

# LASEROPTISCHES WELLEN AUSRICHTEN

## Negative Auswirkungen falsch ausgerichteter Wellen

- erhöhter Energieverbrauch
- erhöhte Maschinentemperatur beeinträchtigt Qualität des Schmiermittels
- Maschinenschwingungen
- Lagerschaden
- Dichtungsverschleiß
- Kupplungsschaden
- dynamische Kräfte in der Kupplung

## Mangelhafte Reproduzierbarkeit – Ursachen:

- dynamische Kräfte an der Kupplung
- lose Komponenten
- Haltevorrichtungen und Sensoren berühren stationäre Teile während der Drehung
- Torsionsspiel in der Kupplung
- Änderung der Drehrichtung während der Messung
- übermäßige Schwingung durch umgebende Maschinen und Mitarbeiter
- externer Schwingungseintrag von Nachbaraggregaten
- Personen auf der Maschine
- Thermik lenkt den Laserstrahl ab (über lange Distanzen!)

## Ausrichtverfahren

### Vorbereitung zum Ausrichten

- Sicherheit**
- Maschine abschalten & gegen Wiedereinschalten sichern
  - Ventile bei Pumpen schließen
  - Kupplungsschutz demontieren

- Kupplung**
- axiale Kupplungsabstände oder Kupplungsspaltmaße aus Datenblatt ermitteln

- Fundament**
- Visuelle Inspektion des Fundamentes und der Maschinen
  - Visuelle Inspektion der Kupplungselemente
  - Prüfen der Maschinenschrauben auf Festigkeit

### Ausrichten

- Schritt 1: Montage der Messkomponenten**
- Kettenspannvorrichtung und Messkomponenten auf der Welle und/oder Kupplung montieren

- Schritt 2: Maschinendaten eingeben**
- Werkzeug: Maßband und LASER-EQUILIGN2**
- Abmessungen in das Messgerät eingeben
  - Aggregatdrehzahl eingeben für Toleranzbewertung

- Schritt 3: Lichtstrahl justieren**
- Werkzeug: LASER-EQUILIGN2**
- Lichtstrahl der LASER-EQUILIGN2 justieren

- Schritt 4: erste und zweite Messung (Kontrollmessung)**
- Werkzeug: LASER-EQUILIGN2**
- die Wellen in ihrer normalen Betriebsrichtung drehen
  - mindestens zwei Messsequenzen durchführen und in der Messtabelle die Reproduzierbarkeit der Messungen überprüfen

- Ergebnis zu den ersten 4 Schritten**
- innerhalb der Toleranzen: **Prüfung beendet!**
  - außerhalb der Toleranzen: **Weiter mit Schritt 5**

- Schritt 5: Kippfuß korrigieren**
- Werkzeug: LASER-EQUILIGN2, Fühlermeslehre und Passplatten**
- Kontaktflächen der Maschinenfüße säubern
  - verbogene Schrauben und kappenförmige Beilagscheiben ersetzen
  - Kippfußprüfung an der Maschine vornehmen
  - Kontrollmessung durchführen

- Ergebnis**
- innerhalb der Toleranz: **Prüfung beendet**
  - außerhalb der Toleranz: **Prüfung und Korrektur wiederholen**

- Schritt 6: Messungen wiederholen**
- Werkzeug: LASER-EQUILIGN2**
- mindestens zwei Messsequenzen durchführen und in der Messtabelle die Reproduzierbarkeit der Messungen überprüfen

- Schritt 7: Maschinenkorrektur Maschine vertikal ausrichten**
- Werkzeug: Fühlermeslehre, Hydraulischer Keilspreizer, Passplatten und Drehmomentschlüssel**
- zuerst vertikale Ausrichtung mit Präzisionspassplatten durchführen

- Maschine horizontal ausrichten**
- Werkzeug: Hydraulischer Keilspreizer und Drehmomentschlüssel**
- anschließend horizontale Ausrichtung
  - Maschine mithilfe von Hydraulikhebern, Hebebolzen und Verstellerschrauben an den Füßen bewegen
  - axiale Abstände/Spaltmaße an der Kupplung nach Datenblatt einstellen
  - Stöße oder ruckartige Maschinenbewegungen vermeiden, da diese Lagerschäden verursachen

- Schritt 8: Kontrollmessung**
- Werkzeug: LASER-EQUILIGN2**
- mindestens zwei Messsequenzen durchführen und in der Messtabelle die Reproduzierbarkeit der Messungen überprüfen

### Nach dem Ausrichten

- Maschine**
- Stell- und Hebeschrauben an den Maschinenfüßen zurückdrehen
  - Befestigungsbolzen nach Drehmomentvorgabe anziehen

- Messen**
- finale Messung durchführen

- Ergebnis**
- Kupplungswerte innerhalb der Toleranzen

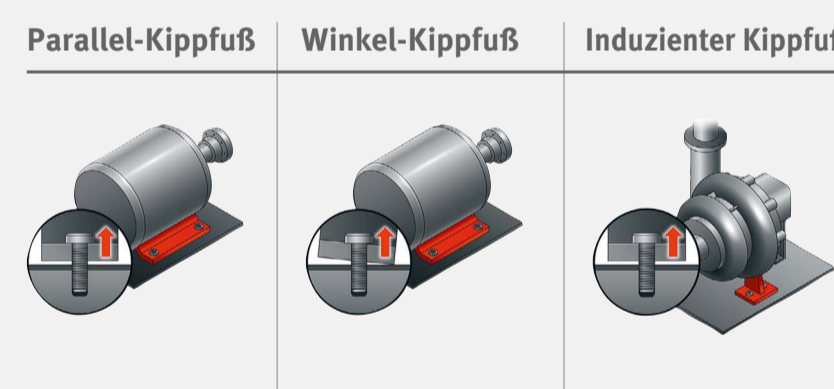
- Messprotokoll**
- Messdatei mit relevanten Informationen zum Aggregat, wie Maschinen-ID, Standort, Anwendernamen, befüllen und speichern

- Sicherheit**
- Messvorrichtung inklusive Sensoren von der Maschine abbauen
  - Kupplungsschutz einbringen
  - Ventile an der Pumpe öffnen
  - Maschine wieder für Betrieb frei geben und einsichern

## Kippfußmessung

Warum sollte ein Kippfuß gemessen und korrigiert werden?

- verändert die Maschinenposition in vertikaler und horizontaler Richtung beim Lösen und Anziehen der Befestigungsschrauben
- kann Risse am Maschinenfuß und Maschinengehäuse verursachen
- kann die radiale Belastung am Lager erhöhen
- kann zu erhöhten Maschinenschwingungen führen



Fußschema	Ergebnis	Lösung	geölt K = 0,15				sauber und trocken K = 0,20				
			ft-lbs	Nm	ft-lbs	Nm	ft-lbs	Nm	ft-lbs	Nm	
diagonal	Paralleler Luftspalt in gegenüberliegenden Füßen	Einen Fuß mit dem gemessenen Wert unterfüttern oder den Wert durch 2 teilen und beide gegenüber liegenden Füße unterfüttern	20	6,3	9	8	11	9	12	12	16
ein Fuß	Luftspalt an einer Fußseite	Flächen reinigen, beschädigte Passplatten ersetzen, Anzahl der Passplatten minimieren, Maschinenfüße bzw. Fundamentflächen nacharbeiten	28	7,2	10	10	14	10	14	14	19
mehrere Füße			18	13	18	17	23	18	24	25	34
gleiche Seite	Paralleler Luftspalt an Füßen einer Maschinen-seite	Rückstellkräfte aus der Kupplung oder Verspannungen im Maschinen-aufbau eliminieren	24	14	19	19	26	20	27	25	34
			16	23	31	30	41	35	47	45	61
			24	25	34	35	47	35	47	50	68
			14	35	47	50	68	55	75	70	95
			20	40	54	55	75	60	81	80	108
			13	55	75	75	102	80	108	110	149
			20	65	88	90	122	90	122	120	163
			12	80	108	110	149	110	149	150	203
			18	90	122	120	163	130	176	170	231
			11	110	149	150	203	170	231	220	298
			18	130	176	170	231	180	244	240	325
			10	200	271	260	353	280	380	380	515
			16	220	298	300	407	320	434	420	569
			9	320	434	434	588	455	617	605	820
			14	350	475	475	644	500	678	670	908
			8	480	651	651	883	645	875	860	1166
			12	530	719	720	976	745	1010	420995	1349
			7	600	814	813	1102	965	1308	1290	1749
			12	660	895	895	1214	1085	1471	1445	1959
			7	840	1139	1140	1546	1365	1851	1815	2461
			12	920	1247	1247	1691	1510	2047	2015	2732
			6	1100	1492	1491	2022	1785	2420	2385	3234
			12	1260	1708	1708	2316	2030	2753	2705	3668
			6	1460	1980	1979	2683	2370	3214	3165	4292
			12	1640	2224	2224	3016	2665	3614	3555	4820

**Hinweis**

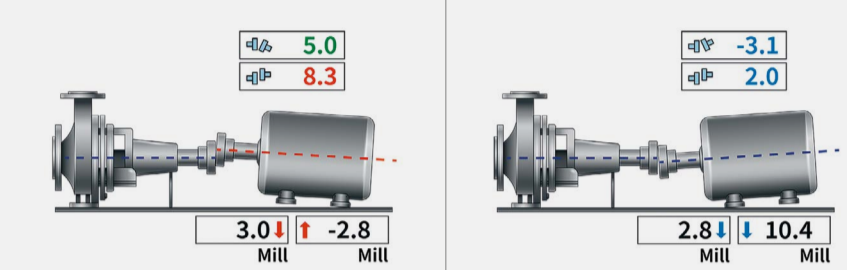
Für das Ausspionieren von Spalten an Maschinenfüßen, kann neben der Fühlerlehre auch Passplattenmaterial in entsprechender Stärke verwendet werden. Empfohlene Anzahl (4 bis 5 Stück) von Passplatten unter dem Maschinenfuß nicht überschreiten.

## Kupplungsergebnisse vs. Fußwerte

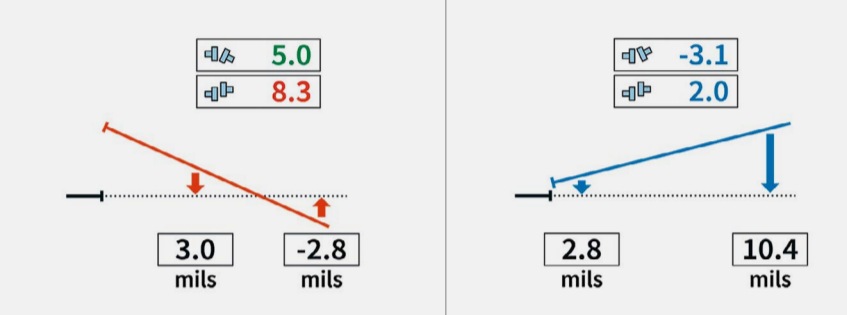
Die Qualität einer Ausrichtung wird immer an der Kupplung betrachtet:

- Ausrichtung außerhalb der Toleranzen
- niedrige Fußkorrekturwerte
- hohe Werte für Kupplungsergebnisse außerhalb der Toleranzen
- Ausrichtung innerhalb der Toleranzen
- relativ hohe Fußkorrekturwerte
- Werte für Kupplungsergebnisse innerhalb der Toleranzen

### Seitenansicht (3D)



### Seitenansicht in grafischer Darstellung (2D)



## Werkzeuge

**Digitaler Messschieber**  
Einsatz: um das Axialspiel der Kupplung und der Dicke der SHIMS (Passplatten) zu messen

**Fühlerlehre**  
Einsatz: um den Kippfuß zu messen

**Hydraulischer Keilspreizer TL/TLS**  
Einsatz: um die Maschine kontrolliert und sanft zu bewegen. ACHTUNG! Bewegen der Maschine mit Hammer verursacht Lager-schäden!

**Drehmomentschlüssel**  
Einsatz: um die Befestigung korrekt anzuziehen

## Toleranzen für Klaffung und Versatz (kurze flexible Kupplungen)

Drehzahl min <sup>-1</sup>	Klaffung	
	mm*	mils*
600	0,15	15,0
750	0,12	12,3
900	0,10	10,5
1000	0,10	9,6
1200	0,08	8,2
1500	0,07	6,7
1800	0,06	5,7
3000	0,04	3,7
3600	0,03	3,1
6000	0,02	2,0
7200	0,02	1,7

Drehzahl min <sup>-1</sup>	Versatz	
	mm*	mils*
600	0,23	9,0
750	0,18	7,3
900	0,16	6,1
1000	0,14	5,5
1200	0,12	4,6
1500	0,09	3,7
1800	0,08	3,1
3000	0,05	1,9
3600	0,04	1,6
6000	0,02	1,0
7200	0,02	0,8

\* Spaltenbreite bezogen auf 100 mm/10 Inch Kupplungsdurchmesser

## Vorzeichenkonvention für Ergebniswerte an der Kupplungen

Positive Kupplungswerte +

V = Seitenansicht  
H = Draufsicht

Negative Kupplungswerte -

## Winkel vs. Klaffung

Gleicher Winkel – unterschiedliche Klaffung

Gleiche Klaffung – unterschiedliche Winkel

Schaeffler Technologies AG & Co. KG  
Georg-Schäfer-Straße 30  
97421 Schweinfurt  
Deutschland  
www.schaeffler.de  
info@schaeffler.com

In Deutschland:  
Telefon 0180 5003872  
Aus anderen Ländern:  
Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit unserer Genehmigung.

Alle Angaben wurden sorgfältig erstellt und überprüft. Für eventuelle Fehler oder Unvollständigkeiten können wir jedoch keine Haftung übernehmen. Technische Änderungen behalten wir uns vor.  
© Schaeffler Technologies AG & Co. KG  
Ausgabe: 2025, August  
Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit unserer Genehmigung.

# LASER SHAFT ALIGNMENT

## Negative Effects of Misaligned Shafts

- Higher energy consumption
- Higher machine temperature and degraded lubricant quality
- Machine vibrations
- Bearing damage
- Seal wear
- Coupling damage
- Dynamic forces in coupling

## Poor Reproducibility – Causes:

- Dynamic forces on coupling
- Loose components
- Fixtures and sensors in contact with stationary parts during rotation
- Torsional play in coupling
- Change in direction of rotation during measurement
- Excessive vibration due to surrounding machines and employees
- External vibration input from neighboring units
- People on machine
- Thermally induced airflow deflecting laser beam (over long distances!)

## Alignment Procedure

### Preparation for Alignment

#### Safety

- Switch off machine & lock out/tag out
- Close valves on pumps
- Remove coupling guard

#### Coupling

- Determine axial coupling distances or coupling gap dimensions from data sheet

#### Foundation

- Visually inspect foundation and machines
- Visually inspect coupling elements
- Check strength of machine bolts

### Alignment

#### Step 1: Mount Measuring Components

- Mount chain tensioner and measuring components on shaft and/or coupling

#### Step 2: Enter Machine Data

- Tools: **Tape Measure and LASER-EQUILIGN2**
- Enter dimensions on measuring device
- Enter unit speed for tolerance evaluation

#### Step 3: Adjust Light Beam

- Tools: **LASER-EQUILIGN2**
- Adjust LASER-EQUILIGN2 light beam

#### Step 4: Perform First and Second Measurements (Test Measurement)

- Tools: **LASER-EQUILIGN2**
- Rotate shafts in their normal operating directions
- Go through at least two measurement sequences and determine measurement reproducibility from measurement table

#### Result From First Four Steps

- Within tolerances: **Test completed!**
- Outside tolerances: **Continue to step 5**

#### Step 5: Correct Soft Foot

- Tools: **LASER-EQUILIGN2, Feeler Gauge, and Shims**
- Clean contact surfaces of machine feet
- Replace bent screws and cap washers
- Perform soft foot test on machine
- Perform test measurement

#### Result

- Within tolerance: **Test completed**
- Outside tolerance: **Repeat test and correction**

#### Step 6: Repeat Measurements

- Tools: **LASER-EQUILIGN2**
- Go through at least two measurement sequences and check measurements

#### Step 7: Correct Machine

- Tools: **Feeler Gauge, Hydraulic Wedge Spreader, Shims, and Torque Wrench**
- First perform vertical alignment with precision shims

#### Horizontally Align Machine

- Tools: **Hydraulic Wedge Spreader and Torque Wrench**
- Then align horizontally
- Move machine using hydraulic jacks, lifting bolts, and adjusting screws on feet
- Set axial distances/gap dimensions on coupling according to data sheet
- Avoid impacts and jerky machine movements because they will cause bearing damage

#### Step 8: Perform Test Measurement

- Tools: **LASER-EQUILIGN2**
- Go through at least two measurement sequences and determine measurement reproducibility from measurement table

### After Alignment

#### Machine

- Turn back adjusting and lifting screws on machine feet to their initial positions
- Tighten fastening bolts according to torque specifications

#### Measurement

- Perform final measurement

#### Result

- Coupling values within tolerances

#### Measurement Record

- Enter relevant information on unit, such as machine ID, location, and user name, into measurement file and save.

#### Safety

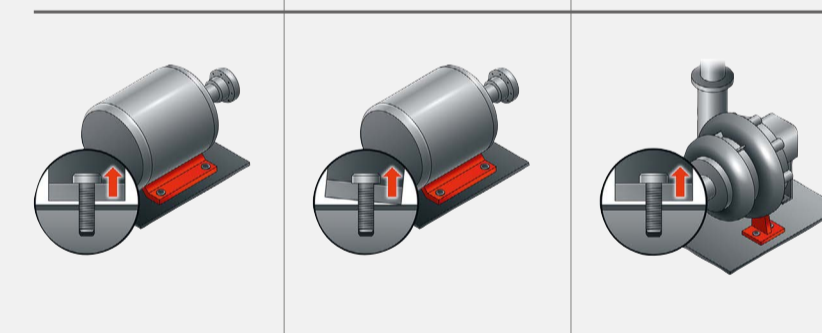
- Remove measuring device, including sensors, from machine
- Attach coupling guard
- Open valves on pump
- Release machine for operation again and reset circuit protection

## Soft Foot Measurement

Why should a soft foot be measured and corrected?

- Changes machine position in vertical and horizontal directions when fastening screws are loosened and tightened
- Can cause cracks in machine foot and machine housing
- Can increase radial load on bearings
- Can lead to more pronounced machine vibrations

### Parallel Soft Foot Angular Soft Foot Induced Soft Foot



### Foot Pattern Result Solution

Foot Pattern	Result	Solution
Diagonal	Parallel air gap in feet along diagonal line	Shim one foot with measured value or divide value by 2 feet along diagonal line
One foot	Air gap on one foot side	Clean surfaces, replace damaged shims, minimize number of shims, rework machine feet or foundation surfaces
Multiple feet		
Same side	Parallel gap in feet on one side of machine	Eliminate restoring forces from coupling or stresses in machine structure

#### Note

For checking gaps on machine feet, shims with appropriate gauges can be used in addition to the feeler gauge.

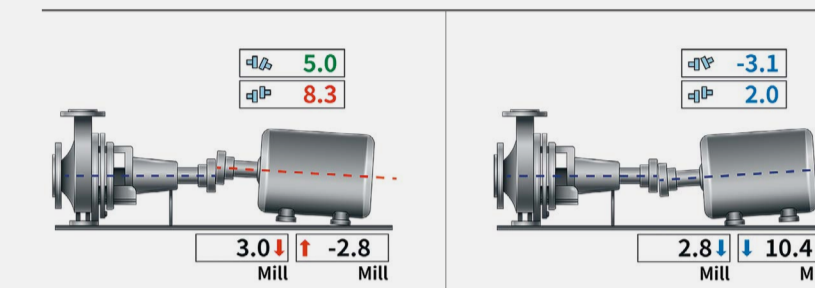
Do not exceed the recommended number (4 to 5 pieces) of shims under the machine foot.

## Coupling Results vs. Foot Values

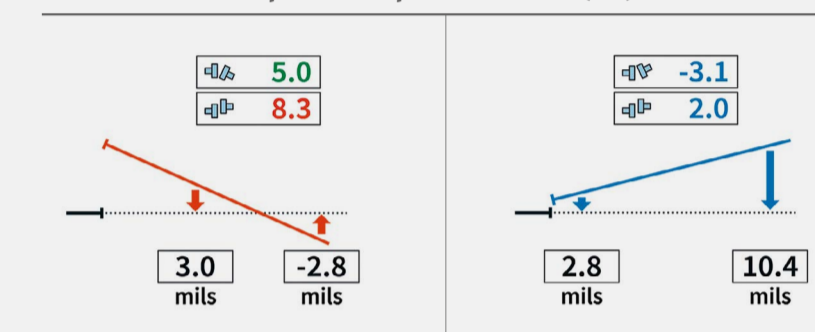
The quality of an alignment is always based on the coupling:

- Alignment outside tolerances
- Low foot correction values
- High values for coupling results outside tolerances
- Alignment within tolerances
- Relatively high foot correction values
- Values for coupling results within tolerances

### Side View (3D)



### Side View in Graphical Representation (2D)



## Tools

**Digital Calipers**  
Application: Measurement of axial clearance in coupling and thickness of shims

**Feeler Gauge**  
Application: Measurement of soft foot

**Hydraulic Wedge Spreader TL/TLS**  
Application: Controlled and gentle movement of the machine. CAUTION! Moving the machine with a hammer will result in bearing damage!

**Torque Wrench**  
Application: Correct tightening of fastener

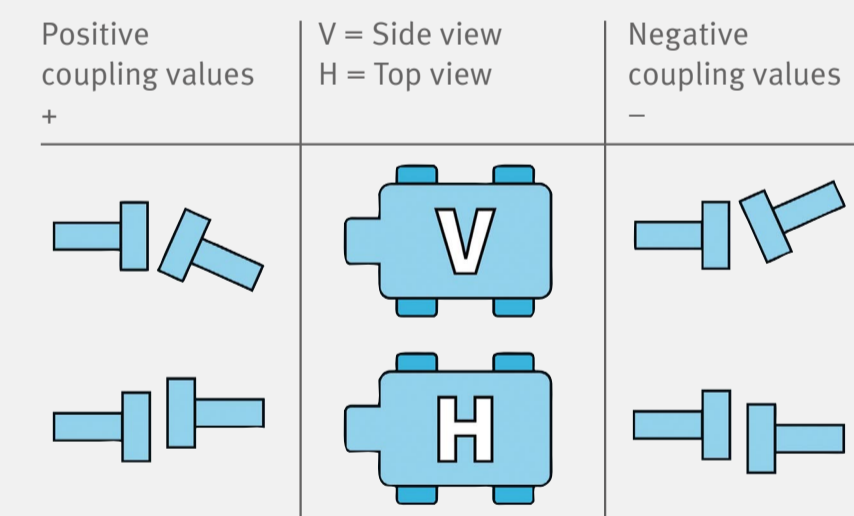
## Tolerances for Gap and Offset (Short Flexible Couplings)

Speed min <sup>-1</sup>	Gap	
	mm*	mils*
600	0.15	15.0
750	0.12	12.3
900	0.10	10.5
1000	0.10	9.6
1200	0.08	8.2
1500	0.07	6.7
1800	0.06	5.7
3000	0.04	3.7
3600	0.03	3.1
6000	0.02	2.0
7200	0.02	1.7

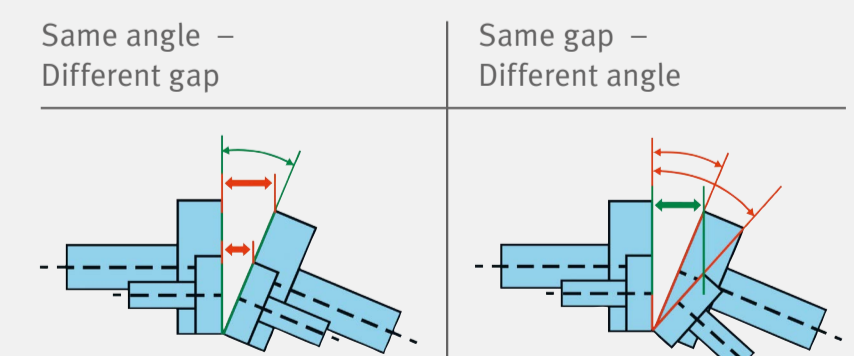
Speed min <sup>-1</sup>	Offset	
	mm*	mils*
600	0.23	9.0
750	0.18	7.3
900	0.16	6.1
1000	0.14	5.5
1200	0.12	4.6
1500	0.09	3.7
1800	0.08	3.1
3000	0.05	1.9
3600	0.04	1.6
6000	0.02	1.0
7200	0.02	0.8

\* Gap width based on 100 mm/10 inch coupling diameter

## Sign Conventions for Coupling Results



## Angle vs. Gap



## Torques for Screws/Bolts

Bolt Size	Pitch	Grade 8.8				Grade 10.9				Grade 12.9			
		Lubricated K = 0.15		Dry & Plain K = 0.20		Lubricated K = 0.15		Dry & Plain K = 0.20		Lubricated K = 0.15		Dry & Plain K = 0.20	
mm	mm	ft-lbs	Nm	ft-lbs	Nm	ft-lbs	Nm	ft-lbs	Nm	ft-lbs	Nm	ft-lbs	Nm
4	0.7	1.7	2.3	2.3	3.1	2.4	3.3	3.2	4.3	2.8	3.8	3.6	4.9
5	0.8	3.4	4.6	4.5	6.1	4.9	6.6	6.5	8.8	5.7	7.7	7.6	10
6	1	5.8	7.9	7.7	10	8.3	11	11	15	9.7	13	13	18
8	1.25	14	19	19	26	20	27	27	37	24	33	31	42
10	1.5	28	38	37	50	40	54	53	72	47	64	62	84
12	1.75	49	66	65	88	70	95	93	126	81	110	108	146
14	2	78	106	104	141	111	151	148	201	130	176	173	235
16	2	121	164	161	218	173	235	230	312	202	274	269	365
18	2.5	167	226	222	301	239	324	318	431	279	378	372	504
20	2.5	236	320	314	426	337	457	449	609	394	534	525	712
22	2.5	321	435	428	580	460	624	613	831	537	728	716	971
24	3	407	552	543	736	582	789	777	1054	681	923	908	1231
27	3	597	809	796	1078	854	1158	1139	1544	998	1353	1331	1805
30	3.5	809	1097	1079	1463	1158	1570	1544	2094	1353	1835	1804	2446
33	3.5	1101	1493	1468	1991	1576	2137	2101	2849	1842	2498	2455	3329
36	4	1415	1919	1886	2557	2024	2744	2699	3660	2366	3208	3154	4277

Bolt Size	Threads per inch	SAE Grade 5				SAE Grade 8			
		Lubricated K = 0.15		Dry & Plain K = 0.20		Lubricated K = 0.15		Dry & Plain K = 0.20	
Inches		ft-lbs	Nm	ft-lbs	Nm	ft-lbs	Nm	ft-lbs	Nm
1/4	20	6.3	9	8	11	9	12	12	16
1/4	28	7.2	10	10	14	10	14	14	19
3/8	18	13	18	17	23	18	24	25	34
3/8	24	14	19	19	26	20	27	25	34
1/2	16	23	31	30	41	35	47	45	61
1/2	24	25	34	35	47	35	47	50	68
3/4	14	35	47	50	68	55	75	70	95
3/4	20	40	54	55	75	60	81	80	108
1	13	55	75	75	102	80	108	110	149
1	20	65	88	90	122	90	122	120	163
1 1/4	12	80	108	110	149	110	149	150	203
1 1/4	18	90	122	120	163	130	176	170	231
1 1/2	11	110	149	150	203	170	231	220	298
1 3/4	18	130	176	170	231	180	244	240	325
2	10	200	271	260	353	280	380	380	515
2	16	220	298	300	407	320	434	420	569
2 1/4	9	320	434	434	588	455	617	605	820
2 1/2	14	350	475	475	644	500	678	670	908
3	8	480	651	651	883	645	875	860	1166
3 1/2	12	530	719	720	976	745	1010	1010	1349
4	7	600	814	813	1102	865	1168	1168	1566
4 1/2	12	660	895	895	1214	1085	1471	1445	1959
5	7	840	1139	1140	1546	1365	1851	1815	2461
5 1/2	12	920	1247	1247	1691	1510	2047	2015	2732
6	6	1100	1492	1491	2022	1785	2420	2385	3234
6 1/2	12	1260	1708	1708	2316	2030	2753	2705	3668
7	6	1460	1980	1979	2683	2370	3214	3165	4292
7 1/2	12	1640	2224	2224	3016	2665	3614	3555	4820

## Why should you take the recommended torque into account when tightening the retaining bolts??

Consequences of excessive torque:

- If torque is too high, damage to machine feet and fasteners will occur
- If torque is too low, machine parts will be loose

Schaeffler Technologies AG & Co. KG  
Georg-Schäfer-Straße 30  
97421 Schweinfurt  
Germany  
www.schaeffler.com  
info@schaeffler.com

In Germany:  
Phone 0180 5003872  
From other countries:  
Phone +49 9132 82-0

Every care has been taken to ensure the correctness of the information contained in this publication but no liability can be accepted for any errors or omissions. We reserve the right to make technical changes. © Schaeffler Technologies AG & Co. KG. Issued: 2025, August. This publication or parts thereof may not be reproduced without our permission.