

DIN EN 17976:2025-03 (D)

Bahnanwendungen - Verschrauben von Schienenfahrzeugen und -fahrzeugteilen; Deutsche Fassung EN 17976:2024

Inhalt	Seite
Europäisches Vorwort.....	10
Einleitung	11
1 Anwendungsbereich.....	12
2 Normative Verweisungen	12
3 Begriffe	12
4 Symbole und Abkürzungen	17
5 Personalkompetenz.....	21
6 Sicherheitsbedürfnis.....	22
6.1 Sicherheitsbedürfnis von mechanischen und elektrischen Verbindungen	22
6.2 Anforderungen in Abhängigkeit vom Sicherheitsbedürfnis	22
6.2.1 Mechanische Verbindungen.....	22
6.2.2 Elektrische Verbindungen.....	23
7 Konstruktion.....	24
7.1 Konstruktionsregeln	24
7.1.1 Allgemeines.....	24
7.1.2 Gewinde.....	24
7.1.3 Schraubbolzen und Muttern	25
7.1.4 Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen.....	25
7.1.5 Konstruktion des Bauteils	26
7.1.6 Nachgiebigkeit einer Schraubenverbindung.....	30
7.1.7 Einschraubtiefe	31
7.1.8 Fasen.....	33
7.1.9 Gewindeüberstände	34
7.1.10 Durchgangsbohrung für Bolzen.....	34
7.1.11 Senkbohrung/Senkung.....	34
7.1.12 Kernlochdurchmesser und Gewindeauslauf	36
7.1.13 Zugänglichkeit für Werkzeuge und Anziehen	37
7.2 Mechanische Verbindung — Festigkeitsnachweis.....	38
7.2.1 Allgemeines.....	38
7.2.2 Kriterium „keine bleibende plastische Verformung“ im montierten Zustand.....	38
7.2.3 Funktionelle Anforderungen	40
7.2.4 Kriterium „keine bleibende plastische Verformung unter Lasten	42
7.2.5 Flächenpressung.....	43
7.2.6 Kriechen	44
7.2.7 Einschraubtiefe	44
7.2.8 Ermüdungsnachweis	44
7.2.9 Versagen.....	45
7.2.10 Teilbeiwerte für den Festigkeitsnachweis.....	45
7.3 Elektrische Verbindung.....	46
7.3.1 Allgemeines.....	46
7.3.2 Auswahl der Verbindungselemente	47
7.3.3 Montage der Schraubenverbindungen.....	48
7.4 Korrosionsschutz	50
7.4.1 Schutzwirkung von Beschichtungen und Werkstoffen in Verbindungselementen	50

7.4.2	Galvanische Korrosion	52
7.5	Sicherungsmethoden	57
7.5.1	Schraubenverbindungen für maschinenbauliche Anwendungen	57
7.5.2	Schraubenverbindungen für elektrische Verbindungen	57
7.5.3	Sicherungsmaßnahmen	57
7.6	Dokumentation der Konstruktion	61
8	Montage von Schraubenverbindungen	62
8.1	Allgemeines	62
8.2	Werkzeuge	63
8.2.1	Anforderungen an Werkzeuge	63
8.2.2	Überwachung der Anziehwerkzeuge und -systeme	64
8.3	Anziehverfahren	65
8.3.1	Allgemeines	65
8.3.2	Kennzeichnung von Schraubenverbindungen	65
8.3.3	Arbeitsanweisungen und Anforderungen an den Montagevorgang	66
8.4	Umgebungsbedingungen	68
8.5	Validierung des Montageergebnisses bei der Überprüfung der Erstmontage	68
8.6	Qualitätssicherung des Montageergebnisses in der Serienfertigung	68
8.7	Aufzeichnung der Montage	69
8.8	Wiederverwendung von Verbindungselementen	69
8.9	Inspektion über die gesamte Lebensdauer	70
9	Genauigkeitsklassen	70
10	Eigenschaften von Kenngrößen	71
10.1	Allgemeines	71
10.2	Statistische Auswertung	71
10.3	Physikalische Eigenschaften	74
10.3.1	Haftreibungszahl in der Trennfuge	74
10.3.2	Reibungszahlen beim Anziehen	75
10.3.3	Grenzwerte für die Flächenpressung	75
10.3.4	Setzen	76
Anhang A (informativ)	Größenabschätzung	77
A.1	Allgemeines	77
A.2	Grenzwerte für die Größenabschätzung	77
A.3	Durchführung der Größenabschätzung	78
Anhang B (informativ)	Bestimmung und Beispiele für Sicherheitsbedürfnisse	84
B.1	Allgemeines	84
B.2	Bestimmung des Sicherheitsbedürfnisses von mechanischen Schraubenverbindungen auf Grundlage der Schweregrade	84
B.2.1	Schweregrad	84
B.2.2	Sicherheitsklasse	85
B.2.3	Sicherheitsbedürfnis	85
B.3	Bestimmung des Sicherheitsbedürfnisses von elektrischen Schraubenverbindungen	86
B.3.1	Sicherheitsbedürfnis Hoch (H)	86
B.3.2	Sicherheitsbedürfnis Mittel (M)	86
B.3.3	Sicherheitsbedürfnis Niedrig (L)	87
B.4	Beispiele	87
B.5	Flussdiagramm zur Einstufung des Schweregrads für mechanische Schraubenverbindungen	89
B.6	Änderungen an den Sicherheitsbedürfnissen H und M	91
B.7	Bestimmung des Sicherheitsbedürfnisses für Schraubenverbindungen auf der Grundlage von EN 15085-3:2022+A1:2023	91
Anhang C (informativ)	Montagewerte für drehmomentgesteuerte Montage	92
C.1	Allgemeines	92
C.2	Grenzwerte für das angegebene Anziehdrehmoment	92
C.3	Gleichungen	93

C.4	Maximales Anziehdrehmoment und maximale Vorspannkraft	93
Anhang D (informativ) Beispiele für die Klassifizierung von Schraubenverbindungen für Sonderfahrzeuge.....		97
D.1	Beispiele	97
Anhang E (informativ) Statistische Auswertung.....		101
E.1	Verfahren zur statistischen Versuchsauswertung für eine einzelne Kenngröße.....	101
E.1.1	Allgemeines	101
E.1.2	Anzahl der Beobachtungen und Stichproben.....	101
E.1.3	Berechnung von Mittelwert und Standardabweichung	102
E.1.4	Versuch der Abweichung von der Normalverteilung	102
E.1.5	Versuch für Ausreißer	102
E.1.6	Einseitige oder zweiseitige Toleranzbetrachtung	102
E.1.7	Statistischer Toleranzbereich und Grenzwert.....	103
E.2	Verfahren zur statistischen Versuchsauswertung für ein gesamtes Berechnungskriterium	106
E.2.1	Allgemeines	106
E.2.2	Fehlerfortpflanzungsgesetz nach Gauß	106
Literaturhinweise		110

Bilder

Bild 1	— Beispiel für ein Lochmuster in einem Bauteil.....	26
Bild 2	— ISO-GPS-Spezifikationsinventar für ein Bauteil in einer Schraubenverbindung	27
Bild 3	— Winkel für Schraubenverbindungen.....	29
Bild 4	— Verbindungsdiagramm und Lastfaktor	30
Bild 5	— Standardwerte für die referenzierte effektive Mindestschraubtiefe m_{eff}/d	32
Bild 6	— Einschrauben, unterschiedliche Konstruktionslösungen.....	33
Bild 7	— Überstände	34
Bild 8	— Lasten auf Schraubenverbindungen im montierten Zustand	39
Bild 9	— Abmessungen zur Berechnung der effektiven Kontaktfläche A.....	49
Bild 10	— Markierung an der Schraubenverbindung.....	66
Bild 11	— Anziehreihenfolge für Flansch.....	67
Bild 12	— Anziehreihenfolge für gerade Reihe	67
Bild 13	— Minimale Streurichtung a) und Minimale-maximale-Streurichtung b) einer bekannten Grundgesamtheit	72
Bild A.1	— Größenabschätzung für Festigkeitsklasse 8.8 Nenndurchmesser M6 bis M12	78
Bild A.2	— Größenabschätzung für Festigkeitsklasse 8.8 Nenndurchmesser M16 bis M36	79
Bild A.3	— Größenabschätzung für Festigkeitsklasse 10.9 Nenndurchmesser M6 bis M12	79
Bild A.4	— Größenabschätzung für Festigkeitsklasse 10.9 Nenndurchmesser M16 bis M36.....	80

Bild A.5 — Größenabschätzung für Festigkeitsklasse AX-70 Nenndurchmesser M8 bis M16	80
Bild A.6 — Größenabschätzung für Festigkeitsklasse AX-70 Nenndurchmesser M20 bis M36	81
Bild A.7 — Größenabschätzung für Festigkeitsklasse AX-80 Nenndurchmesser M6 bis M12	81
Bild A.8 — Größenabschätzung für Festigkeitsklasse AX-80 Nenndurchmesser M16 bis M36	82
Bild A.9 — Größenabschätzung für Festigkeitsklasse 10.9 — Beispiel.....	83
Bild B.1 — Flussdiagramm zur Zuordnung des Schweregrads zu einer mechanischen Schraubenverbindung.....	90

Tabellen

Tabelle 1 — Symbole und Abkürzungen	17
Tabelle 2 — Anforderungen an mechanische Verbindungen.....	22
Tabelle 3 — Anforderungen an elektrische Verbindungen	23
Tabelle 4 — Form von Antriebselementen.....	25
Tabelle 5 — Mechanische Eigenschaften	25
Tabelle 6 — Härte von Unterlegscheiben	26
Tabelle 7 — Toleranzen für Schraubenverbindungsmuster	28
Tabelle 8 — Empfehlungen für Parallelitätstoleranzen.....	29
Tabelle 9 — Empfehlungen für Parallelitätstoleranzen.....	29
Tabelle 10 — Schubfestigkeitsverhältnis	32
Tabelle 11 — Abmessungen für Durchgangsbohrungen und Senkbohrungen.....	35
Tabelle 12 — Durchmesser für Senkungen.....	35
Tabelle 13 — Abmessungen für Kernlochdurchmesser und Gewindeauslauf.....	37
Tabelle 14 — Lasten auf Schraubenverbindungen	40
Tabelle 15 — Sicherheitskonzept zur Festigkeit.....	45
Tabelle 16 — Anziehdrehmomente für elektrische Schraubenverbindungen mit Nenndurchmessern zwischen M4 und M20	48
Tabelle 17 — Schichtdicke und Korrosionsbeständigkeit gängiger Zink- und Zinklegierungsüberzugssysteme in Abhängigkeit vom Gewindenennndurchmesser nach EN ISO 4042	50
Tabelle 18 — Schichtdicke und Korrosionsbeständigkeit von nicht-elektrolytisch aufgetragenen Zinklamellen-Überzugssystemen in Abhängigkeit vom Gewinde-Nenndurchmesser nach EN ISO 10683	51

Tabelle 19 — Einfluss von Umgebungsbedingungen auf die Korrosionsbeständigkeit	52
Tabelle 20 — Unterschiede der elektrochemischen Potentiale zwischen einigen leitfähigen Werkstoffen (in mV)	54
Tabelle 21 — Faktoren, die zum Lösen beitragen	57
Tabelle 22 — Maßnahmen gegen Lockern	58
Tabelle 23 — Übersicht über Sicherungselemente.....	60
Tabelle 24 — Anforderungen an Werkzeuge in Abhängigkeit vom Sicherheitsbedürfnis	63
Tabelle 25 — Zusätzliche Anforderungen an Werkzeuge und Systeme zur Überwachung für Sicherheitsbedürfnis H	65
Tabelle 26 — Genauigkeitsklassen in Bezug auf die Streuung des Prozesses	71
Tabelle 27 — Kenngrößen und ihr Einfluss auf Festigkeitskriterien.....	73
Tabelle B.1 — Definition des Schweregrades	84
Tabelle B.2 — Sicherheitsklasse	85
Tabelle B.3 — Sicherheitsbedürfnis der mechanischen Schraubenverbindungen	85
Tabelle B.4 — Beispiele für die Einstufung mechanischer Schraubenverbindungen	87
Tabelle C.1 — Maximales Anziehdrehmoment und maximale Vorspannkraft für Festigkeitsklasse 8.8.....	93
Tabelle C.2 — Maximales Anziehdrehmoment und maximale Vorspannkraft für Festigkeitsklasse 10.9	94
Tabelle C.3 — Maximales Anziehdrehmoment und maximale Vorspannkraft für Festigkeitsklasse AX-70	94
Tabelle C.4 — Maximales Anziehdrehmoment und maximale Vorspannkraft für Festigkeitsklasse AX-80	95
Tabelle D.1 — Klassifizierung von Ausrüstung für Spezialfahrzeuge.....	97
Tabelle E.1 — Toleranzbereich und zugehöriger Anteil an der bekannten Grundgesamtheit	103