



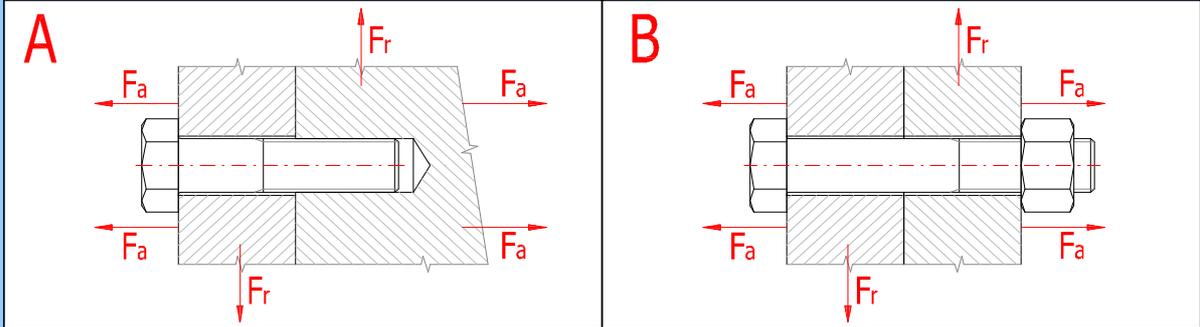
Schraubverbindung mit Vorspannkraft

- i Berechnung fehlerfrei.
- ii Projektinformationen

Kapitel der Eingangsparameter

1.0 Verbindungsbelastung, grundlegende Berechnungsparameter

- 1.1 Berechnungseinheiten Imperial (lbf, in, HP...)
- 1.2 **Belastungsmodus, Verbindungstyp**
- 1.3 Auslegung der Schraubverbindung B ... Teilverbindung mit durchgehenden Schraube
- 1.4 Belastung der Schraubverbindung Belastung in der Schraubenachse
- 1.5 Belastungsverlauf Schwellende Belastung

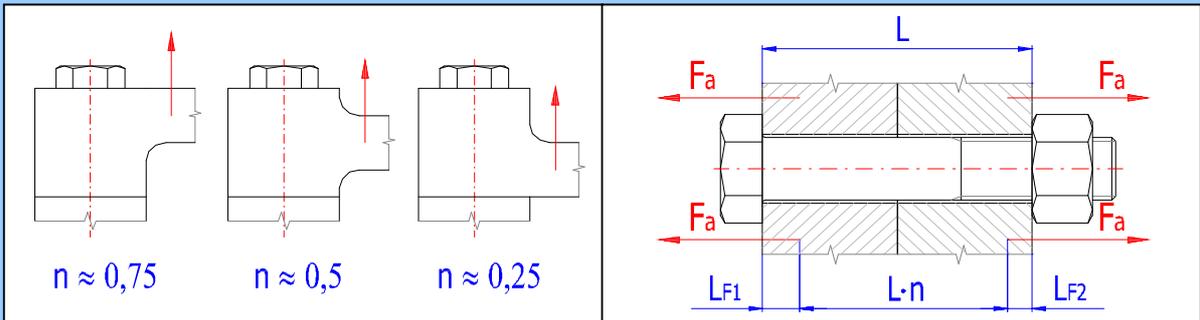


1.6 Verbindungsbelastung

- 1.7 Maximale Axialkraft F_{amax} 2000.00 [lb]
- 1.8 Minimale Axialkraft F_{amin} 0.00 [lb]
- 1.9 Maximale Radialkraft F_r 0.00 [lb]

2.0 Betriebs- und Montageparameter der Verbindung.

- 2.1 Verlangte Vorspannkoeffizient der Verbindung q_a 0.500
- 2.2 Verlangte Sicherheit gegen eine seitliche Verschiebung q_r 1.000
- 2.3 Verlangte restliche Vorspannkraft der eingespannten Verbindung F_{2min} 1000.00 [lb]
- 2.4 Verlangte Sicherheit der Schraube an der Dehngrenze n_s 1.500
- 2.5 Gewindereibungszahl μ_t 0.150
- 2.6 Reibungszahl in der Berührungsfläche des Schraubenkopfes μ_c 0.150
- 2.7 Reibungszahl zwischen den verbundenen Flächen μ_q 0.200
- 2.8 die zusätzlichen Biegespannungen in Betracht ziehen Nein
- 2.9 Abweichung der Rechtwinkligkeit der Schraubenkopfsitzfläche δ 0.100 [°]
- 2.10 Montagetemperatur T_0 68.0 [° F]
- 2.11 den Einfluss der Betriebstemperatur auf Vorspannung in Betracht ziehen Nein
- 2.12 Betriebstemperatur der Schraube T_b 300.0 [° F]
- 2.13 Betriebstemperatur der verbundenen Teile T_m 300.0 [° F]
- 2.14 Die Verbindung wird nur bei Betriebstemperatur belastet
- 2.15 Verminderung der Vorspannkraft durch Deformation in Betracht ziehen Ja
- 2.16 Dauerhafte plastische Deformation (Setzung) der Verbindung ΔL 0.00070 [in]
- 2.17 **Einführungsfaktor der Betriebskraft**
- 2.18 Einführungsfaktor der Betriebskraft n 0.500
- 2.19 Entfernung des Angriffspunktes der Kraft vom Schraubenkopf L_{F1} 0.000 [in]
- 2.20 Entfernung des Angriffspunktes der Kraft von der Mutter L_{F2} 0.000 [in]



2.21 **Parameter der dynamisch belasteten Verbindung**

2.22 Spezielle Modifikation der Verbindung

2.23 Gewindeauslegung

2.24 Verlangte Standzeit der Verbindungen in den Zyklen

2.25 Verlangte Verlässlichkeit der Verbindung

2.26 verlangte dynamische Sicherheit

Normale Auslegung der Verbindung	▼
Geschnittenes Gewinde	▼
1.0E+09	▼
99.5	▼
n_f	2.000

[%]

3.0 Ausführung, Maße und Werkstoff der Verbindungsteile

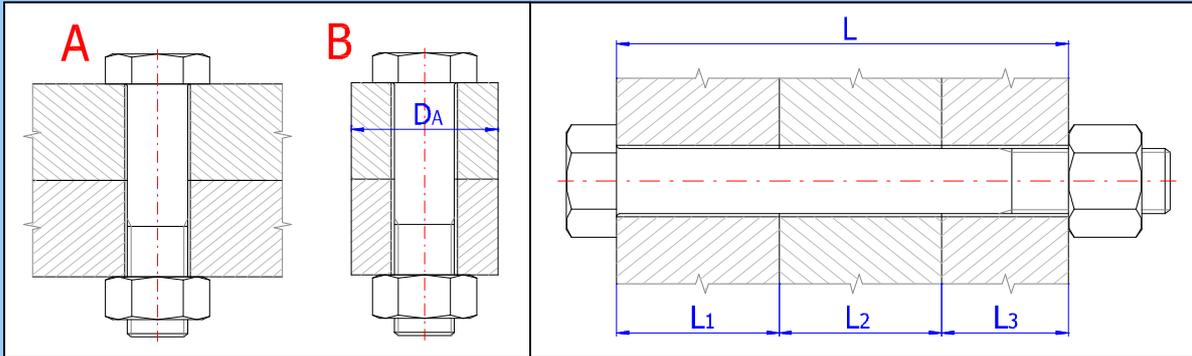
3.1 Ausführung der Verbindungsteile

3.2 Anzahl der eingespannten Teile

3.5 Gesamthöhe der eingespannten Teile

A ... Platte	▼
i	3
L	4.500

[in]



3.6	L_i	E	α	p_z	Werkstoff	AISI/SAE/ASTM
Teil 1	0.500	29000	8.9	91	Nichtrostender Stahl 304	▼
Teil 2	3.000	16000	5.9	109	Grauguss A48-35	▼
Teil 3	1.000	29000	6.9	77	Hochfester Baustahl A1011 HSLAS Grade 45 Class 2	▼

4.0 Entwurf der Verbindungsschraube

4.1 Schraubentyp, Werkstoffnorme

Schrauben aus Kohlenstoffstahl und legiertem Stahl [SAE J429]

4.2 **Vorläufiger Entwurf der minimalen Gewindedurchmesser**

1/1

	SAE 1	SAE 2	SAE 4	SAE 5	SAE 5.1	SAE 7	SAE 8	SAE 8.1
MC	M14	M12	M8	M10	M10	M8	M8	M8
MF	M14	M12	M8	M8	M8	M8	M8	M8
UNC	9/16	7/16	3/8	3/8	3/8	5/16	5/16	5/16
UNF	1/2	7/16	5/16	3/8	3/8	5/16	5/16	5/16
UNE F	1/2	7/16	5/16	5/16	5/16	5/16	5/16	5/16

4.3 Schraubenwerkstoff

4.4 Festigkeitsklasse (Werkstoffe) der Schraube

SAE 5

4.5 Elastizitätsmodul

E 30000 [ksi]

4.6 Zugfestigkeitsgrenze

R_m 120 [ksi]

4.7 Dehngrenze

$R_e, R_{p0.2}$ 92 [ksi]

4.8 Wärmedehnungszahl

α 6.2 [$10^{-6}/^{\circ}F$]

4.9 Dichte

ρ 490 [lb/ft³]

4.11 Gewindeparameter

4.12 Gewindeart

Zollgewinde grobgängig

4.13 Automatischer Schraubenentwurf

4.14 Gewindegröße

1/2

4.15 Außendurchmesser des Gewindes der Schraube

d 0.5000 [in]

4.16 Gewindeteilung

p 0.0769 [in]

4.17 Schraubenkerndurchmesser

d_r 0.4001 [in]

4.18 Mittlerer Durchmesser des Schraubengewindes

d_m 0.4500 [in]

4.19 Schraubenauslegung und Schraubengeometrie

4.20 Schraubentyp

A ... Durchsteckschraube mit Mutter

4.21 Auslegung der Schraube

Vollschraube

4.22 Auslegung des Schraubenkopfes

Sechskantkopf

4.23 Anzahl der Schraubenabteil mit unterschiedlichen Querschnitt

i 2

4.24 Gesamthöhe der eingespannten Teile

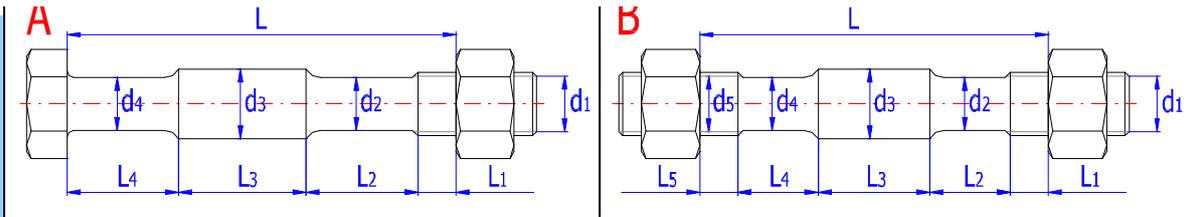
L 4.5 [in]

A

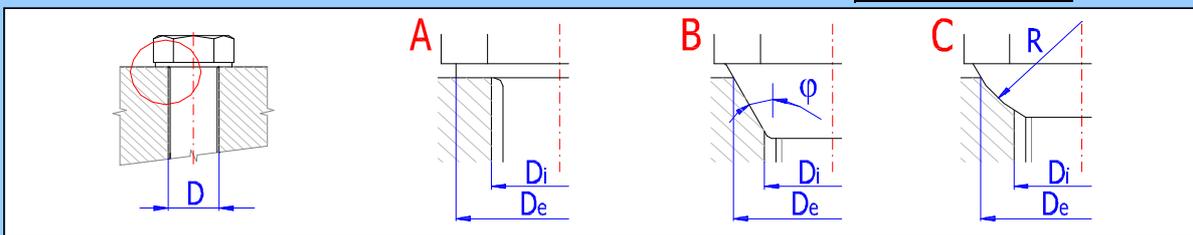
L

B

L



4.25	Schraubenabschnitt		1	2	3	4	5	6	
4.26	Abschnittlänge	L_i	1.500	3.000	0.000	0.000	0.000	0.000	[in]
4.27	Durchmesser	d_i	0.400	0.500	0.000	0.000	0.000	0.000	[in]
4.28	Innendurchmesser der Hohlschraube	d_h	0.000						[in]
4.29	Verbindungsgeometrie								
4.30	Auslegung der Aufsitzflächen unter dem Schraubenkopf		A ... Berührungsringfläche						<input checked="" type="checkbox"/>
4.31	Bohrungsdurchmesser für die Verbindungsschraube	D	0.516						[in]
4.32	Außendurchmesser der Auflagefläche (Berührungsfläche)	D_e	0.750						[in]
4.33	Innendurchmesser der Auflagefläche (Berührungsfläche)	D_i	0.516						[in]



Ergebniskapitel

5.0 Vorspannkraft, Kraftzustand und Arbeitsdiagramm der Verbindung

5.1 Konstanten der Verbindungsteifigkeit

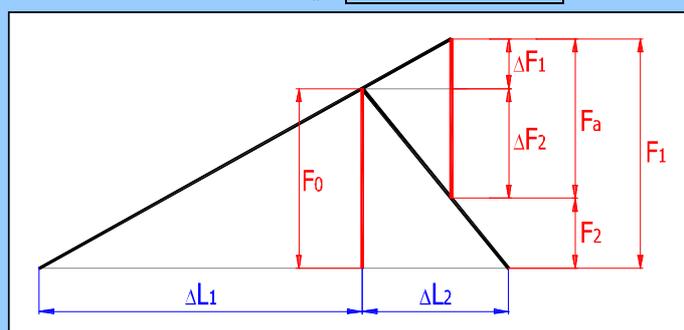
5.2	Steifigkeit der Verbindungsschraube	C_b	1047846.09	[lb/in]
5.3	Steifigkeit der eingespannten Teile	C_m	8057436.85	[lb/in]
5.4	Resultierende Steifigkeit der belasteten Verbindungsteile	C_1	983871.3	[lb/in]
5.5	Resultierende Steifigkeit der entlasteten Verbindungsteile	C_2	16114873.7	[lb/in]

5.6 Montagevorspannkraft der Schraubenverbindung

5.7	Maximale Axialkomponente der Betriebskraft	F_a	2000	[lb]
5.8	Maximale Radialkomponente der Betriebskraft	F_r	0	[lb]
5.9	Für die Übertragung der Radialkraft nötige Einspannkraft	F_{cmin}	0	[lb]
5.10	Teil der die Schraube zusätzlich belastenden Betriebskraft	ΔF_1	115.08	[lb]
5.11	Teil der die eingespannten Teile entlastenden Betriebskraft	ΔF_2	1884.92	[lb]
5.12	Minimale nötige Montagevorspannkraft der Verbindung	F_{0min}	3535	[lb]
5.13	Montagevorspannkraft der Verbindung	F_0	3535.0	<input checked="" type="checkbox"/> [lb]
5.14	Anziehmoment	M	27.65	[lb ft]

5.15 Kraftverhältnisse der belasteten Verbindung

5.16	Änderung der Vorspannkraft durch die Erwärmung der Verbind.	ΔF_{OT}	0.00	[lb]
5.17	Verlust der Vorspannkraft durch Deformation der Verbindung	ΔF_{OL}	-649.08	[lb]
5.18	Betriebsvorspannkraft der Verbindung	F_0'	2885.92	[lb]
5.19	Restliche Vorspannkraft der eingespannten Verbindungsteile	F_2	1001.00	[lb]
5.20	Resultierende innere Axialkraft in der Schraube	F_1	3001.00	[lb]
5.21	Vorspannkoeffizient der Verbindung	q_a	0.500	
5.22	Sicherheit gegen seitliche Verschiebung	q_r	0.000	



6.0 Festigkeitskontrollen der statisch belasteten Schraubenverbindung.

6.1 Festigkeitskontrolle der Verbindung im Betriebszustand			
6.2 Innere Axialkraft in der Schraube	F_1	3001.00	[lb]
6.3 Zugspannung in dem Schraubenkern von der Axialkraft	σ	21.15	[ksi]
6.4 Torsionsspann. in dem Schraubenkern von dem Anziehmoment	τ	10.87	[ksi]
6.5 Zusätzliche Biegespannung	σ_b	0.00	[ksi]
6.6 Resultierende reduzierte Spannung im Schraubenkern	σ_{red}	23.15	[ksi]
6.7 Dehngrenze des Schraubenwerkstoffs	R_e	92	[ksi]
6.8 Sicherheitsfaktor auf der Dehngrenze	n	3.97	
6.9 Festigkeitskontrolle der Verbindung im Montagezustand			
6.10 Montagevorspannkraft der Verbindung	F_0	3535.00	[lb]
6.11 Zugspannung in dem Schraubenkern von der Vorspannkraft	σ	24.91	[ksi]
6.12 Resultierende reduzierte Spannung im Schraubenkern	σ_{red}	31.23	[ksi]
6.13 Zulässige Spannung (90% R_e)	σ_z	83	[ksi]
6.14 Druckkontrolle in der Auflagefläche des Schraubenkopfes			
6.15 Druck in der Auflagefläche des Schraubenkopfes (der Mutter)	p	12.90	[ksi]
6.16 Zugelassener Druck in dem äußeren eingespannten Teil	p_z	77	[ksi]
6.17 Festigkeitskontrolle der Verbindung für maximale Vorspannkraft			
6.18 Maximale Betriebsvorspannkraft der Verbindung	$F_{0' max}$	3535.00	[lb]
6.19 Maximale Innere Axialkraft in der Schraube	F_{1max}	3650.08	[lb]
6.20 Zugspannung in dem Schraubenkern von der max. Axialkraft	σ_{max}	25.72	[ksi]
6.21 Resultierende reduzierte Spannung im Schraubenkern	σ_{red}	27.39	[ksi]
6.22 Max. Druck in der Auflagefläche des Schraubenkopfes	p_{max}	15.69	[ksi]

7.0 Festigkeitskontrollen der dynamisch belasteten Schraubenverbindung.

7.1 Festigkeitskontrolle im Gewindekern			
7.2 Mittlere die Schraube belastende Achsenkraft des Zyklus	F_m	2943.46	[lb]
7.3 Amplitude die Schraube belastende Achsenkraft des Zyklus	F_a	57.54	[lb]
7.4 Mittlere Spannung des Zyklus im Gewindekern	σ_m	20.74	[ksi]
7.5 Amplitude der Zyklusspannung im Gewindekern	σ_a	0.41	[ksi]
7.6 übliche Dauerfestigkeit / für N Zyklen	σ_D' / N	54 1.0E+06	[ksi]
7.7 Dauerfestigkeit bei verlangter Standzeit	σ_f'	54	[ksi]
7.8 Korrigierte Dauerfestigkeit der gegebenen Schraube	σ_f	9.1	<input checked="" type="checkbox"/> [ksi]
7.9 Max. ermüdungsgrenze der Schraube für gegebenen Belastung	σ_A	7.02	[ksi]
7.10 Dynamische Zugsicherheit	n_σ	17.32	
7.11 Festigkeitskontrolle im Dehnschaft			
7.12 Mittlere Spannung des Zyklus im Dehnschaft	σ_m	14.99	[ksi]
7.13 Amplitude der Zyklusspannung im Dehnschaft	σ_a	0.29	[ksi]
7.14 Korrigierte Dauerfestigkeit der gegebenen Schraube	σ_f	54	<input checked="" type="checkbox"/> [ksi]
7.15 Max. ermüdungsgrenze der Schraube für gegebenen Belastung	σ_A	32.68	[ksi]
7.16 Dynamische Zugsicherheit	n_σ	---	

Ergänzungskapitel

8.0 Montageparameter der Verbindung.

8.1 Montagevorspannkraft der Verbindung			
8.2 Minimale Montagevorspannkraft	F_{0min}	3535.0	[lb] <input checked="" type="checkbox"/>
8.3 Anziehungsfaktor	α_A	1.70	
8.4 Maximale Montagevorspannkraft	F_{0max}	6009.5	[lb]
8.5 Anziehmoment			
8.6 Gewindereibungszahl (min/max)		0.120 0.180	
8.7 Reibungszahl in der Berührungsfläche des Schraubenkopfes (min/max)		0.100 0.200	
8.8 Minimal mögliche Anziehdrehmoment	M_{min}	20.96	[lb ft]
8.9 Maximal mögliche Anziehdrehmoment	M_{max}	58.38	[lb ft]
8.10 Festigkeitskontrolle der Verbindung im Montagezustand			
8.11 Zugspannung in dem Schraubenkern von der Vorspannkraft	σ_{max}	42.35	[ksi]
8.12 Torsionsspann. in dem Schraubenkern von dem Anziehmoment	τ_{max}	21.23	[ksi]
8.13 Resultierende reduzierte Spannung im Schraubenkern	σ_{red}	56.09	[ksi]
8.14 Zulässige Spannung (90% R_e)	σ_z	83	[ksi]

8.15 Festigkeitskontrolle der Verbindung im Betriebszustand

8.16	Betriebsvorspannkraft der Verbindung	F_0'	5360.4	[lb]
8.17	Innere Axialkraft in der Schraube	F_{1max}	5475.5	[lb]
8.18	Zugspannung in dem Schraubenkern von der Axialkraft	σ_{max}	38.59	[ksi]
8.19	Resultierende reduzierte Spannung im Schraubenkern	σ_{red}	42.74	[ksi]
8.20	Dehngrenze des Schraubenwerkstoffs	R_e	92	[ksi]
8.21	Sicherheitsfaktor auf der Dehngrenze	n	2.15	

8.22 Druckkontrolle in der Auflagefläche des Schraubenkopfes

8.23	Druck in der Auflagefläche des Schraubenkopfes (der Mutter)	p_{max}	23.53	[ksi]
8.24	Zugelassener Druck in dem äußeren eingespannten Teil	p_z	77	[ksi]

8.25 Ermüdungskontrolle der Verbindung

8.26	Mittlere Spannung des Zyklus im Gewindekern	σ_m	38.18	[ksi]
8.27	Amplitude der Zyklusspannung im Gewindekern	σ_a	0.41	[ksi]
8.28	Max. ermüdungsgrenze der Schraube für gegebenen Belastung	σ_A	5.80	[ksi]
8.29	Dynamische Zugsicherheit	n_σ	14.29	

9.0 Verbindungsparameter für spezifische Arbeitstemperatur.

9.1	Temperatur der Verbindung	Interschiedlichen Temperaturen in der Verbindung <input type="checkbox"/>		
9.2	Montagetemperatur	T_0	68.0	[° F]
9.3	Betriebstemperatur der Schraube	T_b	500.0	[° F]
9.4	Betriebstemperatur der verbundenen Teile	T_m	500.0	[° F]

9.5 Schraubenwerkstoff

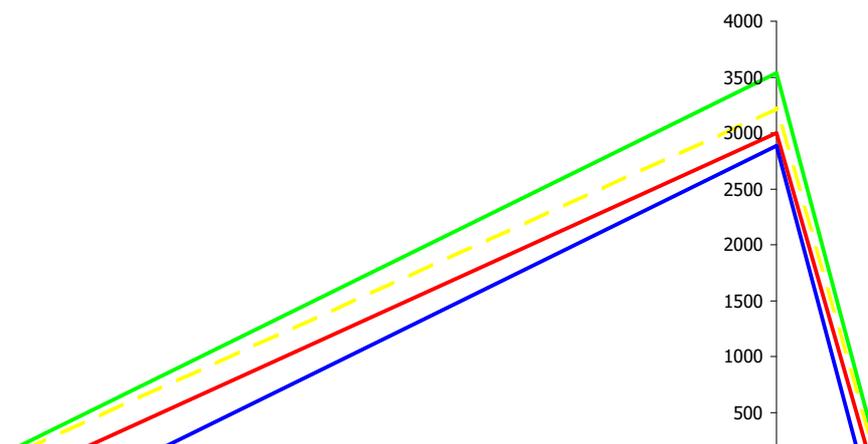
9.6	Elastizitätsmodul	E_{20}	30000	E_T	27700	[ksi]
9.7	Wärmedehnungszahl	α_{20-100}	6.2	α_{T0-T}	7.1	[10 ⁻⁶ /°F]
9.8	Dehngrenze	R_{e20}	92	$R_{p0,2 T}$	72	[ksi]

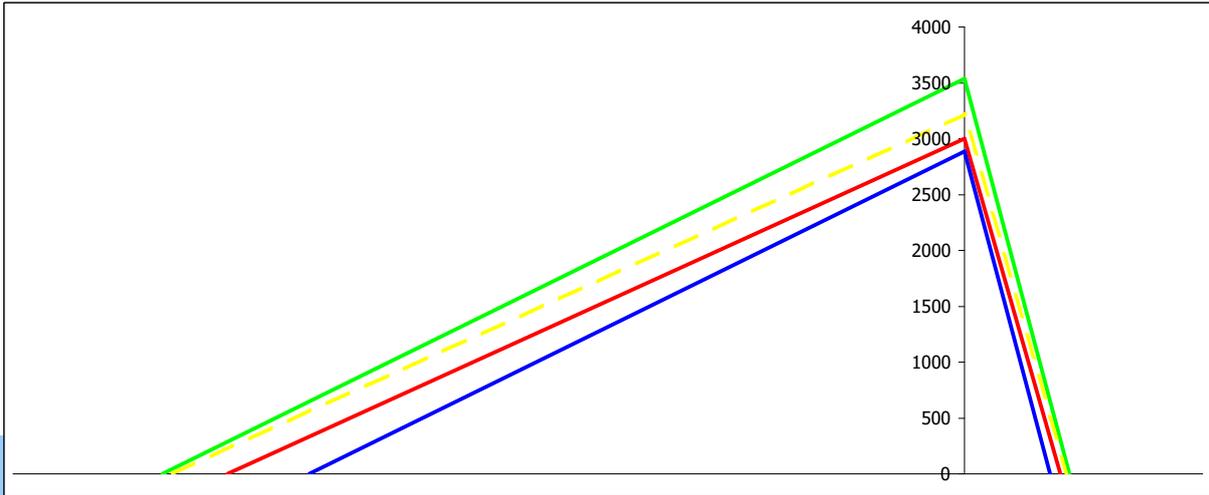
9.9 Werkstoff der Verbindungsteile

	E_{20}	E_T	α_{20-100}	α_{T0-T}
9.10 Nichtrostender Stahl 304	29000	26600	8.9	9.3
9.11 Grauguss A48-35	16000	15000	5.9	6.8
9.12 Hochfester Baustahl A1011 HSLAS Grade 45 Class 2	29000	26900	6.9	7.8

9.15 Parameter der Verbindung

9.16	Montagevorspannkraft der Verbindung	F_0	3535.0	[lb] <input checked="" type="checkbox"/>
9.17	Betriebsvorspannkraft der Verbindung bei der Temperatur T0	F_0'	2885.9	[lb]
9.18	Änderung der Vorspannkraft durch die Erwärmung der Verbind.			
9.19	- auf Grund der thermischen Ausdehnung	ΔF_{0Ta}	333.1	[lb]
9.20	- auf Grund der Änderung der Steifigkeit	ΔF_{0Tc}	-219.4	[lb]
9.21	Vorspannkraft der Verbindung bei der Betriebstemperatur	F_{0T}'	2999.6	[lb]
9.22	Restliche Vorspannkraft der eingespannten Verbindungsteile	F_{2T}	1114.1	[lb]
9.23	Vorspannkraftkoeffizient der Verbindung	q_{aT}	0.557	
9.24	Sicherheit gegen seitliche Verschiebung	q_{iT}	0.000	
9.25	Resultierende innere Axialkraft in der Schraube	F_{iT}	3114.1	[lb]
9.26	Zugspannung in dem Schraubenkern von der Axialkraft	σ_T	21.9	[ksi]
9.27	Resultierende reduzierte Spannung im Schraubenkern	σ_{redT}	23.9	[ksi]
9.28	Sicherheitsfaktor auf der Dehngrenze	n_T	3.02	





10.0 Grafische Ausgabe, CAD - Systeme

10.1 2D Ausgabe in:

DXF Datei

10.2 Auslegung des Schraubenkopfes

Sechskantkopf

10.3 Auslegung der Schraubenmutter

Sechskantmutter

10.4 Anzahl der Unterlegscheiben unter den Schraubenkopf

0

10.5 Anzahl der Unterlegscheiben unter der Schraubenmutter

1

10.6 Berechnungsklemmhöhe

L

4.5

[in]

10.7 Tatsächliche Höhe der eingeklemmten Teile

L_c

4.500

[in]

