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 Mindesteinschraubtiefe 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 Gewindenenndurchmesser nach EN ISO 4042 50

Tabelle 18 — Schichtdicke und Korrosionsbeständigkeit von nicht-elektrolytisch aufgebrachten 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