

DIN 25201-2

ICS 21.060.10

Ersatz für
DIN 25201-2:2006-04 und
DIN 25201-2
Berichtigung 1:2007-07

**Konstruktionsrichtlinie für Schienenfahrzeuge und deren Komponenten –
Schraubenverbindungen –
Teil 2: Konstruktion – Maschinenbauliche Anwendungen**

Design guide for railway vehicles and their components –
Bolted joints –
Part 2: Design – Mechanical applications

Méthode de conception pour véhicules ferroviaires et ses constituants –
Raccords à vis –
Partie 2: Construction – Applications mécaniques

Gesamtumfang 36 Seiten

DIN-Normenausschuss Fahrweg und Schienenfahrzeuge (FSF)

Inhalt

Seite

Vorwort	3
1 Anwendungsbereich	4
2 Normative Verweisungen	4
3 Symbole	5
4 Allgemeines zu den Schraubenverbindungen	7
4.1 Funktion einer Verbindung	7
4.2 Prinzip einer Verbindung	8
4.3 Montagevorspannkraft F_M	8
5 Gestaltungsparameter	8
5.1 Maße, Form- und Lagetoleranzen der zu verbindenden Teile	8
5.2 Klemmlänge	9
5.3 Nachgiebigkeit der Schraubenverbindung	9
6 Wahl der Befestigungselemente	10
6.1 Allgemeines	10
6.2 Kraftangriff der Montagewerkzeuge	10
6.3 Gewinde	10
6.4 Schraubenwerkstoff	10
6.5 Schraubenkopf	10
6.6 Muttern	10
6.7 Scheiben	10
6.8 Oberflächenbeschichtungen	11
7 Auslegung und Dimensionierung der Schraubenverbindungen	11
7.1 Allgemeines	11
7.2 Einflussgrößen auf die Auslegung	12
7.2.1 Allgemeines	12
7.2.2 Einschraubtiefe	12
7.2.3 Reibungszahlen	14
7.2.4 Verschraubungsklasse (Anziehfaktor α_A)	16
7.3 Dimensionierung	20
7.3.1 Vordimensionierung	20
7.3.2 Nachweis	20
7.3.3 Montage mit Anziehdrehmoment M_A	20
Anhang A (normativ) Vordimensionierung der Gewindenennndurchmesser	21
Anhang B (informativ) Beispiele für Eintragungen in technischen Dokumenten	27
Anhang C (informativ) Anhaltswerte für Montagevorspannkraften und Anziehdrehmomente	29
Literaturverzeichnis	36

Vorwort

Diese Norm wurde vom NA 087-00-12 AA „Werkstoffe, Füge- und Verbindungstechnik“ im DIN-Normenausschuss Fahrweg und Schienenfahrzeuge (FSF) erstellt.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. Das DIN [und/oder die DKE] sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

DIN 25201 „Konstruktionsrichtlinie für Schienenfahrzeuge und deren Komponenten — Schraubenverbindungen“ besteht aus:

- Teil 1: Einteilung, Kategorien der Schraubenverbindungen
- Teil 2: Konstruktion – maschinenbauliche Anwendungen
- Teil 3: Konstruktion – elektrische Anwendungen
- Teil 4: Sichern von Schraubenverbindungen
- Teil 5: Korrosionsschutz
- Teil 6: Anschlussmaße
- Teil 7: Montage

Änderungen

Gegenüber DIN 25201-2:2006-04 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) der Absatz 7.2.2 Einschraubtiefe wurde erweitert;
- b) vollständige redaktionelle Überarbeitung.

Frühere Ausgaben

DIN 25201: 1986-11
 DIN 25202: 1992-04
 DIN 25203: 1992-04
 DIN 25201-1: 2006-04
 DIN 25201-2 Berichtigung 1: 2007-07

1 Anwendungsbereich

Diese Norm gilt für Schraubenverbindungen mit Schrauben und Muttern aus Stahl nach DIN EN ISO 898-1 und DIN EN ISO 898-2 im Schienenfahrzeugbereich. Sie ist mit werkstoffbedingten Einschränkungen auch auf Verbindungen mit Schrauben und Muttern aus der Stahlgruppe A2 und A4 nach DIN EN ISO 3506-1 und DIN EN ISO 3506-2 anzuwenden. Sie soll den Konstrukteur bei der grundlegenden Auswahl von Schraubenverbindungen unterstützen und ihm Systematiken und Begriffe näher bringen. Grundsätzlich befreit die Norm nicht von experimentellen und /oder numerischen (FEM – Finite-Element-Method, BEM – Boundary-Element-Method) Untersuchungen zur Verifizierung der Ergebnisse. Insbesondere trifft dies zu bei kritischen Verbindungen.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

DIN 13-28, *Metrisches ISO-Gewinde; Regel- und Feingewinde von 1 bis 250 mm Gewindedurchmesser, Kernquerschnitte, Spannungsquerschnitte und Steigungswinkel*

DIN 78, *Schraubenüberstände*

DIN 6912, *Zylinderschrauben mit Innensechskant — Niedriger Kopf, mit Schlüsselführung*

DIN 7984, *Zylinderschrauben mit Innensechskant — Niedriger Kopf*

DIN 25200, *Schrauben und Muttern für Schienenfahrzeuge — Übersicht*

DIN 25201-1, *Konstruktionsrichtlinie für Schienenfahrzeuge und deren Komponenten — Schraubenverbindungen — Teil 1: Einteilung, Kategorien der Schraubenverbindungen*

DIN 25201-4, *Konstruktionsrichtlinie für Schienenfahrzeuge und deren Komponenten — Schraubenverbindungen — Teil 4: Sichern von Schraubenverbindungen*

DIN 25201-5, *Konstruktionsrichtlinie für Schienenfahrzeuge und deren Komponenten — Schraubenverbindungen — Teil 5: Korrosionsschutz*

DIN 25201-6:2005-06, *Konstruktionsrichtlinie für Schienenfahrzeuge und deren Komponenten — Schraubenverbindungen — Teil 6: Anschlussmaße*

DIN 34800, *Schrauben mit Außensechsrund mit kleinem Flansch*

DIN EN 20273, *Mechanische Verbindungselemente — Durchgangslöcher für Schrauben*

DIN EN ISO 898-1, *Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen aus Kohlenstoffstahl und legiertem Stahl — Teil 1: Schrauben mit festgelegten Festigkeitsklassen — Regelgewinde und Feingewinde*

DIN EN ISO 898-2, *Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen aus Kohlenstoffstahl und legiertem Stahl — Teil 2: Muttern mit festgelegten Festigkeitsklassen — Regelgewinde und Feingewinde*

DIN EN ISO 2320, *Muttern aus Stahl mit Klemmteil — Mechanische und funktionelle Eigenschaften*

DIN EN ISO 3506-1, *Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen aus nichtrostenden Stählen — Teil 1: Schrauben*

DIN EN ISO 3506-2, *Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen aus nichtrostenden Stählen — Teil 2: Muttern*

DIN EN ISO 4014, *Sechskantschrauben mit Schaft — Produktklassen A und B*

DIN EN ISO 4017, *Sechskantschrauben mit Gewinde bis Kopf — Produktklassen A und B*

DIN EN ISO 4762, *Zylinderschrauben mit Innensechskant*

DIN EN ISO 10642, *Senkschrauben mit Innensechskant*

DIN EN ISO 16047, *Verbindungselemente — Drehmoment/Vorspannkraft-Versuch*

DIN ISO 261, *Metrisches ISO-Gewinde allgemeiner Anwendung — Übersicht*

ERRI S 1071/RP 1, *Grundlagen über das Sichern von Schraubenverbindungen — Allgemeines und Sicherheitsempfehlungen*

VDI 2230 Blatt 1:2003, *Systematische Berechnung hochbeanspruchter Schraubenverbindungen — Zylindrische Einschraubenverbindungen*

3 Symbole

A_N	Nennquerschnitt
A_S	Spannungsquerschnitt nach DIN 13-28
d	Schraubendurchmesser = Gewindeaußendurchmesser (Nenndurchmesser)
D_a	Innendurchmesser der ebenen Mutterauflagefläche (Fasendurchmesser)
d_a	Innendurchmesser der ebenen Kopfauflage der Schraube
d_h	Bohrungsdurchmesser der verspannten Teile
d_{ha}	Innendurchmesser der Kopfseitigen ebenen Auflagefläche der verspannten Teile (Fasendurchmesser)
D_{ki}	Innendurchmesser der ebenen Kopfauflage
D_{Km}	wirksamer Durchmesser für das Reibungsmoment in der Schraubenkopf- oder Mutterauflage
d_w	Außendurchmesser der ebenen Kopfauflagefläche der Schraube (Auflageaußendurchmesser)
d_2	Flankendurchmesser des Schraubengewindes
f_Z	Setzbetrag, plastische Verformung durch Setzen
F_A	Axialkraft, eine in Schraubenachse gerichtete und anteilig auf eine Schraube bezogene Komponente einer beliebig gerichteten Betriebskraft (statisch oder dynamisch)
F_Z	Vorspannkraftverlust infolge Setzens im Betrieb
F_M	Montagevorspannkraft
$F_{M \max}$	maximale Montagevorspannkraft, für die eine Schraube ausgelegt werden muss, damit trotz Ungenauigkeit des Anziehverfahrens und zu erwartender Setzbeträge im Betrieb die erforderliche Klemmkraft in der Verbindung erzeugt wird und erhalten bleibt
$F_{M \min}$	Erforderliche Mindest-Montage-Vorspannkraft; kleinste Montagevorspannkraft, die sich bei $F_{M \max}$ infolge Ungenauigkeit des Anziehverfahrens und maximaler Reibung einstellen kann
F_{Mm}	mittlere Montagevorspannkraft
l_K	Klemmlänge
m_{eff}	effektive Mutterhöhe bzw. effektive Einschraubtiefe (Überdeckung von Außen- und Innengewinde)

M_A	Anziehdrehmoment bei der Montage zum Vorspannen einer Schraube auf F_M
$M_{A\text{ red}}$	um die Streuung ΔM_M reduziertes Anziehdrehmoment
M_F	Fügemoment
ΔM_M	Streuung für das abgegebene Montagedrehmoment
P	Steigung des Schraubengewindes
R_m	Zugfestigkeit
S_D	Sicherheit gegen Dauerbruch
α_A	Anziehfaktor
δ_P	elastische Nachgiebigkeit der verspannten Teile bei zentrischer Verspannung und zentrischer Krafteinleitung
δ_S	elastische Nachgiebigkeit der Schraube
μ_G	Reibungszahl im Gewinde
μ_{ges}	Vergleichsreibungszahl für das Gesamtreibungsverhalten einer Schraubenverbindung
μ_K	Reibungszahl in der Kopfauflage
μ_T	Reibungszahl in der Trennfuge
ν	Ausnutzungsgrad der Streckgrenzspannung beim Anziehen (Grenze der Vollplastizierung des gefährdeten Querschnitts)
τ_{BM}	Scherfestigkeit der Mutter (Näherungswert etwa $0,6 R_m$)
ϕ_K	Kraftverhältnis bei zentrischer Verspannung und zentrischer Krafteinleitung in Ebenen durch die Schraubenkopf- und Mutterauflage

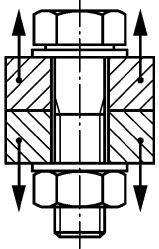
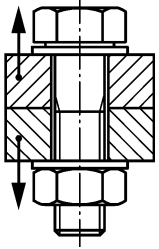
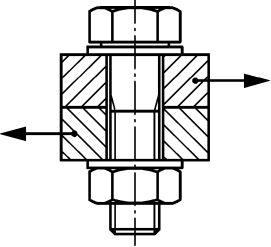
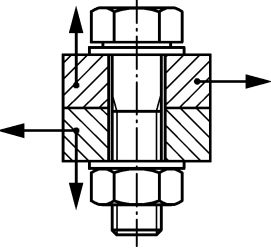
4 Allgemeines zu den Schraubenverbindungen

4.1 Funktion einer Verbindung

Eine Schraubenverbindung nach dieser Norm hat die Aufgabe, Bauteile so miteinander zu verbinden, dass das Auftreten von Schlupf oder das Auseinanderklaffen verhindert wird, eine Demontage jedoch möglich ist.

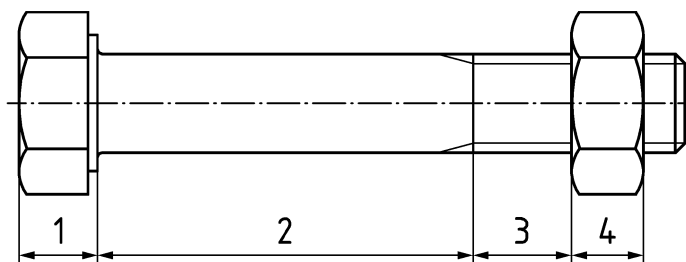
Die übertragenen statischen oder dynamischen Kräfte entsprechen denen, die in Tabelle 1 aufgeführt sind.

Tabelle 1 — Kräfte und Beanspruchungen auf die Schraubenverbindungen

Kräfte, die von außen auf die Verbindung einwirken	Art der Beanspruchung, die sich daraus für das einzelne Befestigungselement ergibt
	Reine Zugbeanspruchung (zentrische Axialkräfte)
	Zug- und Biegebeanspruchung (außermittige Axialkräfte)
	Scher- und Biegebeanspruchung (Querkräfte)
	Zusammengesetzte Beanspruchung (Zug-, Biege- und Querkräfte)

4.2 Prinzip einer Verbindung

Die Festigkeit einer Schraubenverbindung entspricht der Festigkeit ihres schwächsten Elementes. Abgesehen von Sonderfällen sollte dieses Element die Schraube sein.



Legende

- | | |
|----------|------------------------------------|
| 1 Kopf | 3 Freies belastetes Gewinde |
| 2 Schaft | 4 Im Eingriff befindliches Gewinde |

Bild 1 — Konstruktionsprinzip bezüglich der Versagensmöglichkeiten einer Schraubenverbindung
(am Beispiel einer Schaftschraube)

Tabelle 2 — Versagensmöglichkeiten einer Schraubenverbindung

Schraubenabschnitt	Tragfähigkeit	Versagen durch:
Kopf	$F_{\max(\text{Kopf})}$	Abscheren des Schraubenkopfes
		Bruch im Übergang Kopf-Schaft
Schaft	$A_N R_m$	Bruch im ungekerbten Schaftbereich
Freies belastetes Gewinde	F_{mS}	Bruch im Gewindeauslauf
		Bruch im freien belasteten Gewindeteil
Im Eingriff befindliches Gewinde	F_{mGM}	Bruch im ersten tragenden Gewindegang
	F_{mGS}	Abstreifen des im Eingriff befindlichen Bolzen- und/oder Muttergewindes

Konstruktionsprinzip $F_{mS} < F_{\max(\text{Kopf})}, A_N R_m < F_{mGM}, F_{mGS}$

4.3 Montagevorspannkraft F_M

Die Montagevorspannkraft ist die Größe, die sicherstellt, dass eine statische und/oder dynamische Kraft dauerhaft übertragen werden kann.

5 Gestaltungsparameter

5.1 Maße, Form- und Lagetoleranzen der zu verbindenden Teile

Die Werte für Anschlussmaße und Toleranzen sind in DIN 25201-6:2005-06, Abschnitt 3 und Abschnitt 4, angegeben.

5.2 Klemmlänge

Die Dicke der Bauteile bestimmt die Klemmlänge und die Länge der Schraube (siehe Bild 2). Damit die elastische Dehnung im Schaft der Schraube ausreichend groß bleibt, ist folgendes Verhältnis anzustreben:

$$\frac{l_k}{d} \geq 3 \text{ bis } 5$$

Dabei ist

l_k die Klemmlänge in mm;

d der Schraubendurchmesser in mm.

Um diese Bedingung zu erfüllen, kann es bei vorgegebener Dicke notwendig sein, zusätzlich Hülsen zu verwenden oder den Schraubendurchmesser zu verringern. Im letzteren Fall kann das zu einer Erhöhung der Schraubenanzahl oder zur Verwendung von Schrauben mit höherer Festigkeit führen.

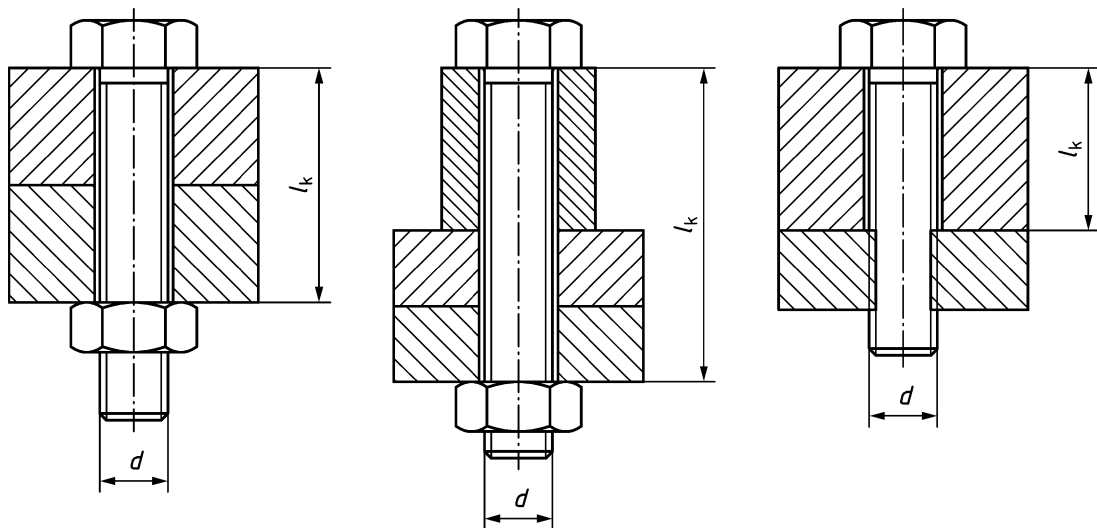


Bild 2 — Klemmlänge l_k

5.3 Nachgiebigkeit der Schraubenverbindung

Die elastische Nachgiebigkeit (Kehrwert der Steifigkeit) der Schraube δ_s soll möglichst groß, die Nachgiebigkeit der verspannten Bauteile δ_p soll möglichst klein sein.

Es ist ein möglichst kleines Kraftverhältnis Φ_K anzustreben, ausgedrückt durch:

$$\Phi_K = \frac{\delta_p}{\delta_s + \delta_p}$$

um die Ausschlagsspannung in der Schraube und den Vorspannkraftverlust durch Setzen zu minimieren.

6 Wahl der Befestigungselemente

6.1 Allgemeines

Grundsätzlich sind Verbindungselemente nach DIN 25200 und DIN 25201-4 zu verwenden. Es ist so zu konstruieren, dass Unterlegteile auf das erforderliche Minimum beschränkt sind. Schrauben und Muttern müssen der gleichen Festigkeitsklasse angehören oder aus dem gleichen Werkstoff bestehen.

ANMERKUNG Z. B. Schraube Festigkeit 8.8 mit Muttern der Festigkeit 8. Für Einschraubgewinde in Konstruktionswerkstoffe muss die Einschraubtiefe nach 7.2.2, oder analytisch nach VDI 2230 ermittelt werden bzw. DIN 25201-6 Tabelle 1 und Tabelle 2 entnommen werden.

6.2 Kraftangriff der Montagewerkzeuge

Grundsätzlich sind Montagewerkzeuge für Innen- und Außensechskant sowie Innen- und Außensechsrund einzusetzen.

6.3 Gewinde

Es ist Metrisches ISO-Gewinde, Reihe 1 mit Regelgewinde nach DIN ISO 261 einzusetzen.

6.4 Schraubenwerkstoff

Grundsätzlich sind nur Schrauben einzusetzen, die die Technischen Lieferbedingungen nach DIN EN ISO 898-1 oder DIN EN ISO 3506-1 erfüllen. Bevorzugte Festigkeitsklassen sind 8.8, 70 und 80. Schrauben der Festigkeitsklasse 12.9 sind wegen der geringen Duktilität und der Neigung zum wasserstoffinduziertem Sprödbruch zu vermeiden.

6.5 Schraubenkopf

Es sind Sechskant-, Sechsrund- oder Zylinderkopfgeometrien einzusetzen.

Ist das Konstruktionsprinzip einer Schraube nach Bild 1 und Tabelle 2 nicht gewahrt, ist darauf zu achten, dass die in den jeweiligen Normen gegebenen Hinweise in der Konstruktion und Berechnung befolgt werden (z. B. Berücksichtigung der reduzierten Kopffestigkeit wie bei Schrauben ISO 10642, DIN 6912, DIN 7984 usw.).

6.6 Muttern

Grundsätzlich sind nur Muttern einzusetzen, die die Technischen Lieferbedingungen nach DIN EN ISO 898-2 oder DIN EN ISO 3506-2 erfüllen.

Sollten Muttern mit Klemmteil als Sicherungselement gegen Verlieren nach DIN 25201-4 eingesetzt werden, müssen sie die Technischen Lieferbedingungen nach DIN EN ISO 2320 erfüllen.

Bei Durchmessern $\leq M12$ müssen die durch das Klemmteil zusätzlich entstehenden Torsionsmomente berücksichtigt werden, sofern die Überschraubmomente nicht durch die Reibungszahlen abgedeckt sind.

6.7 Scheiben

Es sind Scheiben, Spannscheiben und Keilscheibenpaare nach DIN 25200 und DIN 25201-4 einzusetzen.

6.8 Oberflächenbeschichtungen

Die Oberflächenbeschichtungen beeinflussen die Funktionssicherheit und Lebensdauer der Verbindung. Faktoren für die Auswahl einer Beschichtung sind:

- bei der Korrosionsbeständigkeit ist nicht nur die elektrochemische Spannungsreihe zu beachten, sondern auch das tatsächliche Korrosionsverhalten der beteiligten Werkstoffe und Beschichtungen zu berücksichtigen (siehe dazu DIN 25201-5);
- bei Zugfestigkeiten $\geq 1\,000\text{ N/mm}^2$ und bei einsatzgehärteten und angelassenen Teilen sind Beschichtungen zu wählen, bei denen die Gefahr des wasserstoffinduzierten Sprödbruchs ausgeschlossen ist;
- bei Reibung beeinflussen die Beschichtungen die bei der Montage erreichte Vorspannkraft. Es sind Beschichtungen mit definiertem und engem Reibungszahlfenster zu wählen (Werte vorzugsweise nach 7.2.3).

7 Auslegung und Dimensionierung der Schraubenverbindungen

7.1 Allgemeines

Für die Funktionsfähigkeit von Schraubenverbindungen mit dynamischer und/oder statischer Beanspruchung muss eine bestimmte Vorspannkraft vorhanden sein. Die erforderliche Vorspannkraft wird durch den Einsatz von Schrauben und Muttern mit ausreichend hoher Festigkeit erreicht, die unter Anwendung der vorgegebenen Verschraubungsklasse (siehe 7.2.4) mit der errechneten oder vorgegebenen Steuer- und gegebenenfalls Kontrollgröße angezogen werden.

Entsprechend der Risikoklassen nach DIN 25201-1 sind bei der Auslegung der Schraubenverbindung die Mindestanforderungen nach Tabelle 3 zu erfüllen.

Tabelle 3 — Mindestanforderungen

	Risikoklasse		
	H (hoch)	M (mittel)	G (gering)
Sicherheitsphilosophie	erhöhtes Sicherheitsniveau erforderlich	Sicherheitsniveau nach VDI 2230	-
Festigkeitsnachweis der Schraubenverbindung	ist nach anerkannten Regeln der Technik erforderlich ^b , z. B.: Berechnung nach VDI 2230 Blatt 1, Berechnung mit FEM, Versuch		Auslegung auf Grundlage von Erfahrungswerten möglich
Dokumentation des Festigkeitsnachweises	erforderlich		nicht erforderlich
Montagerelevante Eintragungen in den technischen Dokumenten ^a (Zeichnungen / Stücklisten, Wartungsanweisungen, Anbaudokument und Montageanweisungen)	Risikoklasse, Montagedrehmoment oder Drehwinkel/ Montagedrehmoment oder Vorspannkraft oder Längenänderung, Verschraubungsklasse, Schmier- und Trennmittel, Montagehinweise		nicht erforderlich
^a Beispiele siehe Anhang B			
^b Es muss mindestens das Sicherheitsniveau entsprechend VDI 2230 eingehalten werden			