

VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE VERBAND DER ELEKTROTECHNIK ELEKTRONIK INFORMATIONSTECHNIK	Schraubverbindungen Spannverbindungen Feinwerkelemente	VDI/VDE 2251 Blatt 1 <i>Entwurf</i>
---	---	--

*Bolted joints – Tensioned joints –
Precision engineering components*

Einsprüche bis 2013-10-31

- *vorzugsweise in Tabellenform als Datei per E-Mail an gmm@vdi.de.
Die Vorlage dieser Tabelle kann abgerufen werden unter <http://www.vdi-richtlinien.de/einsprueche>*
- *in Papierform an
VDI/VDE-Gesellschaft Mikroelektronik, Mikrosystem- und Feinwerktechnik
Fachbereich Feinmechanik und Mechatronik
Postfach 10 11 39
40002 Düsseldorf*

Inhalt	Seite
Vorbemerkung	2
Einleitung	2
1 Anwendungsbereich	2
2 Gewindeauswahl	3
3 Unmittelbare Schraubverbindungen	5
3.1 Außengewinde	5
3.2 Innengewinde	6
4 Mittelbare Schraubverbindungen	7
4.1 Verbindungsteile	7
5 Schraubverbindungen speziell als Feinwerkelemente	12
5.1 Schraubverbindungen für Ansichts- oder Funktionsflächen	12
5.2 Schraubverbindungen zur Aufnahme von Scherkräften	12
5.3 Schraubverbindungen vielfach geschichteter, dünner Teile.	12
5.4 Dichte Schraubverbindungen	12
5.5 Schraubverbindungen elektrischer Leiter	12
6 Sicherung der Schraubverbindungen	13
6.1 Lagesicherung der Verbindungspartner	13
6.2 Sicherung der Schraubverbindungen gegen Lösen	13
6.3 Sicherung von Schrauben gegen Verlieren	13
Schrifttum.	15

Vorbemerkung

Der Inhalt dieser Richtlinie ist entstanden unter Beachtung der Vorgaben und Empfehlungen der Richtlinie VDI 1000.

An der Erarbeitung dieser VDI-Richtlinie waren beteiligt:

Felix Bolien, Berlin
Ramona Eberhardt, Jena
Gerd Harnisch, Jena
Helmut Lauruschkat, Mettmann
Christiane Mirow, Berlin
Wolfram Runge, Berlin
Wolfgang Schinköthe, Stuttgart
Hans-Joachim Weinert, Berlin (Vorsitz)
Kurt Zühlke, Bad Homburg

Allen, die ehrenamtlich an der Erarbeitung dieser VDI-Richtlinie mitgewirkt haben, sei gedankt.

Eine Liste der aktuell verfügbaren Blätter dieser Richtlinienreihe ist im Internet abrufbar unter www.vdi.de/2251.

Einleitung

Schraubverbindungen (Bild 1) sind unmittelbare oder mittelbare Verbindungen, die durch den Fügevorgang „Schrauben“ hergestellt werden. Dazu sind mindestens in einem Verbindungspartner oder Hilfsbauteil ein Befestigungsgewinde oder Teile davon notwendig.

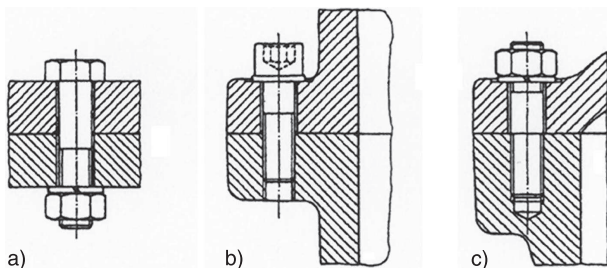


Bild 1. Mittelbare Schraubverbindungen
a) Durchsteckverbindung
b) Aufschraubverbindung
c) Aufschraubverbindung mit Stiftschraube

Außer den Verbindungsteilen werden bei Schraubverbindungen zusätzlich Hilfsbauteile wie Scheiben (z.B. zum Ausgleich von Toleranzen und zum Verkleinern der Flächenpressung), Federscheiben, Federringe und Splinte u. a. zum Sichern gegen Lösen der Verbindung verwendet.

Schraubverbindungen mit normalen Gewinden und ohne zusätzliche Mittel zur Sicherung sind stets lösbar. Bedingt lösbare Verbindungen lassen sich mit Spezialgewinden und sogenannten selbstschneidenden Schrauben unter Verwendung entsprechender Werkstoffe oder Sicherungsmittel herstellen.

Unlösbare Verbindungen sind nur unter Verwendung zusätzlicher Sicherungsmittel (z.B. Klebstoffe entsprechender Festigkeit, spezielle Kopfformen zur Sicherung vor unbefugtem Zugriff) realisierbar.

1 Anwendungsbereich

Schraubverbindungen werden bevorzugt angewendet, wenn aus Funktionsgründen eine lösbare Verbindung gefordert ist. Der Fügevorgang (Montage) ist auch unter schwierigen Bedingungen zuverlässig möglich, und die Verbindung kann mit hoher Sicherheit gegen selbsttätiges Lösen ausgestattet werden.

Für Verbindungen, bei denen Lösbarkeit nicht notwendig ist, werden Schrauben dann angewendet, wenn sichere Spannkkräfte bei einfacher Gestaltung der Verbindungsstelle erreicht werden sollen, oder Maschinen, Werkzeuge und Vorrichtungen für andere Verbindungsarten nicht vorhanden oder einsetzbar sind.

Die Schrauben sollen möglichst nur durch Längskräfte beansprucht werden; nur in Sonderfällen lässt man Scherbeanspruchungen des Schraubenschafts zu. Querkkräfte zwischen den Bauteilen sind daher vorzugsweise durch Reibkräfte in den Wirkflächen der Verbindungspartner zu übertragen, die durch genügend hohe Vorspannung der Schrauben (Flächenpressungen in den Trennfugen) bewirkt werden müssen.

In Tabelle 1 werden unterschiedliche mittelbare sowie unmittelbare Schraubverbindungen von zwei oder mehreren Verbindungspartnern, mit oder ohne Verwendung von zusätzlichen Hilfsbauteilen, dargestellt.

Tabelle 1. Übersicht von Schraubverbindungen mit oder ohne Hilfsbauteile

Verbindung	Spannwirkung über	Gestaltung der Verbindung	
		zwei Verbindungspartner	mehr als zwei Verbindungspartner
Unmittelbar	Schulter am Gewindebolzen		
Mittelbar mit Schraube	Schraubenkopf		
	Schraubenende		
Mittelbar mit Mutter	Schulter am Gewindebolzen und Mutter		
	Schraubenende und Mutter		
	Muttern		
Mittelbar mit Schraube, Mutter oder Gewindeplatte	Schraubenende und Muttern		
	Schraubenkopf und Muttern		
	Schraubenenden		

2 Gewindeauswahl

Überwiegend werden metrische Gewinde nach DIN 13-1 verwendet, außerdem metrische Feingewinde nach DIN 13-2 bis DIN 13-4 für Gewinde mit verhältnismäßig geringen Einschraubtlängen, Elektrogewinde nach DIN 40400 sowie Blech- und Holzschraubengewinde.

Flach-, Trapez- oder Sägewinde sollten als Befestigungsgewinde nicht zur Anwendung kommen.

Rechtsgängige Gewinde sollten bevorzugt, linksgängige und mehrgängige Gewinde sowie Kegeltgewinde in Sonderfällen zur Anwendung kommen.

Um eine sichere Kraftübertragung zwischen den zu verbindenden Bauteilen zu gewährleisten, sind Schraubverbindungen vorzuspannen. Das erfolgt in der Feinwerktechnik durch einfaches festes Anziehen der Schraube oder Mutter von Hand (z.B. mit

Schraubendreher oder Schraubenschlüssel mit nicht definierter Kraft). Ist jedoch eine definierte Vorspannkraft F_V notwendig, kann man das Anzugsmoment M_A (z.B. unter Verwendung eines Drehmomentschlüssels) mithilfe von Formeln und Kennwerten aus der allgemeinen Literatur [1; 3; 4; 6; 15] sowie aus der Richtlinie VDI 2230 Blatt 1 berechnen.

Für genäherte Berechnungen (ISO-Profil und übliche Werkstoffe) nach [3; 6] gilt:

Mit dem mittleren Auflageradius:

$$r_m = 0,25 \cdot (D_K + D_1) \quad (1)$$

wird

$$M_A = F_V \cdot (0,16 \cdot P + 0,58 \cdot \mu_G \cdot d_2 + \mu_K \cdot r_m) \quad (2)$$

Dabei ist

- r_m mittlerer Auflageradius
- D_K Durchmesser Schraubenkopf
- D_1 Durchmesser Schraubenloch
- M_A Anzugsmoment
- F_V Vorspannkraft
- P Hebelarmlänge
- μ_G Reibzahl im Gewinde
- μ_K Reibzahl der Kopfauflage
- d_2 Gewindeaußendurchmesser

Dies gilt nur für Regelgewinde mit dem Steigungswinkel $\beta = 30^\circ$.

Tabelle 2 enthält die Reibzahlen für verschiedene Oberflächen- und Schmierzustände; Tabelle 3 listet die Durchmesser der Durchgangslöcher für Schrauben, abhängig vom Gewindedurchmesser, auf.

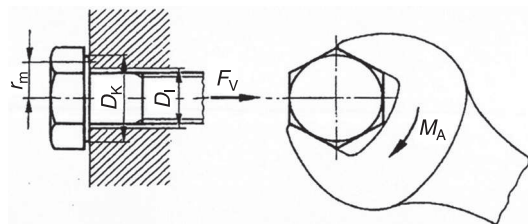


Bild 2. Darstellung der Vorspannkraft F_V und des Anzugsmoments M_A

Für Überslagsrechnungen (ISO-Profil und übliche Werkstoffe) zur Ermittlung des notwendigen Anzugsmoments M_A empfiehlt sich folgende Formel nach [4; 15]:

$$M_A \approx 0,22 \cdot F_V \cdot d_2 \quad (3)$$

Dies gilt nur für Regelgewinde mit dem Steigungswinkel $\beta = 30^\circ$.

Für vollständige Berechnungen sind Festigkeitsrechnungen, die die Beanspruchung des Gewindebolzens auf Zug und Verdrehung sowie des Muttergewindes auf Herausreißen, zu berücksichtigen. Des Weiteren