



# Berechnung der kraftschlüssigen Verbindungen der Welle mit der Nabe

i Berechnung: A = OK; B = OK

ii  Projektinformationen

1.0  Gemeinsame Eingabedaten

## A Pressverbindung

### 2.0 Entwurf der Abmessungen der Verbindung

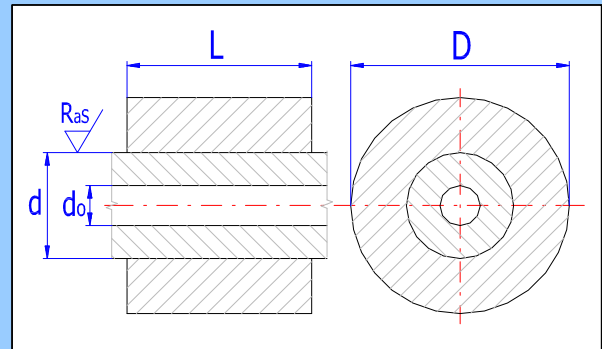
#### 2.1 Parameter der Verbindung

- 2.2 System der Passung: System der Einheitsbohrung ▼
- 2.3 Montagevorgang: Querpressen (warm) ▼
- 2.4 Reinheit der Kontaktflächen: entfettete Oberflächen ▼
- 2.5 Galvanisierung der Oberflächen: nichtgalvanisierte Oberflächen ▼
- 2.6 Reibungszahl  $\mu$ : 

0,12	0,12
------	------
- 2.7 Verlangte Sicherheit gegen Rutschen: 

1,40
------
- 2.8 Verlangte Festigkeitssicherheit: 

1,40
------



#### 2.9 Verbindungsbelastung

- 2.10 Betriebskoeffizient  $K_S$ : 

1,00	1,00
------	------
- 2.11 Betriebsdrehmoment  $T_S$ : 

78,78
-------

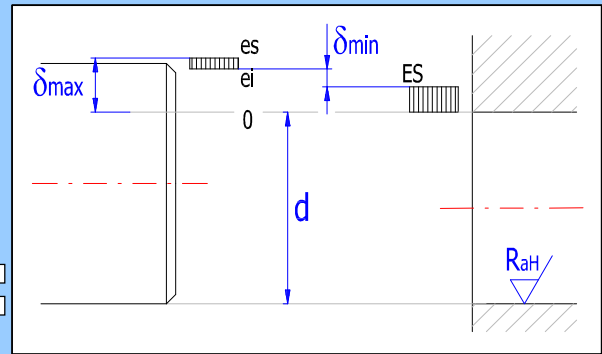
 [lb ft]
- 2.12 Allgemeine Betriebsbelastung  $F_S$ : 

1 264,47
----------

 [lb]

#### 2.13 Vorläufiger Entwurf

ID.	d	D	L	Passung
1.	1.5000	3.3750	2.0000	FN 1



#### 2.14 Abmessungen der Verbindung

- 2.15 Durchmesser der Hohlwelle  $d_0$ : 

0,5
-----

 [in]
- 2.16 Minimaler Wellendurchmesser  $d_{min}$ : 

0,905
-------

 [in]
- 2.17 Wellendurchmesser  $d$ : 

1,500
-------

 [in]
- 2.18 Außendurchmesser der Nabe  $D$ : 

3,375
-------

 [in]
- 2.19 Rauheitswert der Welle  $R_{aS}$ : 

16,00
-------

 [ $\mu$ in]
- 2.20 Rauheitswert der Nabe  $R_{aH}$ : 

32,00
-------

 [ $\mu$ in]
- 2.21 Funktionslänge der Verbindung  $L$ : 

2,000
-------

 [in]

#### 2.22 Entwurf und Wahl der Passung

##### 2.23 Automatischer Entwurf der Passung

- 2.24 empfohlene Passungen: FN 1
- 2.25 obere Abweichung der Nabe ES: 

0,60	[ $10^{-3}$ in]
------	-----------------
- 2.26 untere Abweichung der Nabe EI: 

0,00	[ $10^{-3}$ in]
------	-----------------
- 2.27 obere Abweichung der Welle es: 

1,30	[ $10^{-3}$ in]
------	-----------------
- 2.28 untere Abweichung der Welle ei: 

0,90	[ $10^{-3}$ in]
------	-----------------

- 2.30 Setzung der Verbindung: 

0,04	[ $10^{-3}$ in]
------	-----------------
- 2.31 Min. nötiges Montageübermaß: 

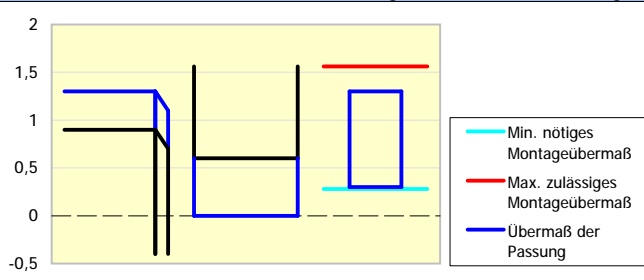
0,28	[ $10^{-3}$ in]
------	-----------------
- 2.32 Min. Übermaß der Passung  $\delta_{min}$ : 

0,30	[ $10^{-3}$ in]
------	-----------------
- 2.33 Max. zulässiges Montageübermaß: 

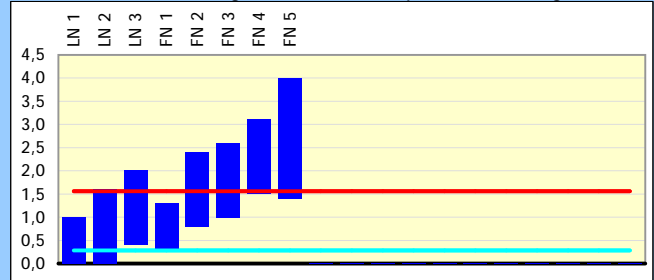
1,56	[ $10^{-3}$ in]
------	-----------------
- 2.34 Max. Übermaß der Passung  $\delta_{max}$ : 

1,30	[ $10^{-3}$ in]
------	-----------------

#### 2.29 Grenzabmaße und Bereich des Montageübermaßes der Passung



#### 2.35 Bereich der Montageübermaße für empfohlene Passungen



### 3.0 Tragfähigkeit, Festigkeitskontrollen und Montageparameter der Verbindung

#### 3.1 Tragfähigkeit der Verbindung

- 3.2 Montageübermaß  $\delta$ : 

0,80	0,30	1,30
------	------	------

 [ $10^{-3}$  in]
- 3.3 effektives Übermaß  $\Delta d$ : 

0,76	0,26	1,26
------	------	------

 [ $10^{-3}$  in]
- 3.4 Kontaktdruck  $p$ : 

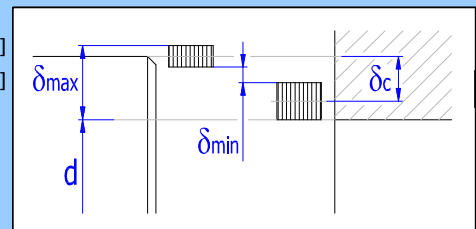
4,9	1,7	8,2
-----	-----	-----

 [ksi]
- 3.5 Reibkraft der Verbindung  $F_f$ : 

5583	1920	9247
------	------	------

 [lb]
- 3.6 Sicherheit gegen Rutschen: 

4,42	1,52	7,31
------	------	------



#### 3.7 Festigkeitskontrolle der Nabe

- 3.8 Außendurchmesserzunahme  $\Delta D$ : 

0,33	0,11	0,55
------	------	------

 [ $10^{-3}$  in]
- 3.9 Zulässige Zugspannung  $\sigma_Z$ : 

30
----

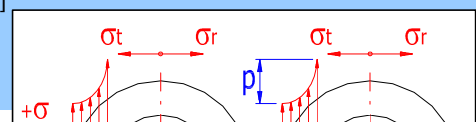
 [ksi]
- 3.10 Vergleichsspannung (Außendurchmesser): 

2,4	0,8	4,0
-----	-----	-----

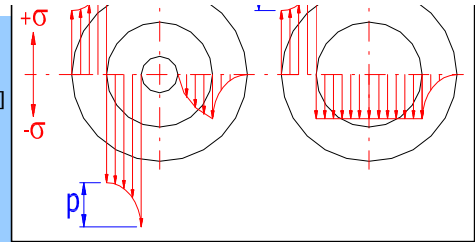
 [ksi]
- 3.11 Vergleichsspannung (Innendurchmesser): 

10,7	3,7	17,8
------	-----	------

 [ksi]



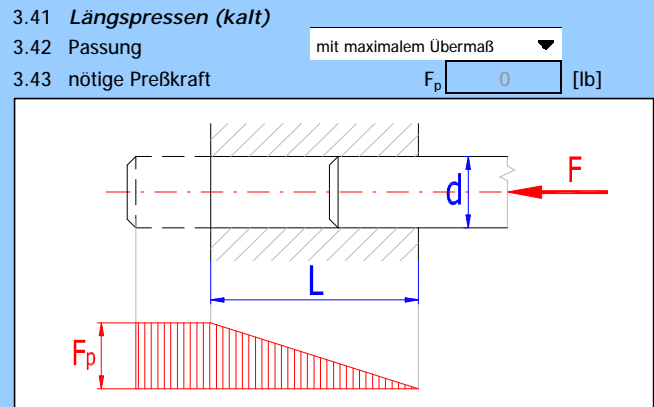
3.12	Sicherheit		2,80	8,14	1,69
3.13	<b>Festigkeitskontrolle der Welle</b>				
3.14	Innendurchmesserreduktion	$\Delta d_0$	0,18	0,06	0,30
3.15	Zulässige Zugspannung	$\sigma_Z$	34,8		
3.16	Vergleichsspannung (Außendurchmesser)		5,7	1,9	9,4
3.17	Vergleichsspannung (Innendurchmesser)		11,1	3,8	18,4
3.18	Sicherheit		3,13	9,11	1,89



3.19	<b>Kontrolle der Verbindung auf Druckstellen</b>				
3.20	Zulässiger Kontaktdruck	$p_Z$	13,5	[ksi]	
3.21	Maximaler Kontaktdruck	$p_{max}$	8,2	[ksi]	
3.22	Sicherheit		1,65		

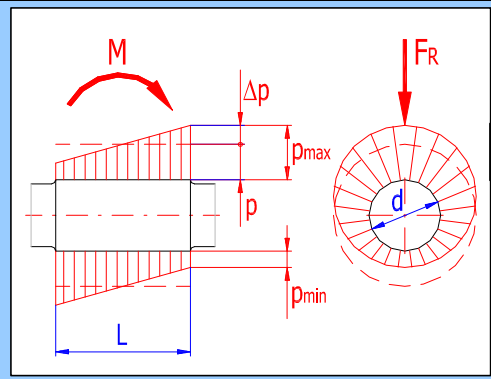
3.23	<b>Kontrolle der Wellentorsion</b>				
3.24	Zulässige Drehspannung	$\tau_Z$	24,4	[ksi]	
3.25	Vergleichsspannung	$\tau$	2,9	[ksi]	
3.26	Sicherheit		8,45		

3.27	<b>Montageparameter der Verbindung</b>				
3.28	<i>Querpressen (warm)</i>				
3.29	Passung		mit maximalem Übermaß		
3.30	Montagespiel	c	0,0015	[in]	
3.31	<b>Wärmedehnungszahl :</b>				
3.32	- Nabe (Erwärmen)	$\alpha_H$	5	$[10^{-6}/^{\circ}F]$	
3.33	- Welle (Erwärmen)	$\alpha_S$	6,5	$[10^{-6}/^{\circ}F]$	
3.34	- Welle (Unterkühlen)	$\alpha_{Sc}$	5	$[10^{-6}/^{\circ}F]$	<input checked="" type="checkbox"/>
3.35	<b>Festlegung der nötigen Erwärmungstemperatur der Nabe</b>				
3.36	Temperatur der Welle	$T_S$	68,0	$[^{\circ}F]$	
3.37	nötige Temperatur der Nabe	$T_H$	441,3	$[^{\circ}F]$	
3.38	<b>Festlegung der nötigen Abkühlungstemperatur der Nabe</b>				
3.39	Temperatur der Nabe	$T_H$	200,0	$[^{\circ}F]$	
3.40	nötige Temperatur der Welle	$T_S$	-173,3	$[^{\circ}F]$	



**4.0  Kontrolle der mit zusätzlicher Belastung beanspruchten Verbindung**

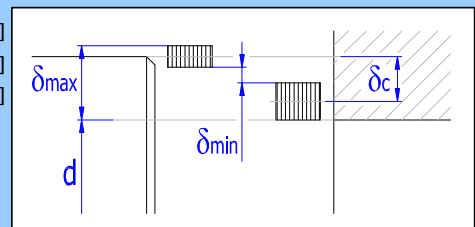
4.1	<b>Verbindungsbelastung</b>				
4.2	zusätzliche Radialkraft	$F_R$	500,00	[lb]	
4.3	zusätzliches Biegemoment	M	20,00	[lb ft]	
4.4	Druckamplitude	$\Delta p$	0,26	[ksi]	
4.5	<b>Kontrolle der Verbindung</b>				
			dc	dmin	dmax
4.6	mittlerer Kontaktdruck	p	4,9	1,7	8,2
4.7	max. zulässiger Kontaktdruck	$p_{maxZ}$	13,8		
4.8	maximaler Kontaktdruck	$p_{max}$	5,2	2,0	8,4
4.9	Sicherheit		2,66	7,06	1,64
4.10	min. zulässiger Kontaktdruck	$p_{minZ}$	0,4		
4.11	minimaler Kontaktdruck	$p_{min}$	4,7	1,4	7,9



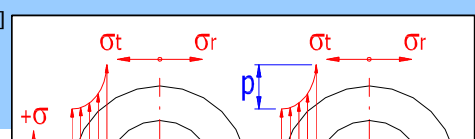
**5.0  Kontrolle der Verbindung für spezifische Arbeitstemperatur**

5.1	Betriebstemperatur	T	300,0	$[^{\circ}F]$		
5.2	<b>Eigenschaften des Werkstoffes</b>					
			Welle		Nabe	
			68 °F	300 °F	68 °F	300 °F
5.3	Elastizitätsmodul	E	30500	28530,0	24700	22790,0
5.4	Wärmedehnungszahl	$\alpha$	6,5	6,90	5	5,50
5.5	Querkontraktionszahl	$\nu$	0,3	0,30	0,28	0,28
5.6	Zulässige Zugspannung	$\sigma_Z$	34,8	29,6	30	28,5

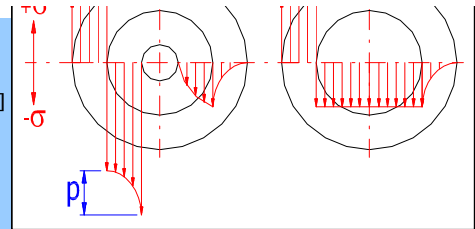
5.7	<b>Tragfähigkeit der Verbindung</b>				
			dc	dmin	dmax
5.8	Montageübermaß	$\delta$	0,80	0,30	1,30
5.9	effektives Übermaß	$\Delta d$	0,76	0,26	1,26
5.10	Betriebsübermaß	$\Delta d_T$	1,25	0,75	1,75
5.11	Kontaktdruck	$p_T$	7,5	4,5	10,5
5.12	Reibkraft der Verbindung	$F_{rT}$	8480	5086	11875
5.13	Sicherheit gegen Rutschen		6,71	4,02	9,39



5.14	<b>Festigkeitskontrolle der Nabe</b>				
5.15	Außendurchmesserzunahme	$\Delta D_T$	4,85	4,63	5,07
5.16	Zulässige Zugspannung	$\sigma_{ZT}$	28,5		
5.17	Vergleichsspannung (Außendurchmesser)		16,3	9,8	22,8
5.18	Vergleichsspannung (Innendurchmesser)		3,7	2,2	5,2



5.19 Sicherheit		1,75	2,92	1,25
5.20 Festigkeitskontrolle der Welle				
5.21 Innendurchmesserreduktion	$\Delta d_{OT}$	-0,50	-0,62	-0,39
5.22 Zulässige Zugspannung	$\sigma_{ZT}$	29,6		
5.23 Vergleichsspannung (Außendurchmesser)		8,6	5,2	12,0
5.24 Vergleichsspannung (Innendurchmesser)		16,9	10,1	23,6
5.25 Sicherheit		1,75	2,93	1,25



6.0  Erweiterte Passungswahl gemäß ISO 286

6.1 benötigte Passungsparameter		
6.2 Nennmaß	38,10	[mm]
6.3 Min. nötiges Montageübermaß	7,10	[µm]
6.4 Max. zulässiges Montageübermaß	39,64	[µm]

6.6 Passungsauswahl			
6.7 Toleranzfeld der Nabe	H6	ES	16 [µm]
		EI	0 [µm]

ID	Min. Übermaß	Max. Übermaß	Passung
1.	10	37	H6/p5
2.	15	37	H5/p5
3.	10	33	H6/p4
4.	15	33	H5/p4
5.	10	24	H4/n4
6.	19	33	H4/p4
7.	15	30	H5/p3
8.	23	38	H5/r3

6.8 Toleranzfeld der Welle	p5	es	37 [µm]
		ei	26 [µm]

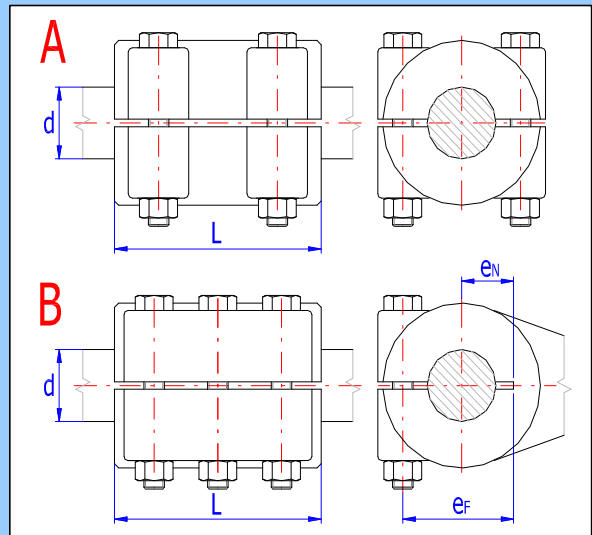
6.9 Parameter der ausgewählten Passung			
	H6/p5	Minimales Übermaß	10 [µm]
		Maximales Übermaß	37 [µm]

6.10

B Klemmverbindung

7.0  Entwurf der Abmessungen der Verbindung

7.1 Parameter der Verbindung		
7.2 Ausführung der Nabe	A ... Geteilte Nabe	
7.3 Reinheit der Kontaktflächen	entfettete Oberflächen	
7.4 Reibungszahl	$\mu$	0,12
7.5 Formkoeffizient	$K_F$	0,75
7.6 Verlangte Sicherheit gegen Rutschen		1,70
7.7 Verlangte Festigkeitssicherheit		1,70
7.8 Verbindungsbelastung		
7.9 Betriebskoeffizient	$K_S$	1,00
7.10 Betriebsdrehmoment	$T_S$	78,78
7.11 Allgemeine Betriebsbelastung	$F_S$	1 515,91
7.12 Abmessungen der Verbindung		
7.13 Durchmesser der Hohlwelle	$d_0$	0,5
7.14 Minimaler Wellendurchmesser	$d_{min}$	0,905
7.15 Wellendurchmesser	$d$	1,250
7.16 Min. Funktionslänge	$L_{min}$	1,224
7.17 Funktionslänge der Verbindung	$L$	1,250
7.18 Montagevorspannung, Entwurf der Verbindungsschraube		
7.20 Anzahl der Schrauben	$i$	4
7.21 Zulässige Montagevorspannkraft		2278,6 ~ 2326,5
7.22 Montagevorspannkraft	$F_0$	2300,0
7.23 Werkstoff der Schrauben	$R_e$	92,0 SAE 5
7.24 min. empfohlene Gewindegröße		5/16



8.0  Tragfähigkeit und Festigkeitskontrollen der Verbindung

8.1 Tragfähigkeit der Verbindung		
8.2 Allgemeine Normalkraft	$N$	9200,0
8.3 Kontaktdruck	$p$	5,89
8.4 Reibkraft der Verbindung	$F_f$	2601,2
8.5 Allgemeine Betriebsbelastung	$F_S$	1515,9
8.6 Sicherheit gegen Rutschen		1,72
8.7 Kontrolle der Verbindungsschraube		
8.8 Dehngrenze des Werkstoffs	$R_e$	92
8.9 Gewindegröße	$d$	0,3125
8.10 Anziehmoment	$M$	11,6
8.11 Spannung im Schraubenkern	$\sigma$	66,9
8.12 Sicherheitsfaktor auf der Dehngrenze		1,38

8.13 Kontrolle der Verbindung auf Druckstellen		
8.14 Zulässiger Kontaktdruck	$p_z$	13,5
8.15 Maximaler Kontaktdruck	$p_{max}$	7,9
8.16 Sicherheit		1,72
8.17 Kontrolle der Wellentorsion		
8.18 Zulässige Drehspannung	$\tau_z$	24,4
8.19 Vergleichsspannung	$\tau$	5,1
8.20 Sicherheit		4,82
8.21 Kontrolle der Hohlwelle		
8.22 Zulässige Zugspannung	$\sigma_z$	34,8
8.23 Vergleichsspannung	$\sigma$	18,7
8.24 Sicherheit		1,86

9.0  Vergleichstabelle

9.1 Pressverbindung

9.2 Wellendurchmesser	d	1,5	[in]
9.3 Funktionslänge der Verbindung	L	2	[in]
9.4 <u>Tragfähigkeit der Verbindung :</u>			
9.5 Min. Reibkraft der Verbindung	$F_f$	1919,7	[lb]
9.6 Sicherheit gegen Rutschen		1,52	
9.7 <u>Festigkeitskontrollen der Verbindung :</u>			
9.8 Maximaler Kontaktdruck	$p_{max}$	8,2	[ksi]
9.9 Sicherheit		1,69	

9.10 Klemmverbindung

9.11 Wellendurchmesser	d	1,25	[in]
9.12 Funktionslänge der Verbindung	L	1,25	[in]
9.13 <u>Tragfähigkeit der Verbindung :</u>			
9.14 Reibkraft der Verbindung	$F_f$	2601,2	[lb]
9.15 Sicherheit gegen Rutschen		1,72	
9.16 <u>Festigkeitskontrollen der Verbindung :</u>			
9.17 Maximaler Kontaktdruck	$p_{max}$	7,9	[ksi]
9.18 Sicherheit		1,72	