

● Technische Information



● Montageanzugsmomente für Berstscheibensysteme

Die Montage von Dichtverbindungen wurde üblicherweise mit Schraubenschlüsseln oder Schlagschlüsseln vorgenommen. Die Anforderungen aus Gesetzen und Vorschriften, insbesondere des Bundesimmissionsschutzgesetzes (BImSchG) mit der TA Luft und die Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV), verlangen eine Montage nach einer Verfahrensanweisung durch geschultes Personal mit kontrollierten Montagevorspannkräften. Normale Dichtverbindungen sind hoch komplex und erfordern schon allein in der Auslegung, besonders bei umweltkritischen Medien, eine Emissionsminimierung durch Auslastung der Bauteilefestigkeiten der einzelnen Komponenten. Mit einfachen, mehr oder weniger pauschalen Drehmomenttabellen ist dies so nicht mehr zu lösen. Grundsätzlich sind die Anforderungen der diversen Bauteile zu beachten. Bei Verbindungen mit Berstscheibensystemen, Berstscheibe und Halter, sind zusätzlich systembedingte Anforderungen einzuhalten.

Es gibt Berstscheiben, die nur mit bestimmten vom Hersteller vorgegebenen, meist niedrigen Montagevorspannkräften zur Abdichtung der Berstscheibe gegen die Halter belastet werden dürfen. Bei Haltersystemen, in denen die Berstscheibe über eine schiefe Ebene abgedichtet werden (Abb.1), werden üblicherweise nur sehr niedrige Kräfte für das Abdichten des Systems an der Berstscheibe benötigt.

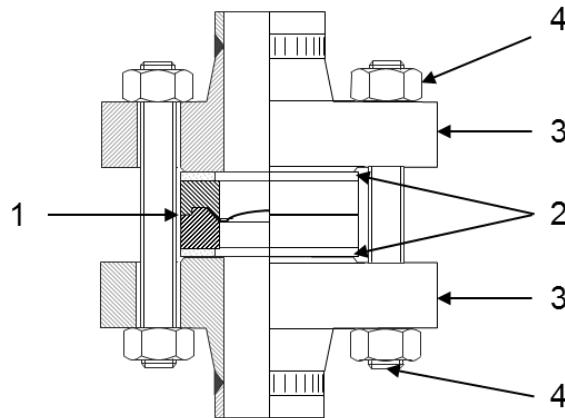


Abb.1: Flanschverbindung mit Berstscheibensystem und Abdichtung mit Schrägsitz und den Bauteilen

- 1 Berstscheibe mit Halter
- 2 Dichtelemente
- 3 Flansche
- 4 Verbindungselemente, Schrauben und Muttern

© Peter Thomsen, D-28211 Bremen

Ein Abweichen von den Herstellervorgaben zum Montagedrehmoment, zur Verspannung und Verformung der Berstscheibe und damit zu unzulässiger Veränderung des Ansprechdruckes, kann letztendlich zum Funktionsverlust des Systems führen. Gleichzeitig müssen aber für die Montage die meist höheren Vorspannkräfte für die Dichtungen zum regelkonformen Abdichten gegen die Flansche aufgebracht werden. Für besonders weiche Dichtungen, wie Elastomer

(Gummi) und PTFE/ePTFE aus stark fließende Dichtungswerkstoffen, kann umgekehrt die zulässige Vorspannkraft für die Berstscheibe zu niedrig sein. Diesen Widerspruch kann man nur lösen, in dem Berstscheibensysteme, wie z. B. das System BT-KUB von REMBE® (www.rembe.de) (Abb.2), eingesetzt werden. Dieses System ist von besonderen Vorspannkraften unabhängig und erlaubt eine Montage nach den werksüblichen Montageanweisungen.

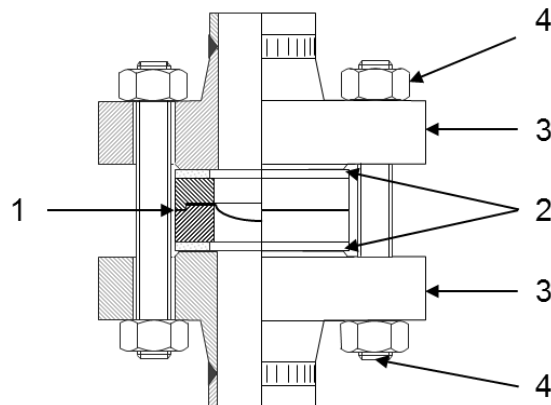


Abb.2: Flanschverbindung mit Berstscheibensystem und den Bauteilen

- 1 Berstscheibe mit Halter (System REMBE® BT-KUB)
- 2 Dichtelemente
- 3 Flansche
- 4 Verbindungselemente, Schrauben und Muttern

© Peter Thomsen, D-28211 Bremen

Einen weiteren Vorteil bieten Berstscheibensysteme mit einem Halter mit Dichtsystemen im Kraftnebenschluss (Abb.3). In diesen Systemen ergibt sich für das Dichtsystem automatisch die richtige Vorspannkraft.

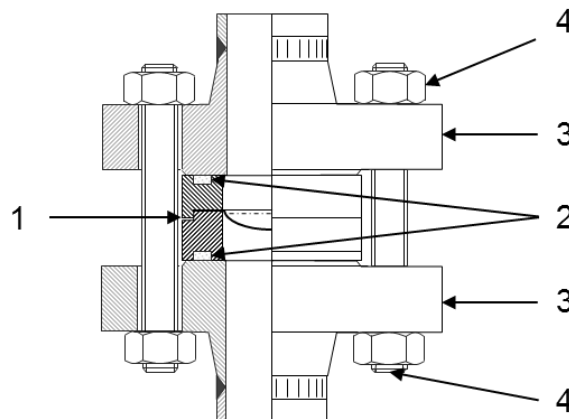


Abb.3: Flanschverbindung mit einem Berstscheibensystem mit Dichtelementen im Kraftnebenschluss und den Bauteilen

- 1 Berstscheibe mit Halter mit Dichtnuten (System REMBE® BT-KUB)
- 2 Dichtelemente
- 3 Flansche
- 4 Verbindungselemente, Schrauben und Muttern

© Peter Thomsen, D-28211 Bremen

Bei Verwendung entsprechender Dichtelemente, wie O-Ringe für niedrige Temperaturen oder Spiral-Grafit-Dichtungen auch für sehr hohe Temperaturen, werden die Anforderungen der Gesetze und Vorschriften, z.B. TA Luft oder Wasserhaushaltsgesetz (WHG) immer sicher erfüllt.

Das System gilt bei ordnungsgemäßer Montage als „auf Dauer technisch dicht“ nach der Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV). Die Abdichtung der Berstscheibe zum Halter ist „metallisch“ und erfüllt alle Anforderungen. Bei der Festlegung des Montagedrehmoments für ein Berstscheibensystem müssen, neben den eigenen Systemanforderungen, folgende Punkte beachtet werden:

- Anforderungen aus Gesetzen und Vorschriften zur Dichtheit
- Festigkeit der Flansche
- erforderliche Mindestflächenpressung für das Dichtelement
- zulässige maximale Flächenpressung des Dichtelements
- Festigkeit des Werkstoffes von Schrauben und Muttern
- Reibungskoeffizienten der Gewindeflanken und der Mutterauflagefläche

Alle Bauteile müssen ihren jeweiligen Anforderungen gerecht eingesetzt werden. Die Festigkeit der Flansche wird bei vielen Berechnungen nicht mit überprüft, ist aber zu beachten. Erfahrungen der letzten 30 Jahre zeigen, dass Vorschweißflansche üblicherweise eine hohe Schraubenvorspannkraft zulassen. Bei Schweiß- oder gar Pressflanschen kann davon nicht ausgegangen werden, ein einzelner rechnerischer Nachweis ist erforderlich, um das Drehmoment festzulegen.

Besonders bei den Schrauben wird üblicherweise keine Rücksicht auf deren spezifische Anforderungen genommen. Es ist nicht selten zu sehen, dass die Vorgaben für die Anzugsmomente in den Tabellen für Schrauben gleicher Nenngröße und gleichen Werkstoffs um mehr als 100% voneinander abweichen. Dies ist nicht zulässig, denn Schrauben müssen zur sicheren Funktion und zur Vermeidung unzulässiger Vorspannkraftverluste mit über 50% ihrer Steckgrenze, besser um 70% vorgespannt werden, um eine technische Funktion auf Dauer sicher zu gewährleisten.

Hier kommt neben der unterschiedlichen Vorspannkraft aus der Schraubenform, Dehn- oder Vollschaft, auch noch die unterschiedliche Werkstofffestigkeit zum Tragen (Tab.1).

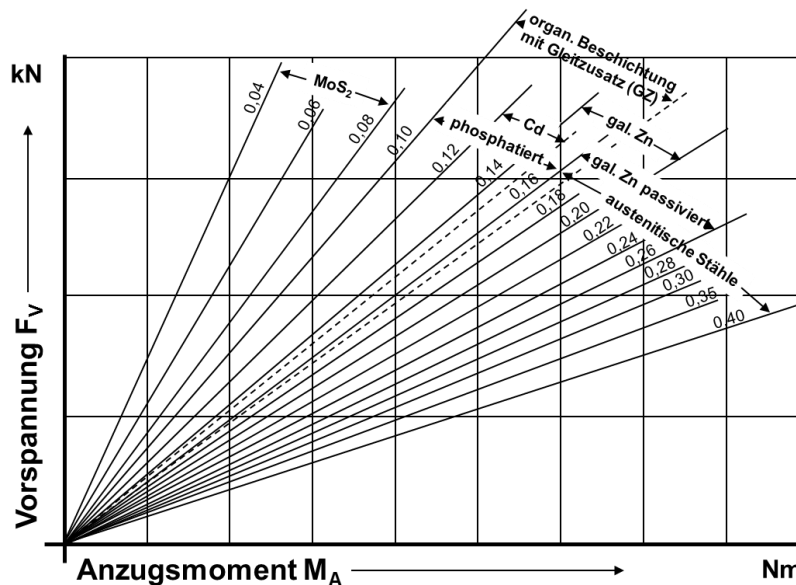
Tab.1: Streckgrenzen unterschiedlicher üblicher Schrauben-/Mutternwerkstoffe in N/mm ²						
© Peter Thomsen, D-28211 Bremen						
5.6 oder YK (CK35, C35E)	8.8	A2/A4-50	A2/A4-70	KG (25CrMo4)	GA (21CrMoV5-7)	GC / B7 (42CrMo4 / ASTM A193 Gr. B7)
300	640	250	450	440	550	730

Häufig findet man stark differierende Angaben für Mindest- und Maximaldrehmomente in den Montageanweisungen der Hersteller. Welches soll der Anwender nutzen?

Überhaupt nicht zu finden sind Angaben über die Streuung der verschiedenen Vorspannverfahren vom Drehmomentschlüssel, über Schlagschrauber zum elektrischen, hydraulischen oder pneumatischen Drehmomentschrauber.

Ganz besonders häufig findet man keine Angaben über den für die Festlegung des Drehmoments angenommenen Reibungskoeffizienten, obwohl dieser einen erheblichen Einfluss auf die tatsächlich erreichbare Vorspannkraft hat. In der Darstellung (Abb.4), wird der Zusammenhang, zwischen Reibungskoeffizient und Drehmoment sowie Vorspannkraft dargestellt.

Montagemoment M_A / Vorspannkraft F_V



Quelle: OKS-Schmierstoffe

Abb.4: Darstellung der Zusammenhänge zwischen Montagedrehmoment, erreichbarer Vorspannkraft und Reibungszahl

© Peter Thomsen, D-28211 Bremen

In anderen Tabellen wird von einem üblichen Reibungskoeffizienten zwischen 0,10 und 0,12 ausgegangen. Um diesen zu erreichen, ist die Verwendung von Schraubenschmierpasten von entsprechender Qualität erforderlich, z.B. LP475 von der microGLEIT® Spezialschmierstoffe GmbH (www.microgleit.de).

Die größten Probleme entstehen durch die unterschiedlichen Eigenschaften der Dichtwerkstoffe. Neben dem starken Fließen/Setzen besonders bei Dichtelementen (siehe auch P_{QR} -Werte nach DIN EN 13555) aus Gummi, aus Elastomer gebundenen Fasern (FA-Material nach DIN 28091-2) und aus PTFE (TF-Material nach DIN 28091-3), führen die unterschiedlichen erforderlichen Mindestflächenpressungen und zulässigen maximalen Flächenpressungen zu unterschiedlichen zulässigen Schraubenvorspannkraften und damit Drehmomentangaben. Es ist besser, Dichtelemente zu verwenden, die sich durch geringe Vorspannkraftverluste durch Fließen/Setzen und niedrige erforderliche Mindestflächenpressungen sowie hohe maximal zulässige Flächenpressungen kennzeichnen. Hierzu gehören Grafitflachdichtungen (GR-Material nach DIN 28091-4) und alle Metall-Weichstoffdichtungen, wie Wellring-, Spiral- und Kammprofil-dichtungen. Die Metall-Weichstoffdichtungen zeichnen sich, wenn sie geometrisch optimal hergestellt werden, durch sehr niedrige Leckageraten aus und leisten damit einen erheblichen Beitrag zu Umweltschutz und Anlagensicherheit.

In der folgenden Tabelle werden die üblichen P_{QR} -Werte, durchschnittliche Angaben zur erforderlichen Mindestflächenpressung und zur maximal zulässigen Flächenpressung üblicher Dichtelemente dargestellt. Es gilt, je höher der P_{QR} -Wert, umso niedriger das Setz-/ Fließverhalten.

Tab.2: Beispiele für P _{QR} -Werte, Mindest- und Maximalfächenpressung üblicher Dichtelemente (Werte sind ca. Angaben, genaue Werte beim Hersteller erfragen) © Peter Thomsen, D-28211 Bremen					
Art	Typ ¹⁾	Skizzen	P _{QR} -Werte	Flächenpressungen in MPa bei Raumtemperatur (Montage) ²⁾	
				min.	max.
Weichstoffflachdichtungen	FG / Gummi mit und ohne Einlage		0,2	2	10
	FG / Gummi-Faser Material (FA)		0,7 - 0,5	25	60
	FG / PTFE, ePTFE (TF)		0,1 - 0,5	25	90
	FG / Grafit mit oder ohne Einlage (GR)		0,8 - 0,9	15 - 25	120 - 150
	FG-IE / Dichtelement mit Innenbördel/ Innenrandverstärkung		abhängig vom Plattenmaterial	Plattenmaterial plus 10 MPa	abhängig vom Plattenmaterial
	TFC-FG / Dichtung aus Plattenmaterial mit PTFE-Hülle		0,3 - 0,5	25	abhängig vom Plattenmaterial
	FG/FG / Flachdichtung mit Weichstoffstützring		0,5 bis 0,8	25	abhängig vom Plattenmaterial
Metall-Weichstoffdichtungen	FG7FG-BUR / Flachdichtung mit Metallstützring		1,0	15	500
	SWG-C/I / Spiraldichtung mit Innen- und Zentrierring		0,7 - 0,95	50	280
	CG-FG / Wellringdichtung mit Auflagen		0,7 - 0,95	15	300
	CG-FG-BUR / Wellringdichtung mit Auflagen und Stützring		1,0		500
	GG-FG / Kammprofildichtung mit Auflagen		0,8 - 0,98	15	500
	GG-FG-CR-IR / Kammprofildichtung mit Auflagen und Zentrierring				
	MJG / Metallummanteltes Dichtelement		0,6 - 0,9	100	250
	MJG-FG-SC / Metallummanteltes Dichtelement mit Auflagen			15	abhängig von der Auflage
	MJG-FG-C/O / Metallummanteltes Dichtelement mit Auflagen und Zentrierring				

¹⁾ Kurzbezeichnung nach dem von uns bei PP PUBLICO Publications veröffentlichtem Dichtungsvademecum (ISBN -13: 978-3-934736-23-8)

²⁾ Quelle Dichtungsvademecum, Peter Thomsen und Ko-Autoren, PP-Publico

Aus den unterschiedlichen Werten der Tabelle (Tab.2) kann man ermessen, wie unterschiedlich die Werte für die Dichtelemente sind. Es ist zu empfehlen, Dichtelemente mit hohen P_{QR} -Werten, einer niedrigen Mindestflächenpressung bei gleichzeitig möglichst hoher maximaler Flächenpressung, Schutz vor Überpressung, zu verwenden.

Um zu einer richtigen Drehmomentangabe zu kommen, müssen alle einzelnen Bauteile und die Anforderungen der Gesetze und Vorschriften eingehalten werden. Wenn Flanschen ausreichender Steifigkeit und Dichtelementen mit niedrigen Mindest- und hohen Maximalflächenpressungen verwendet werden, können die Schrauben hoch (ca. 70%) ausgelastet werden.

Die Montageanzugsmomente können dann den folgenden Tabellen für metrische Gewinde mit Vollschaft (Tab.3), metrische Gewinde mit Dehnschaft (Tab.4) und imperiale, zöllige Gewinde (Tab.5) in Abhängigkeit von Schraubenwerkstoff, Form und Abmessung entnommen werden. Bei Verwendung von Schrauben aus anderen Werkstoffen können die Werte aus der Zeile mit 1.000 N/mm² analog errechnet werden. Der Reibungskoeffizient ist unbedingt zu beachten.

Bei der Montage ist darauf zu achten, dass die Flansche nicht zu stark verformt werden. Sollte dies der Fall sein, ist eine rechnerische Überprüfung unbedingt erforderlich. Auskleidungen oder Beschichtungen können die zulässigen Vorspannkräfte beeinflussen und müssen im Einzelfall betrachtet und rechnerisch nachgewiesen werden.

Bei der Verwendung von Unterlegscheiben ist unbedingt darauf zu achten, dass sie von ausreichender Festigkeit und aus zugelassenen Werkstoffen sind.

Die Verwendung von Schrauben mit niedriger Festigkeit, wie 5.6 und A2/A4-70 erfordert zwingend einen rechnerischen Nachweis, ob sie von ausreichender Festigkeit sind.

Tab.3: Anzugsmomente für Vollschaftschrauben in Nm für übliche Schraubengrößen und Werkstoffe bei Reibungskoeffizient 0,12 für eine Streckgrenzauslastung um ca.70% $R_{p0,2}$ ^{A)}							
© Peter Thomsen, D-28211 Bremen							
Nenngröße des Gewindes M	5.6 oder YK (CK35, C35E)	8.8	A2/A4 -50	KG (25CrMo4) oder A2/A4-70 bis M39	GA (21CrMoV5-7)	GC (42CrMo4)	$R_{p0,2}$ 1.000 N/mm ²
10	20	45	17	30	40	50	70
12	35	75	30	50	65	85	120
14	60	120	50	80	100	140	190
16	85	180	70	125	155	210	280
18	120	260	100	170	215	290	390
20	165	360	140	240	300	400	550
22	220	485	185	320	410	530	750
24	285	630	240	420	520	690	950
27	420	910	350	610	760	1000	1400
30	570	1250	475	830	1050	1350	1900
33	760	1700	640	1100	1400	1900	2500
36	980	2150	820	1450	1800	2400	3300
39	1300	2800	1100	1850	2300	3100	4200
42	1600	3450	1300	2300	2900	3800	5200
45	2000	4300	1700	2850	3600	4700	6500
48	2400	5200	2000	3500	4300	5700	7900
52	3000	6700	2500	4450	5600	7400	10000
56	3800	8300	3200	5500	6900	9000	12600

^{A)} Die Werte sind sinnvoll gerundet, Quelle: Grohmann, Wissenswertes über Edelstahlschrauben, 1991

Tab.4: Anzugsmomente für Schrauben mit Dehnschaft in Nm für übliche Schraubengrößen und Werkstoffe bei Reibungskoeffizient 0,12 für eine Streckgrenzauslastung um ca. 70% R_{p0,2} ^{A)}
© Peter Thomsen, D-28211 Bremen

Nenngröße des Gewindes M	5.6 oder YK (CK35, C35E)	8.8	A2/A4 -50	KG (25CrMo4) oder A2/A4-70 bis M39	GA (21CrMoV5-7)	GC (42CrMo4)	R _{p0,2} 1.000 N/mm ²
10	12	-	10	20	25	30	45
12	23	-	20	36	45	60	80
14	35	-	30	55	70	90	125
16	60	-	50	92	115	150	210
18	80	-	65	125	155	200	280
20	110	-	90	175	220	290	400
22	150	-	125	240	300	390	545
24	190	-	160	300	370	500	675
27	275	-	230	435	550	700	1000
30	390	-	325	610	770	1000	1400
33	520	-	435	820	1000	1300	1900
36	660	-	550	1050	1300	1700	2400
39	880	-	730	1400	1750	2300	3200
42	1100	-	920	1700	2100	2800	3900
45	1400	-	1200	2200	2700	3600	4900
48	1700	-	1400	2600	3300	4300	5900
52	2100	-	1800	3400	4200	5500	7600
56	2700	-	2300	4200	5200	6800	9400

^{A)} Die Werte sind sinnvoll gerundet, Quelle: Grohmann, Wissenswertes über Edelstahlschrauben, 1991

Tab.5: Anzugsmomente für Stud- and Heavy Hex-Bolts mit Gewinde UNC/8 UN aus ASME-Werkstoffen in Nm für übliche Schraubengrößen und Werkstoffe bei Reibungskoeffizient 0,12 für eine Streckgrenzauslastung um ca. 70% R_{p0,2} ^{A)}
© Peter Thomsen, D-28211 Bremen

Nenngröße des Gewindes " (Imperial)	A193 B7, B16 oder A 320 L7	A354 BC	A193 B8, B8C, B8T, B8M, B8P		R _{p0,2} 1.000 N/mm ²
			Streckgrenze vom Ø abhängig		
			warm-kalt-verfestigt	abgeschreckt	
1/2	102	106	100	30	140
5/8	200	210	190	57	280
3/4	350	360	330	100	480
7/8	555	580	420	160	770
1	830	860	630	235	1150
1 1/8	1200	1250	740	340	1650
1 1/4	1700	1750	1030	470	2300
1 3/8	2200	2300	1060	640	3100
1 1/2	2900	3000	1400	830	4000
1 5/8	3700	3900	-	1070	5170
1 3/4	4700	4900	-	1350	6500
1 7/8	5800	6000	-	1650	8000
2	7000	7300	-	2010	9800
2 1/4	10000	10500	-	2900	14000
2 1/2	14000	14500	-	4000	19300

^{A)} Die Werte sind sinnvoll gerundet, Quelle: Grohmann, Wissenswertes über Edelstahlschrauben, 1991

Weitere interessante Informationen zu verschiedenen Themen finden Sie auf der Homepage www.thomsen-bremen.de.

Zur technischen Beratung stehe ich Ihnen selbstverständlich gerne auch kurzfristig persönlich zur Verfügung.

Mit freundlichen Grüßen aus Bremen
Peter Thomsen

Haftungsausschluss:

Die Inhalte der Regeln sind zum Teil zitiert, zum Teil in den Worten der Regeln wiedergegeben, die Anmerkungen und Auslegungen beruhen auf langjähriger Erfahrung, dienen der Entscheidungshilfe und begründen keinen Anspruch auf Gewährleistung.

© Peter Thomsen, D-28211 Bremen

Stand 03.01.2022