

# 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
<b>Anhang D (informativ) Beispiele für die Klassifizierung von Schraubenverbindungen für Sonderfahrzeuge.....</b>		<b>97</b>
D.1	Beispiele .....	97
<b>Anhang E (informativ) Statistische Auswertung.....</b>		<b>101</b>
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 $m_{\text{eff}}/d$ .....	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

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

## **Tabellen**

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

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