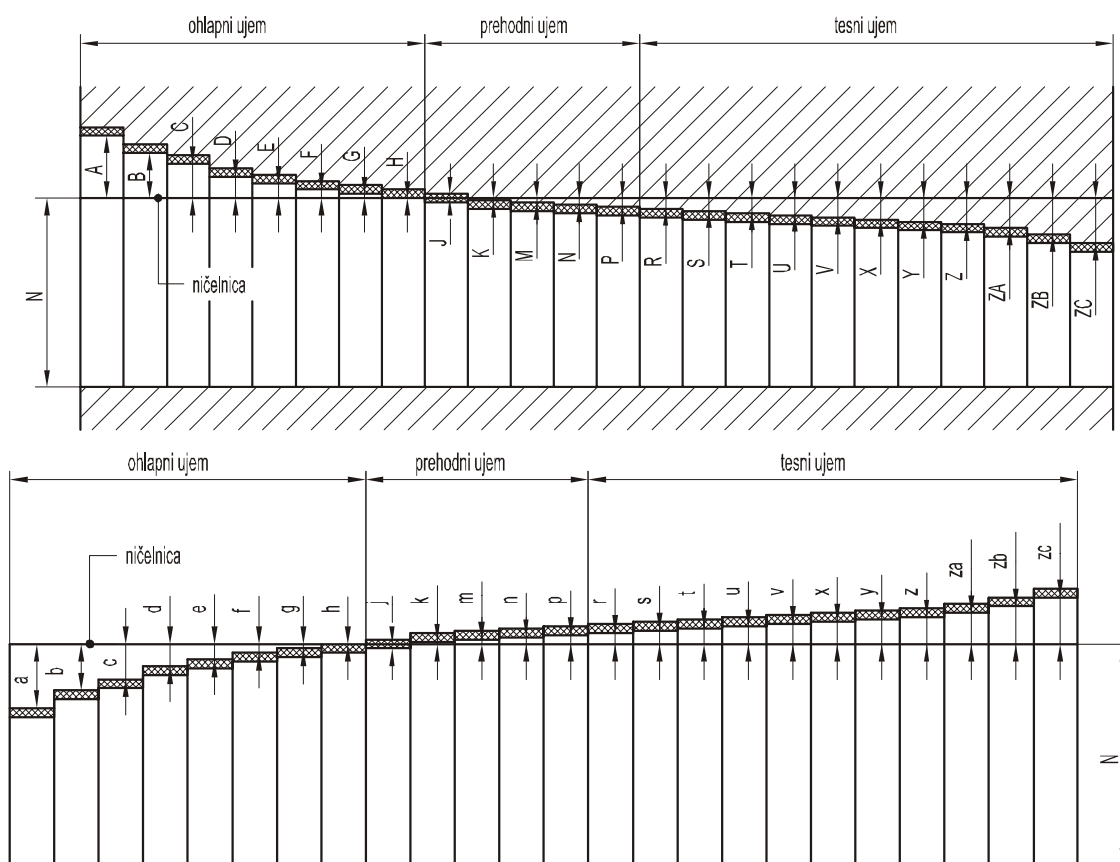
ISO toleranca pomeni sistem kodiranja dovoljenih odstopkov mere od imenske vrednosti, ki temelji na progresivni spremembi oddaljenosti lege tolerančnega polja od ničelnice (N) in velikosti tolerančnega polja IT. Lega tolerančnega polja je označena s črkovnimi oznakami (LUKNJE z VELIKI črkami, čepi pa za malimi črkami), velikost tolerančnega polja IT pa s številkami.



ISO ujemi po sistemu enotne luknje – tolerančno polje luknje H leži vedno na ničelnici (spodnji odstopok 0, zgornji odstopok enak velikosti tolerance); različne ujeme dosegamo z izbiro različne lege tolerančnih polj čepov! Ta sistem danes prevladuje!!



ISO ujemi po sistemu enotne ga čepa – tolerančno polje čepa h leži vedno na ničelnici (zgornji odstopok 0, spodnji odstopok enak negativni velikosti tolerance) različne ujeme dosegamo z izbiro različne lege tolerančnih polj luknji!



Lega tolerančnih polj je določena z najmanjšo oddaljenostjo polja od ničelnice (POZOR – glej kote):
 za luknje (zgoraj – velike tiskane črke) – posebna lega na ničelnici – polje **H**
 in čepi (spodaj – male tiskane črke) – posebna lega na ničelnici – polje **h**.

Preglednica 9.5: Označevanje in primeri uporabe pomembnih ujemov

	ISO ujemi po			Zaznamek	Primeri uporabe
	DIN 7154 enotna izvrtina	DIN 7155 enotni čep	DIN 7157 izbira ujema		
tesni ujemi	H7/s6 H7/r6	R7/h6 S7/h6	H8/x8 do u8 H7/r6	deli, sestavljeni pod visokim tlakom, visoko ali nizko temperaturo, dodatno varovanje proti zasuku ni potrebno	sklopke na koncu gredi, puše v kolesih, zveza s čepom, bronasti obroč na polžu
	H7/n6	N7/h6	H7/n6	deli, sestavljeni pod visokim tlakom, varovanje proti zasuku je potrebno	polži in polžna kolesa, ležajne puše, obroči na kolesih, pogonska kolesa
prehodni ujemi	H7/m6	M7/h6		pogonski deli, sestavljeni pri znatni uporabi sile, ročno kladivo, varovanje proti zasuku je potrebno	deli v obdelovalnih strojih, ki jih moramo zamenjati (zobniki, jermenice, sklopke, zatiči, prilagodni vijaki, notranji obroči krogličnih ležajev)
	H7/k6	K7/h6	H7/k6	deli, sestavljeni z uporabo majhne sile, varovanje proti zasuku je potrebno	jermenice, zobniki in sklopke, notranji obroči ležajev na gredih za srednje obremenitve, zavorni koluti
	H7/j6	J7/h6	H7/j6	ujemi za pomik pri dobrem mazanju, sestavimo in pomikamo ga lahko ročno, varovanje proti pomiku in zasuku ni obvezno	pogosto razstavljive gredne zveze, varovane z moznikom (koluti, kolesa, ročna kolesa, puše, ležajne obloge, bati na batnici in menjalnih kolesih)

Preglednica 9.5: Označevanje in primeri uporabe pomembnih ujemov

	ISO ujemi po			Zaznamek	Primeri uporabe
	DIN 7154 enotna izvrtina	DIN 7155 enotni čep	DIN 7157 izbira ujema		
ohlapni ujemi	H7/h6	H7/h6	H7/h6	drseči deli, dobro mazani, pomikamo jih lahko ročno	pinole, vodila za frezala, vodila, tesnilni obroči
	H8/h9	H8/h9	H8/h9	lahko sestavljiva utorna vodila, pomična na daljši razdalji	koluti, kolesa, sklopke, nastavni obroči, vzvodi, utorne gredi
	H7/g6	G7/h6	H7/g6	ozki pomični deli, ki dovoljujejo nasprotni pomik brez opaznega ohlapa	pomična kolesa, menjalniki, pomične sklopke, uležajenje vreten bri brusilnih strojih
	H7/f7	F7/h6	H7/f7	pomični ujem z zadostnim ohlapom, ki omogoča lahko mazanje	pogosto uporabljeni ujemi drsnih ležajev v strojništvu, pri uležajenju gredi z dvema ležajema (uležajenje vreten, ročičnih gredi, drsna vodila)
	H8/f8	F8/h9	F8/h9	pomični deli z utori, ki imajo opazen ohlap, tako da so med seboj dobro pomični	večkrat uležajene gredi, bati v valjih, ventilne stojine v puši, ležaji za zobniške in rotacijske črpalke
	H8/e8	E8/h6		lahko pomični deli z zadovoljivim ohlapom	večkrat uležajena gred, pri kateri postavitvev in tek nista popolna
	H8/d9	D9/h8		ujem z dolgim nasledom, ki ima zadovoljiv ohlap	natančno uležajenje transmisijskih gredi in strojnih elementov z višjo vrtilno hitrostjo
	H9/d10	D10/h9	D10/h9	dolge zveze z utori, ki imajo velik ohlap	vodenje puš osi za orodja in delovne stroje, ločljive kolute
	H11/h11	H11/h11	H11/h11	ujemi, ki imajo velike tolerance pri majhnih ohlapih	deli, ki so kovičeni, priviti, zvarjeni
	H11/d11	D11/h11		ujemi, ki imajo velike tolerance za določen majhen ohlap	ležaji na delovnih in gradbenih strojih, vodila žičnih vrvi in deli iz vlečenih materialov
	H11/c11	C11/h11	C11/h11	ujemi, ki imajo velike tolerance in velike ohlape	ležaji na kmetijskih strojih
	H11/a11	A11/H11	A11/h11	ujemi, ki imajo zelo velike tolerance	tečaji za vrata, preklopni zatiči, držala za vzmeti pri zavorah

Izbor ujemov za zagotovitev ustrezne funkcije zveze luknja - čep

Splošne tolerance (mere na risbi brez eksplicitno navedenih toleranc)

Standard ISO 2768 določa v prvem delu tolerance prostih mer linearnih in kotnih dimenzij (razredi: **fini - f**, **srednji - m**, **grobi - c**, **zelo grobi - v**) in v drugem delu splošne tolerance oblike lege in teka (razredi: **fini - H**, **srednji - K** in **grobi - L**).

ISO 2768 - mK - zahteva uporabo srednje stopnje točnosti netoleriranih mer in geometrijskih oblik,

ISO 2768 - fH-E - zahteva uporabo fine stopnje točnosti netoleriranih mer in geometrijskih oblik ter uporabo principa ovojnice povsod, kjer je po definiciji to mogoče.

Tolerančno polje linearnih in kotnih dimenzij je pri na ta način podanih splošnih tolerancah vedno simetrično – enako odstopanje v + in v -! Dejanske velikosti odstopkov so navedene v standardu za velikostno področje imenske mere in za izbrani razred točnosti (tabela na naslednji strani).

TB 2-6 Allgmeintoleranzen in mm nach DIN ISO 2768 T1

Nennmaßbereich mm	Abmaße für Längenmaße Toleranzklasse				Nennmaßbereich mm	Abmaße für Rundungshalbmesser Toleranzklasse			
	<i>f</i> fein	<i>m</i> mittel	<i>c</i> grob	<i>v</i> sehr grob		<i>f</i> fein	<i>m</i> mittel	<i>c</i> grob	<i>v</i> sehr grob
> 0,5– 3	±0,05	±0,1	±0,2	–	> 0,5– 3	±0,2	±0,2	±0,4	±0,4
> 3– 6	±0,05	±0,1	±0,3	±0,5	> 3– 6	±0,5	±0,5	±1	±1
> 6– 30	±0,1	±0,2	±0,5	±1	> 6	±1	±1	±2	±2
> 30– 120	±0,15	±0,3	±0,8	±1,5	Abmaße für Winkelmaße ¹⁾				
> 120– 400	±0,2	±0,5	±1,2	±2,5					
> 400–1000	±0,3	±0,8	±2	±4	≤ 10	±1°	±1°	±1°30'	±3°
> 1000–2000	±0,5	±1,2	±3	±6	> 10– 50	±0°30'	±0°30'	±1°	±2°
> 2000–4000	–	±2	±4	±8	> 50–120	±0°20'	±0°20'	±0°30'	±1°
					> 120–400	±0°10'	±0°10'	±0°15'	±0°30'
					> 400	±0°5'	±0°5'	±0°10'	±0°20'

1) Länge des kürzeren Schenkels

Velikost toleranc [mm] prostih mer za območja imenskih mer – za dolžinske mere, posnetja oz. zaokrožitve in za kote

TB 2-1 Grundtoleranzen T_g in Anlehnung an DIN ISO 286 T1

	Grundtoleranzgrade IT ...																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
K	–	–	–	–	7	10	16	25	40	64	100	160	250	400	640	1000	1600	2500
Nennmaßbereich (mm)	Grundtoleranz IT = K · i bzw. IT = K · I; Toleranzfaktor i (I) nach Gl. (2.4)																	
	µm									mm								
bis 3	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	0,1	0,14	0,25	0,4	0,6	1	1,4
> 3– 6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75	0,12	0,18	0,3	0,48	0,75	1,2	1,8
> 6– 10	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22	36	58	90	0,15	0,22	0,36	0,58	0,9	1,5	2,2
> 10– 18	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	0,18	0,27	0,43	0,7	1,1	1,8	2,7
> 18– 30	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	0,21	0,33	0,52	0,84	1,3	2,1	3,3
> 30– 50	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	0,25	0,39	0,62	1	1,6	2,5	3,9
> 50– 80	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	0,3	0,46	0,74	1,2	1,9	3	4,6
> 80– 120	2,5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	0,35	0,54	0,87	1,4	2,2	3,5	5,4
> 120– 180	3,5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	0,4	0,63	1	1,6	2,5	4	6,3
> 180– 250	4,5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	0,46	0,72	1,15	1,85	2,9	4,6	7,2
> 250– 315	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	0,52	0,81	1,3	2,1	3,2	5,2	8,1
> 315– 400	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	0,57	0,89	1,4	2,3	3,6	5,7	8,9
> 400– 500	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	0,63	0,97	1,55	2,5	4	6,3	9,7
> 500– 630	9	11	16	22	32	44	70	110	175	280	440	0,7	1,1	1,75	2,8	4,4	7	11
> 630– 800	10	13	18	25	36	50	80	125	200	320	500	0,8	1,25	2	3,2	5	8	12,5
> 800–1000	11	15	21	28	40	56	90	140	230	360	560	0,9	1,4	2,3	3,6	5,6	9	14
> 1000–1250	13	18	24	33	47	66	105	165	260	420	660	1,05	1,65	2,6	4,2	6,6	10,5	16,5
> 1250–1600	15	21	29	39	55	78	125	195	310	500	780	1,25	1,95	3,1	5	7,8	12,5	19,5
> 1600–2000	18	25	35	46	65	92	150	230	370	600	920	1,5	2,3	3,7	6	9,2	15	23
> 2000–2500	22	30	41	55	78	110	175	280	440	700	1100	1,75	2,8	4,4	7	11	17,5	28
> 2500–3150	26	36	50	68	96	135	210	330	540	860	1350	2,1	3,3	5,4	8,6	13,5	21	33

Velikost tolerančnih polj [µm] za območja imenskih mer glede na IT stopnjo tolerance

TB 2-3 Zahlenwerte der Grundabmaße von Innenpaßflächen (Bohrungen) in µm nach DIN ISO 286 T1 (Auszug)

Nennmaß in mm	unteres Abmaß EI ¹⁾							oberes Abmaß ES ²⁾															δ in µm											
	C	D	E	F	G	H	Js	J			K	M	N	P...ZC	P	R	S	T	U	X	Z	ZA							ZB	ZC				
	alle Grundtoleranzgrade							IT6	IT7	IT8	bis IT8	bis IT8	bis IT8	bis IT7	Grundtoleranzgrade über IT7															IT3	IT4	IT5	IT6	IT7
> 3- 6	+70	+30	+20	+10	+4	0	Abmaße = ± (IT/2) mit IT nach TB 2-1	+5	+6	+10	-1+δ	-4+δ	-8+δ	Werte wie für Grundtoleranzgrade über IT7, um δ erhöhen	-12	-15	-19	-	-23	-28	-35	-42	-50	-80	1	1,5	1	3	4	6				
> 6- 10	+80	+40	+25	+13	+5	0		+5	+8	+12	-1+δ	-6+δ	-10+δ		-15	-19	-23	-	-28	-34	-42	-52	-67	-97	1	1,5	2	3	6	7				
> 10- 14	+95	+50	+32	+16	+6	0		+6	+10	+15	-1+δ	-7+δ	-12+δ		-18	-23	-28	-	-33	-40	-50	-64	-90	-130	1	2	3	3	7	9				
> 14- 18																																		
> 18- 24	+110	+65	+40	+20	+7	0		+8	+12	+20	-2+δ	-8+δ	-15+δ		-22	-28	-35	-	-41	-54	-73	-98	-136	-188	1,5	2	3	4	8	12				
> 24- 30																																		
> 30- 40	+120	+80	+50	+25	+9	0		+10	+14	+24	-2+δ	-9+δ	-17+δ		-26	-34	-43	-48	-60	-80	-112	-148	-200	-274	1,5	3	4	5	9	14				
> 40- 50	+130																																	
> 50- 65	+140	+100	+60	+30	+10	0		+13	+18	+28	-2+δ	-11+δ	-20+δ		-32	-41	-53	-66	-87	-122	-172	-226	-300	-405	2	3	5	6	11	16				
> 65- 80	+150																																	
> 80-100	+170	+120	+72	+36	+12	0		+16	+22	+34	-3+δ	-13+δ	-203+δ		-37	-51	-71	-91	-124	-178	-258	-335	-445	-585	2	4	5	7	13	19				
> 100-120	+180																																	
> 120-140	+200	+145	+85	+43	+14	0		+18	+26	+41	-3+δ	-15+δ	-27+δ		-43	-63	-92	-122	-170	-248	-365	-470	-620	-800	3	4	6	7	15	23				
> 140-160	+210																																	
> 160-180	+230	+170	+100	+50	+15	0		+22	+30	+47	-4+δ	-17+δ	-31+δ		-50	-68	-108	-146	-210	-310	-465	-600	-780	-1000	3	4	6	9	17	26				
> 180-200	+240																																	
> 200-225	+260	+190	+110	+56	+17	0		+25	+36	+55	-4+δ	-20+δ	-34+δ		-56	-77	-122	-166	-236	-350	-520	-670	-880	-1150	4	4	7	9	20	29				
> 225-250	+280																																	
> 250-280	+300	+210	+125	+62	+18	0		+29	+39	+60	-4+δ	-21+δ	-37+δ		-62	-94	-158	-218	-315	-47	-710	-920	-1200	-1550	4	5	7	11	21	32				
> 280-315	+330																																	
> 315-355	+360	+230	+135	+68	+20	0	+33	+43	+66	-5+δ	-23+δ	-40+δ	-68	-108	-190	-268	-390	-590	-900	-1150	-1500	-1900	5	5	7	13	23	34						
> 355-400	+400																																	
> 400-450	+440																																	
> 450-500	+480																																	

1) ES = EI + IT (Grundtoleranz IT nach TB 2-1)

2) EI = ES - IT

Najmanjši odstopki (oddaljenosti) tolerančnih polj **lukenj** od ničelnice po ISO 286

TB 2-2 Zahlenwerte der Grundabmaße von Außenflächen (Wellen) in µm nach DIN ISO 286 T1 (Auszug)

Nennmaß in mm	oberes Abmaß es ¹⁾							unteres Abmaß ei ²⁾															
	c	d	e	f	g	h	js	j		k		m	n	p	r	s	t	u	x	z	za	zb	zc
	alle Grundtoleranzgrade							IT5 und IT6	IT7	IT4 bis IT7	über IT7	alle Toleranzgrade											
> 3– 6	-70	-30	-20	-10	-4	0	Abmaße = ± (IT/2) mit IT nach TB 2-1	-2	-4	+1	0	+4	+8	+12	+15	+19	-	+23	+28	+35	+42	+50	+80
> 6– 10	-80	-40	-25	-13	-5	0		-2	-5	+1	0	+6	+10	+15	+19	+23	-	+28	+34	+42	+52	+67	+97
> 10– 14	- 95	-50	-32	-16	-6	0		-3	-6	+1	0	+7	+12	+18	+23	+28	-	+33	+40	+50	+64	+90	+130
> 14– 18								+45	+60	+77	+108	+150											
> 18– 24	-110	-65	-40	-20	-7	0		-4	-8	+2	0	+8	+15	+22	+28	+35	-	+41	+54	+73	+98	+136	+188
> 24– 30								+41	+48	+64	+88	+118	+160	+218									
> 30– 40	-120	-80	-50	-25	-9	0		-5	-10	+2	0	+9	+17	+26	+34	+43	+48	+60	+80	+112	+148	+200	+274
> 40– 50	-130							+54	+70	+97	+136	+180	+242	+325									
> 50– 65	-140	-100	-60	-30	-10	0		-7	-12	+2	0	+11	+20	+32	+41	+53	+66	+87	+122	+172	+226	+300	+405
> 65– 80	-150							+43	+59	+75	+102	+146	+210	+274	+360	+480							
> 80–100	-170	-120	-72	-36	-12	0		-9	-15	+3	0	+13	+23	+37	+51	+71	+91	+124	+178	+258	+335	+445	+585
> 100–120	-180							+54	+79	+104	+144	+210	+310	+400	+525	+690							
> 120–140	-200	-145	-85	-43	-14	0		-11	-18	+3	0	+15	+27	+43	+63	+92	+122	+170	+248	+365	+470	+620	+800
> 140–160	-210							+65	+100	+134	+190	+280	+415	+535	+700	+900							
> 160–180	-230	-170	-100	-50	-15	0		-13	-21	+4	0	+17	+31	+50	+68	+108	+146	+210	+310	+465	+600	+780	+1000
> 180–200	-240							+77	+122	+166	+236	+350	+520	+670	+880	+1150							
> 200–225	-260	-190	-110	-56	-17	0		-13	-21	+4	0	+17	+31	+50	+80	+130	+180	+258	+385	+575	+740	+960	+1250
> 225–250	-280							+84	+140	+196	+284	+425	+640	+820	+1050	+1350							
> 250–280	-300	-210	-125	-62	-18	0		-16	-26	+4	0	+20	+34	+56	+94	+158	+218	+315	+475	+710	+920	+1200	+1550
> 280–315	-330							+98	+170	+240	+350	+525	+790	+1000	+1300	+1700							
> 315–355	-360	-210	-125	-62	-18	0	-18	-28	+4	0	+2 ¹⁾	+37	+62	+108	+190	+268	+390	+590	+900	+1150	+1500	+1900	
> 355–400	-400						+114	+208	+294	+435	+660	+1000	+1300	+1650	+2100								
> 400–450	-440	-230	-135	-68	-20	0	-20	-32	+5	0	+23	+40	+68	+126	+232	+330	+490	+740	+1100	+1450	+1850	+2400	
> 450–500	-480						+132	+252	+360	+540	+820	+1250	+1600	+2100	+2600								

¹⁾ ei = es - IT (Grundtoleranz IT nach TB 2-1)

²⁾ es = ei + IT

Najmanjši odstopki (oddaljenosti) tolerančnih polj čepov od ničelnice po ISO 286