

DIN EN ISO 8100-2



ICS 91.140.90

Einsprüche bis 2024-03-12  
Vorgesehen als Ersatz für  
DIN EN 81-50:2020-06**Entwurf****Aufzüge für den Personen- und Gütertransport –  
Teil 2: Konstruktionsregeln, Berechnungen und Prüfungen von  
Aufzugskomponenten (ISO/DIS 8100-2:2023);  
Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 8100-2:2023**

Lifts for the transport of persons and goods –

Part 2: Design rules, calculations, examinations and tests of lift components

(ISO/DIS 8100-2:2023);

German and English version prEN ISO 8100-2:2023

Élévateurs pour le transport de personnes et d'objets –

Partie 2: Règles de conception, calculs, examens et essais des composants pour élévateurs

(ISO/DIS 8100-2:2023);

Version allemande et anglaise prEN ISO 8100-2:2023

**Anwendungswarnvermerk**

Dieser Entwurf mit Erscheinungsdatum 2024-01-12 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil das beabsichtigte Dokument von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter [www.din.de/go/entwuerfe](http://www.din.de/go/entwuerfe) bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter [www.entwuerfe.normenbibliothek.de](http://www.entwuerfe.normenbibliothek.de), sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an [nam@vdma.org](mailto:nam@vdma.org) möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter [www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe](http://www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe) oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter [www.dke.de/stellungnahme](http://www.dke.de/stellungnahme) abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Maschinenbau (NAM), 60498 Frankfurt am Main, Postfach 71 08 64 oder Lyoner Str. 18, 60528 Frankfurt am Main.

Es wird gebeten, mit den Kommentaren zu diesem Entwurf jegliche relevanten Patentrechte, die bekannt sind, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 261 Seiten

DIN-Normenausschuss Maschinenbau (NAM)



## Nationales Vorwort

Dieser Norm-Entwurf enthält sicherheitstechnische Festlegungen.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Die nationalen Interessen bei der Erarbeitung werden vom Ausschuss NA 060-33-01 AA „Aufzüge“ im Fachbereich „Maschinenbau“ des DIN-Normenausschusses Maschinenbau (NAM) wahrgenommen. Vertreter der Hersteller und Anwender von Aufzügen sowie der Berufsgenossenschaften sind an der Erarbeitung beteiligt.

Dieser Norm-Entwurf konkretisiert einschlägige Anforderungen von Anhang I der EU-Maschinenrichtlinie 2006/42/EG an erstmals im Europäischen Wirtschaftsraum (EWR) in Verkehr gebrachte Maschinen, um den Nachweis der Übereinstimmung mit diesen Anforderungen zu erleichtern.

Für die in diesem Dokument zitierten Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

|                     |       |  |
|---------------------|-------|--|
| ISO 12100:2010      | siehe | DIN EN ISO 12100:2011-03+DIN EN ISO 12100 Ber. 1:2013-08                       |
| IEC 60068-2-6:2007  | siehe | DIN EN 60068-2-6:2008-10   |
| IEC 60068-2-14:2009 | siehe | DIN EN 60068-2-14:2010-04  |
| IEC 60068-2-27:2008 | siehe | DIN EN 60068-2-27:2010-02  |
| IEC 60112:2020      | siehe | DIN EN IEC 60112:2022-11   |
| IEC 60664-1:2020    | siehe | DIN EN IEC 60664-1:2022-07   |
| IEC 60893-3-1:2012  | siehe | DIN EN 60893-3-1:2013-03   |
| IEC 60947-4-1:2018  | siehe | DIN EN IEC 60947-4-1:2020-05 + Berichtigung 1:2021-03 + Berichtigung 2:2021-11 |
| IEC 60947-5-1:2016  | siehe | DIN EN 60947-5-1:2018-03   |
| IEC 61508-2:2010    | siehe | DIN EN 61508-2-2:2011-02   |
| IEC 61508-3:2010    | siehe | DIN EN 61508-3:2011-02   |
| IEC 61558-1:2017    | siehe | DIN EN IEC 61558-1:2019-12   |

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN ([www.din.de](http://www.din.de)) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

## Änderungen

Gegenüber DIN EN 81-50:2020-06 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Dokument in eine Internationale Norm überführt;
- b) redaktionelle Anpassungen.

## Nationaler Anhang NA (informativ)

### Literaturhinweise

DIN EN ISO 12100:2011-03, *Sicherheit von Maschinen — Allgemeine Gestaltungsleitsätze — Risikobeurteilung und Risikominderung (ISO 12100:2010)*, Deutsche Fassung EN ISO 12100:2010 + DIN EN ISO 12100 Berichtigung 1:2013-08

DIN EN 60068-2-6 (VDE 0468-2-6), *Umgebungseinflüsse — Teil 2-6: Prüfverfahren — Prüfung Fc: Schwingen (sinusförmig) (IEC 60068-2-6:2007)*, Deutsche Fassung EN 60068-2-6:2008

DIN EN 60068-2-14 (VDE 0468-2-14):2010-04, *Umgebungseinflüsse — Teil 2-14: Prüfverfahren — Prüfung N: Temperaturwechsel (IEC 60068-2-14:2009)*; Deutsche Fassung EN 60068-2-14:2009

DIN EN 60068-2-27 (VDE 0468-2-27):2010-02, *Umgebungseinflüsse — Teil 2-27: Prüfverfahren — Prüfung Ea und Leitfaden: Schocken (IEC 60068-2-27:2008)*; Deutsche Fassung EN 60068-2-27:2009

DIN EN IEC 60112 (VDE 0303-11):2022-11, *Verfahren zur Bestimmung der Prüfzahl und der Vergleichszahl der Kriechwegbildung von festen, isolierenden Werkstoffen (IEC 60112:2020)*; Deutsche Fassung EN IEC 60112:2020

DIN EN IEC 60664-1 (VDE 0110-1):2022-07, *Isolationskoordination für Betriebsmittel in Niederspannungs-Stromversorgungssystemen — Teil 1: Grundsätze, Anforderungen und Prüfungen (IEC 60664-1:2020)*; Deutsche Fassung EN IEC 60664-1:2020

DIN EN 60893-3-1 (VDE 0318-3-1):2013-03, *Isolierstoffe — Tafeln aus technischen Schichtpressstoffen auf der Basis warmhärtender Harze für elektrotechnische Zwecke — Teil 3-1: Bestimmungen für einzelne Werkstoffe — Typen von Tafeln aus technischen Schichtpressstoffen (IEC 60893-3-1:2012)*; Deutsche Fassung EN 60893-3-1:2012

DIN EN IEC 60947-4-1 (VDE 0660-102):2020-05 + Berichtigung 1:2021-03, + Berichtigung 2:2021-11, *Niederspannungsschaltgeräte — Teil 4-1: Schütze und Motorstarter — Elektromechanische Schütze und Motorstarter (IEC 60947-4-1:2018/COR2:2021)*; Deutsche Fassung EN IEC 60947-4-1:2019/AC:2020-05/AC:2021-04

DIN EN 60947-5-1 (VDE 0660-200):2018-03, *Niederspannungsschaltgeräte — Teil 5-1: Steuergeräte und Schaltelemente — Elektromechanische Steuergeräte (IEC 60947-5-1:2016 + COR1:2016)*; Deutsche Fassung EN 60947-5-1:2017

DIN EN 61508-2 (VDE 0803-2):2011-02, *Funktionale Sicherheit sicherheitsbezogener elektrischer/elektronischer/programmierbarer elektronischer Systeme — Teil 2: Anforderungen an sicherheitsbezogene elektrische/elektronische/programmierbare elektronische Systeme (IEC 61508-2:2010)*; Deutsche Fassung EN 61508-2:2010

DIN EN 61508-3 (VDE 0803-3):2011-02, *Funktionale Sicherheit sicherheitsbezogener elektrischer/elektronischer/programmierbarer elektronischer Systeme — Teil 3: Anforderungen an Software (IEC 61508-3:2010)*; Deutsche Fassung EN 61508-3:2010

DIN EN IEC 61558-1 (VDE 0570-1):2019-12, *Sicherheit von Transformatoren, Netzgeräten, Drosseln und entsprechenden Kombinationen — Teil 1: Allgemeine Anforderungen und Prüfungen (IEC 61558-1:2017)*; Deutsche Fassung EN IEC 61558-1:2019

**- Entwurf -**

**E DIN EN ISO 8100-2:2024-02**

- Leerseite -

**Aufzüge für den Personen- und Gütertransport – Teil 2: Konstruktionsregeln,  
Berechnungen und Prüfungen von Aufzugskomponenten (ISO/DIS 8100-2:2023)**

Lifts for the transport of persons and goods – Part 2: Design rules, calculations, examinations and tests of lift components (ISO/DIS 8100-2:2023)

Élévateurs pour le transport de personnes et d'objets – Partie 2: Règles de conception, calculs, examens et essais des composants pour élévateurs (ISO/DIS 8100-2:2023)

## Inhalt

|  | Seite |
|--|-------|
| Europäisches Vorwort . . . . .   | 6     |
| Anhang ZA (informativ) Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den<br>grundlegenden Anforderungen der abzudeckenden Richtlinie 2014/33/EU . . . . . | 7     |
| Vorwort . . . . .  | 8     |
| Einleitung . . . . .   | 10    |
| 1 Anwendungsbereich . . . . .  | 11    |
| 2 Normative Verweisungen . . . . .   | 11    |
| 3 Begriffe . . . . .   | 12    |
| 4 Auslegungsregeln, Berechnungen, Überprüfungen und Prüfungen . . . . .  | 13    |
| 4.1 Allgemeines . . . . .  | 13    |
| 4.2 Überprüfung der Türverriegelungen von Haltestelle und Fahrkorb . . . . .   | 13    |
| 4.2.1 Überprüfungen und Prüfungen . . . . .  | 13    |
| 4.2.2 Besondere Prüfungen bei bestimmten Arten von Türverriegelungen . . . . .   | 15    |
| 4.2.3 Verifizierungsbericht . . . . .  | 16    |
| 4.3 Verifizierung der Fangvorrichtung . . . . .  | 16    |
| 4.3.1 Allgemeine Vorschriften . . . . .  | 16    |
| 4.3.2 Sperrfangvorrichtung . . . . .   | 16    |
| 4.3.3 Bremsfangvorrichtung . . . . .   | 19    |
| 4.3.4 Zusätzliche Verifizierungen . . . . .  | 21    |
| 4.3.5 Verifizierungsbericht . . . . .  | 21    |
| 4.4 Überprüfung von Geschwindigkeitsbegrenzern . . . . .   | 22    |
| 4.4.1 Allgemeine Vorschriften . . . . .  | 22    |
| 4.4.2 Prüfung der Merkmale des Geschwindigkeitsbegrenzers . . . . .  | 22    |
| 4.4.3 Verifizierungsbericht . . . . .  | 23    |
| 4.5 Verifizierung der Puffer . . . . .   | 23    |
| 4.5.1 Allgemeine Vorschriften . . . . .  | 23    |
| 4.5.2 Zu prüfende Prüfmuster . . . . .   | 23    |
| 4.5.3 Prüfung . . . . .  | 24    |
| 4.5.4 Verifizierungsbericht . . . . .  | 27    |
| 4.6 Verifizierung von Sicherheitsschaltungen und Schaltungen mit SIL-Einstufung . . . . .  | 28    |
| 4.6.1 Allgemeine Vorschriften . . . . .  | 28    |
| 4.6.2 Zu prüfende Prüfmuster . . . . .   | 28    |
| 4.6.3 Prüfungen . . . . .  | 29    |
| 4.6.4 Verifizierungsbericht . . . . .  | 30    |
| 4.7 Verifizierung der Schutzeinrichtung für den aufwärtsfahrenden Fahrkorb gegen<br>Übergeschwindigkeit . . . . .  | 31    |
| 4.7.1 Allgemeine Vorschriften . . . . .  | 31    |
| 4.7.2 Angaben und Prüfmuster . . . . .   | 31    |
| 4.7.3 Prüfung . . . . .  | 31    |
| 4.7.4 Prüfbericht . . . . .  | 33    |
| 4.7.5 Verifizierungsbericht . . . . .  | 33    |
| 4.8 Verifizierung der Schutzeinrichtung gegen unbeabsichtigte Bewegung des Fahrkorbs . . . . .   | 33    |
| 4.8.1 Allgemeine Vorschriften . . . . .  | 33    |
| 4.8.2 Angaben und Prüfmuster . . . . .   | 34    |
| 4.8.3 Prüfung . . . . .  | 35    |
| 4.8.4 Prüfbericht . . . . .  | 37    |
| 4.8.5 Verifizierungsbericht . . . . .  | 37    |
| 4.9 Verifizierung von Leitungsbruchventil/Drossel-Rückschlagventil . . . . .   | 37    |
| 4.9.1 Allgemeine Vorschriften . . . . .  | 37    |
| 4.10 Berechnung der Führungsschienen . . . . .   | 42    |
| 4.10.1 Berechnungsbereich . . . . .  | 42    |

|                   |  |     |
|-------------------|--|-----|
| 4.10.2            | Biegen . . . . .   | 42  |
| 4.10.3            | Knicken . . . . .  | 44  |
| 4.10.4            | Kombination von Biege- und Druck-/Zug- oder Knickspannungen . . . . .                                  | 45  |
| 4.10.5            | Flanschbiegung . . . . .   | 46  |
| 4.10.6            | Durchbiegungen . . . . .   | 47  |
| 4.11              | Ermittlung der Treibfähigkeit . . . . .  | 48  |
| 4.11.1            | Allgemeines . . . . .  | 48  |
| 4.11.2            | Berechnung der Treibfähigkeit . . . . .  | 48  |
| 4.11.3            | Gleichungen für einen allgemeinen Fall (siehe Bild 9) . . . . .  | 53  |
| 4.12              | Ermittlung des Sicherheitsbeiwerts für Stahldrahtseile mit Treibscheiben aus Stahl/Gusseisen . . . . . | 56  |
| 4.12.1            | Allgemeines . . . . .  | 56  |
| 4.12.2            | Äquivalente Anzahl von Seilrollen $N_{equiv}$ . . . . .  | 56  |
| 4.12.3            | Sicherheitsbeiwert . . . . .   | 57  |
| 4.13              | Spezifische Verifizierungsverfahren für Aufhängungs- und Ausgleichsmitteln . . . . .                   | 58  |
| 4.13.1            | Verifizierung von Werkstoff und Konstruktion . . . . .   | 58  |
| 4.13.2            | Verifizierung der elastomerbeschichteten Treibscheibe . . . . .  | 59  |
| 4.13.3            | Abschlüsse von elastomerbeschichteten Aufhängungsmitteln . . . . .                                     | 60  |
| 4.13.4            | Mindestbruchkraft . . . . .  | 60  |
| 4.13.5            | Dauerbruchprüfung . . . . .  | 61  |
| 4.13.6            | Reibwert (f) . . . . .   | 61  |
| 4.13.7            | Zusätzliche mechanische Prüfungen für beschichtete Aufhängungsmittel . . . . .                         | 62  |
| 4.13.8            | Verifizierungsbericht . . . . .  | 63  |
| 4.14              | Ablegekriterien für Aufhängungsmittel und Kraftübertragungskontakt . . . . .                           | 65  |
| 4.14.1            | Allgemeines . . . . .  | 65  |
| 4.14.2            | Drahtseile aus Stahl . . . . .   | 65  |
| 4.14.3            | Elastomerbeschichtetes Aufhängungsmittel . . . . .   | 65  |
| 4.15              | Berechnung von Kolben, Zylindern, festen Rohrleitungen und Armaturen . . . . .                         | 67  |
| 4.15.1            | Berechnung gegen Überdruck . . . . .   | 67  |
| 4.15.2            | Berechnung der Kolben gegen Knicken . . . . .  | 71  |
| 4.16              | Pendelschlagversuche . . . . .   | 76  |
| 4.16.1            | Allgemeines . . . . .  | 76  |
| 4.16.2            | Prüfstand . . . . .  | 77  |
| 4.16.3            | Prüfungen . . . . .  | 77  |
| 4.16.4            | Auswertung der Versuchsergebnisse . . . . .  | 78  |
| 4.16.5            | Prüfbericht . . . . .  | 78  |
| 4.17              | Elektrische und elektronische Bauteile — Fehlerausschluss . . . . .                                    | 81  |
| 4.18              | Auslegungsregeln für Schaltungen mit SIL-Einstufung . . . . .  | 87  |
| 5                 | Verwendung von ISO/TS 8100-3 . . . . .   | 88  |
| Anhang A          | (normativ) Schaltungen mit SIL-Einstufung . . . . .  | 89  |
| A.1               | Kurzbeschreibungen . . . . .   | 89  |
| A.2               | Methoden und Maßnahmen zur Vermeidung und Erkennung von Fehlern . . . . .                              | 89  |
| A.3               | Methoden und Maßnahmen zur Fehlererkennung und -kontrolle im Betrieb . . . . .                         | 95  |
| A.4               | Funktionssicherheitsmanagement . . . . .   | 106 |
| A.5               | Vorgesehene Architekturen und Berechnungsgleichungen . . . . .   | 108 |
| Anhang B          | (informativ) Beispiel für die Berechnung von Führungsschienen . . . . .                                | 122 |
| B.1               | Allgemeines . . . . .  | 122 |
| B.2               | Allgemeine Konfiguration für Aufzüge mit Fangvorrichtungen . . . . .                                   | 124 |
| B.2.1             | Betrieb der Fangvorrichtungen . . . . .  | 124 |
| B.2.2             | Laufen . . . . .   | 126 |
| B.2.3             | Be- und Entlasten . . . . .  | 128 |
| Anhang C          | (informativ) Berechnung der Treibfähigkeit — Beispiel . . . . .  | 130 |
| Anhang D          | (informativ) Äquivalente Anzahl von Seilscheiben, $N_{equiv}$ — Beispiele . . . . .                    | 132 |
| Anhang E          | (informativ) Beziehung zwischen ISO 8100-20 und ISO 8100-2 . . . . .                                   | 134 |
| Literaturhinweise | . . . . .  | 135 |

## Bilder

|   |     |
|---|-----|
| <b>Bild 1</b> — Verzögerungsdiagramm — Beispiel unter Verwendung der Anforderungen nach ISO 8100-1 . . . . .                    | 27  |
| <b>Bild 2</b> — Ansprechzeiten . . . . .  | 35  |
| <b>Bild 3</b> — Durchfluss der Hydraulikflüssigkeit, Druck vor und hinter dem Leitungsbruchventil . . . . .                     | 40  |
| <b>Bild 4</b> — Achse der Führungsschiene . . . . .   | 43  |
| <b>Bild 5</b> — Maße für die Berechnung der Flanschbiegung . . . . .  | 47  |
| <b>Bild 6</b> — Halbrund-Rille, Unterschnitt . . . . .  | 49  |
| <b>Bild 7</b> — Keilrille . . . . .   | 50  |
| <b>Bild 8</b> — Mindestens erforderliche Reibungszahl . . . . .   | 51  |
| <b>Bild 9</b> — Allgemeiner Fall . . . . .  | 53  |
| <b>Bild 10</b> — Bestimmung des minimalen Sicherheitsbeiwerts . . . . .   | 58  |
| <b>Bild 11</b> — Berechnung der Wanddicke . . . . .   | 67  |
| <b>Bild 12</b> — Ebener Boden mit Entlastungsnut . . . . .  | 68  |
| <b>Bild 13</b> — Gewölbte Böden . . . . .   | 69  |
| <b>Bild 14</b> — Ebene Böden mit Anschweißkrempe . . . . .  | 70  |
| <b>Bild 15</b> — Einfach wirkende Heber . . . . .   | 71  |
| <b>Bild 16</b> — Teleskopheber ohne äußere Führung . . . . .  | 73  |
| <b>Bild 17</b> — Teleskopheber mit äußerer Führung . . . . .  | 75  |
| <b>Bild 18</b> — Stoßkörper für den harten Stoß . . . . .   | 79  |
| <b>Bild 19</b> — Stoßkörper für den weichen Stoß . . . . .  | 80  |
| <b>Bild 20</b> — Fallhöhe des Prüfstands . . . . .  | 81  |
| <b>Bild B.1</b> — Lastverteilung im Fahrkorb des Aufzugs — Allgemeiner Fall . . . . .   | 123 |
| <b>Bild B.2</b> — Betrieb der Fangvorrichtungen — Lastverteilung im Fahrkorb des Aufzugs — Fall 1 relativ zur X-Achse . . . . . | 125 |
| <b>Bild B.3</b> — Betrieb der Fangvorrichtungen — Lastverteilung im Fahrkorb des Aufzugs — Fall 2 relativ zur Y-Achse . . . . . | 125 |
| <b>Bild B.4</b> — Lastverteilung . . . . .  | 128 |
| <b>Bild C.1</b> — Beispiel 2:1, keine Ausgleichsmittel . . . . .  | 130 |
| <b>Bild D.1</b> — 2:1-Aufhängung — Keilrillen . . . . .   | 132 |
| <b>Bild D.2</b> — 1:1-Aufhängung — Unterschnittene Keilrillen . . . . .   | 132 |
| <b>Bild D.3</b> — 1:1-Aufhängung (doppelte Umschlingung) — Rundrillen . . . . .   | 133 |

## Tabellen

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabelle ZA.1</b> — Übereinstimmung zwischen dieser Europäischen Norm und Anhang I der Richtlinie 2014/33/EU . . . . . | 7  |
| <b>Tabelle ZA.2</b> — Übereinstimmung zwischen dieser Europäischen Norm und Anhang I der Richtlinie 2006/42/EG . . . . . | 7  |
| <b>Tabelle 1</b> — Ermittlung der äquivalenten Anzahl von Treibscheiben $N_{equiv(t)}$ . . . . .                         | 57 |
| <b>Tabelle 2</b> — Informationen im Verifizierungsbericht . . . . .  | 63 |
| <b>Tabelle 3</b> — Ausschluss von Fehlern . . . . .  | 82 |
| <b>Tabelle A.1</b> — Gemeinsame Maßnahmen zur Vermeidung und Erkennung von Fehlern — Auslegung der Hardware . . . . .    | 89 |
| <b>Tabelle A.2</b> — Gemeinsame Maßnahmen zur Vermeidung und Erkennung von Fehlern — Auslegung der Software . . . . .    | 91 |
| <b>Tabelle A.3</b> — Gemeinsame Maßnahmen für den Entwurf und den Implementierungsprozess . . . . .                      | 93 |
| <b>Tabelle A.4</b> — Struktur . . . . .  | 95 |
| <b>Tabelle A.5</b> — Prozesseinheiten . . . . .  | 97 |
| <b>Tabelle A.6</b> — Unveränderliche Speicherbereiche . . . . .  | 97 |
| <b>Tabelle A.7</b> — Variable Speicherbereiche . . . . .   | 98 |

|   |            |
|---|------------|
| <b>Tabelle A.8 — E/A-Einheiten und Schnittstellen</b> . . . . .   | <b>100</b> |
| <b>Tabelle A.9 — Sicherheitsbezogene Onboard-Datenkommunikationsverbindungen von Schaltungen mit SIL-Einstufung</b> . . . . .     | <b>102</b> |
| <b>Tabelle A.10 — Takt</b> . . . . .  | <b>103</b> |
| <b>Tabelle A.11 — Programmablauf</b> . . . . .  | <b>104</b> |
| <b>Tabelle A.12 — Stromversorgung</b> . . . . .   | <b>104</b> |
| <b>Tabelle A.13 — Sicherheitsbezogene Interboard-Datenkommunikationsverbindungen von Schaltungen mit SIL-Einstufung</b> . . . . . | <b>105</b> |
| <b>Tabelle A.14 — Maßnahmen zum Funktionssicherheitsmanagement</b> . . . . .  | <b>106</b> |
| <b>Tabelle A.15 — Vorgesehene Architekturen</b> . . . . .   | <b>108</b> |
| <b>Tabelle A.16 — Berechnung der sicherheitsbezogenen Parameter</b> . . . . .   | <b>109</b> |
| <b>Tabelle A.17 — Berechnung der Restfehlerrate einer Kommunikationsverbindung mit SIL-Einstufung</b> . . . . .                   | <b>110</b> |
| <b>Tabelle A.18 — Liste der Praktiken und Regeln für die strukturierte Programmierung</b> . . . . .                               | <b>111</b> |

## **Europäisches Vorwort**

Dieses Dokument (prEN ISO 8100-2:2023) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 10 „Aufzüge, Fahrtreppen und Fahrsteige“ erarbeitet, dessen Sekretariat von AFNOR gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN 81-50:2020 ersetzen.

Dieses Dokument ist Teil der Normenreihe EN 81. Der Aufbau der Normenreihe EN 81 wird in CEN/TR 81-10:2008 beschrieben.

Dieses Dokument wurde im Rahmen eines Normungsauftrages erarbeitet, den die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelsassoziation CEN erteilt haben, und unterstützt grundlegende Anforderungen der EU-Richtlinie(n)/Verordnung(en).

Zum Zusammenhang mit EU-Richtlinie(n)/Verordnung(en) siehe informativen Anhang ZA, der Bestandteil dieses Dokuments ist.

Entsprechend der CEN-CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, die Republik Nordmazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Türkei, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

**Anhang ZA**  
(informativ)

**Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den  
grundlegenden Anforderungen der abzudeckenden  
Richtlinie 2014/33/EU**

Diese Europäische Norm wurde im Rahmen eines von der Europäischen Kommission erteilten Normungsauftrages „M/549 C(2016) 5884 endgültig“ erarbeitet, um ein freiwilliges Mittel zur Erfüllung der grundlegenden Anforderungen der Richtlinie 2014/33/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 26. Februar 2014 zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über Aufzüge und Sicherheitsbauteile für Aufzüge (Neufassung) bereitzustellen.

Sobald diese Norm im Amtsblatt der Europäischen Union im Sinne dieser Richtlinie in Bezug genommen worden ist, berechtigt die Übereinstimmung mit den in Tabelle ZA.1 und Tabelle ZA.2 aufgeführten normativen Abschnitten dieser Norm innerhalb der Grenzen des Anwendungsbereiches dieser Norm zur Vermutung der Konformität mit den entsprechenden grundlegenden Anforderungen der Richtlinie und den zugehörigen EFTA-Vorschriften.

**Tabelle ZA.1 — Übereinstimmung zwischen dieser Europäischen Norm und Anhang I der  
Richtlinie 2014/33/EU**

| <b>Wesentliche<br/>Gesundheitsschutz- und<br/>Sicherheitsanforderungen<br/>von Anhang I der<br/>Richtlinie 2014/33/EU</b> | <b>Abschnitt(e)/Unterabschnitt(e) dieser<br/>EN</b>         | <b>Anmerkungen/Hinweise</b>                                      |
|---|---|--|
| 1.1   | Siehe nachfolgende Tabelle ZA.2                             | Verweisung auf die<br>Anwendbarkeit von<br>Richtlinie 2006/42/EG |
| 6.1   | 4.2.3, 4.3.5, 4.4.3, 4.5.4, 4.6.4, 4.7.5, 4.8.5,<br>4.9.1.6 |  |

**Tabelle ZA.2 — Übereinstimmung zwischen dieser Europäischen Norm und Anhang I der  
Richtlinie 2006/42/EG**

| <b>Grundlegende Sicherheits-<br/>und Gesundheitsschutzan-<br/>forderungen von Anhang I<br/>der Richtlinie 2006/42/EG</b> | <b>Abschnitt(e)/Unterabschnitt(e) dieser<br/>EN</b> | <b>Anmerkungen/Hinweise</b> |
|--|---|-----------------------------|
| 1.1.2. (a)   | 4, 5, 6   |                             |
| 1.1.2. (c)   | 4, 5, 6   |                             |

**WARNHINWEIS 1** — Die Konformitätsvermutung bleibt nur bestehen, solange die Fundstelle dieser Europäischen Norm in der im Amtsblatt der Europäischen Union veröffentlichten Liste erhalten bleibt. Anwender dieser Norm sollten regelmäßig die im Amtsblatt der Europäischen Union zuletzt veröffentlichte Liste einsehen.

**WARNHINWEIS 2** — Für Produkte, die in den Anwendungsbereich dieser Norm fallen, können weitere Rechtsvorschriften der EU anwendbar sein.

## Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung nationaler Normungsinstitute (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird üblicherweise von Technischen Komitees von ISO durchgeführt. Jede Mitgliedsorganisation, die Interesse an einem Thema hat, für welches ein Technisches Komitee gegründet wurde, hat das Recht, in diesem Komitee vertreten zu sein. Internationale staatliche und nichtstaatliche Organisationen, die in engem Kontakt mit ISO stehen, nehmen ebenfalls an der Arbeit teil. ISO arbeitet bei allen elektrotechnischen Normungsthemen eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) zusammen.

Die Verfahren, die bei der Entwicklung dieses Dokuments angewendet wurden und die für die weitere Pflege vorgesehen sind, werden in den ISO/IEC Directives, Teil 1, beschrieben. Es sollten insbesondere die unterschiedlichen Annahmekriterien für die verschiedenen ISO-Dokumentenarten beachtet werden. Dieses Dokument wurde in Übereinstimmung mit den Gestaltungsregeln der ISO/IEC Directives, Teil 2, erarbeitet (siehe [www.iso.org/directives](http://www.iso.org/directives)).

ISO weist auf die Möglichkeit hin, dass die Anwendung dieses Dokuments mit der Verwendung eines oder mehrerer Patente verbunden sein kann. ISO bezieht jedoch in dieser Hinsicht keinerlei Stellung bezüglich Nachweis, Gültigkeit oder Anwendbarkeit jeglicher beanspruchten Patentrechte. Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieses Dokuments lag ISO [eine/keine] Mitteilung über ein Patent bzw. mehrere Patente vor, welche/s zur Umsetzung dieses Dokuments erforderlich sein könnte/n. Anwender werden jedoch darauf hingewiesen, dass dies möglicherweise nicht der aktuelle Informationsstand ist. Dieser kann jedoch der Patentdatenbank unter [www.iso.org/patents](http://www.iso.org/patents) entnommen werden. ISO ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Jeder in diesem Dokument verwendete Handelsname dient nur zur Unterrichtung der Anwender und bedeutet keine Anerkennung.

Für eine Erläuterung des freiwilligen Charakters von Normen, der Bedeutung ISO-spezifischer Begriffe und Ausdrücke in Bezug auf Konformitätsbewertungen sowie Informationen darüber, wie ISO die Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO, en: World Trade Organization) hinsichtlich technischer Handelshemmnisse (TBT, en: Technical Barriers to Trade) berücksichtigt, siehe [www.iso.org/iso/foreword.html](http://www.iso.org/iso/foreword.html).

Dieses Dokument wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 178 *Lifts, escalators, passenger conveyors*, erarbeitet.

Diese zweite Ausgabe ersetzt die erste Ausgabe (ISO 8100-2:2019), die technisch überarbeitet wurde.

Die wesentlichen Änderungen sind folgende:

- redaktionelle Überarbeitung des Dokumentenaufbaus nach ISO/IEC Directives, Teil 2;
- mechanische Prüfungen und Temperaturprüfungen von Sicherheitsschaltungen und Schaltungen mit SIL-Einstufung wurden aktualisiert;
- Fehler in den Gleichungen für die Berechnung der Treibfähigkeit wurden korrigiert;
- Verifizierungsmethoden für andere Aufhängungs- und Ausgleichsmittel als Stahldrahtseile wurden hinzugefügt;
- Ablegekriterien für Aufhängungsmittel und den Kraftübertragungskontakt wurden hinzugefügt;
- Überarbeitung der Anforderungen an Schaltungen mit SIL-Einstufung (zuvor als PESSRAL bezeichnet);

Zum Zusammenhang mit diesem Dokument und ISO 8100-20 siehe informativen Anhang G, der Bestandteil dieses Dokuments ist.

Eine Auflistung aller Teile der Normenreihe ISO 8100 ist auf der ISO-Internetseite abrufbar.

Rückmeldungen oder Fragen zu diesem Dokument sollten an das jeweilige nationale Normungsinstitut des Anwenders gerichtet werden. Eine vollständige Auflistung dieser Institute ist unter [www.iso.org/members.html](http://www.iso.org/members.html) zu finden.

## **Einleitung**

Dieses Dokument ist eine Typ-C-Norm, wie in ISO 12100:2010 angegeben.

Dieses Dokument ist insbesondere für die folgenden Interessentengruppen von Relevanz, die die Marktakteure im Hinblick auf die Sicherheit von Maschinen repräsentieren:

- Maschinenhersteller (kleine, mittlere und große Unternehmen);
- Organisationen des Arbeits- und Gesundheitsschutzes (Gesetzgeber, Unfallversicherungen, Marktaufsicht usw.).

Andere Gruppen können von dem mit den Mitteln des Dokuments von den oben genannten Interessengruppen erreichten Grad an Maschinensicherheit betroffen sein. Es handelt sich dabei um:

- Maschinenanwender/Arbeitgeber (kleine, mittlere und große Unternehmen);
- Maschinenanwender/Mitarbeiter (z. B. Gewerkschaften, Organisationen für Menschen mit besonderen Bedürfnissen);
- Dienstleister, z. B. für Instandhaltung (kleine, mittlere und große Unternehmen);
- Verbraucher (wenn die Maschinen zum Gebrauch durch Verbraucher vorgesehen sind).

Den oben genannten Interessengruppen wurde die Möglichkeit eingeräumt, sich an der Erarbeitung dieses Dokuments zu beteiligen.

Auf die betroffenen Maschinen und die behandelten Gefährdungen, Gefährdungssituationen und Gefährdungsereignisse wird im Anwendungsbereich dieses Dokuments hingewiesen.

Wenn Anforderungen dieser Typ-C-Norm von denen abweichen, die in Typ-A- oder Typ-B-Normen beschrieben werden, haben die Anforderungen dieser Typ-C-Norm für Maschinen, die entsprechend den Anforderungen dieser Typ-C-Norm konstruiert und gebaut wurden, Vorrang vor den Anforderungen anderer Normen.

Es ist der Zweck des vorliegenden Dokuments, die Sicherheitsregeln für Aufzüge festzulegen, um Personen und Sachen vor Unfallgefahren zu schützen, die sich beim Gebrauch, der Instandhaltung und dem Notbetrieb von Aufzügen einstellen können.

Bezüglich der zu schützenden Personen und Objekte, Annahmen, Grundsätze usw. wird auf die jeweiligen Einleitungen der Normen (z. B. ISO 8100-1:2023) verwiesen, die die Verwendung dieses Dokuments fordern.

## 1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt Folgendes für Personen- und Lastenaufzüge fest:

- die Überprüfung von Türverriegelungen;
- die Überprüfung der Fangvorrichtungen;
- die Überprüfung von Geschwindigkeitsbegrenzern;
- die Überprüfung von Puffern;
- die Überprüfung von Sicherheitsschaltungen und Schaltungen mit SIL-Einstufung;
- die Überprüfung der Schutzeinrichtung für den aufwärtsfahrenden Fahrkorb gegen Übergeschwindigkeit;
- die Überprüfung der Schutzeinrichtung gegen unbeabsichtigte Bewegung des Fahrkorbs;
- die Überprüfung von Leitungsbruchventilen und Drossel-Rückschlagventilen;
- die Überprüfung von Aufhängungs- und Ausgleichsmitteln;
- die Ablegekriterien für Aufhängungsmittel und den Kraftübertragungskontakt;
- die Berechnung von Führungsschienen;
- Berechnung von Kolben, Zylindern, festen Rohrleitungen und Armaturen;
- die Ermittlung der Traktion;
- die Ermittlung des Sicherheitsbeiwerts von Aufhängungsmitteln;
- die Pendelschlagversuche;
- Fehlerausschluss für elektrische und elektronische Bauteile;
- die Auslegungsregeln für Schaltungen mit SIL-Einstufung.

Dieses Dokument gilt nicht für Personenaufzüge, Lastenaufzüge oder Bauteile von Aufzügen, die vor ihrer Veröffentlichung errichtet oder gefertigt wurden.

## 2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. 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).

ISO 3108:2017, *Steel wire ropes — Test method — Determination of measured breaking force*

ISO 4344:2022, *Steel wire ropes for lifts — Minimum requirements*

ISO 8100-1:2023, *Lifts for the transport of persons and goods — Part 1: Safety rules for the construction and installation of passenger and goods passenger lifts*

ISO 8100-33:2022, *Lifts for the transport of persons and goods — Part 33: T-type guide rails for lift cars and counterweights*

# - Entwurf -

## **E DIN EN ISO 8100-2:2024-02** **prEN ISO 8100-2:2023 (D)**

ISO 12100:2010, *Safety of machinery — General principles for design — Risk assessment and risk reduction*

ISO 29584:2015, *Glass in building — Pendulum impact testing and classification of safety glass*

IEC 60068-2-6:2007, *Environmental testing — Part 2-6: Tests — Test Fc: Vibration (sinusoidal)*

IEC 60068-2-14:2009, *Environmental testing — Part 2-14: Tests — Test N: Change of temperature*

IEC 60068-2-27:2008, *Environmental testing — Part 2-27: Tests — Test Ea and guidance: Shock*

IEC 60112:2020, *Method for the determination of the proof and the comparative tracking indices of solid insulating materials*

IEC 60664-1:2020, *Insulation coordination for equipment within low-voltage supply systems — Part 1: Principles, requirements and tests*

IEC 60893-3-1:2012, *Insulating materials — Industrial rigid laminated sheets based on thermosetting resins for electrical purposes — Part 3-1: Specifications for individual materials — Types of industrial rigid laminated sheets*

IEC 60947-4-1:2018, *Low-voltage switchgear and control gear — Part 4-1: Contactors and motor-starters — Electromechanical contactors and motor-starters*

IEC 60947-5-1:2016, *Low-voltage switchgear and control gear — Part 5-1: Control circuit devices and switching elements — Electromechanical control circuit devices*

IEC 61508-2:2010, *Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems — Part 2: Requirements for electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems*

IEC 61508-3:2010, *Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems — Part 3: Software requirements*

IEC 61558-1:2017, *Safety of power transformers, power supplies, reactors and similar products — Part 1: General requirements and tests*

IEC 61709:2017, *Electric components — Reliability — Reference conditions for failure rates and stress models for conversion*

EN 10025-2:2019, *Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen — Teil 2: Technische Lieferbedingungen für unlegierte Baustähle*

EN 12385-1:2002+A1:2008, *Drahtseile aus Stahldraht — Sicherheit — Teil 1: Allgemeine Anforderungen*

EN 12385-5:2021, *Drahtseile aus Stahldraht — Sicherheit — Teil 5: Litzenseile für Aufzüge*

EN 13411-6:2004+A1:2008, *Endverbindungen für Drahtseile aus Stahldraht — Sicherheit — Teil 6: Asymmetrische Seilschlösser*

EN 13411-7:2021, *Endverbindungen für Drahtseile aus Stahldraht — Sicherheit — Teil 7: Symmetrische Seilschlösser*

### **3 Begriffe**

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO 8100-1:2023.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

— ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <https://www.iso.org/obp>

— IEC Electropedia: verfügbar unter <https://www.electropedia.org/>

## **4 Auslegungsregeln, Berechnungen, Überprüfungen und Prüfungen**

### **4.1 Allgemeines**

Personen- und Lastenaufzüge müssen den Sicherheitsanforderungen und/oder Schutzmaßnahmen der folgenden Abschnitte entsprechen. Außerdem müssen Personen- und Lastenaufzüge im Hinblick auf Gefährdungen, die relevant, aber nicht signifikant sind und die nicht in diesem Dokument behandelt werden, nach den Leitsätzen in ISO 12100:2010 gebaut sein (z. B. scharfe Kanten).

Die Genauigkeit der Instrumente muss Messungen innerhalb der folgenden Bereiche erlauben:

- a)  $\pm 1$  % Massen, Kräfte, Längen, Geschwindigkeiten;
- b)  $\pm 2$  % Beschleunigungen, Verzögerungen;
- c)  $\pm 5$  % Spannungen, Ströme;
- d)  $\pm 5$  °C für Temperaturen;
- e) die Aufzeichnungsgeräte müssen in der Lage sein, Signale zu erfassen, die sich innerhalb von 0,01 s ändern;
- f)  $\pm 2,5$  % für die Durchflussmenge;
- g)  $\pm 1$  % für Druck,  $P$ , unter 200 kPa;
- h)  $\pm 5$  % für Druck,  $P$ , über 200 kPa.

### **4.2 Überprüfung der Türverriegelungen von Haltestelle und Fahrkorb**

#### **4.2.1 Überprüfungen und Prüfungen**

##### **4.2.1.1 Überprüfung des Betriebs**

Es muss verifiziert werden, dass:

- a) das Sperrmittel mindestens 7 mm eingegriffen haben muss, bevor die elektrische Sicherheitseinrichtung schließt;
- b) es nicht möglich ist, von einem für Personen üblicherweise zugänglichen Ort aus den Aufzug mit offener oder nicht verriegelter Schachttür mit einem einzelnen, nicht Teil des üblichen Betriebsablaufs bildenden Eingriff in Betrieb zu setzen.

##### **4.2.1.2 Mechanische Prüfungen**

###### **4.2.1.2.1 Allgemeines**

Sind mehrere Möglichkeiten der Betätigung und mehrere Betriebslagen vorgesehen, muss der Dauerversuch unter den Bedingungen erfolgen, die die höchste Beanspruchung der Teile erwarten lassen.

Die Anzahl der vollständigen Arbeitsspiele und der Arbeitsweg der Sperrmittel müssen durch mechanische oder elektrische Zähler überwacht werden.

#### **4.2.1.2.2 Dauerversuch**

Die Türverriegelung muss 1 000 000 ( $\pm 1\%$ ) vollständigen Arbeitsspielen unterzogen werden. Unter einem vollständigen Arbeitsspiel ist eine Hin- und Herbewegung über den gesamten, in beiden Richtungen möglichen Arbeitsweg zu verstehen.

Das Betätigen der Türverriegelung muss weich, stoßfrei und mit 60 ( $\pm 10\%$ ) Arbeitsspielen je Minute erfolgen.

Während des Dauerversuchs muss der Sperrmittelschalter einen rein ohmschen Stromkreis schließen, der für die Nennspannung und die doppelte Nennstromstärke ausgelegt ist.

Hat die Türverriegelung eine mechanische Vorrichtung zur Kontrolle des Riegels oder der Stellung des Sperrmittels (Fehlschließsicherung), muss diese Vorrichtung einem Dauerversuch von 100 000 ( $\pm 1\%$ ) Arbeitsspielen unterzogen werden.

Das Betätigen der Türverriegelung muss weich, stoßfrei und mit 60 ( $\pm 10\%$ ) Arbeitsspielen je Minute erfolgen.

#### **4.2.1.2.3 Statische Prüfung**

Die Prüfung muss aus der Anwendung einer Kraft bestehen, die stufenweise bis zu dem Wert ansteigt, der in der Norm, die die Anwendung dieser Norm fordert (z. B. ISO 8100-1:2023, 4.3.9.1.6), zwischen 30 s und 60 s festgelegt ist. Diese Kraft muss über eine Dauer von 300 s angewendet werden.

#### **4.2.1.2.4 Dynamische Prüfung**

Die Türverriegelung muss in verriegeltem Zustand in der Öffnungsrichtung einer Stoßprüfung unterzogen werden.

Die Stoßkraft muss der Wirkung einer harten Masse von 4 kg nach einem freien Fall aus 0,50 m Höhe entsprechen.

#### **4.2.1.3 Kriterien für die mechanischen Prüfungen**

Nach dem Dauerversuch (4.2.1.2.2), der statischen Prüfung (4.2.1.2.3) und der dynamischen Prüfung (4.2.1.2.4) dürfen betriebsgefährdender Verschleiß, Verformung oder Bruch nicht aufgetreten sein.

#### **4.2.1.4 Elektrische Prüfung**

##### **4.2.1.4.1 Dauerversuch mit den Schaltern**

Diese Prüfung ist im Dauerversuch nach 4.2.1.2.2 enthalten.

##### **4.2.1.4.2 Schalteleistungsprüfungen**

**4.2.1.4.2.1** Diese Prüfung muss nach dem Dauerversuch durchgeführt werden. Sie muss prüfen, ob die Fähigkeit, einen unter Spannung stehenden Schaltkreis zu unterbrechen, ausreichend ist. Diese Prüfung muss nach dem Verfahren von IEC 60947-4-1 und IEC 60947-5-1 durchgeführt werden. Die Strom- und Nennspannungswerte, die als Grundlage für die Prüfungen dienen, müssen die für die Einrichtung festgelegten Werte sein.

Liegen keine Angaben vor, müssen als Nennwerte zugrunde gelegt werden:

- a) Wechselstrom: 230 V, 2 A;
- b) Gleichstrom: 200 V, 2 A.

Die Fähigkeit, den Stromkreis zu unterbrechen, muss sowohl für Wechselstrom- als auch für Gleichstrombedingungen geprüft werden.

Die Prüfungen müssen in allen Betriebslagen der Türverriegelung durchgeführt werden.

Das Prüfmuster muss die bei Normalbetrieb vorhandenen Deckel und elektrischen Leitungen aufweisen.

**4.2.1.4.2.2** Türverriegelungen mit Schaltern für Wechselstrom müssen mit typischer Geschwindigkeit und mit 110 % Nennspannung im Abstand von 5 s bis 10 s 50-mal einen elektrischen Stromkreis öffnen und schließen. Der Kontakt muss wenigstens 0,5 s geschlossen bleiben.

Der Stromkreis muss in Reihe geschaltet eine Induktivität und einen Widerstand enthalten. Sein Leistungsbeiwert muss 0,7 ( $\pm 0,05$ ) und die Stärke des Prüfstroms das 11-Fache des Werts des vom Hersteller des Bauteils angegebenen Nennstroms betragen.

**4.2.1.4.2.3** Türverriegelungen mit Schaltern für Gleichstrom müssen mit normaler Geschwindigkeit und mit 110 % Nennspannung im Abstand von 5 s bis 10 s 20-mal einen elektrischen Stromkreis öffnen und schließen. Der Kontakt muss wenigstens 0,5 s geschlossen bleiben.

Der Stromkreis muss in Reihe geschaltet eine Induktivität und einen Widerstand enthalten und in einer Zeit von 300 ms 95 % des stationären Prüfstroms erreichen.

Die Stärke des Prüfstroms muss 110 % des vom Hersteller angegebenen Nennstroms betragen.

**4.2.1.4.2.4** Die Prüfungen werden als befriedigend betrachtet, wenn weder ein Überschlag entsteht noch ein Lichtbogen entstanden ist und wenn keine Beschädigung der Türverriegelung eintritt, die die Betriebssicherheit beeinträchtigen kann.

#### **4.2.1.4.3 Prüfung der Kriechstromfestigkeit**

Diese Prüfung muss nach dem Verfahren von IEC 60112:2020 durchgeführt werden. Die Elektroden müssen an eine Stromquelle angeschlossen werden, die eine praktische sinusförmige Spannung von 175 V, 50 Hz Wechselstrom liefert.

#### **4.2.1.4.4 Verifizierung der Kriechstrecken und Luftstrecken**

Die Luft- und Kriechstrecken müssen den Anforderungen nach den Normen entsprechen, die die Anwendung dieses Dokuments fordern (z. B. ISO 8100-1:2023, 4.11.2.2.4).

#### **4.2.1.4.5 Verifizierung der Vorschriften für Sicherheitsschalter und ihre Zugänglichkeit**

Diese Überprüfung muss unter Berücksichtigung der Einbaulage und Anordnung der Türverriegelung erfolgen.

### **4.2.2 Besondere Prüfungen bei bestimmten Arten von Türverriegelungen**

#### **4.2.2.1 Türverriegelungen für waagrecht oder senkrecht bewegte Schacht-Schiebetüren mit mehreren Türblättern**

Türverriegelungen, die eine direkte mechanische Verbindung zwischen den Blättern herstellen, müssen in die Prüfungen nach 4.2.1 einbezogen werden. Die Anzahl der Zyklen je Minute im Dauerversuch muss zwischen 45 und 60 betragen.

ANMERKUNG ISO 8100-1:2023, 4.3.14.1 und ISO 8100-1:2023, 4.3.14.2 legen die direkte und indirekte mechanische Verbindung fest.

#### **4.2.2.2 Klappen-Türverriegelung für Drehtüren**

Es müssen die Bedingungen von ISO 8100-1:2023, 4.3.9.1.12 b) bis f) verifiziert werden.

Der Verriegelungskraftbegrenzer nach ISO 8100-1:2023, 4.3.9.1.12 f) muss an einer betriebsbereiten Tür geprüft werden, indem die Türblätter mit einer kontinuierlich steigenden Kraft aufgedrückt werden, bis

**E DIN EN ISO 8100-2:2024-02**  
**prEN ISO 8100-2:2023 (D)**

der Verriegelungskraftbegrenzer die Klappe freigibt. Die Kraft wird nach ISO 8100-1:2023, 4.3.9.1.12 f) aufgebracht. Die Klappe muss sich nicht lösen, bevor die Kraft die nach ISO 8100-1:2023, 4.3.9.1.12 f) festgelegte Kraft überschreitet.

Die Prüfung muss an einer Tür mit der größten Breite durchgeführt werden.

Bei Elementen zur Begrenzung der Last auf der Klappe, die über einen vorgegebenen Auslösepunkt ausgelöst werden, muss die verriegelte Tür mindestens dreimal mit Kraft geöffnet werden, jedes Mal mit erneuerten Auslöseelementen. Bei zerstörungsfreien Auslöseelementen ist ein begrenzter Dauerversuch mit mindestens 50 Kraftöffnungen erforderlich.

Nach der Prüfung darf die Türverriegelung keine dauerhaften Verformungen oder Brüche aufweisen.

### **4.2.3 Verifizierungsbericht**

Im Prüfbericht muss Folgendes angegeben werden:

- a) Art und Verwendungsbereich der Türverriegelung;
- b) Angaben über die Stromart (Wechsel- und/oder Gleichstrom), die Nennspannung und den Nennstrom;
- c) bei Türverriegelungen mit Klappe: die erforderliche Kraft, um den Verriegelungskraftbegrenzer zu betätigen.

## **4.3 Verifizierung der Fangvorrichtung**

### **4.3.1 Allgemeine Vorschriften**

Die folgenden Informationen müssen bereitgestellt werden:

- kleinste und größte Masse;
- maximale Nenngeschwindigkeit und maximale Auslösegeschwindigkeit;
- die Art der Führungsschienen und ihre Oberflächenbeschaffenheit (gezogen, gefräst, geschliffen) und die verwendeten Materialien.

### **4.3.2 Sperrfangvorrichtung**

#### **4.3.2.1 Prüfmuster**

Es müssen zwei Fangvorrichtungen mit Keilen oder Klammern und zwei Führungsschienenlängen vorgesehen sein.

Die Anordnung und die Einzelheiten der Befestigung der Prüfmuster müssen in Übereinstimmung mit der verwendeten Ausrüstung festgelegt werden.

Wenn dieselben Fangvorrichtungen mit verschiedenen Arten von Führungsschienen verwendet werden können, ist keine neue Prüfung erforderlich, wenn die Dicke der Führungsschienen, die für die Fangvorrichtung benötigte Breite des Griffs und der Oberflächenzustand (gezogen, gefräst, geschliffen) gleich sind.

#### **4.3.2.2 Prüfung**

##### **4.3.2.2.1 Umfang der Prüfung**

Die Prüfung muss mit einer Presse oder einer ähnlichen Einrichtung durchgeführt werden, die sich fortlaufend bewegt. Es müssen folgende Messungen durchgeführt werden:

- a) zurückgelegte Strecke in Abhängigkeit von der Kraft;
- b) Verformung der Fangvorrichtung in Abhängigkeit von der Kraft oder vom zurückgelegten Weg.

#### **4.3.2.2.2 Durchführung der Prüfungen**

Die Führungsschiene muss durch die Fangvorrichtung bewegt werden.

Auf den Blöcken müssen Referenzkennzeichnungen angezeichnet werden, um ihre Verformung messen zu können.

Die zurückgelegte Strecke muss in Abhängigkeit von der Kraft aufgezeichnet werden.

Nach der Prüfung

- a) muss die Härte des Fanggehäuses und des Fangmittels mit den in den Dokumenten angegebenen Ursprungswerten verglichen werden. In Sonderfällen dürfen weitere Untersuchungen durchgeführt werden,
- b) müssen Verformungen und andere Veränderungen festgestellt werden, (z. B. Risse, Verformungen oder Verschleiß der Bremsbacken und deren Oberflächenzustand), sofern kein Bruch aufgetreten ist,
- c) müssen das Fanggehäuse, die Fangmittel und die Führungsschiene bei Bedarf fotografiert werden, um die Verformungen und die Bruchstellen zu dokumentieren.

#### **4.3.2.2.3 Dokumente**

**4.3.2.2.3.1** Es müssen zwei Diagramme wie folgt erstellt werden:

- a) das erste muss die zurückgelegte Strecke in Abhängigkeit von der Kraft darstellen;
- b) das andere muss die Verformung des Fanggehäuses darstellen. Es muss so erstellt werden, dass es mit dem ersten Diagramm in Beziehung gesetzt werden kann.

**4.3.2.2.3.2** Die Kapazität der Fangvorrichtungen muss durch Integration der Fläche des Distanz-Kraft-Diagramms ermittelt werden.

Die Fläche des Diagramms, die zu berücksichtigen ist, muss folgende sein:

- a) die Gesamtfläche, wenn keine dauerhafte Verformung auftritt;
- b) wenn es zu einer dauerhaften Verformung oder einem Bruch gekommen ist, entweder:
  - 1) die Fläche bis zu dem Wert, bei dem die Elastizitätsgrenze erreicht ist; oder
  - 2) die Fläche bis zu dem Wert, der der maximalen Kraft entspricht.

#### **4.3.2.3 Bestimmung der zulässigen Masse**

##### **4.3.2.3.1 Von der Fangvorrichtung absorbierte Energie**

Die Strecke des freien Falls in Metern,  $h$ , muss Gleichung (1) entsprechen:

$$h = \left( \frac{v_1^2}{2 \cdot g_n} \right) + 0,1 + 0,03 \tag{1}$$

Dabei ist/entspricht

# - Entwurf -

## E DIN EN ISO 8100-2:2024-02 prEN ISO 8100-2:2023 (D)

$g_n$  die Normalfallbeschleunigung in  $\text{mm/s}^2$ ;

$v_1$  die maximale Auslösegeschwindigkeit der Fangvorrichtung, ausgedrückt in Metern je Sekunde;

0,1 der während der Ansprechzeit zurückgelegten Strecke in Metern;

0,03 dem Spiel zwischen den Fangmitteln und den Führungsschienen während der Aufnahme, in Metern.

Die Gesamtenergie, die die Fangvorrichtung absorbieren kann, wird mit den Gleichungen (2) und (3) berechnet:

$$2 \cdot K = (P + Q)_1 \cdot g_n \cdot h \quad (2)$$

$$\text{wobei } (P + Q)_1 = \frac{2 \cdot K}{g_n \cdot h} \quad (3)$$

Dabei ist/sind

$K$  die von einer Fangvorrichtung absorbierte Energie in Joule (berechnet nach der Tabelle);

$P$  die Massen des leeren Fahrkorbs und der am Fahrkorb hängenden Teile, d. h. Teil des Hängekabels, gegebenenfalls vorhandene Ausgleichsmittel usw., in kg;

$Q$  die Nennlast in kg;

$(P + Q)_1$  die zulässige Masse in kg.

### 4.3.2.3.2 Zulässige Masse

a) Wenn die Elastizitätsgrenze nicht überschritten wurde, wird die zulässige Masse in Kilogramm,  $(P + Q)_1$ , mit Gleichung (4) berechnet:

$$(P + Q)_1 = \frac{2 \cdot K}{2 \cdot g_n \cdot h} \quad (4)$$

Dabei wird

$K$  durch die Integration der in 4.3.2.2.3.2 a) definierten Fläche berechnet;

2 als der teilende Sicherheitskoeffizient verwendet.

b) Wenn die Elastizitätsgrenze überschritten wurde, müssen die Gleichungen (5) und (6) angewendet werden, und es darf die höhere zulässige Masse gewählt werden.

$$(P + Q)_1 = \frac{2 \cdot K_1}{2 \cdot g_n \cdot h} \quad (5)$$

Dabei wird

$K_1$  durch die Integration der in 4.3.2.2.3.2 b) 1) definierten Fläche berechnet;

2 als der teilende Sicherheitskoeffizient verwendet.

$$(P + Q)_1 = \frac{2 \cdot K_2}{3,5 \cdot g_n \cdot h} \quad (6)$$

Dabei wird

$K_2$  durch die Integration der in 4.3.2.2.3.2 b) 2) definierten Fläche berechnet;

3,5 als der teilende Sicherheitskoeffizient verwendet.

### **4.3.3 Bremsfangvorrichtung**

#### **4.3.3.1 Prüfung**

##### **4.3.3.1.1 Umfang der Prüfung**

**4.3.3.1.1.1** Die Prüfung muss im Freifall durchgeführt werden. Es müssen direkt oder indirekt gemessen werden:

- a) die gesamte Freifallhöhe;
- b) der Bremsweg auf den Führungsschienen;
- c) der Rutschweg des Begrenzerseils oder der es ersetzenden Einrichtung;
- d) der Gesamthub der federnden Teile.

Die Messungen a) und b) müssen in Abhängigkeit von der Zeit erfolgen.

**4.3.3.1.1.2** Folgendes muss ermittelt werden:

- a) die mittlere Bremskraft;
- b) die kurzzeitig auftretende größte Bremskraft;
- c) die kurzzeitig auftretende kleinste Bremskraft.

##### **4.3.3.1.2 Durchführung der Prüfungen**

###### **4.3.3.1.2.1 Fangvorrichtung, zugelassen für eine einzige Masse**

Es müssen vier Prüfungen mit der Masse  $(P + Q)_1$  durchgeführt werden. Zwischen den einzelnen Versuchen müssen Teile, die der Reibung unterworfen sind, zu ihrer Normaltemperatur zurückkehren können.

Wenn während der Prüfungen die Teile, die der Reibung unterworfen sind, ausgetauscht werden, muss jeder Satz zu Folgendem in der Lage sein:

- a) drei Prüfungen, wenn die Nenngeschwindigkeit 4 m/s nicht überschreitet;
- b) zwei Prüfungen, wenn die Nenngeschwindigkeit 4 m/s überschreitet.

Die Höhe des freien Falls muss durch die maximale Auslösegeschwindigkeit des Geschwindigkeitsbegrenzers festgelegt werden, für die die Fangvorrichtung verwendet werden kann.

Das Auslösen der Fangvorrichtung muss durch eine Einrichtung erfolgen, mit der die Auslösegeschwindigkeit präzise eingestellt werden kann.

###### **4.3.3.1.2.2 Fangvorrichtung, zugelassen für verschiedene Massen**

Stufenweise oder stufenlose Einstellung.

Es müssen zwei Versuchsreihen nach 4.3.3.1.2.1 durchgeführt werden:

- a) für das Maximum; und

b) eine für die Tiefstwerte.

Es muss eine Gleichung oder ein Diagramm zur Verfügung gestellt werden, woraus die Abhängigkeit der Bremskraft von einer bestimmten Größe hervorgeht.

Die Gültigkeit der bereitgestellten Gleichung oder Tabelle muss durch zusätzliche Prüfungen verifiziert werden.

#### 4.3.3.1.3 Ermittlung der Bremskraft der Fangvorrichtung

##### 4.3.3.1.3.1 Fangvorrichtung, zugelassen für eine einzige Masse

Die Bremskraft, die die Fangvorrichtung bei einer bestimmten Einstellung und Art der Führungsschiene erzeugen kann, entspricht dem Durchschnittswert der mittleren Bremskräfte, die bei den Versuchen gemessen wurden. Jeder Versuch muss auf einem unbenutzten Teilstück der Führungsschiene erfolgen.

Es muss geprüft werden, ob die Mittelwerte der bei den Versuchen festgestellten Bremskräfte in einem Streubereich von  $\pm 25\%$  der oben definierten mittleren Bremskraft liegen.

**ANMERKUNG** Versuche haben gezeigt, dass der Reibwert beträchtlich abnehmen kann, wenn mehrere aufeinanderfolgende Versuche an der gleichen Stelle einer bearbeiteten Führungsschiene durchgeführt werden. Dies wird auf die Veränderung des Oberflächenzustands bei wiederholtem Fangen zurückgeführt.

##### 4.3.3.1.3.2 Fangvorrichtung, verifiziert für verschiedene Massen

Stufenweise oder stufenlose Einstellung.

Die Bremskraft, die die Fangvorrichtung erzeugen kann, muss nach 4.3.3.1.3.1 für den beantragten Höchst- und Tiefstwert berechnet werden.

##### 4.3.3.1.4 Prüfung nach Versuchsdurchführung

Nach den Prüfungen muss Folgendes sichergestellt werden:

- Die Härte des Fanggehäuses und der Fangmittel werden mit den in den Dokumenten angegebenen Ursprungswerten verglichen.
- Verformungen und Veränderungen werden geprüft (z. B. Risse, Verformungen oder Verschleiß der Fangmittel, Oberflächenzustand der Fangflächen).
- Fangmittel, Fanggehäuse und Führungsschienen werden bei Bedarf fotografiert, um die Verformungen oder die Bruchstellen zu dokumentieren.

#### 4.3.3.2 Berechnung der zulässigen Masse

##### 4.3.3.2.1 Fangvorrichtung, verifiziert für eine einzige Masse

Die zulässige Gesamtmasse muss mit der Gleichung (7) berechnet werden:

$$(P + Q)_1 = \frac{F_B}{16} \quad (7)$$

Dabei ist/sind

- |       |   |
|-------|---|
| $F_B$ | die Bremskraft in N, bestimmt nach 4.3.3.1.3;   |
| $P$   | die Massen des leeren Fahrkorbs und der am Fahrkorb hängenden Teile, d. h. Teil des Hängekabels, eventuell vorhandene Ausgleichsmittel usw., in kg; |

$Q$  die Nennlast in kg;

$(P + Q)_1$  die zulässige Masse in kg.

Wenn die berechnete zulässige Masse größer ist als die geprüfte Masse, darf die geprüfte Masse als zulässige Masse zugrunde gelegt werden, sofern die durchschnittliche Verzögerung bei jedem Versuch nicht mehr als  $1,0 g_n$  beträgt.

#### **4.3.3.2.2 Fangvorrichtung, zugelassen für verschiedene Massen**

##### **4.3.3.2.2.1 Stufenweise Einstellung**

Die zulässige Masse muss für jede Einstellung nach 4.3.3.2.1 berechnet werden.

##### **4.3.3.2.2.2 Stufenlose Einstellung**

Die zulässige Masse muss nach 4.3.3.2.1 für den beantragten Höchst- und Tiefstwert und für Zwischenwerte entsprechend der vorgeschlagenen Formel berechnet werden.

#### **4.3.4 Zusätzliche Verifizierungen**

##### a) Anwendbare Masse:

Die für einen Aufzug anwendbare Masse darf die zulässige Masse für Sperrfangvorrichtungen nicht überschreiten.

Bei Bremsfangvorrichtungen darf die anwendbare Masse vom zulässigen Wert nach 4.3.3.2 um  $\pm 7,5\%$  abweichen.

##### b) Es muss geprüft werden, ob der zur Verfügung stehende Weg der Fangmittel das Zusammenwirken der Auslegungstoleranzen abdeckt.

#### **4.3.5 Verifizierungsbericht**

Im Prüfbericht muss Folgendes angegeben werden:

- a) Typ und Anwendung der Fangvorrichtung;
- b) Grenzen der zulässigen Massen [siehe 4.3.4 a)];
- c) maximale Auslösegeschwindigkeit der Fangvorrichtung;
- d) Typ der Führungsschiene;
- e) zulässige Stärke des Kopfs der Führungsschiene;
- f) Mindestbreite der Fangflächen;

und, nur für Bremsfangvorrichtungen:

- g) Oberflächenbeschaffenheit der Führungsschienen (gezogen, gefräst, geschliffen);
- h) Schmierzustand der Führungsflächen. Falls sie geschmiert sind, die Schmiermittelqualitäten und -eigenschaften.

## **4.4 Überprüfung von Geschwindigkeitsbegrenzern**

### **4.4.1 Allgemeine Vorschriften**

Folgendes muss vorgesehen werden:

- a) Art der Fangvorrichtung(en), die durch den Geschwindigkeitsbegrenzer eingerückt werden sollen;
- b) maximale oder minimale Nenngeschwindigkeit der Aufzüge, die für den Geschwindigkeitsbegrenzer angegeben ist;
- c) die vorgesehene, vom ausgelösten Geschwindigkeitsbegrenzer im Begrenzerseil erzeugte Zugkraft;
- d) Detail- und Zusammenstellungszeichnungen mit den erforderlichen Daten in Bezug auf Bauart, Wirkungsweise, verwendete Werkstoffe, Abmessungen und Toleranzen der Bauteile.

### **4.4.2 Prüfung der Merkmale des Geschwindigkeitsbegrenzers**

#### **4.4.2.1 Prüfmuster**

Folgendes muss vorgesehen werden:

- a) ein Geschwindigkeitsbegrenzer;
- b) ein Begrenzerseil von der Art, wie sie mit dem Geschwindigkeitsbegrenzer benutzt werden soll;
- c) eine Spannrolle mit Spanngewicht von der Art, wie sie mit dem Geschwindigkeitsbegrenzer benutzt werden soll.

#### **4.4.2.2 Prüfung**

##### **4.4.2.2.1 Umfang der Prüfung**

Das Folgende muss geprüft werden:

- a) dass die Geschwindigkeit der Auslösung innerhalb des festgelegten Bereichs liegt;
- b) dass der Betrieb der elektrischen Sicherheitseinrichtung, die das Anhalten des Triebwerks einleitet, bevor die Geschwindigkeit des Fahrkorbs, entweder nach oben oder nach unten, die Auslösegeschwindigkeit des Geschwindigkeitsbegrenzers erreicht [z. B. ISO 8100-1:2023, 4.6.2.2.1.6 a)], wenn diese Einrichtung am Geschwindigkeitsbegrenzer angebracht ist;
- c) der Betrieb der elektrischen Sicherheitseinrichtung, die das Anfahren des Aufzugs verhindert, solange sich der Geschwindigkeitsbegrenzer nicht in der Bereitschaftsstellung befindet [z. B. ISO 8100-1:2023, 4.6.2.2.1.6 b)], wenn sich der Geschwindigkeitsbegrenzer nach dem Lösen der Fangvorrichtung nicht automatisch zurückstellt;
- d) die vom ausgelösten Geschwindigkeitsbegrenzer im Begrenzerseil erzeugte Zugkraft.

##### **4.4.2.2.2 Durchführung der Prüfungen**

Es müssen mindestens 20 Versuche im Bereich der Auslösegeschwindigkeiten, die den Angaben der Nenngeschwindigkeiten für Aufzüge nach 4.4.1 b) entsprechen, durchgeführt werden.

Es müssen sechs Versuche für die minimalen und sechs Versuche für die maximalen Werte des Bereichs durchgeführt werden.

Die Beschleunigung zum Erreichen der Auslösegeschwindigkeit des Geschwindigkeitsbegrenzers darf  $0,1 \text{ m/s}^2$  nicht überschreiten.

Zusätzlich zu den 20 Versuchen müssen zwei Prüfungen aus dem Stillstand mit einer Beschleunigung zwischen  $0,9 g_n$  und  $1,0 g_n$  durchgeführt werden, um einen freien Fall zu simulieren und nachzuweisen, dass keine Beeinträchtigung des Begrenzers vorliegt.

#### **4.4.2.2.3 Auswertung der Versuchsergebnisse**

In den 20 Versuchen müssen die Auslösegeschwindigkeiten innerhalb der Spezifikation für Geschwindigkeitsbegrenzer liegen.

In den 20 Versuchen muss der Betrieb der Geräte, für die der Versuch nach 4.4.2.2.1 b) und c) erforderlich ist, wie festgelegt erfolgen [z. B. ISO 8100-1:2023, 4.6.2.2.1.6 a) und 4.6.2.2.1.6 b)].

Die vom ausgelösten Geschwindigkeitsbegrenzer im Begrenzerseil erzeugte Zugkraft muss mindestens 300 N oder jeden anderen höheren festgelegten Wert betragen.

Bei den durch Seilklemmung wirkenden Einrichtungen darf das Seil keine bleibende Verformung erfahren.

#### **4.4.3 Verifizierungsbericht**

Im Prüfbericht muss Folgendes angegeben werden:

- e) Typ und Anwendungsbereich des Geschwindigkeitsbegrenzers;
- a) maximale und minimale Nenngeschwindigkeit des Aufzugs, für die der Geschwindigkeitsbegrenzer verwendet werden darf;
- b) Durchmesser und Machart des verwendeten Seils;
- c) die minimale Spannkraft bei Geschwindigkeitsbegrenzern mit Treibscheibe;
- d) die Zugkraft im Begrenzerseil, die durch den ausgelösten Geschwindigkeitsbegrenzer erzeugt werden kann.

### **4.5 Verifizierung der Puffer**

#### **4.5.1 Allgemeine Vorschriften**

Folgendes muss vorgesehen werden:

- a) maximale Auftreffgeschwindigkeit, kleinste und größte Masse;
- b) Detail- und Zusammenstellungszeichnungen mit den erforderlichen Daten in Bezug auf Bauart, Wirkungsweise, verwendete Werkstoffe, Abmessungen und Toleranzen der Bauteile.  

Bei Ölpuffern muss vor allem die Gradierung (Öldurchtrittsöffnungen) in Abhängigkeit vom Pufferhub angegeben werden;
- c) die Merkmale der verwendeten Flüssigkeit;
- d) Angaben über Einsatzbedingungen (Temperatur, Feuchte, Verschmutzung usw.) und Lebensdauer (Alterung des Materials, Austauschskriterien).

#### **4.5.2 Zu prüfende Prüfmuster**

Folgendes muss vorgesehen werden:

- a) ein Puffer;
- b) bei hydraulischen Puffern die Flüssigkeit.

### **4.5.3 Prüfung**

#### **4.5.3.1 Energieverzehrende Puffer**

##### **4.5.3.1.1 Durchführung der Prüfungen**

Der Puffer muss durch freifallende Gewichte geprüft werden, die der minimalen und maximalen Masse entsprechen. Beim Auftreffen muss die maximal vorgesehene Geschwindigkeit erreicht sein.

Die Geschwindigkeit muss mindestens ab dem Auftreffen des Gewichts aufgezeichnet werden. Beschleunigung und Verzögerung müssen in Abhängigkeit von der Zeit über den gesamten Bewegungsverlauf der Gewichte ermittelt werden.

##### **4.5.3.1.2 Prüfgeräte**

###### **4.5.3.1.2.1 Freifallende Gewichte**

Diese Gewichte müssen den minimalen und maximalen Gesamtmassen mit den Toleranzen nach 4.1 entsprechen. Sie müssen senkrecht geführt werden, um eine Beschleunigung im freien Fall von mindestens  $0,9g_n$  sicherzustellen.

###### **4.5.3.1.2.2 Aufzeichnungsgeräte**

Die Aufzeichnungsgeräte müssen in der Lage sein, Signale entsprechend den Toleranzen nach 4.1 zu erkennen. Die Messkette einschließlich des Aufzeichnungsgeräts zur zeitabhängigen Aufnahme der Messwerte muss für eine Grenzfrequenz von mindestens 1 000 Hz ausgelegt sein.

###### **4.5.3.1.2.3 Geschwindigkeitsmessung**

Die Geschwindigkeit muss mindestens ab dem Auftreffen des Gewichts auf den Puffern oder über den gesamten Weg, den die Gewichte zurücklegen, mit den Toleranzen nach 4.1 aufgezeichnet werden.

###### **4.5.3.1.2.4 Verzögerungsmessung**

Wird eine Messung der Verzögerung durchgeführt (siehe 4.5.3.1.1), muss sich die Messeinrichtung so nahe wie möglich an der Pufferachse befinden und in der Lage sein, Messungen mit den Toleranzen nach 4.1 durchzuführen.

###### **4.5.3.1.2.5 Zeitmessungen**

Zeitimpulse von 0,01 s Dauer müssen aufgezeichnet und mit den Toleranzen nach 4.1 gemessen werden.

##### **4.5.3.1.3 Umgebungstemperatur**

Die Umgebungstemperatur muss zwischen +15 °C und +25 °C liegen.

Die Flüssigkeitstemperatur muss mit den Toleranzen nach 4.1 gemessen werden.

##### **4.5.3.1.4 Pufferaufstellung**

Der Puffer muss in Übereinstimmung mit der Montageanleitung aufgestellt und befestigt werden.

#### 4.5.3.1.5 Füllung des Puffers

Der Puffer muss nach der diesbezüglichen Betriebsanleitung gefüllt werden.

#### 4.5.3.1.6 Prüfungen

##### 4.5.3.1.6.1 Prüfung der Verzögerung

Die Fallhöhe der Gewichte muss so gewählt werden, dass die Auftreffgeschwindigkeit der im Antrag geforderten maximalen Auftreffgeschwindigkeit entspricht.

Die Verzögerung muss den Anforderungen der Norm entsprechen, die für dieses Gerät Anwendung findet (z. B. ISO 8100-1:2023, 4.8.2.2.2).

Das Kriechen am Ende des Pufferhubs muss für die Berechnung der durchschnittlichen Verzögerung ignoriert werden, wenn die Verzögerung unter  $0,5 \text{ m/s}^2$  liegt.

Beim ersten Versuch muss die Verzögerung mit maximaler Masse geprüft werden.

Beim zweiten Versuch muss die Verzögerung mit minimaler Masse geprüft werden.

##### 4.5.3.1.6.2 Prüfung des Pufferrücklaufs in die Bereitschaftsstellung

Nach jedem Versuch muss der Puffer 5 min in völlig zusammengerückter Stellung gehalten werden. Dann muss der Puffer freigegeben werden, damit er wieder in die Bereitschaftsstellung zurückkehren kann.

Handelt es sich um einen Puffer mit Rückstellung durch Feder oder Schwerkraft, muss der vollständige Rücklauf innerhalb max. 120 s erfolgen.

Vor jedem weiteren Verzögerungsversuch muss 30 min gewartet werden, damit die Flüssigkeit zum Behälter zurückfließen kann und die Luftblasen entwichen sind.

##### 4.5.3.1.6.3 Prüfung der Flüssigkeitsverluste

Der Flüssigkeitsstand muss nach den beiden in 4.5.3.1.6.1 vorgesehenen Verzögerungsversuchen geprüft werden. Nach einem Intervall von 30 min muss der Flüssigkeitsstand wieder so hoch sein, dass der normale Betrieb des Puffers sichergestellt ist.

##### 4.5.3.1.6.4 Prüfung des Zustands des Puffers nach den Versuchen

Nach den zwei in 4.5.3.1.6.1 geforderten Verzögerungsversuchen darf kein Teil des Puffers bleibende Verformungen aufweisen oder beschädigt sein, so dass sein Zustand normales Funktionieren sicherstellt.

#### 4.5.3.2 Energieakkumulationspuffer mit nichtlinearen Eigenschaften

##### 4.5.3.2.1 Durchführung der Prüfungen

Der Puffer muss mit Hilfe von Gewichten geprüft werden, die frei aus einer solchen Höhe fallen, dass beim Auftreffen die maximal vorgesehene Geschwindigkeit, aber nicht weniger als  $0,8 \text{ m/s}$  erreicht wird.

Die Fallhöhe, die Geschwindigkeit, die Beschleunigung und die Verzögerung müssen vom Moment des Auslösens der Gewichte bis zum vollständigen Stillstand aufgezeichnet werden.

Die Gewichte müssen der maximalen und der minimalen vorgesehenen Masse entsprechen. Sie müssen senkrecht geführt werden, um eine Beschleunigung im freien Fall von mindestens  $0,9 g_n$  sicherzustellen.

#### **4.5.3.2.2 Prüfgeräte**

Die Geräte müssen 4.5.3.1.2 entsprechen.

#### **4.5.3.2.3 Umgebungstemperatur**

Die Umgebungstemperatur muss zwischen +15 °C und +25 °C liegen.

#### **4.5.3.2.4 Pufferaufstellung**

Die Puffer müssen senkrecht aufgestellt sein und die Befestigung muss wie für den Normalbetrieb erfolgen.

#### **4.5.3.2.5 Anzahl der Versuche**

Es müssen drei Versuche mit der größten Masse und der geforderten kleinsten Masse durchgeführt werden.

Die Zeit zwischen zwei aufeinander folgenden Versuchen muss zwischen 5 min und 30 min liegen.

Bei den drei Versuchen mit der größten Masse darf der in den Anweisungen angegebene Referenzwert der Pufferkraft bei einem Hub, der 50 % der tatsächlichen Höhe des Puffers entspricht, um nicht mehr als 5 % abweichen. Bei den Versuchen mit kleinster Masse muss entsprechend verfahren werden.

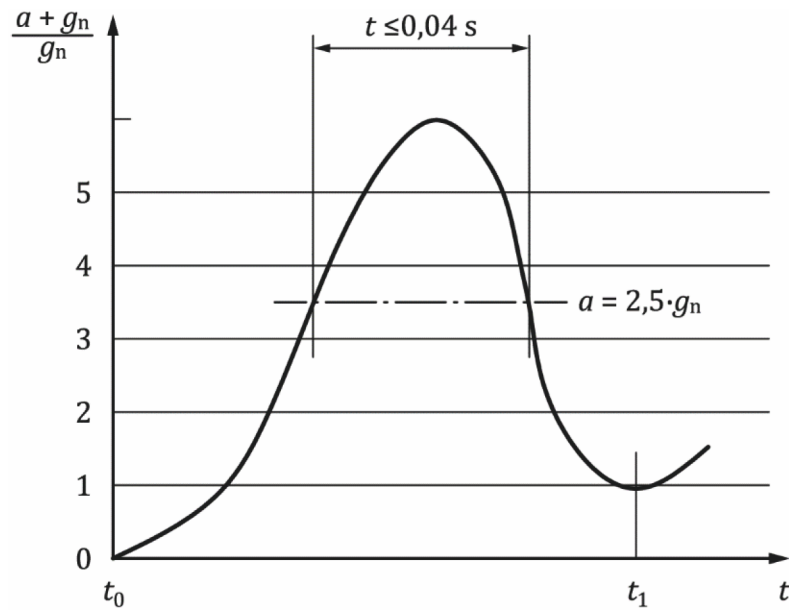
Innerhalb von 30 min vor dem Versuch muss der Puffer einmal statisch oder dynamisch belastet werden, um weitere Setzungen und Abweichungen während des Versuchs zu verhindern.

#### **4.5.3.2.6 Prüfungen**

##### **4.5.3.2.6.1 Prüfung der Verzögerung**

Die Verzögerung „a“ muss folgenden Anforderungen genügen:

- a) Die Verzögerung wird über die Zeit ermittelt, die zwischen den ersten beiden absoluten Minima der Verzögerung liegt (siehe Bild 1). Die Verzögerung darf den von der Norm für dieses Gerät geforderten Höchstwert nicht überschreiten [z. B. ISO 8100-1:2023, 4.8.2.1.2.1 a)];
- b) Die Dauer von Verzögerungsspitzen über einem in der Norm für dieses Gerät festgelegten Wert darf die in der Norm für dieses Gerät geforderte maximale Dauer dieser Spitzen nicht überschreiten [z. B. ISO 8100-1:2023, 4.8.2.1.2.1 b)];
- c) Die maximale Spitzenverzögerung darf den in der Norm für dieses Gerät geforderten Höchstwert nicht überschreiten [z. B. ISO 8100-1:2023, 4.8.2.1.2.1 e)];
- d) Die Rücklaufgeschwindigkeit darf den von der Norm für dieses Gerät geforderten Höchstwert nicht überschreiten [z. B. ISO 8100-1:2023, 4.8.2.1.2.1 c)].



### Legende

- a Verzögerung in  $\text{mm/s}^2$
- $g_n$  Normalfallbeschleunigung in  $\text{mm/s}^2$
- $t$  Zeit in Sekunden
- $t_0$  Moment, in dem der Puffer berührt wird (erstes absolutes Minimum)
- $t_1$  zweites absolutes Minimum

**Bild 1 — Verzögerungsdiagramm — Beispiel unter Verwendung der Anforderungen nach ISO 8100-1**

#### 4.5.3.2.6.2 Prüfung des Zustands des Puffers nach den Versuchen

Nach den Prüfungen mit der maximalen Masse dürfen keine Teile des Puffers bleibende Verformungen aufweisen oder beschädigt sein, so dass sein Zustand normales Funktionieren sicherstellt.

#### 4.5.4 Verifizierungsbericht

Im Prüfbericht muss Folgendes angegeben werden:

- a) Bauart und Anwendungsbereich des Puffers;
- b) Abmessungen des Puffers;
- c) maximale Auftreffgeschwindigkeit;
- d) größte Masse;
- e) kleinste Masse;
- f) Art der Befestigung;
- g) Merkmale der Flüssigkeit bei hydraulischen Puffern;
- h) Umgebungsbedingungen für die Verwendung des Puffers entsprechend den Anweisungen (Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Verschmutzung usw.).

## **4.6 Verifizierung von Sicherheitsschaltungen und Schaltungen mit SIL-Einstufung**

### **4.6.1 Allgemeine Vorschriften**

#### **4.6.1.1 Allgemeines**

Im Folgenden wird auf gedruckte Leiterplatten Bezug genommen. Sind Sicherheitsschaltungen nicht auf diese Weise aufgebaut, muss von einem gleichwertigen Aufbau ausgegangen werden.

#### **4.6.1.2 Dokumentation**

Folgendes muss vorgesehen werden:

- a) Bezeichnung der Leiterplatte;
- b) Umgebungsbedingungen während des Betriebs;
- c) Liste der verwendeten Bauteile;
- d) Layout der Leiterplatte;
- e) Layout der Hybridschaltungen und Markierungen der Leiterbahnen für Sicherheitsschaltungen;
- f) Funktionsbeschreibung;
- g) Schaltplan und Eingangs- und Ausgangsfestlegungen der Leiterplatte;
- h) Verfahren für die Fehleranalyse und dokumentierte Ergebnisse.

#### **4.6.1.3 Dokumentation für Schaltungen mit SIL-Einstufung**

Zusätzlich zu 4.6.1.2 muss folgende Dokumentation bereitgestellt werden:

- a) Dokumente und Beschreibungen im Zusammenhang mit den in 4.18 angegebenen Maßnahmen;
- b) allgemeine Beschreibung der verwendeten Software (z. B. Programmierregeln, Sprache, Compiler, Module);
- c) Funktionsbeschreibung einschließlich Software-Architektur und Hardware/Software-Wechselwirkung;
- d) Beschreibung der Blöcke, Module, Daten, Variablen und Schnittstellen;
- e) Softwarelisten.

### **4.6.2 Zu prüfende Prüfmuster**

Folgendes muss vorgesehen werden:

- a) eine bestückte Leiterplatte;
- b) eine unbestückte Leiterplatte (ohne Komponenten).

### **4.6.3 Prüfungen**

#### **4.6.3.1 Mechanische Prüfungen**

##### **4.6.3.1.1 Allgemeines**

Während der Versuche müssen die Geräte in Betrieb sein. Während und nach den Versuchen dürfen in der Sicherheitsschaltung keine unsicheren Funktionen und Bedingungen auftreten.

Nach der Prüfung muss die Sicherheitsschaltung wie vorgesehen funktionieren.

##### **4.6.3.1.2 Schwingungen und Stöße**

Die Geräte müssen geprüft werden nach:

- a) IEC 60068-2-6:2007, Schwingungsprüfung:
  - 1) 20 Sweep-Zyklen in jeder Achse;
  - 2) Amplitude 0,35 mm;
  - 3) Frequenzbereich 10 Hz bis 55 Hz.
- b) IEC 60068-2-27:2008, sich nicht wiederholende Stöße:
  - 1) Spitzenbeschleunigung  $300 \text{ m/s}^2$  oder  $30 g_n$ ;
  - 2) Impulsdauer 11 ms;
  - 3) Impulsform: Halbsinus;
  - 4) Anzahl der Stöße je Achse und Richtung: 3;
  - 5) drei Achsen und zwei Richtungen.
- c) IEC 60068-2-27:2008, sich nicht wiederholende Stöße:
  - 1) Spitzenbeschleunigung:  $100 \text{ m/s}^2$  oder  $10 g_n$ ;
  - 2) Impulsdauer: 16 ms;
  - 3) Impulsform: Halbsinus;
  - 4) Anzahl der Stöße je Achse und Richtung:  $1\,000 \pm 10$ ;
  - 5) Wiederholfrequenz: 2/s;
  - 6) drei Achsen und zwei Richtungen.

ANMERKUNG Sind Puffer vorgesehen, werden diese als Teil der Geräte betrachtet.

Nach der Prüfung dürfen Kriech- und Luftstrecken nicht kleiner als zugelassen geworden sein.

##### **4.6.3.2 Temperaturprüfungen**

Die Geräte müssen nach IEC 60068-2-14:2009, Test Nb mit folgenden Schwereparametern geprüft werden:

- untere Temperatur  $T_A$ :  $0^\circ\text{C}$ ;

**E DIN EN ISO 8100-2:2024-02**  
**prEN ISO 8100-2:2023 (D)**

- obere Temperatur  $T_B$ : +65 °C;
- Temperaturwechselrate:  $1 \pm 0,2$  °C/min;
- Expositionszeit bei jeder der beiden Temperaturen: 4 h;
- Anzahl der Zyklen: 2

**Prüfbedingungen:**

- die unteren und oberen Temperaturen sind als die Umgebungstemperatur des Geräts zu verstehen;
- die gedruckte Leiterplatte muss sich in Einbaulage befinden;
- die gedruckte Leiterplatte muss unter Betriebsnennspannung stehen;
- während und nach der Prüfung muss die Sicherheitseinrichtung korrekt aktiviert sein, wenn dies gefordert wird. Anforderungsrate mindestens einmal je 10 min;
- enthält die gedruckte Leiterplatte außer den Sicherheitsschaltungen noch andere Bauelemente, müssen auch diese während der Prüfungen arbeiten, jedoch wird ihr Ausfall nicht berücksichtigt;
- ist das Gerät für einen größeren Temperaturbereich ausgelegt ist, muss es in diesem Bereich geprüft werden.

**4.6.3.3 Fehleranalyse von elektrischen Sicherheitsschaltungen**

Die Fehleranalyse, die nach der entsprechenden Norm, die die Verwendung dieses Dokuments fordert, erforderlich ist, muss validiert werden (z. B. ISO 8100-1:2023, 4.11.2.3).

**4.6.3.4 Funktions- und Sicherheitsprüfung der Schaltung mit SIL-Einstufung**

Zusätzlich zur Verifizierung der nach 4.18 ausgewählten Maßnahmen muss Folgendes validiert werden:

- a) Software-Entwurf und -Codierung: Prüfung aller Codezeilen durch Verfahren wie formale Entwurfsprüfung, FAGAN, Testfälle usw.;
- b) Soft- und Hardwareinspektion: Verifizierung ausgewählter Maßnahmen, z. B. mit Hilfe von Fehlersimulationsprüfungen;
- c) Verifizierung der  $PFD_{avg}$ - und PFH-Berechnungen.

**4.6.4 Verifizierungsbericht**

Im Prüfbericht muss Folgendes angegeben werden:

- a) Typ und Anwendungsbereich der Steuerung;
- b) Bedingungen für die sichere Verwendung;
- c) Betriebsspannungen.

## **4.7 Verifizierung der Schutzeinrichtung für den aufwärtsfahrenden Fahrkorb gegen Übergeschwindigkeit**

### **4.7.1 Allgemeine Vorschriften**

**4.7.1.1** Diese Spezifikation gilt nicht für Geschwindigkeitsüberwachungselemente, bei denen es sich um Geschwindigkeitsbegrenzer handelt, für die Verifizierungen nach 4.4 erforderlich sind.

**4.7.1.2** Die folgenden Informationen müssen bereitgestellt werden:

- a) kleinste und größte Massen oder Drehmomente;
- b) minimale (sofern zutreffend) und maximale Nenngeschwindigkeit;
- c) Verwendung in Anlagen mit Ausgleichsmitteln.

**4.7.1.3** Die folgenden Dokumente müssen bereitgestellt werden:

- a) Detail- und Zusammenstellungszeichnungen mit den erforderlichen Daten in Bezug auf Bauart, Wirkungsweise, verwendete Werkstoffe, Abmessungen und Toleranzen der Bauteile;
- b) ein Belastungsdiagramm der federnden Teile;
- c) detaillierte Mitteilungen über die verwendeten Materialien, die Teile, auf die die Schutzeinrichtung für den aufwärtsfahrenden Fahrkorb gegen Übergeschwindigkeit wirken soll, sowie deren Oberflächenbeschaffenheit (gezogen, gefräst, geschliffen usw.).

### **4.7.2 Angaben und Prüfmuster**

**4.7.2.1** Es muss angegeben werden, für welche Masse (kg) und Auslösegeschwindigkeit (m/s) der Versuch durchgeführt wird. Wenn die Einrichtung für verschiedene Massen verifiziert werden muss, muss angegeben werden, ob die Einstellung für verschiedene Massen in Stufen oder kontinuierlich erfolgt.

**4.7.2.2** Je nach Definition für den Test muss:

— entweder eine komplette Schutzeinrichtung für den aufwärtsfahrenden Fahrkorb gegen Übergeschwindigkeit, die aus beiden Elementen, der Bremseinrichtung und der Geschwindigkeitskontrollereinrichtung besteht; oder

— nur das Element, das nicht nach 4.3 oder 4.4 geprüft wurde;

vorgesehen sein.

Die erforderliche Anzahl von Fangmitteln für die gesamte Versuchsreihe muss beigelegt werden. Die Art des Teils, auf das die Einrichtung wirkt, muss ebenfalls angegeben werden.

### **4.7.3 Prüfung**

#### **4.7.3.1 Prüfverfahren**

Das Prüfverfahren muss in Abhängigkeit der Einrichtung und ihrer Funktion definiert werden. Es müssen folgende Messungen durchgeführt werden:

- a) die Beschleunigung und Geschwindigkeit;
- b) der Bremsweg;
- c) die Verzögerung.

Die Messungen müssen in Abhängigkeit von der Zeit aufgezeichnet werden.

#### **4.7.3.2 Durchführung der Prüfungen**

##### **4.7.3.2.1 Allgemeines**

Es müssen mindestens 20 Versuche mit der Geschwindigkeitskontrolleinrichtung im Bereich der Auslösegeschwindigkeiten, die den Angaben der Nenngeschwindigkeiten für Aufzüge nach 4.7.1.2 entsprechen, durchgeführt werden.

Die Beschleunigung der Masse, um die Auslösegeschwindigkeit zu erreichen, darf  $0,1 \text{ m/s}^2$  nicht überschreiten.

##### **4.7.3.2.2 Für eine Masse verifizierte Einrichtung**

Es müssen vier Prüfungen mit der Systemmasse durchgeführt werden, die den leeren Fahrkorb repräsentiert.

Zwischen den einzelnen Versuchen müssen Teile, die der Reibung unterworfen sind, zu ihrer Normaltemperatur zurückkehren können.

Wenn während der Prüfung die Teile, die der Reibung unterworfen sind, ausgetauscht werden, muss jeder Satz zu Folgendem in der Lage sein:

- a) drei Prüfungen, wenn die Nenngeschwindigkeit  $4 \text{ m/s}$  nicht überschreitet;
- b) zwei Prüfungen, wenn die Nenngeschwindigkeit  $4 \text{ m/s}$  überschreitet.

Die Prüfungen müssen mit der höchsten Auslösegeschwindigkeit, für die die Schutzeinrichtung für den aufwärtsfahrenden Fahrkorb gegen Übergeschwindigkeit vorgesehen sein soll, durchgeführt werden.

##### **4.7.3.2.3 Für verschiedene Massen verifizierte Einrichtung**

Stufenweise oder stufenlose Einstellung.

Es muss je eine Versuchsreihe für den festgelegten Maximal- und Minimalwert durchgeführt werden. Es muss eine Gleichung oder ein Diagramm zur Verfügung gestellt werden, woraus die Abhängigkeit der Bremskraft von einer bestimmten Größe hervorgeht.

Die Gültigkeit der bereitgestellten Gleichung oder Tabelle muss durch zusätzliche Prüfungen verifiziert werden.

##### **4.7.3.2.4 Einrichtung zur Kontrolle der Übergeschwindigkeit**

###### **4.7.3.2.4.1 Durchführung der Prüfungen**

Es müssen mindestens 20 Versuche im Bereich der Auslösegeschwindigkeit durchgeführt werden, ohne dabei das Bremssystem ansprechen zu lassen.

Zwölf dieser Versuche muss mit den Extremwerten des Geschwindigkeitsbereichs durchgeführt werden.

###### **4.7.3.2.4.2 Auswertung der Versuchsergebnisse**

In den 20 Versuchen müssen die Auslösegeschwindigkeiten innerhalb der Spezifikation liegen.

###### **4.7.3.2.5 Versuchsverfahren für die Selbstüberwachung**

Zum Nachweis der Funktion der Einrichtung müssen zehn Versuche durchgeführt werden. Alle Versuche müssen positiv ausfallen, um den korrekten Betrieb zu verifizieren.

#### 4.7.3.3 Prüfung nach Versuchsdurchführung

Nach der Prüfung

- a) muss die Härte der Bremsbacken mit den in den Dokumenten angegebenen Ursprungswerten verglichen werden,
- b) müssen Verformungen und andere Veränderungen festgestellt werden, (z. B. Risse, Verformungen oder Verschleiß der Bremsbacken und deren Oberflächenzustand), sofern kein Bruch aufgetreten ist,
- c) müssen die Bremsbacken und die Teile, auf die sie wirken, bei Bedarf fotografiert werden, um Verformungen und Bruchstellen zu dokumentieren,
- d) muss geprüft werden, dass die Verzögerung bei der minimalen Masse  $1,0 g_n$  nicht überschritten hat.

#### 4.7.4 Prüfbericht

Die Verifizierung muss, um die Wiederholbarkeit sicherzustellen, in allen Details beschrieben werden, insbesondere im Hinblick auf:

- das Prüfverfahren;
- die Beschreibung des Prüfaufbaus;
- die Anordnung des Prüfmusters im Prüfaufbau;
- die Anzahl der durchgeführten Versuche;
- die Aufzeichnung der gemessenen Werte;
- die Beschreibung der Beobachtungen während der Versuche;
- die Auswertung der Prüfergebnisse in Bezug auf die Übereinstimmung mit den Anforderungen.

#### 4.7.5 Verifizierungsbericht

Im Prüfbericht muss Folgendes angegeben werden:

- a) Art und Verwendungsbereich der Schutzeinrichtung für den aufwärtsfahrenden Fahrkorb gegen Übergeschwindigkeit;
- b) Grenzen der zulässigen Massen;
- c) Bereich der Auslösegeschwindigkeit der Geschwindigkeitskontrolleinrichtung;
- d) Bauart der Teile, auf die die Schutzeinrichtung für den aufwärtsfahrenden Fahrkorb gegen Übergeschwindigkeit wirkt.

### 4.8 Verifizierung der Schutzeinrichtung gegen unbeabsichtigte Bewegung des Fahrkorbs

#### 4.8.1 Allgemeine Vorschriften

Die Schutzeinrichtungen gegen unbeabsichtigte Bewegung des Fahrkorbs müssen als Gesamtsystem verifiziert werden. Alternativ müssen die Teilsysteme zur Erkennung, Aktivierung und Abschaltung einzeln verifiziert werden. Bei der Verifizierung von Teilsystemen müssen die Schnittstellenbedingungen und die relevanten Parameter jedes Teilsystems festgelegt werden, wenn dieses in ein vollständiges System integriert ist.

# - Entwurf -

## E DIN EN ISO 8100-2:2024-02 prEN ISO 8100-2:2023 (D)

Die folgenden Schlüsselparameter für die Nutzung des Systems oder Teilsystems, die Teil der Verifizierung sind, müssen angegeben werden:

- kleinste und größte Masse;
- kleinste und größte Kraft, Drehmoment oder Flüssigkeitsdruck, sofern zutreffend;
- einzelne Ansprechzeiten des Detektors, der Ansteuerung und des/der Bremsen(s);
- höchste zu erwartende Geschwindigkeit vor Beginn der Verzögerung (siehe ANMERKUNG 1);
- Abstand vom Stockwerk, an dem der Detektor angebracht wird;
- Prüfgeschwindigkeit(en) (siehe ANMERKUNG 2);
- Grenzen der Temperatur und Luftfeuchte der Konstruktion.

**ANMERKUNG 1** Als Beispiel und Anhaltspunkt für einen Treibscheiben-Aufzug, bei dem die natürliche Beschleunigung  $1,5 \text{ m/s}^2$  beträgt und der Motor kein Drehmoment beisteuert, würde die maximal erreichbare Geschwindigkeit bei  $2 \text{ m/s}$  liegen. Dieser Wert basiert auf der Geschwindigkeit, die zu Beginn der Verzögerung erreicht wird (beispielsweise als Ergebnis einer „natürlichen“ Beschleunigung von  $1,5 \text{ m/s}^2$  während der Ansprechzeiten der Schutzvorrichtung gegen unbeabsichtigte Bewegung des Fahrkorbs), der Ansteuerung und der Bremsen, unter der Annahme, dass die Bewegungserkennung ausgelöst wird, wenn der Fahrkorb die Grenze der Entriegelungszone erreicht.

Im Falle eines Stromausfalls kann davon ausgegangen werden, dass bei Aufzügen mit interner Steuerung die erreichbare Beschleunigung nicht mehr als  $2,5 \text{ m/s}^2$  beträgt.

**ANMERKUNG 2** Prüfgeschwindigkeit(en): eine Geschwindigkeit, um die vom Aufzug zurückgelegte Strecke zu ermitteln (zu prüfende Strecke), so dass die Schutzvorrichtung gegen unbeabsichtigte Bewegung des Fahrkorbs auf ihre richtige Funktion während der Verifizierungen und Versuche verifiziert werden kann. Hierbei kann es sich um die Prüfgeschwindigkeit oder eine andere, vom Hersteller festgelegte und durch die Prüfstelle zugelassene Geschwindigkeit, handeln.

Die Strecke, die der Fahrkorb während der unbeabsichtigten Bewegung zurücklegen darf, ist in den Anforderungen nach den Normen festgelegt, die die Anwendung dieses Dokuments fordern (z. B. ISO 8100-1:2023, 4.6.7.5).

Folgende Dokumente müssen vorgelegt werden:

- a) Detail- und Zusammenstellungszeichnungen in Bezug auf Bauart, Wirkungsweise, Abmessungen und Toleranzen der Bauteile;
- b) ein Belastungsdiagramm der federnden Teile;
- c) detaillierte Angaben über die verwendeten Werkstoffe, die Teile, auf die die Schutzvorrichtung wirkt, sowie gegebenenfalls deren Oberflächenbeschaffenheit (gezogen, gefräst, geschliffen usw.).

### 4.8.2 Angaben und Prüfmuster

**4.8.2.1** Die vorgesehene Aufgabe der Einrichtung muss angegeben werden.

**4.8.2.2** Es müssen Prüfmuster als vollständige Einheit vorgesehen werden, die aus einer Einrichtung zur Erkennung der unbeabsichtigten Bewegung des Fahrkorbs, der Ansteuerung (Auslöser), Bremsen und ggf. Überwachungseinrichtung(en) besteht.

Die erforderliche Anzahl von Fangmitteln für die gesamte Versuchsreihe muss beigefügt werden.

Die Art des Teils, auf das die Einrichtung wirkt, muss ebenfalls angegeben werden.

### 4.8.3 Prüfung

#### 4.8.3.1 Prüfverfahren

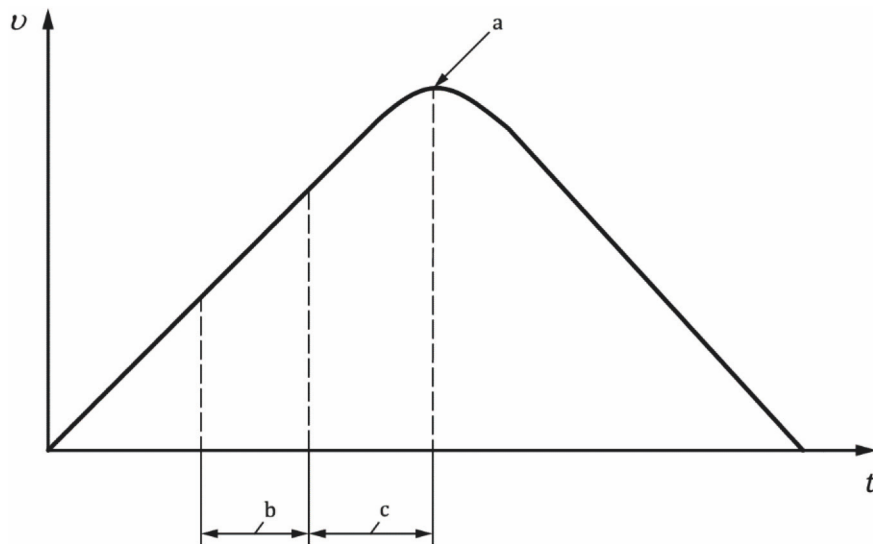
Das Prüfverfahren muss in Abhängigkeit der Einrichtung und ihrer Funktion definiert werden.

Es müssen folgende Messungen durchgeführt werden:

- der Bremsweg;
- die mittlere Verzögerung;
- die Ansprechzeit des Detektors, der Auslöser, der Bremsen- und der Ansteuerung (siehe Bild 2);
- die zurückgelegte Gesamtstrecke (Summe von Beschleunigungstrecke- und Bremsweg).

Die Prüfung muss außerdem Folgendes umfassen:

- die Funktion des Detektors für unbeabsichtigte Bewegung des Fahrkorbs; und
- jegliches automatische Überwachungssystem, sofern zutreffend.



#### Legende

$v$  Geschwindigkeit in m/s

$t$  Zeit in Sekunden

a Punkt, an dem Bremsen- und Ansteuerung eine Geschwindigkeitsverzögerung einleiten.

b Ansprechzeit des Detektors für die Erkennung der unbeabsichtigten Bewegung des Fahrkorbs und gegebenenfalls der Ansteuerung.

c Ansprechzeit der Ansteuerung und Bremsen- und Ansteuerung.

Bild 2 — Ansprechzeiten

#### 4.8.3.2 Durchführung der Prüfungen

##### 4.8.3.2.1 Allgemeines

Es müssen 20 Versuche mit dem Bremsen- und Ansteuerung durchgeführt werden, wobei:

- keines der Ergebnisse außerhalb der Spezifikation liegen darf;
- jedes Ergebnis innerhalb von  $\pm 20\%$  vom Mittelwert liegen darf.

#### **4.8.3.2.2 Einrichtung für eine einzige Masse oder einen Flüssigkeitsdruck**

Folgende Versuche müssen ausgeführt werden:

- 10 Versuche mit der Systemmasse oder dem Drehmoment oder dem Flüssigkeitsdruck, die einen leeren Fahrkorb in Aufwärtsrichtung repräsentieren; und
- 10 Versuche mit der Systemmasse oder dem Drehmoment oder dem Flüssigkeitsdruck, die einen Fahrkorb mit der Nennlast in Abwärtsrichtung repräsentieren.

Zwischen den einzelnen Versuchen müssen Teile, die der Reibung unterworfen sind, zu ihrer Normaltemperatur zurückkehren können.

Wenn während des Versuchs die Teile, die der Reibung unterworfen sind, ausgetauscht werden, muss jeder Satz zu fünf Versuchen in der Lage sein.

#### **4.8.3.2.3 Einrichtung für verschiedene Massen, Drehmomente oder Flüssigkeitsdrücke**

Es muss je eine Versuchsreihe für den beantragten Maximal- und Minimalwert durchgeführt werden.

Es muss eine Gleichung oder ein Diagramm zur Verfügung gestellt werden, woraus die Abhängigkeit der Bremskraft, des Drehmoments oder des Flüssigkeitsdrucks von einer bestimmten Einstellung hervorgeht. Die Ergebnisse werden als zurückgelegte Strecke angegeben.

Die Gültigkeit der bereitgestellten Gleichung oder Tabelle muss verifiziert werden.

#### **4.8.3.2.4 Versuchsverfahren für Detektoren für unbeabsichtigte Bewegung**

Zum Nachweis der Funktion der Einrichtung müssen zehn Versuche durchgeführt werden. Alle Versuche müssen positiv ausfallen, um den korrekten Betrieb zu verifizieren.

#### **4.8.3.2.5 Versuchsverfahren für die Selbstüberwachung**

Zum Nachweis der Funktion der Einrichtung müssen zehn Versuche durchgeführt werden. Alle Versuche müssen positiv ausfallen, um den korrekten Betrieb zu verifizieren.

Darüber hinaus muss die Fähigkeit der Selbstüberwachung, den Verlust der Redundanz des Bremslements zu erkennen, bevor eine kritische Situation eintritt, verifiziert werden.

#### **4.8.3.3 Prüfung nach Versuchsdurchführung**

Nach der Prüfung

- a) muss festgestellt werden, ob die mechanischen Eigenschaften des/der Bremslemente(s) noch mit den in den Dokumenten angegebenen Ursprungswerten übereinstimmen. In Sonderfällen dürfen weitere Untersuchungen durchgeführt werden;
- b) muss geprüft werden, ob Brüche, Verformungen oder andere Änderungen aufgetreten sind (z. B. Risse, Verformungen oder Abnutzung der Fangelemente, Aussehen der Fangflächen);
- c) muss die Schutzeinrichtung mit den Bremsbacken und die Teile, auf die sie wirkt, bei Bedarf fotografiert werden, um die Verformungen und die Bruchstellen zu dokumentieren.

#### 4.8.4 Prüfbericht

Die Verifizierung muss, um die Wiederholbarkeit sicherzustellen, in allen Details beschrieben werden, insbesondere im Hinblick auf:

- das Prüfverfahren;
- die Beschreibung des Prüfaufbaus;
- die Anordnung des Prüfmusters im Prüfaufbau;
- die Anzahl der durchgeführten Versuche;
- die Aufzeichnung aller gemessenen Werte;
- die Beschreibung der Beobachtungen während der Versuche;
- die Auswertung der Prüfergebnisse in Bezug auf die Übereinstimmung mit den Anforderungen.

#### 4.8.5 Verifizierungsbericht

Im Prüfbericht muss Folgendes angegeben werden:

- a) Art und Anwendungsbereich der Schutzeinrichtung/des Teils der Schutzeinrichtung gegen unbeabsichtigte Bewegung des Fahrkorbs;
- b) die Grenzen der Schlüsselparameter;
- c) die Prüfgeschwindigkeit mit den relevanten Kenngrößen für die Endprüfung;
- d) die Art der Teile auf die die Bremsen wirken;
- e) die Kombination aus „Detektor“ und „Bremsen“ der Einrichtung im Falle eines vollständigen Systems;
- f) die Schnittstellenbedingungen im Falle von Teilsystemen.

### 4.9 Verifizierung von Leitungsbruchventil/Drossel-Rückschlagventil

#### 4.9.1 Allgemeine Vorschriften

##### 4.9.1.1 Allgemeines

Im Folgenden bezieht sich der Begriff „Leitungsbruchventil“ auf „Leitungsbruchventil/Drossel-Rückschlagventil mit beweglichen mechanischen Teilen“.

Die folgenden Informationen müssen bereitgestellt werden:

- a) der Bereich von:
  - 1) Strömung;
  - 2) Druck;
  - 3) Viskosität;
  - 4) Umgebungstemperatur; und
- b) das Befestigungsverfahren;

- c) Detail- und Zusammenstellungszeichnungen mit den erforderlichen Daten in Bezug auf Bauart, Wirkungsweise, Einstellung, Werkstoffe, Abmessungen und Toleranzen des Leitungsbruchventils und der Bauteile der Konstruktion.

#### **4.9.1.2 Zu prüfende Prüfmuster**

Folgendes muss vorgesehen werden:

- a) ein Leitungsbruchventil;
- b) eine Liste der Flüssigkeiten, die zusammen mit dem Leitungsbruchventil verwendet werden dürfen, oder eine ausreichende Menge der zu verwendenden Spezialflüssigkeit.

#### **4.9.1.3 Prüfung**

##### **4.9.1.3.1 Prüfeinrichtung**

Das mit der vorgesehenen Methode montierte Leitungsbruchventil muss in einem hydraulischen System geprüft werden, wobei:

- a) der erforderliche Prüfdruck von der Masse abhängig ist;
- b) der Durchfluss über einstellbare Ventile geregelt wird;
- c) der Druck vor und hinter dem Leitungsbruchventil aufgezeichnet werden kann;

ANMERKUNG „Vor dem Leitungsbruchventil“ bedeutet zwischen dem Zylinder und dem Leitungsbruchventil.

- d) Mittel zur Veränderung der Umgebungstemperatur des Leitungsbruchventils und der Viskosität der Hydraulikflüssigkeit vorgesehen sind.

Das System muss die Aufzeichnung des Durchflusses im Zeitverlauf ermöglichen. Zur Bestimmung der Durchflusswerte ist die Messung eines anderen Wertes, und zwar der Geschwindigkeit des Kolbens, aus der der Durchfluss abgeleitet werden kann, zulässig.

##### **4.9.1.3.2 Messgeräte**

Die Messgeräte müssen eine Genauigkeit nach 4.1 aufweisen.

##### **4.9.1.4 Durchführung der Prüfungen**

###### **4.9.1.4.1 Allgemeines**

Die Prüfung muss:

- a) ein vollständiges Versagen der Rohrleitung simulieren, das zu einem Zeitpunkt eintritt, an dem die Geschwindigkeit des Fahrkorbs gleich Null ist;
- b) den Widerstand des Leitungsbruchventils gegen Druck bewerten.

###### **4.9.1.4.2 Simulation eines vollständigen Versagens der Rohrleitung**

**4.9.1.4.2.1** Bei der Simulation eines völligen Versagens der Rohrleitung muss der Durchfluss aus einer statischen Situation durch Öffnen eines Ventils eingeleitet werden, vorausgesetzt, der statische Druck vor dem Leitungsbruchventil sinkt auf weniger als 10 %.

Die Toleranzen des Schließventils müssen berücksichtigt werden innerhalb des angegebenen Bereichs von:

- a) Strömung;
- b) Viskosität;
- c) Druck;
- d) Umgebungstemperatur.

Dies muss erreicht werden durch zwei Prüfreiheiten mit:

- Maximaldruck, maximaler Umgebungstemperatur, minimal einstellbarem Durchfluss und minimaler Viskosität;
- Maximaldruck, minimaler Umgebungstemperatur, maximal einstellbarem Durchfluss und maximaler Viskosität.

In jeder Prüfreiheit müssen mindestens zehn Prüfungen durchgeführt werden, um die Betriebstoleranzen des Leitungsbruchventils unter diesen Bedingungen zu bewerten.

**4.9.1.4.2.2** Während der Prüfungen muss die Beziehung zwischen:

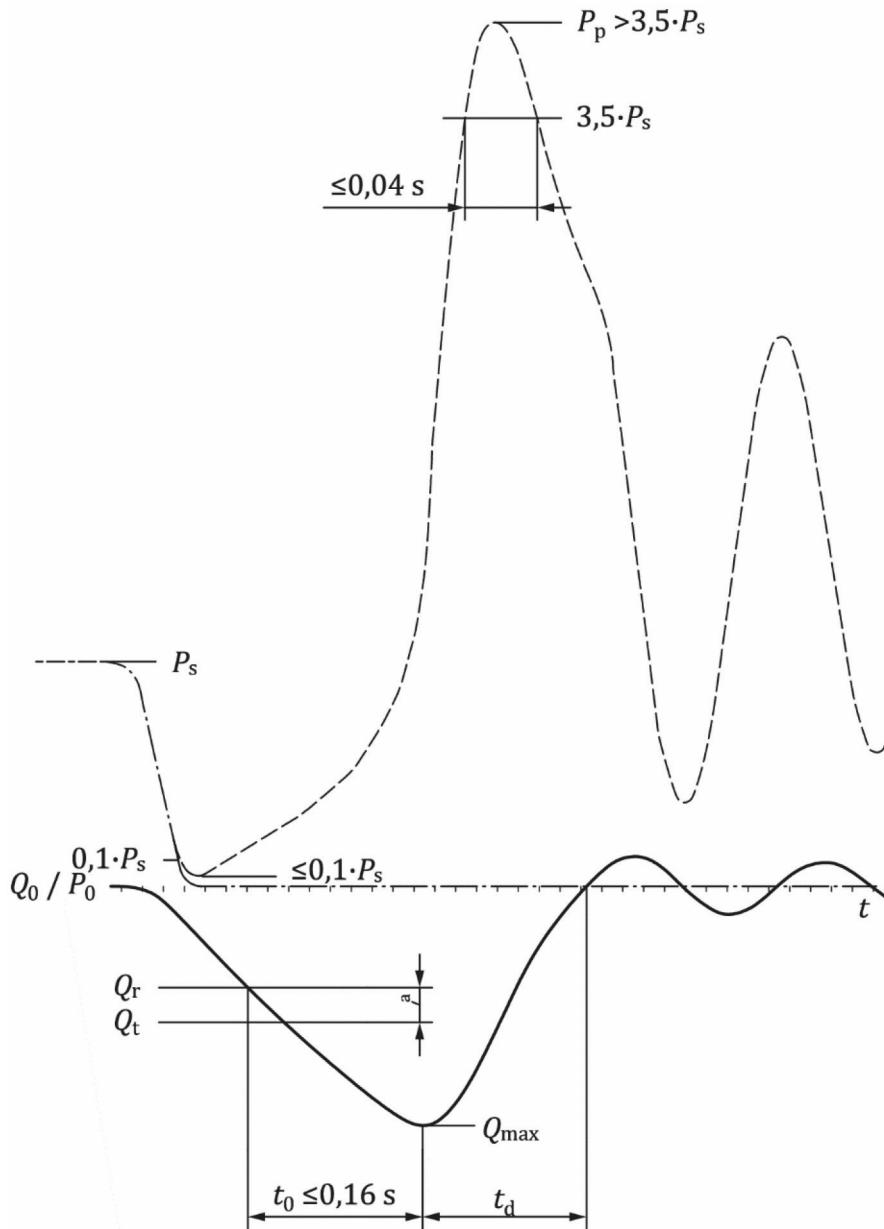
- Durchfluss und Zeit;
- Druck vor dem Leitungsbruchventil und Zeit;
- Druck hinter dem Leitungsbruchventil und Zeit

aufgezeichnet werden.

Die typischen Eigenschaften dieser Kurven sind in Bild 3 dargestellt.

# - Entwurf -

E DIN EN ISO 8100-2:2024-02  
prEN ISO 8100-2:2023 (D)



## Legende

- $P_0$  Druck vor der Prüfung
- $P_p$  Spitzendruck
- $P_s$  statischer Druck
- $Q_0$  Durchfluss vor der Prüfung
- $Q_{\max}$  maximaler Durchfluss
- $Q_r$  Durchfluss bei Erfassungspunkt mit Nenngeschwindigkeit
- $Q_t$  Durchfluss am Auslösepunkt
- $t$  Zeit
- $t_0$  Zeit zwischen Erfassungspunkt und maximalem Durchfluss vor dem Schließen
- $t_d$  Zeit zwischen maximalem Schließdurchfluss und Nulldurchfluss vor einem Rückprall

— · — · Druck nach dem Leitungsbruchventil

----- Durchfluss der Hydraulikflüssigkeit

— — — — — Druck vor dem Leitungsbruchventil

<sup>a</sup> Das Leitungsbruchventil muss ausgelöst werden, bevor die Geschwindigkeit gleich der Nenngeschwindigkeit +0,3 m/s ist.

**Bild 3 — Durchfluss der Hydraulikflüssigkeit, Druck vor und hinter dem Leitungsbruchventil**

#### 4.9.1.4.3 Druckbeständigkeit

Um die Druckbeständigkeit des Leitungsbruchventils nachzuweisen, muss es einer Druckprüfung mit dem 5-fachen Maximaldruck über eine Dauer von 2 min unterzogen werden.

#### 4.9.1.5 Auswertung der Prüfungen

##### 4.9.1.5.1 Schließvorgang

Das Leitungsbruchventil erfüllt die Anforderungen dieses Dokuments, wenn die nach 4.9.1.4.2 aufgezeichneten Kurven zeigen, dass:

- a) die Zeit  $t_0$  zwischen dem Nenndurchfluss (100 % Durchfluss) und dem maximalen Durchfluss,  $Q_{max}$ , nicht mehr als 0,16 s beträgt;
- b) die Zeit,  $t_d$ , für die Abnahme des Durchflusses der Gleichung (8) entspricht:

$$\frac{Q_{max}}{6 \cdot A \cdot 9,81} \leq t_d \leq \frac{Q_{max}}{6 \cdot A \cdot 1,96} \quad (8)$$

Dabei ist

- $A$  die Fläche des Hebers, auf die der Druck wirkt, in  $\text{cm}^2$ ;
  - $Q_{max}$  die maximale Durchflussmenge der Hydraulikflüssigkeit in l/min;
  - $t_d$  die Bremszeit in Sekunden.
- c) ein Druck von mehr als  $3,5 \cdot P_S$ , wobei  $P_S$  der statische Druck ist, nicht länger als 0,04 s anhält;
  - d) das Leitungsbruchventil ausgelöst werden muss, bevor die Geschwindigkeit gleich der Nenngeschwindigkeit +0,30 m/s ist.

##### 4.9.1.5.2 Druckfestigkeit

Das Leitungsbruchventil erfüllt die Anforderungen der Norm, wenn es im Anschluss an die Druckprüfung nach 4.9.1.4.3 keine dauerhaften Schäden aufweist.

#### 4.9.1.6 Verifizierungsbericht

Im Prüfbericht muss Folgendes angegeben werden:

- a) Typ und Anwendungsbereich des Leitungsbruchventils;
- b) der Bereich von:
  - 1) Durchfluss des Leitungsbruchventils;
  - 2) Druck des Leitungsbruchventils;
  - 3) Viskosität der zu verwendenden Hydraulikflüssigkeiten;
  - 4) Umgebungstemperatur des Leitungsbruchventils.

Dem Bericht muss ein Diagramm beigelegt sein, das die Beziehung zwischen dem maximalen Durchfluss  $Q_{max}$  (siehe Bild 3) und der Einstellung der Einrichtung zeigt.

## **4.10 Berechnung der Führungsschienen**

### **4.10.1 Berechnungsbereich**

Führungsschienen müssen unter Berücksichtigung der folgenden Belastungen bemessen werden:

- Biegespannung;
- kombiniertes Biegen;
- Knickspannung;
- Druck-/Zugspannung;
- kombiniertes Biegen und Druck-/Zugspannung;
- kombiniertes Biegen und Knicken;
- Flansch-Biegespannung.

Darüber hinaus muss eine Analyse der Durchbiegungen durchgeführt werden.

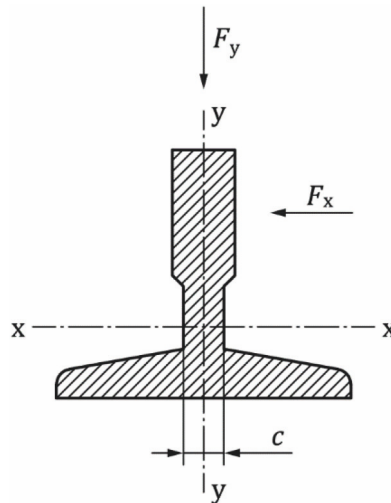
Die für diese Berechnungen verwendeten Kenngrößen sind in den Normen beschrieben, die die Anwendung dieser Norm fordern, z. B. ISO 8100-1:2023, 4.7.

ANMERKUNG Ein Beispiel für eine Berechnung nach dem folgenden Verfahren ist in Anhang B enthalten.

### **4.10.2 Biegen**

**4.10.2.1** Bei der Berechnung der Biegespannungen in den verschiedenen Achsen der Führungsschiene (siehe Bild 4) kann davon ausgegangen werden, dass:

- die Führungsschiene ein durchgehender Balken mit flexiblen Befestigungspunkten in Abständen der Länge  $l$  ist;
- die resultierenden Kräfte, die Biegespannungen verursachen, in der Mitte zwischen benachbarten Befestigungspunkten wirken;
- die Halterungen, die die Führungen tragen, starr sind und die horizontale Verschiebung der Führung begrenzen;
- Biegemomente auf die neutrale Achse des Führungsschienenprofils wirken.



### Legende

X neutrale Achse in der x-x-Ebene

Y neutrale Achse in der y-y-Ebene

c Breite des Verbindungsstücks zwischen dem Fuß und dem Kopf

$F_x$  Kraft, die auf die Fläche des Kopfes der Führung ausgeübt wird

$F_y$  Kraft, die auf das Ende des Kopfes der Führung ausgeübt wird

**Bild 4 — Achse der Führungsschiene**

Zur Auswertung der Biegespannung  $\sigma_m$  aus den horizontalen Kräften, die rechtwinklig zur Achse des Profils wirken, müssen die Gleichungen (9) und (10) verwendet werden:

$$\sigma_m = \frac{M_m}{W} \quad (9)$$

$$\text{wobei } M_m = \frac{3 \cdot F_h \cdot l}{16} \quad (10)$$

Dabei ist

$F_h$  die horizontale Kraft, die von den Führungsschuhen in den verschiedenen Lastfällen auf die Führungsschiene ausgeübt wird in N;

$l$  der maximale Abstand zwischen den Halterungen der Führung in mm;

$M_m$  das Biegemoment in Nm;

$\sigma_m$  die Biegespannung in N/mm<sup>2</sup>;

$W$  der Querschnittsflächenmodul in m<sup>3</sup>.

**4.10.2.2** Biegespannungen in verschiedenen Achsen müssen unter Berücksichtigung des Führungsschienenschnitts kombiniert werden.

Wenn für  $W_x$  und  $W_y$  die üblichen Werte aus den Tabellen in ISO 8100-33:2022 ( $W_{x,\min}$  bzw.  $W_{y,\min}$ ) verwendet werden und die zulässigen Spannungen nicht überschritten werden, ist kein weiterer Nachweis erforderlich. Andernfalls muss analysiert werden, an welcher Außenkante des Führungsschienenschnitts die Spannungen am höchsten sind.

**4.10.2.3** Wenn mehr als zwei Führungsschienen verwendet werden, darf von einer gleichmäßigen Verteilung der Kräfte zwischen den Führungsschienen ausgegangen werden, vorausgesetzt, ihre Profile sind identisch.

**4.10.2.4** Wenn mehr als eine Fangvorrichtung verwendet wird, die auf verschiedene Führungsschienen wirkt, darf davon ausgegangen werden, dass die gesamte Bremskraft gleichmäßig auf die Fangvorrichtungen verteilt wird.

**4.10.2.5** Bei vertikalen Multiplex-Fangvorrichtungen, die auf dieselbe Führungsschiene wirken, muss angenommen werden, dass die Bremskraft einer Führungsschiene an einem Punkt wirkt.

**4.10.3 Knicken**

Zur Bestimmung der Knickspannungen muss die Omega-Methode mit Gleichung (11) verwendet werden:

$$\sigma_k = \frac{(F_v + k_3 \cdot F_{aux}) \cdot \omega}{A} \tag{11}$$

Dabei ist

- $A$  die Querschnittsfläche einer Führungsschiene in  $\text{mm}^2$ ;
- $F_{aux}$  die Kraft in einer Führungsschiene aufgrund von Hilfseinrichtungen in N;
- $F_v$  die auf eine Führungsschiene des Fahrkorbs, das Gegengewicht oder das Ausgleichsgewicht wirkende vertikale Kraft in N;
- $k_3$  der Aufprallfaktor;
- $\sigma_k$  die Knickspannung in  $\text{N/mm}^2$ ;
- $\omega$  der Omega-Wert.

Die Omega-Werte können mit Hilfe der Gleichungen (12) und (13) ermittelt werden:

$$\lambda = l_k / i \tag{12}$$

$$l_k = l \tag{13}$$

Dabei ist

- $\lambda$  die Schlankheit;
- $i$  der minimale Radius der Rotation in Millimetern;
- $l$  der maximale Abstand zwischen den Halterungen der Führung in mm;
- $l_k$  die Knicklänge in mm.

Für Stahl mit einer Zugfestigkeit,  $R_m = 370 \text{ N/mm}^2$ :

| Wert von $\lambda$        | Wert von $\omega$                                  |
|---------------------------|--|
| $20 \leq \lambda \leq 60$ | $\omega = 0,000\ 129\ 20 \cdot \lambda^{1,89} + 1$ |
| $60 < \lambda \leq 85$    | $\omega = 0,000\ 046\ 27 \cdot \lambda^{2,14} + 1$ |

| Wert von $\lambda$       | Wert von $\omega$                                     |
|--------------------------|---|
| $85 < \lambda \leq 115$  | $\omega = 0,000\ 017\ 11 \cdot \lambda^{2,35} + 1,04$ |
| $115 < \lambda \leq 250$ | $\omega = 0,000\ 168\ 87 \cdot \lambda^{2,00}$        |

Für Stahl mit einer Zugfestigkeit,  $R_m = 520\text{ N/mm}^2$ :

| Wert von $\lambda$        | Wert von $\omega$                                      |
|---------------------------|--|
| $20 \leq \lambda \leq 50$ | $\omega = 0,000\ 082\ 40 \cdot \lambda^{2,06} + 1,021$ |
| $50 < \lambda \leq 70$    | $\omega = 0,000\ 018\ 95 \cdot \lambda^{2,41} + 1,05$  |
| $70 < \lambda \leq 89$    | $\omega = 0,000\ 024\ 47 \cdot \lambda^{2,36} + 1,03$  |
| $89 < \lambda \leq 250$   | $\omega = 0,000\ 253\ 30 \cdot \lambda^{2,00}$         |

Die Bestimmung der Omega-Werte ( $\omega_R$ ) von Stahl mit einer Zugfestigkeit,  $R_m$ , zwischen  $370\text{ N/mm}^2$  und  $520\text{ N/mm}^2$  wird mit Hilfe der Gleichung (14) durchgeführt:

$$\omega_R = \left[ \frac{\omega_{520} - \omega_{370}}{520 - 370} \cdot (R_m - 370) \right] + \omega_{370} \quad (14)$$

#### 4.10.4 Kombination von Biege- und Druck-/Zug- oder Knickspannungen

Die kombinierten Biege- und Druck-/Zug- oder Knickspannungen müssen mit den Gleichungen (15) bis (17) ermittelt werden:

Biegespannungen:

$$\sigma = \sigma_m = \sigma_x + \sigma_y \leq \sigma_{\text{perm}} \quad (15)$$

Biege- und Druck-/Zugspannung:

$$\sigma = \sigma_m + \frac{F_v + k_3 \cdot F_{\text{aux}}}{A} \leq \sigma_{\text{perm}} \quad (16)$$

Biege- und Knickspannung:

$$\sigma = \sigma_k + 0,9 \times \sigma_y \leq \sigma_{\text{perm}} \quad (17)$$

Dabei ist

- $A$  die Querschnittsfläche einer Führungsschiene in  $\text{mm}^2$ ;
- $F_{\text{aux}}$  die Kraft in einer Führungsschiene aufgrund von Hilfseinrichtungen in N;
- $F_v$  die auf eine Führungsschiene des Fahrkorbs, das Gegengewicht oder das Ausgleichsgewicht wirkende vertikale Kraft in N;
- $k_3$  der Aufprallfaktor;
- $\sigma$  die kombinierte Spannung in  $\text{N/mm}^2$ ;
- $\sigma_k$  die Knickspannung in  $\text{N/mm}^2$ ;
- $\sigma_m$  die Biegespannung in  $\text{N/mm}^2$ ;

$\sigma_{\text{perm}}$  die zulässige Spannung in  $\text{N/mm}^2$ ;

$\sigma_x$  die Biegespannung bezogen auf die X-Achse in  $\text{N/mm}^2$ ;

$\sigma_y$  die Biegespannung bezogen auf die Y-Achse in  $\text{N/mm}^2$ .

#### 4.10.5 Flanschbiegung

Die Flanschbiegung muss berücksichtigt werden. Bei T-förmigen Führungsschienen müssen die Gleichungen (18) und (19) verwendet werden für:

$$\sigma_F = \frac{1,85 \cdot F_x}{c^2} \leq \sigma_{\text{perm}} \text{ für Rollenführungsschuhe} \quad (18)$$

$$\sigma_F = \frac{F_x \cdot (h_1 - b - f) \cdot 6}{c^2 \cdot [l + 2 \cdot (h_1 - f)]} \leq \sigma_{\text{perm}} \text{ für Gleitführungsschuhe} \quad (19)$$

Dabei ist

$b$  die Hälfte der Breite des Führungsschuhfutters in mm;

$c$  die Breite des Verbindungsstücks zwischen dem Fuß und dem Kopf in mm;

$f$  die Fußtiefe der Führungsschiene an ihrer Verbindung mit dem Kopf in mm;

$F_x$  die Kraft, die von einem Führungsschuh auf den Flansch ausgeübt wird in N;

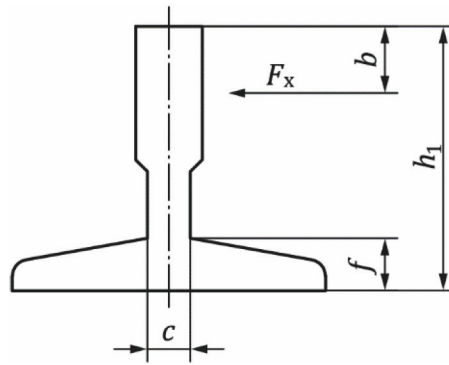
$h_1$  die Höhe der Führungsschiene in mm;

$l$  die Länge des Führungsschuhfutters in mm;

$\sigma_F$  die Biegespannung des lokalen Flansches in  $\text{N/mm}^2$ ;

$\sigma_{\text{perm}}$  die zulässige Spannung in  $\text{N/mm}^2$ .

**ANMERKUNG** Die Maße sind in Bild 5 dargestellt.



### Legende

- $b$  Hälfte der Breite des Führungsschuhfutters
- $c$  Breite des Verbindungsstücks zwischen dem Fuß und dem Kopf
- $f$  Fußtiefe der Führungsschiene an ihrer Verbindung mit dem Kopf
- $F_x$  Kraft, die von einem Führungsschuh auf den Flansch ausgeübt
- $h_1$  Höhe der Führungsschiene

**Bild 5 — Maße für die Berechnung der Flanschbiegung**

### 4.10.6 Durchbiegungen

Die Durchbiegungen müssen mit Hilfe der Gleichungen (20) und (21) berechnet werden:

$$\delta_x = 0,7 \frac{F_x \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_y} + \delta_{\text{str-x}} \leq \delta_{\text{perm}} \quad (20)$$

$$\delta_y = 0,7 \frac{F_y \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_x} + \delta_{\text{str-y}} \leq \delta_{\text{perm}} \quad (21)$$

Dabei ist

- $\delta_{\text{perm}}$  die maximal zulässige Durchbiegung in mm;
- $\delta_x$  die Durchbiegung auf der X-Achse in mm;
- $\delta_y$  die Durchbiegung auf der Y-Achse in mm;
- $\delta_{\text{str-x}}$  die Durchbiegung der Befestigungen (Klammern, Trennbalken) auf der X-Achse in mm;
- $\delta_{\text{str-y}}$  die Durchbiegung der Befestigungen (Klammern, Trennbalken) auf der Y-Achse in mm;
- $E$  der Elastizitätsmodul in  $\text{N}/\text{mm}^2$ ;
- $F_x$  die Stützkraft auf der X-Achse in N;
- $F_y$  die Stützkraft in der Y-Achse in N;
- $I_x$  das zweite Flächenträgheitsmoment bezogen auf die X-Achse in biquadratischen Millimetern;
- $I_y$  das zweite Flächenträgheitsmoment bezogen auf Y-Achse in biquadratischen Millimetern;
- $l$  der maximale Abstand zwischen den Halterungen der Führung in mm.

## 4.11 Ermittlung der Treibfähigkeit

### 4.11.1 Allgemeines

Die Treibfähigkeit muss jederzeit unter Berücksichtigung der folgenden Bedingungen sichergestellt werden:

- Normalfahrt;
- Beladen des Fahrkorbs in der Haltestelle; und
- Anhalten bei Vollbremsung.

Das folgende Bemessungsverfahren gilt für die Ermittlung der Treibfähigkeit bei herkömmlichen Anwendungen, zu denen Stahldrahtseile und Stahl-/Gusseisenscheiben gehören.

ANMERKUNG Die Ergebnisse sind – so zeigen die Erfahrungen – wegen der intern vorhandenen Sicherheiten sicher. Deshalb müssen die folgenden Einzelheiten nicht im Detail berücksichtigt werden: Seilkonstruktion, Art und Umfang der Schmierung, Werkstoff der Seilscheiben und Seile sowie Fertigungstoleranzen.

### 4.11.2 Berechnung der Treibfähigkeit

#### 4.11.2.1 Allgemeines

Für die Beladung des Fahrkorbs und die Vollbremsung muss Gleichung (22) angewendet werden. Bei blockiertem Fahrkorb/Gegengewicht (Fahrkorb/Gegengewicht ruht auf den Puffern und die Anlage dreht sich in „Abwärts-/Aufwärts“-Richtung), bei dem der Schutz gegen ein Anheben des Fahrkorbs oder des Gegengewichts durch eine Begrenzung der Zugkraft erfolgt, muss Gleichung (23) angewendet werden.

$$\frac{T_1}{T_2} \leq e^{f\alpha} \quad (22)$$

$$\frac{T_1}{T_2} \geq e^{f\alpha} \quad (23)$$

Dabei ist/sind

- $\alpha$  der Umschlingungswinkel der Aufhängungsmittel auf der Treibscheibe;
- $f$  der Reibwert;
- $T_1, T_2$  die Seilkräfte in den Seilabschnitten beiderseits der Treibscheibe.

#### 4.11.2.2 Ermittlung von $T_1$ und $T_2$

##### 4.11.2.2.1 Beladener Fahrkorb

Das statische Verhältnis von  $T_1$  zu  $T_2$  muss für den ungünstigsten Fall der Stellung des mit 125 % der Nennlast beladenen Fahrkorbs im Schacht ermittelt werden.

##### 4.11.2.2.2 Vollbremsung

Das dynamische Verhältnis von  $T_1$  zu  $T_2$  muss für den ungünstigsten Fall der Stellung des leeren oder mit Nennlast beladenen Fahrkorbs im Schacht ermittelt werden.

Jedes bewegliche Teil muss mit seiner eigenen Verzögerung und der Einscherung der Anlage berücksichtigt werden.

In keinem Fall darf die zu berücksichtigende Verzögerung kleiner sein als

- $0,5 \text{ m/s}^2$  für den Normalfall,
- die minimale Verzögerung, um den Fahrkorb und das Gegengewicht auf einen Wert abzubremesen, der den Wert, für den die Puffer ausgelegt sind, nicht überschreitet, wenn der Pufferhub reduziert ist.

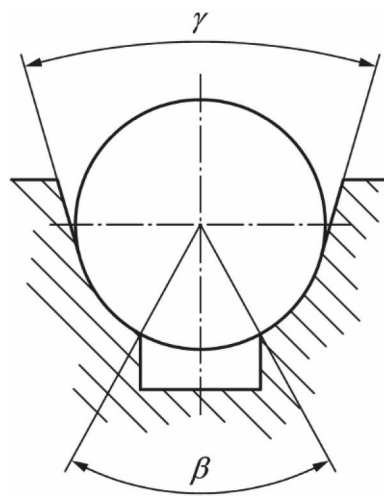
#### 4.11.2.2.3 Blockierter Fahrkorb/blockiertes Gegengewicht

Das statische Verhältnis  $T_1/T_2$  muss für den leeren Fahrkorb an der höchsten und niedrigsten Stelle ermittelt werden.

#### 4.11.2.3 Ermittlung des Reibwerts

##### 4.11.2.3.1 Rillenformen

##### 4.11.2.3.1.1 Halbkreisförmige Rillen und halbkreisförmige Rillen mit Unterschnitt (siehe Bild 6)



#### Legende

- $\beta$  Unterschnittswinkel
- $\gamma$  Rillenwinkel

**Bild 6 — Halbrund-Rille, Unterschnitt**

Es muss Gleichung (24) angewendet werden:

$$f = \mu \cdot \frac{4 \left( \cos \frac{\gamma}{2} - \sin \frac{\beta}{2} \right)}{\pi - \beta - \gamma - \sin \beta + \sin \gamma} \quad (24)$$

Dabei ist/sind

- $\beta$  der Unterschnittswinkel;
- $\gamma$  der Keilwinkel;
- $\mu$  der Reibungskoeffizient;
- $f$  der Reibwert.

Der höchste Wert des Unterschnittwinkels  $\beta$  darf  $105^\circ$  (1,83 rad) nicht überschreiten.

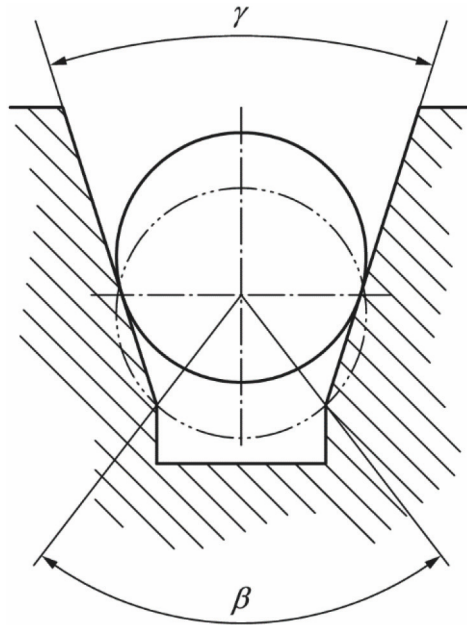
Der Wert des Rillenwinkels  $\gamma$  muss immer mindestens  $25^\circ$  (0,44 rad) betragen.

# - Entwurf -

E DIN EN ISO 8100-2:2024-02  
prEN ISO 8100-2:2023 (D)

## 4.11.2.3.1.2 V-Rillen (siehe Bild 7)

Ist die Rille keiner zusätzlichen Härtung unterworfen worden, um das Abnehmen der Treibfähigkeit durch Verschleiß zu begrenzen, ist Unterschnitt erforderlich.



### Legende

$\beta$  Unterschnittwinkel

$\gamma$  Rillenkantenwinkel

**Bild 7 — Keilrille**

Es werden die Gleichungen (25) bis (27) angewendet:

— für das Beladen und die Vollbremsung:

$$f = \mu \cdot \frac{4 \left(1 - \sin \frac{\beta}{2}\right)}{\pi - \beta - \sin \beta} \text{ bei nicht-gehärteten Rillen;} \quad (25)$$

$$f = \mu \cdot \frac{1}{\sin \frac{\gamma}{2}} \text{ bei gehärteten Rillen;} \quad (26)$$

— für das blockierte Gegengewicht;

$$f = \mu \cdot \frac{1}{\sin \frac{\gamma}{2}} \text{ bei gehärteten und nicht-gehärteten Rillen.} \quad (27)$$

Dabei ist

$\beta$  der Unterschnittwinkel;

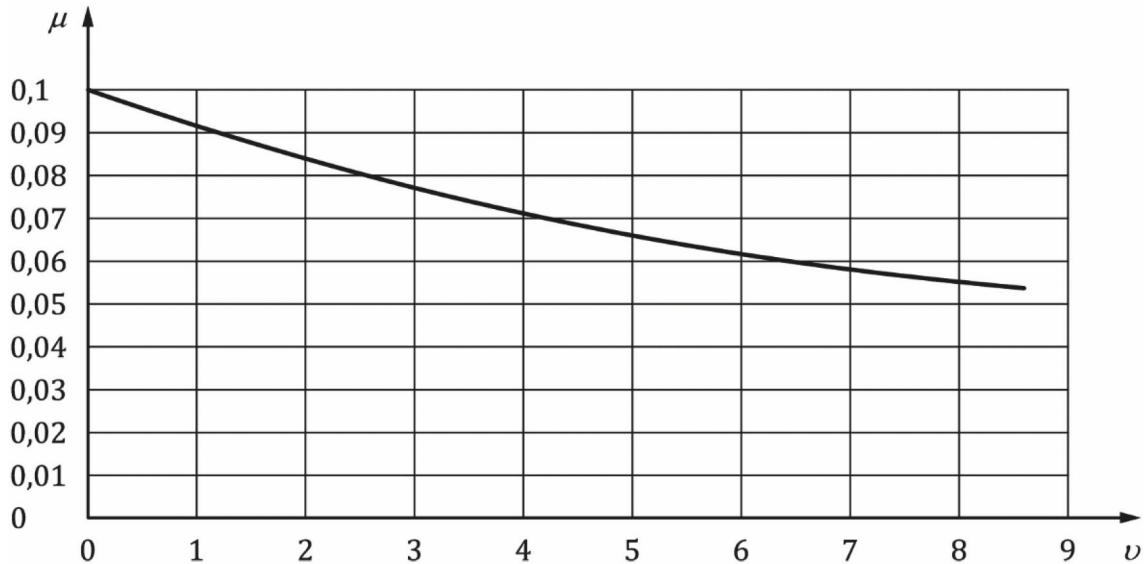
$\gamma$  der Keilwinkel;

$\mu$  der Reibungskoeffizient;

$f$  der Reibwert.

Der höchste Wert des Unterschnittwinkels  $\beta$  darf  $105^\circ$  (1,83 rad) nicht überschreiten. Der Winkel  $\gamma$  darf für Aufzüge niemals kleiner als  $35^\circ$  sein.

#### 4.11.2.3.2 Berücksichtigung des Reibungskoeffizienten (siehe Bild 8)



#### Legende

$\mu$  Reibungsverlustkoeffizient

$v$  Seilgeschwindigkeit bei Nenngeschwindigkeit des Fahrkorbs in m/s

**Bild 8 — Mindestens erforderliche Reibungszahl**

Folgende Werte gelten:

- $\mu = 0,1$  im beladenen Zustand;
- $\mu = 0,2$  bei blockiertem Gegengewicht;
- Gleichung (28) bei Vollbremsung:

$$\mu = \frac{0,1}{1 + \frac{v}{10}} \quad (28)$$

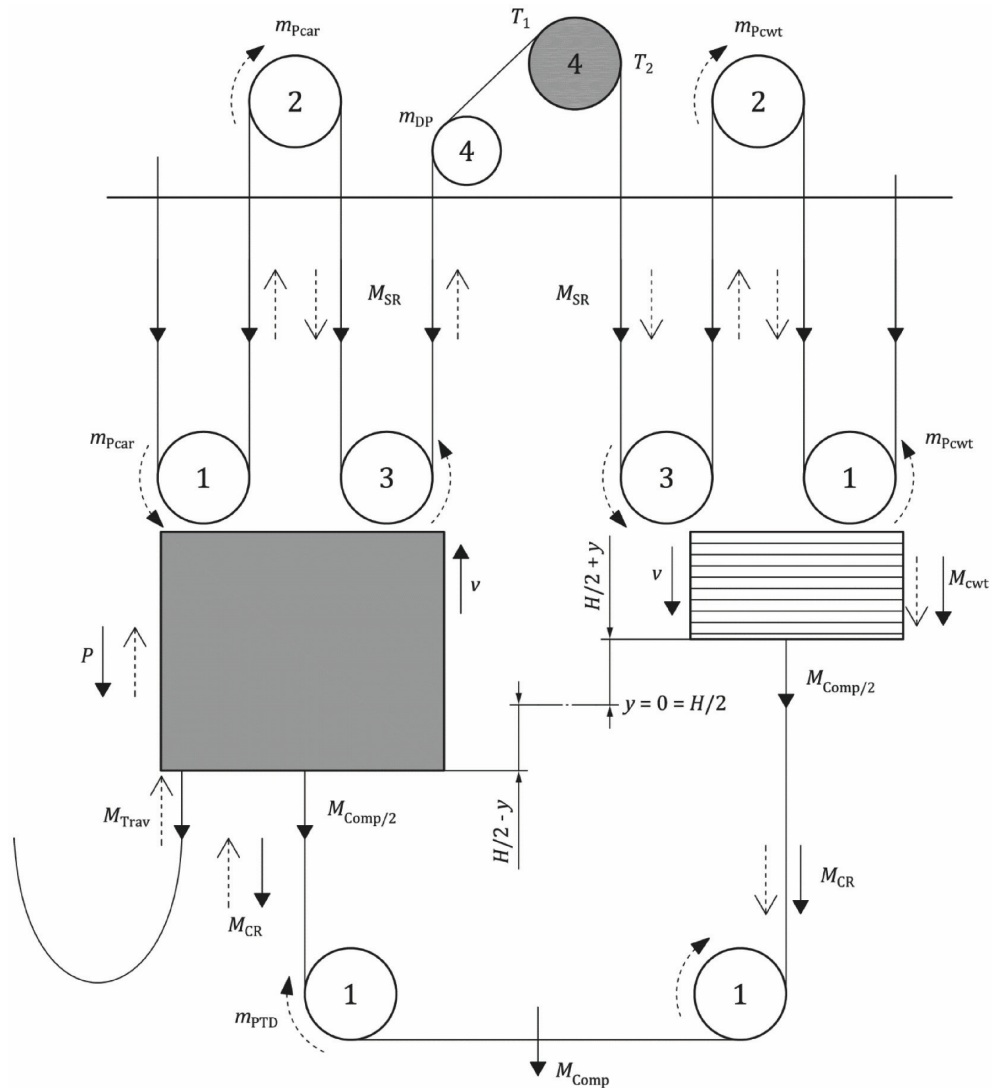
Dabei ist

$\mu$  der Reibungskoeffizient;

$v$  die Seilgeschwindigkeit bei Nenngeschwindigkeit des Fahrkorbs.



**4.11.3 Gleichungen für einen allgemeinen Fall (siehe Bild 9)**



**Legende**

- $H$  Förderhöhe in m
- $m_{PCar}$  reduzierte Masse (bezogen auf den Fahrkorb) der fahrkorbseitigen Seilrollen in kg
- $m_{DP}$  reduzierte Masse (bezogen auf den Fahrkorb/das Gegengewicht) der fahrkorb- und/oder gegengewichtsseitigen Umlenkrollen in kg
- $m_{PCwt}$  reduzierte Masse (bezogen auf das Gegengewicht) der gegengewichtsseitigen Seilrollen in kg
- $m_{PTD}$  reduzierte Masse (bezogen auf den Fahrkorb/das Gegengewicht) einer Seilrolle an der Spannvorrichtung
- $M_{CR}$  tatsächliche Masse der Ausgleichsseile/-ketten in kg
- $M_{Comp}$  Masse der Spannvorrichtung mit ihren Seilrollen in kg
- $M_{cwt}$  Masse des Gegengewichts mit seinen Seilrollen in kg
- $M_{SR}$  tatsächliche Masse der Tragseile in kg
- $M_{Trav}$  Masse des Hängekabels in kg
- $P$  Masse des leeren Fahrkorbs in kg
- $v$  Geschwindigkeit des Fahrkorbs/Gegengewichts in m/s
- $Y$  Ebene  $0,5 H \rightarrow y = 0$  in m
- $T_1, T_2$  Seilkräfte in den Seilabschnitten beiderseits der Treibscheibe in N
- 1, 2, 3, 4 Geschwindigkeitsbeiwert der Seilrollen (Beispiel:  $2 = 2 \cdot v_{car}$ )

**Bild 9 — Allgemeiner Fall**

## - Entwurf -

**E DIN EN ISO 8100-2:2024-02**  
**prEN ISO 8100-2:2023 (D)**

Es werden die Gleichung (29) bis Gleichung (33) angewendet.

a) Für oben befindliche Anlagen:

$$T_1 = \left[ \frac{P+Q+M_{CRcar}+M_{Trav}}{r} \cdot (g_n \pm a) \right] + \left[ \frac{M_{Comp}}{2 \cdot r} \cdot g_n \right] + \left[ M_{SRcar} \left( g_n \pm a \cdot \frac{r^2+2}{3} \right) \right] \\ \pm \left[ \frac{i_{PTD} \cdot m_{PTD}}{2 \cdot r} \cdot a \right] \pm [m_{DP} \cdot a \cdot r]^I \pm \left[ \sum_{i=1}^{n_P} \frac{m_{Pcar_i} \cdot \left( \frac{v_{P_i}}{v} \right)^2 \cdot a}{r} \right]^{III} \mp \left[ \frac{FR_{car}}{r} \right] \quad (29)$$

$$T_2 = \left[ \frac{M_{cwt}+M_{CRcwt}}{r} \cdot (g_n \mp a) \right] + \left[ \frac{M_{Comp}}{2 \cdot r} \cdot g_n \right] + \left[ M_{SRcwt} \left( g_n \mp a \cdot \frac{r^2+2}{3} \right) \right] \\ \mp \left[ \frac{i_{PTD} \cdot m_{PTD}}{2 \cdot r} \cdot a \right] \mp [m_{DP} \cdot a \cdot r]^II \mp \left[ \sum_{i=1}^{n_P} \frac{m_{Pcwt_i} \cdot \left( \frac{v_{P_i}}{v} \right)^2 \cdot a}{r} \right]^{III} \pm \left[ \frac{FR_{cwt}}{r} \right] \quad (30)$$

b) Für unten befindliche Anlagen:

$$T_1 = \left[ \frac{P+Q+M_{CRcar}+M_{Trav}}{r} \cdot (g_n \pm a) \right] + \left[ \frac{M_{Comp}}{2 \cdot r} \cdot g_n \right] + [M_{SR1car} \cdot (-g_n \pm a \cdot r)] \\ + \left[ M_{SR2car} \cdot \left( g_n \pm a \cdot \frac{r^2+2}{3} \right) \right] \pm \left[ \frac{i_{PTD} \cdot m_{PTD}}{2 \cdot r} \cdot a \right] \pm [m_{DP} \cdot a \cdot r]^I \\ \pm \left[ \sum_{i=1}^{n_P} \frac{m_{Pcar_i} \cdot \left( \frac{v_{P_i}}{v} \right)^2 \cdot a}{r} \right]^{III} \mp \left[ \frac{FR_{car}}{r} \right] \quad (31)$$

$$T_2 = \left[ \frac{M_{cwt}+M_{CRcwt}}{r} \cdot (g_n \mp a) \right] + \left[ \frac{M_{Comp}}{2 \cdot r} \cdot g_n \right] + [M_{SR1cwt} \cdot (-g_n \mp a \cdot r)] \\ + \left[ M_{SR2cwt} \cdot \left( g_n \mp a \cdot \frac{r^2+2}{3} \right) \right] \mp \left[ \frac{i_{PTD} \cdot m_{PTD}}{2 \cdot r} \cdot a \right] \mp [m_{DP} \cdot a \cdot r]^II \\ \mp \left[ \sum_{i=1}^{n_P} \frac{m_{Pcwt_i} \cdot \left( \frac{v_{P_i}}{v} \right)^2 \cdot a}{r} \right]^{III} \pm \left[ \frac{FR_{cwt}}{r} \right] \quad (32)$$

**ANMERKUNG 1** Die Gleichung (29) bis Gleichung (32) können auch bei leerem Fahrkorb angewendet werden, indem  $Q$  entfällt. In diesem Fall wird  $T_1$  zu  $T_2$  und  $T_2$  zu  $T_1$ .

In den vorstehenden Gleichungen müssen die Symbole  $\pm$  und  $\mp$  so verwendet werden, dass:

- so dass der obere Vorgang bei einer Verzögerung des Fahrkorbs in Abwärtsrichtung anwendbar ist; und
- so dass der untere Vorgang im Falle einer Verzögerung des Fahrkorbs in Aufwärtsrichtung aktiviert wird.

Bei belasteten bzw. blockiertem Fahrkorb gilt  $a = 0$ .

Bei belastetem Fahrkorb muss  $Q$  durch  $1,25 Q$  ersetzt werden.

Die Reibungskräfte  $FR_{car}$  und  $FR_{cwt}$  müssen unter allen Bedingungen entfallen, wenn eine minimale Reibungskraft nicht sichergestellt werden kann.

**ANMERKUNG 2** Siehe Anhang D für ein Berechnungsbeispiel.

Bedingungen:

*I* Umlenkrolle auf der Fahrkorbseite;

II Umlenkrolle auf der Gegengewichtsseite;

III nur bei Einscherung > 1.

Dabei ist:

- a* die Verzögerung des Laufwagens (positiver Wert) in  $m/s^2$ ;
- $FR_{car}$  die Reibung im Schacht (Wirkungsgrad der Lager auf der Seite des Laufwagens und Reibung an den Schienen usw.) in N;
- $FR_{cwt}$  die Reibung im Schacht (Wirkungsgrad der Lager auf der Seite des Gegengewichts und Reibung an den Schienen usw.) in N;
- $g_n$  die Normalfallbeschleunigung in  $mm/s^2$ ;
- H* die Förderhöhe in m;
- $i_{PTD}$  die Anzahl der Seilrollen für die Unterseil-Spannvorrichtung;
- $J_{Pcar}$  das Trägheitsmoment einer Seilrolle auf der Fahrkorbseite in  $kg/m^2$ ;
- $J_{Pcwt}$  das Trägheitsmoment einer Seilrolle auf der Gegengewichtsseite in  $kg/m^2$ ;
- $J_{DP}$  das Trägheitsmoment von den Seilrollen auf der Fahrkorb- und/oder Gegengewichtsseite in  $kg/m^2$ ;
- $J_{PTD}$  das Trägheitsmoment einer Seilrolle an der Untersteil-Spannvorrichtung in  $kg/m^2$ ;
- $m_{DP}$  die reduzierte Masse (bezogen auf den Fahrkorb/das Gegengewicht) der Umlenkrollen auf der Fahrkorb- und/oder Gegengewichtsseite, die die gleiche Seilgeschwindigkeit wie die Treibscheibe,  $J_{DP}/R^2$ , aufweisen, in kg;
- $m_{Pcar\_i}$  die reduzierte Masse (bezogen auf den Fahrkorb) einer Seilrolle auf der Fahrkorbseite  $J_{Pcar}/R^2$  in kg;
- $m_{Pcwt\_i}$  die reduzierte Masse (bezogen auf das Gegengewicht) einer Seilrolle auf dem Gegengewicht  $J_{Pcwt}/R^2$  in kg;
- $m_{PTD}$  die reduzierte Masse (bezogen auf den Fahrkorb/das Gegengewicht) einer Seilrolle an der Unterseil-Spannvorrichtung  $J_{PTD}/R^2$  in kg;
- $M_{Comp}$  die Masse der Unterseil-Spannvorrichtung mit ihren Seilrollen in kg;
- $M_{CR}$  die tatsächliche Masse der Ausgleichsseile/-ketten  $[(0,5 \cdot H \pm y) \cdot n_c \cdot \text{Seilgewicht je Längeneinheit}]$ , in kg;
- $M_{CRcar}$  die Masse  $M_{CR}$  auf der Fahrkorbseite;
- $M_{CRcwt}$  die Masse  $M_{CR}$  auf der Gegengewichtsseite;
- $M_{cwt}$  die Masse des Gegengewichts mit seinen Seilrollen in kg;
- $M_{SR}$  die tatsächliche Masse der Tragseile  $[(0,5 \cdot H \pm y) \cdot n_s \cdot \text{Seilgewicht je Längeneinheit}]$ , in kg;
- $M_{SRcar}$  die Masse  $M_{SR}$  auf der Fahrkorbseite;
- $M_{SR1car}$  die Masse  $M_{SR}$  des Seils, das von der Anlage zu der/den Seilrolle(n) im Schachtkopf führt, wenn sich die Anlage unten befindet;
- $M_{SR2car}$  die Masse  $M_{SR}$  des Seils, das von der/den Seilrolle(n) im Schachtkopf zum Fahrkorb führt, wenn sich die Anlage unten befindet, ( $M_{SR2car} = 0$ , wenn sich der Fahrkorb an der obersten Haltestelle befindet);
- $M_{SRcwt}$  die Masse  $M_{SR}$  auf der Gegengewichtsseite;
- $M_{SR1cwt}$  die Masse  $M_{SR}$  des Seils, das von der Anlage zu der/den Seilrolle(n) im Schachtkopf führt;
- $M_{SR2cwt}$  die Masse  $M_{SR}$  des Seils, das von der/den Seilrolle(n) im Schachtkopf zum Gegengewicht führt, ( $M_{SR2cwt} = 0$ , wenn sich das Gegengewicht an der obersten Haltestelle befindet);
- $M_{Trav}$  die tatsächliche Masse der Hängekabels  $[(0,25H \pm 0,5y) \cdot n_t \cdot \text{je Längeneinheit}]$ , in kg;
- $n_C$  die Anzahl der Ausgleichsseile/-ketten;

|               |   |
|---------------|---|
| $n_p$         | die Anzahl der Seilrollen auf der Fahrkorb-/Gegengewichtsseite;         |
| $n_s$         | die Anzahl der Tragseile;   |
| $n_t$         | die Anzahl der Hängekabel;  |
| $P$           | die Masse des leeren Fahrkorbs in kg;                                   |
| $Q$           | die Nennlast in kg;   |
| $r$           | der Einscherungsbeiwert;  |
| $R$           | der Radius der zugehörigen Seilrollen in m;                             |
| $T_1, T_2$    | die Seilkraft in den Seilabschnitten beiderseits der Treibscheibe in N; |
| $v$           | Geschwindigkeit des Fahrkorbs/Gegengewichts in m/s;                     |
| $v_{P_i}$     | die Drehgeschwindigkeit einer Seilrolle (Seilgeschwindigkeit) in m/s;   |
| $y$           | Ebene $0,5 \cdot H \rightarrow y = 0$ , in m;                           |
| $\rightarrow$ | die statische Kraft;  |
| $\rightarrow$ | die dynamische Kraft.   |

## 4.12 Ermittlung des Sicherheitsbeiwerts für Stahldrahtseile mit Treibscheiben aus Stahl/Gusseisen

### 4.12.1 Allgemeines

Dieser Abschnitt beschreibt das zu verwendende Verfahren zur Ermittlung des Sicherheitsbeiwerts „ $S_f$ “ für Tragseile. Dieses Verfahren für die Ermittlung darf nur verwendet werden für:

- Treibscheiben aus Stahl oder Gusseisen;
- Stahldrahtseile nach EN 12385-5:2021 oder ISO 4344:2022.

**ANMERKUNG** Dieses Verfahren basiert auf einer hinreichenden Lebensdauer der Stahldrahtseile unter der Voraussetzung einer regelmäßigen Wartung und Inspektion.

### 4.12.2 Äquivalente Anzahl von Seilrollen $N_{equiv}$

#### 4.12.2.1 Allgemeines

Die Anzahl und der Schweregrad der Biegewechsel bewirken Beschädigungen der Seile. Dies wird durch die Rillenform (Rund- oder Keilrille) beeinflusst und davon, ob Gegenbiegung vorliegt oder nicht.

Der Schweregrad jedes Biegewechsels kann mit einer Anzahl gleichsinniger Biegungen gleichgesetzt werden.

Als gleichsinnige Biegung gilt der Lauf eines Seils über eine Seilrolle mit Halbrundrille, deren Radius nicht mehr als 0,53 des Seilnennendurchmessers beträgt.

Die Anzahl von gleichsinnigen Biegungen korrespondiert mit einer äquivalenten Anzahl von Seilrollen  $N_{equiv}$ , die aus Gleichung (33) abgeleitet werden kann:

$$N_{equiv} = N_{equiv(t)} + N_{equiv(p)} \quad (33)$$

Dabei ist

$N_{equiv(t)}$  die äquivalente Anzahl von Treibscheiben,

$N_{equiv(p)}$  die äquivalente Anzahl von Seilrollen.

**4.12.2.2 Ermittlung von  $N_{equiv(t)}$**

Die Werte von  $N_{equiv(t)}$  müssen Tabelle 1 entnommen werden.

**Tabelle 1 — Ermittlung der äquivalenten Anzahl von Treibscheiben  $N_{equiv(t)}$**

|   |                                |      |     |     |     |     |      |      |
|---|--------------------------------|------|-----|-----|-----|-----|------|------|
| <b>Keilrille</b>                              | Keilwinkel ( $\gamma$ )        | 35°  | 36° | 38° | 40° | 42° | 45°  | 50°  |
|   | $N_{equiv(t)}$                 | 18,5 | 16  | 12  | 10  | 8   | 6,5  | 5    |
| <b>Rund- oder Keilrillen mit Unterschnitt</b> | Unterschnittwinkel ( $\beta$ ) | 75°  | 80° | 85° | 90° | 95° | 100° | 105° |
|   | $N_{equiv(t)}$                 | 2,5  | 3,0 | 3,8 | 5,0 | 6,7 | 10,0 | 15,2 |

Für U-Rillen ohne Unterschnitt gilt  $N_{equiv(t)} = 1$ .

Werte für Winkel, die nicht in Tabelle 1 enthalten sind, dürfen durch lineare Interpolation ermittelt werden.

**4.12.2.3 Ermittlung von  $N_{equiv(p)}$**

Eine Biegung gilt nur dann als Gegenbiegung, wenn der Abstand der Seilkontakte auf zwei aufeinanderfolgenden Seilrollen, die einen festen Abstand zwischen ihren Achsen haben, weniger als das 200-fache des Seildurchmessers beträgt und die Biegeebenen um mehr als 120° gedreht sind [siehe Gleichung (34) und Gleichung (35)].

$$N_{equiv(p)} = K_p \cdot (N_{ps} + 4 \cdot N_{pr}) \tag{34}$$

Dabei ist

$N_{ps}$  die Anzahl der Seilrollen mit gleichsinniger Biegung,

$N_{pr}$  die Anzahl der Seilrollen mit Wechselbiegung,

$K_p$  das Verhältnis der Durchmesser von Treibscheibe und Seilrolle.

$$\text{wobei } K_p = \left( \frac{D_t}{D_p} \right)^4 \tag{35}$$

Dabei ist

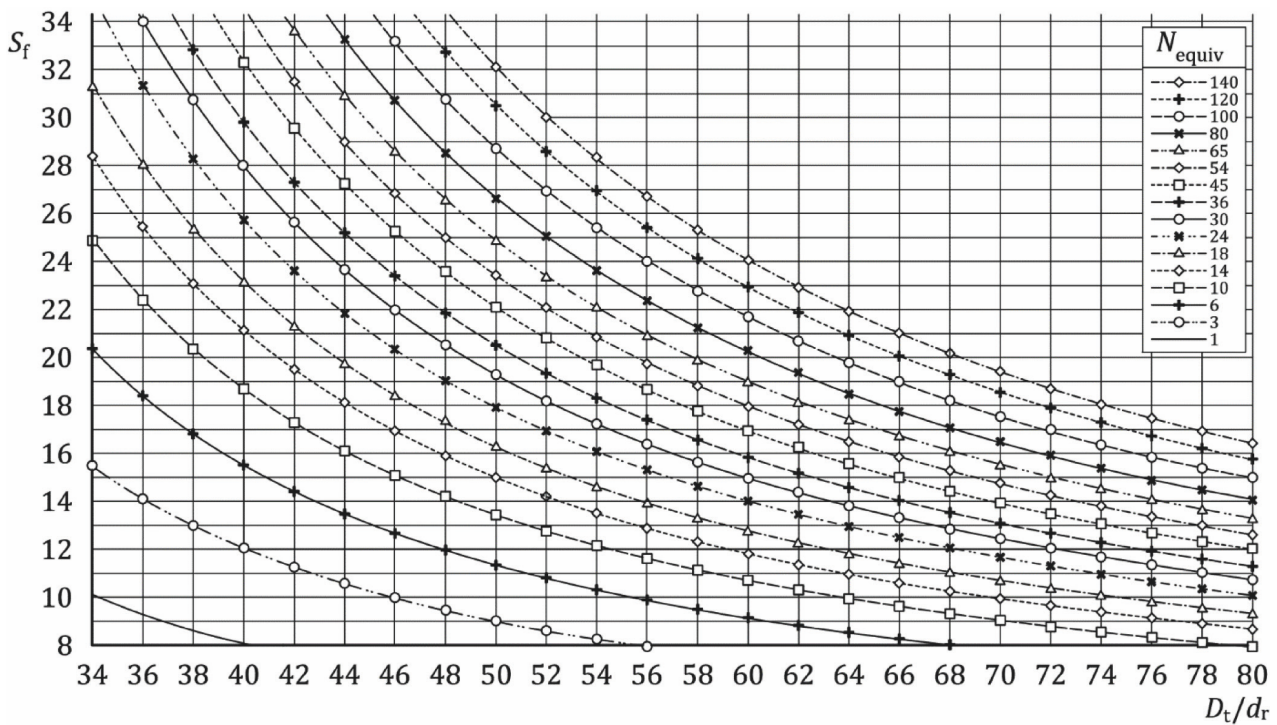
$D_t$  der Durchmesser der Treibscheibe,

$D_p$  der mittlere Durchmesser aller Seilrollen unter Ausschluss der Treibscheibe.

ANMERKUNG Beispiele für die Ermittlung der entsprechenden Anzahl von Seilrollen sind in Anhang D aufgeführt.

**4.12.3 Sicherheitsbeiwert**

Für einen gegebenen Seiltrieb kann der Mindest-Sicherheitsbeiwert aus Bild 10 unter Berücksichtigung des genauen Verhältnisses von  $D_t/d_r$  und dem errechneten Wert von  $N_{equiv}$  für den ungünstigsten Seilabschnitt entnommen werden.



**Bild 10 — Bestimmung des minimalen Sicherheitsbeiwerts**

Die Kurven in Bild 10 beruhen auf Gleichung (36):

$$S_f = 10 \left( \frac{\log \left( \frac{695,85 \cdot 10^6 \cdot N_{equiv}}{\left( \frac{D_t}{d_r} \right)^{8,567}} \right)}{2,6834 - \frac{\log \left( 77,09 \left( \frac{D_t}{d_r} \right)^{-2,894} \right)}{\log \left( 77,09 \left( \frac{D_t}{d_r} \right)^{-2,894} \right)}} \right) \quad (36)$$

Dabei ist

- $D_t$  der Durchmesser der Treibscheibe,
- $d_r$  der Durchmesser der Seile,
- $N_{equiv}$  die äquivalente Anzahl von Seilrollen,
- $S_f$  der Sicherheitsbeiwert.

### 4.13 Spezifische Verifizierungsverfahren für Aufhängungs- und Ausgleichsmitteln

#### 4.13.1 Verifizierung von Werkstoff und Konstruktion

Die Übereinstimmung mit den Werkstoff- und Konstruktionsanforderungen der Norm, die die Anwendung dieser Norm fordert (z. B. ISO 8100-1:2023, 4.5.1.2), muss durch eine visuelle Verifizierung der mit den Aufhängungsmitteln gelieferten Dokumente verifiziert werden.

Der Durchmesser von Drähten, Litzen und Seilen muss wie folgt gemessen werden:

Die Messungen des Durchmessers müssen an einem geraden Abschnitt nach EN 12385-1:2021, 6.3.1 vorgenommen werden.

Die Mindestgenauigkeit des Messgeräts muss 0,02 mm bei Durchmessern über 2 mm, 0,01 mm bei Durchmessern unter 2 mm und 0,001 mm bei Durchmessern unter 0,5 mm betragen.

Die Messfläche von Messgeräten, die für Seile und Litzen verwendet werden, muss mindestens zwei Litzen oder Drähte in axialer Richtung abdecken.

#### **4.13.2 Verifizierung der elastomerbeschichteten Treibscheibe**

Die Verschleißfestigkeit der Beschichtung der Treibscheibe muss mit einer Verschleißprüfung nachgewiesen werden.

Aus diesem Grund muss sich die Treibscheibe gegen das befestigte Stahldrahtseil des für den Aufzug festgelegten Typs drehen. Die Prüfung muss mit den folgenden Kenngrößen durchgeführt werden:

- Umschlingungswinkel von 180°;
- die Treibscheibe muss die gleiche Gestaltung (Rillengeometrie, Werkstoff, Biegedurchmesser) aufweisen wie in der vorgesehenen Anwendung;
- maximale Last, wie sie für die Anwendung festgelegt ist, unter Berücksichtigung der Grenzen nach ISO 8100-1:2023, 4.5.2.2;
- die Drehgeschwindigkeit während der Schlupfprüfung muss so begrenzt sein, dass die Kontakttemperatur unter +40 °C bleibt.

Die Prüfschlupfstrecke während der Prüfung muss nach der folgenden Gleichung berechnet werden und darf nicht weniger als 15 000 m betragen.

$$\begin{aligned} & \text{Prüfschlupfstrecke [m]} \\ &= \frac{\text{Anzahl der Fahrten} \cdot \text{Seillänge [m]} \cdot \text{Schlupfstrecke bei Hin- und Herfahren [m]}}{\text{Laufstrecke [m]}}. \end{aligned}$$

Dabei ist

Prüfschlupfstrecke = Gesamtschlupfstrecke für die Verschleißprüfung,

Anzahl der Fahrten = Minimale Anwendungsebene, mindestens 600 000,

Seillänge [m] = Einsicherungsbeiwert · Förderhöhe [m] =  $r \cdot H$  [m],

Schlupfstrecke bei Hin- und Herfahren [m] = Gemessene Schlupfstrecke bei Hin- und Herfahren,

Laufstrecke [m] =  $r \cdot$  gefahrene Strecke des Fahrkorbs während der Schlupfstreckenmessung [m].

Die Schlupfstrecke beim Hin- und Herfahren wird auf einem Massenprüfstand mit zwei Gewichten ermittelt, die dem maximalen T2/T1- bzw. T1/T2-Verhältnis und den Massen der vorgesehenen Anwendung entsprechen. Die verwendete Treibscheibe muss die gleiche Gestaltung (Rillengeometrie, Werkstoff, Biegedurchmesser) aufweisen wie in der vorgesehenen. Es wird eine Kennzeichnung mit einem Stift über den Seilen und der Treibscheibe angebracht. Nach dem vollständigen Hin- und Herfahren (Abwärts- und Aufwärtsfahrt zur gleichen Position) wird der Schlupf der Aufhängungsmittel auf der Treibscheibe gemessen.

Die zulässige Verschleißtiefe beträgt 50 % der Schichtdicke und die Beschichtung muss fest in der Rille verbleiben.

### **4.13.3 Abschlüsse von elastomerbeschichteten Aufhängungsmitteln**

Die Festigkeit der Abschlüsse in Verbindung mit den elastomerbeschichteten Aufhängungsmitteln muss durch Prüfungen nach EN 13411-6:2004+A1:2008, 5 und 6 oder EN 13411-7:2021, 5 und 6, mit den folgenden Abweichungen nachgewiesen werden:

- a) Prüfung der Zugfestigkeit mit Abweichungen nach EN 13411-6:2004+A1:2008, 5.3.4 und 6.2.5, oder EN 13411-7:2021, 5.4.2 und 6.2.2;
- b) während der Prüfung müssen die Aufhängungsmittel brechen und dürfen nicht aus dem Schloss herausrutschen;
- c) falls die Abschlüsse paarweise geprüft werden, muss der Abstand zwischen den beiden Abschlüssen mindestens 600 mm bei elastomerbeschichteten Seilen, 500 mm bei elastomerbeschichteten Riemen und elastomerbeschichteten Zahnriemen betragen;
- d) Prüfung der Sicherheit von Abschlüssen und Keilen (EN 13411-6);
- e) es muss eine Zugkraft von mindestens 20 % der Bruchkraft angewendet werden. Nach einer 1-stündigen Setzung muss die Kraft auf Null reduziert werden und in einem zweiten Lastzyklus erneut mit 20 % der Mindestbruchkraft aufgebracht werden;
- f) Annahmekriterien: Die Prüfung gilt als bestanden, wenn sich das tote Ende des Aufhängungsmittels während der Lastzyklen nicht bewegt;
- g) Dauerbruchverhalten von Schlossgehäuse und Stift (EN 13411-6);
- h) Mindestseilkraft 15 % der Mindestbruchkraft, maximal 30 % der Mindestbruchkraft. 75 000 Zyklen mit einer Frequenz von max. 5 Hz;
- i) Annahmekriterium: keine Dauerbrüchanrisse, keine lokale bleibende Verformung.

### **4.13.4 Mindestbruchkraft**

Die Mindestbruchkraft für elastomerbeschichtete Aufhängungsmittel für Stahlseile unter 6 mm muss nach ISO 3108:2017 mit den folgenden Abweichungen bestimmt werden:

- a) die freie Mindestlänge der Prüfung, ohne Berücksichtigung von Seilendverbindungen, muss:
- b) 600 mm für elastomerbeschichtete Seile;
- c) 500 mm für elastomerbeschichtete Riemen und elastomerbeschichtete Zahnriemen betragen;
- d) nachdem 80 % der Mindestbruchkraft aufgebracht wurden, muss die Kraft mit einer Rate von höchstens 0,5 % der Mindestbruchkraft je Sekunde erhöht werden;
- e) die Prüfung darf ohne Bruch des Aufhängungsmittels beendet werden, wenn die Mindestbruchlast erreicht oder überschritten wird;
- f) die Prüfung darf verworfen werden, wenn das Aufhängungselement innerhalb einer bestimmten Entfernung vom Ansatz des Griffs oder des Abschlusses bricht;
- g) 6 × Nenndurchmesser für Stahldrahtseile;
- h) 6 × Nenndurchmesser des lasttragenden Elements für elastomerbeschichtete Aufhängungsmittel;

und wenn die minimale Bruchlast nicht erreicht wurde.

#### 4.13.5 Dauerbruchprüfung

Die maximale Anzahl von gleichsinnigen Biegungen ( $N_{SB}$ ) und Gegenbiegungen ( $N_{RB}$ ) für Aufhängungsmittel muss durch Dauerbruchprüfung über die Treibscheibe nachgewiesen werden.

Die Prüfungen müssen mit Treibscheiben der gleichen Bauart wie die Treibscheiben und Seilscheiben in der endgültigen Anwendung durchgeführt werden. Wenn verschiedene Ausführungen für Treibscheiben und Seilrollen verwendet werden, müssen die anspruchsvollsten Eigenschaften zur Ermittlung von  $N_{SB}$  und  $N_{RB}$  herangezogen werden.

Definition der anspruchsvollsten Eigenschaften von Treibscheiben/Seilrollen:

- kleinster Durchmesser;
- härtestes Rillenmaterial;
- Rillenform.

Aus der Dauerbiegeprüfung müssen die Anzahl der gleichsinnigen Biegungen  $N_{SB}$  und die Anzahl der Gegenbiegungen  $N_{RB}$  abgeleitet werden, die die Anforderungen an die Restbruchlast der Norm erreichen, die die Anwendung dieser Norm fordert (z. B. ISO 8100-1:2023, 4.5.2.2).

Die Dauerbiegeprüfung muss die folgenden Anforderungen erfüllen:

- die Mindestlänge der Biegung entspricht dem 30-fachen des Durchmessers des tragenden Elements, mindestens jedoch 100 mm;
- der minimale Umschlingungswinkel des Aufhängungsmittels über der Treibscheibe beträgt  $40^\circ$ ;
- der minimale Sicherheitsbeiwert nach der Norm, die die Anwendung dieser Norm fordert (z. B. SO 8100-1:2023, 4.5.2.2), der in der Anwendung berücksichtigt wird.

Die Anzahl der gleichsinnigen Biegungen  $n_{SB}$  und Gegenbiegungen  $n_{RB}$ , die der am stärksten beanspruchte Abschnitt des Aufhängungs-/Ausgleichsmittels während einer vollständigen Fahrt (unterste Haltestelle bis oberste Haltestelle) des Aufzugs erfährt, muss unter Berücksichtigung der Seile des Aufzugs ermittelt werden.

#### 4.13.6 Reibwert (f)

##### 4.13.6.1 Stahldrahtseile mit elastomerbeschichteter Treibscheibe

Die Reibwerte in 4.11.2.3 gelten für Stahlseile.

##### 4.13.6.2 Elastomerbeschichtete Seile und Riemen

Der Reibwert  $f$  muss für die folgenden Zugkraftbedingungen bewertet werden:

- a) Statischer Reibwert  $f_{sta}$  für den Lastzustand des Fahrkorbs (5.11.2.1.) bei der Relativgeschwindigkeit  $v = 0$  m/s zwischen den Aufhängungsmitteln und der Treibscheibe;
- b) Dynamischer Reibwert  $f_{dyn}$  für eine Vollbremsung (5.11.2.2.) bei der maximalen Relativgeschwindigkeit zwischen Aufhängungsmittel und Treibscheibe.

Zum Nachweis der Anwendung Kraftübertragung von max.  $T1/T2$  oder  $T2/T1$ , müssen mindestens fünf Prüfungen je Zugkraftbedingung unter festgelegten Bedingungen durchgeführt werden, die eine breite Spanne der Aufzugsnutzung darstellen.

Der Prüfaufbau muss mit der vorgesehenen Konfiguration übereinstimmen und umfasst Aufhängungsmittel, Treibscheibe und Umschlingungswinkel. Die Prüfung muss wie folgt durchgeführt werden:

**E DIN EN ISO 8100-2:2024-02**  
**prEN ISO 8100-2:2023 (D)**

- mit einem einzigen Aufhängungsmittel in Kombination mit der gleichen Treibscheibe, die in der Endanwendung verwendet wird;
- unter Verwendung des Umschlingungswinkels wie bei der endgültigen Anwendung;
- mit der niedrigsten und höchsten Zugkraft wie bei der endgültigen Anwendung für jede der oben beschriebenen Zugkraftbedingungen a) und b);
- unter Abdeckung aller in ISO 8100-1:2023, 4.5 aufgeführten Bereiche von Umgebungsbedingungen und, sofern nicht aufgeführt, wie für den endgültigen Anwendungsbereich festgelegt;
- vor und nach einer Einlaufdauer und unter Berücksichtigung des niedrigsten Reibwerts der statischen und dynamischen Zugkraftbedingungen;
- unter Verwendung neuer Aufhängungsmittel und unter Verwendung repräsentativer Prüfmuster von alternativen Aufhängungsmitteln und der Gewährleistung, dass jede signifikante Änderung des Reibwerts bei bestimmungsgemäßem Gebrauch berücksichtigt wird. Die Ermittlung muss unter Berücksichtigung eines minimalen und maximalen Sicherheitsbeiwerts erfolgen, der für den Anwendungsbereich der alternativen Aufhängungsmittel festgelegt ist.

Verunreinigungen wie Öl, Wasser und Reinigungsmittel müssen vom Monteur für die Betriebsbedingungen berücksichtigt werden.

Bei elastomerbeschichteten Aufhängungsmitteln muss der Reibwert  $f$  für die jeweilige Kombination aus Aufhängungselement und Treibscheibe bestimmt werden.

- Beladen des Fahrkorbs:

der statische Reibwert  $f_{sta}$  für die Beladung muss in einem statischen Prüfaufbau (Relativgeschwindigkeit  $v = 0$  m/s zwischen den alternativen Aufhängungsmitteln und der Treibscheibe) beurteilt werden.

- Vollbremsung:

der dynamische Reibwert  $f_{dyn}$  für die Vollbremsung muss mit der maximalen Geschwindigkeit des elastomerbeschichteten Riemens/Seils bei der Nenngeschwindigkeit des Fahrkorbs beurteilt werden. Die Prüfung kann auf einem Prüfstand oder bei einer Prüfung des Hubsystems durchgeführt werden.

#### **4.13.6.3 Gestaltung eines elastomerbeschichteten Zahnriemens**

- Beladen des Fahrkorbs und Vollbremsung:

Bei Prüfungen entsprechend den in 4.11.2.2.1 und 4.11.2.2.2 festgelegten Bedingungen darf infolge des Kontakts zwischen Zähnen und Kettenrad kein Schlupf auftreten;

- blockierter Fahrkorb:

Bei Prüfungen entsprechend den in 4.11.2.2.3 festgelegten Bedingungen darf infolge des Kontakts zwischen Zähnen und Kettenrad kein Schlupf auftreten.

#### **4.13.7 Zusätzliche mechanische Prüfungen für beschichtete Aufhängungsmittel**

Jede Kombination aus Aufhängungselement und Treibscheibe muss die Schlupf- und Vollbremsprüfungen für die maximale Geschwindigkeit und die Maximallast bestehen.

##### **4.13.7.1 Schlupfprüfung für Riemen und Seile**

Ein oder mehrere Aufhängungselemente müssen über die vorgesehene Treibscheibe der Anlage zugbelastet werden, und zwar bis zur zu prüfenden Maximallast. Das/Die Aufhängungselement(e) muss/müssen so

gesichert werden, dass es/sie sich nicht bewegen kann/können. Die Treibscheibe der Anlage muss mit einer Geschwindigkeit laufen, die der maximalen Inspektionsgeschwindigkeit des Aufzugs entspricht, an dem das Aufhängungsmittel angebracht werden soll.

Die Prüfung muss vier Minuten andauern, wobei kein Aufhängungselement brechen darf.

**4.13.7.2 Vollbremsprüfung**

Das Aufhängungsmittel muss über die vorgesehene Treibscheibe bis zur Maximallast zugbelastet werden. Das Aufhängungsmittel muss mit der maximalen Geschwindigkeit laufen. Die Treibscheibe muss eine Vollbremsung ausführen.

Die Prüfung muss für insgesamt 20 Vollbremsungen wiederholt werden, und die Prüfung muss so gestaltet sein, dass das Anhalten der Aufhängungsmittel und ein möglicher Schlupf bei jeder Prüfung über denselben Abschnitt der Aufhängungsmittel erfolgt.

Der Prüfaufbau muss sicherstellen, dass die Bremsung und möglicherweise die Dauer des Schlupfes dem in der vorgesehenen Anwendung erreichten Wert entspricht. Die Aufhängungsmittel dürfen nicht so beschädigt werden, dass sie aufgrund der vorgesehenen Ablegekriterien ersetzt werden müssen.

**4.13.8 Verifizierungsbericht**

Nach der Verifizierung der Aufhängungs- und Ausgleichsmittel, die unter 4.13 fallen, muss der Verifizierungsbericht die folgenden Informationen enthalten:

**Tabelle 2 — Informationen im Verifizierungsbericht**

|   | <b>Stahldrahtseile mit Treibscheiben aus Stahl/Guss-eisen</b> | <b>Seile mit elastomerbeschichteten Treibscheiben</b> | <b>Elastomerbeschichtete Treibriemen</b>              | <b>Elastomerbeschichtete Seile</b>                       | <b>Elastomerbeschichtete Zahnriemen</b>                           |
|---|---|---|---|--|---|
| Informationen nach Anhang A   | X   | X   | X   | X  | X   |
| Alle Angaben zur Identifizierung der installierten Bauteile** mit dem mitgelieferten Zertifikat                             | X   | X   | X   | X  | X   |
| Machart (einschließlich Oberflächenbehandlung) der Aufhängungsmitteln   | Machart der Seile   | Zulässige Machart der Seile oder Handelsname          | Machart und Anzahl des/der lasttragenden Teile(s)     | Machart des/der lasttragenden Teile(s)                   | Machart und Anzahl des/der lasttragenden Teile(s)                 |
| Material, Behandlung, Geometrie der Kontaktfläche der Treibscheibe, des Kettenrads oder der Seilrollen am Aufhängungsmittel | Anwendbare Rillenart(en)                                      | Anwendbare Rillenart(en)                              | Rauheit und Form (Breitenballigkeit, Rillengeometrie) | Rauigkeit und zulässige Rillenart(en) (Rillentoleranzen) | Rauigkeit und Form einschließlich Zahnprofil und Zahnteilung [mm] |
| Masseneinheit [kg/m]  | X   | n. a.   | X   | X  | X   |
| Maximal zulässige Verdrehung [°/m]  | n. a.   | n. a.   | X   | n. a.  | X   |
| Maximal zulässiger Ablenkwinkel der Aufhängungsmittel [°]   | X   | n. a.   | X   | X  | X   |

**- Entwurf -**

**E DIN EN ISO 8100-2:2024-02**  
**prEN ISO 8100-2:2023 (D)**

**Tabelle 2 (fortgesetzt)**

|   | <b>Stahldrahtseile mit Treibscheiben aus Stahl/Guss-eisen</b> | <b>Seile mit elastomerbeschichteten Treibscheiben</b> | <b>Elastomerbeschichtete Treibriemen</b> | <b>Elastomerbeschichtete Seile</b>                      | <b>Elastomerbeschichtete Zahnriemen</b> |
|---|---|---|--|---|---|
| Nennwert der Zugfestigkeit [N/mm <sup>2</sup> ]   | X   | n. a.   | n. a.                                    | n. a.   | n. a.                                   |
| Nennmaß des Aufhängeelements [mm]   | Durchmesser   | n. a.   | Breite, Dicke                            | Außendurchmesser und Durchmesser des tragenden Elements | Breite, Dicke                           |
| Zulässiger Minstdurchmesser der Treibscheibe oder des Kettenrads [mm]                               | X   | X   | X  | X   | X                                       |
| Zulässiger Minstdurchmesser der Seilrolle [mm]  | X   | X   | X  | X   | X                                       |
| Mindestbruchkraft [kN]  | X   | n. a.   | X  | X   | X                                       |
| Dauerbruchprüfung und -überwachung  | X   | X   | X  | X   | X                                       |
| Anwendbarer minimaler Sicherheitsbeiwert des Aufhängungsmittels                                     | X   | X   | X  | X   | X                                       |
| Maximale Anzahl von gleichsinnigen Biegungen (NSB) und Gegenbiegungen (NRB) nach 4.13.5             | sofern erforderlich   | X   | X  | X   | X                                       |
| Reibwert f  | n. a.   | $f_{STA}$ und $f_{DYN}$ nach 4.13.6.1                 | $f_{STA}$ und $f_{DYN}$ nach 4.13.6.2    | $f_{STA}$ und $f_{DYN}$ nach 4.13.6.2                   | n. a.                                   |
| Umweltbedingte Einschränkungen und unzulässige Verunreinigungen                                     | X   | X   | X  | X   | X                                       |
| Maximale Geschwindigkeit des Aufhängungsmittels im Normalbetrieb [m/s]                              | X   | X   | X  | X   | X                                       |
| Geschwindigkeit des Aufhängungsmittels bei maximaler Inspektionsgeschwindigkeit nach 4.13.7.1 [m/s] | n. a.   | X   | X  | X   | n. a.                                   |
| Wartungs- und Ablegeinformationen nach 4.14   | X   | X   | X  | X   | X                                       |
| Informationen über möglicherweise erforderliche Warnmeldungen zur Installation, sofern zutreffend   | X   | X   | X  | X   | X                                       |

**Tabelle 2 (fortgesetzt)**

|  | <b>Stahldrahtseile mit Treibscheiben aus Stahl/Guss-eisen</b> | <b>Seile mit elastomerbeschichteten Treibscheiben</b> | <b>Elastomerbeschichtete Treibriemen</b> | <b>Elastomerbeschichtete Seile</b> | <b>Elastomerbeschichtete Zahnriemen</b> |
|--|---|---|--|------------------------------------|---|
| Informationen über die erforderlichen Endabschlüsse und deren Anwendung                          | X   | n. a.   | X  | X                                  | X                                       |
| n. a. nicht anwendbar  |   |   |  |                                    |   |
| ** Aufhängungsmittel, Ausgleichsmittel, Seilscheiben, Treibscheiben, Endabschlüsse, Kettenräder. |   |   |  |                                    |   |

#### **4.14 Ablegekriterien für Aufhängungsmittel und Kraftübertragungskontakt**

##### **4.14.1 Allgemeines**

Die Ablegekriterien müssen in den Anweisungen unter Berücksichtigung von ISO 8100-1:2023, Tabelle 12, und den folgenden Abschnitten festgelegt werden.

##### **4.14.2 Drahtseile aus Stahl**

###### **4.14.2.1 Stahldrahtseile in Kombination mit Treibscheiben aus Stahl/Gusseisen**

Für Stahldrahtseile gelten die Ablegekriterien nach ISO 4344:2022, Anhang G.

Für Stahldrahtseile mit einem Durchmesser  $d < 6$  mm müssen zusätzliche Überprüfungen und Ablegeregelungen mit Dauerbruchzähler gelten.

###### **4.14.2.2 Beschichtete Treibscheibe in Kombination mit 4–8 mm-Stahlseilen**

Neben der Ablegereife, die durch die Prüfung der Verringerung des Durchmessers mit einer speziellen Begrenzungslinie und einer Sichtprüfung nach ISO 4344:2022, Anhang G, angezeigt wird, müssen für die Treibscheibe zusätzliche visuelle Ablegekriterien gelten:

- die Dicke der Beschichtung erreicht die Ablegekriterien;
- Abnutzung oder Schäden an der Beschichtung legen das Metallteil der Treibscheibe frei; und
- Delamination der Beschichtung.

##### **4.14.3 Elastomerbeschichtetes Aufhängungsmittel**

Neben der durch die Überwachungsanzeige angezeigten Ablegereife müssen bei Bedarf auch visuelle Ablegekriterien berücksichtigt und auf Grundlage der spezifischen Konstruktionsanforderungen des Aufhängungsmittels definiert werden.

Die freie Länge des Aufhängungsmittels, einschließlich des Teils am Abschluss, muss einer Sichtprüfung unterzogen werden.

###### **4.14.3.1 Elastomerbeschichtete Treibriemen aus Stahl**

Die folgenden visuellen Ablegekriterien müssen berücksichtigt werden:

**E DIN EN ISO 8100-2:2024-02**  
**prEN ISO 8100-2:2023 (D)**

- abgenutzte Beschichtung oder Risse in der Beschichtung, die das tragende Element freilegen;
- verschlissenes oder beschädigtes Riemenprofil, das die Führung oder die Treibfähigkeit beeinträchtigt;
- gebrochene Drähte oder Kabel, die aus der Elastomerbeschichtung herausragen;
- Korrosion durch das tragende Element, das aus dem Beschichtungsmaterial herausragt;
- Durchstechen der Beschichtung durch Fremdkörper.

Die visuellen Ablegekriterien müssen auf der Grundlage der spezifischen Gestaltungsanforderungen des Aufhängungsmittels definiert werden, sofern erforderlich.

**4.14.3.2 Elastomerbeschichtete Stahldrahtseile**

Die folgenden visuellen Ablegekriterien müssen berücksichtigt werden:

- gebrochene Drähte oder eine einzelne Litze, die aus der Elastomerbeschichtung herausragt;
- die Beschichtung ist abgenutzt, beschädigt oder hat ihre Verbindung zum Stahldrahtseil verloren;
- Korrosion durch das tragende Element, das aus dem Beschichtungsmaterial herausragt;
- Stahldrahtseil mit einem Knick oder einer Verdrehung.

**4.14.3.3 Elastomerbeschichtete Zahnriemen**

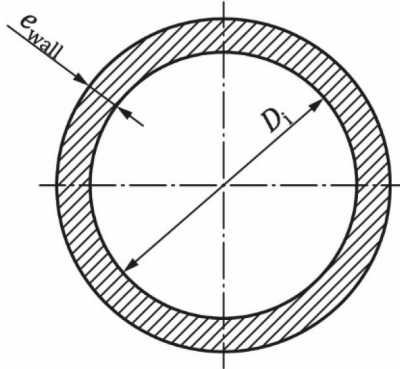
Die folgenden visuellen Ablegekriterien müssen berücksichtigt werden:

- Anforderungen nach 4.14.3.1; und
- beschädigter oder fehlender Zahn.

## 4.15 Berechnung von Kolben, Zylindern, festen Rohrleitungen und Armaturen

### 4.15.1 Berechnung gegen Überdruck

#### 4.15.1.1 Berechnung der Wanddicke von Kolben, Zylindern, festen Rohrleitungen und Zubehör (siehe Bild 11)



#### Legende

$e_{\text{wall}}$  Wandstärke des Zylinders / des Kolbens / der festen Rohrleitung in mm

$D_i$  Innendurchmesser des Zylinders / des Kolbens / der festen Rohrleitung in mm

**Bild 11 — Berechnung der Wanddicke**

Die Wanddicke,  $e_{\text{wall}}$ , wird mit der Gleichung (37) berechnet:

$$e_{\text{wall}} \geq \frac{2,3 \cdot 1,7 \cdot p}{R_{p0,2}} \cdot \frac{D_i}{2} + e_o \quad (37)$$

Dabei ist

$D_i$  der Innendurchmesser des Zylinders in mm;

$e_o = 1,0$  mm für die Wand und den Boden von Zylindern und festen Rohrleitungen zwischen dem Zylinder und dem Leitungsbruchventil, sofern vorhanden;

$e_o = 0,5$  mm für Kolben und andere feste Rohrleitungen;

$p$  der Druck bei Vollast in MPa;

$R_{p0,2}$  die Streckgrenze des Materials in  $\text{N}/\text{m}^2$ ;

2,3 der Faktor für Reibungsverluste (1,15) und Druckspitzen (2);

1,7 der Sicherheitsbeiwert für die Dehngrenze.

#### 4.15.1.2 Berechnung der Dicke des Bodens des Zylinders

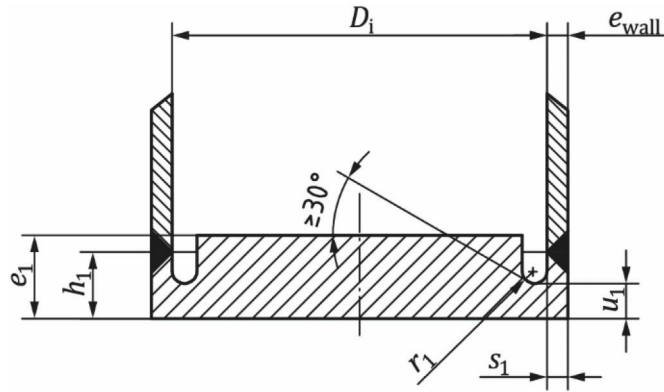
##### 4.15.1.2.1 Allgemeines

Die Böden der Zylinder müssen nach 4.15.1.2.2, 4.15.1.2.3 oder 4.15.1.2.4 gestaltet sein.

# - Entwurf -

**E DIN EN ISO 8100-2:2024-02**  
**prEN ISO 8100-2:2023 (D)**

## 4.15.1.2.2 Flache Böden mit Entlastungsnut (siehe Bild 12)



### Legende

- $e_1$  Dicke des flachen Bodens in mm
- $h_1$  Höhe äußere Bodenwand in mm
- $D_i$  Innendurchmesser des Zylinders in mm
- $e_{wall}$  Wanddicke des Zylinders in mm
- $u_1$  Dicke des Bodens an der Unterseite der Entlastungsnut in mm;
- $r_1$  Radius der Entlastungsnut in mm
- $s_1$  Dicke der Bodenwand in mm

**Bild 12 — Ebener Boden mit Entlastungsnut**

Bedingungen für die Spannungsentlastung der Schweißnaht, siehe Gleichung (38) bis Gleichung (43):

$$r_1 \geq 0,2 \cdot e_1 \quad (38)$$

$$\text{und } r_1 \geq 5 \text{ mm} \quad (39)$$

$$u_1 \leq 1,5 \cdot s_1 \quad (40)$$

$$h_1 \geq u_1 + r_1 \quad (41)$$

$$e_1 \geq 0,4 \cdot D_i \sqrt{\frac{2,3 \cdot 1,7 \cdot p}{R_{p0,2}}} + e_o \quad (42)$$

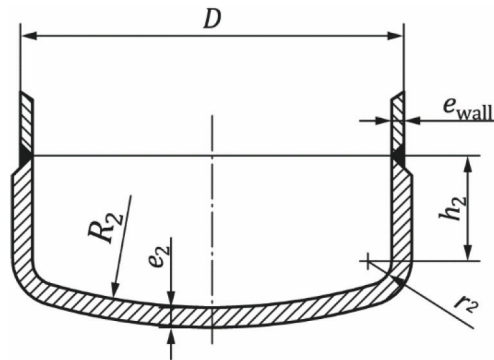
$$u_1 \geq 1,3 \cdot \left( \frac{D_i}{2} - r_1 \right) \cdot \frac{2,3 \cdot 1,7 \cdot p}{R_{p0,2}} + e_o \quad (43)$$

Dabei ist

- $D_i$  der Innendurchmesser des Zylinders in mm;
- $e_o$  1,0 mm für Wand und Boden der Zylinder;
- $e_1$  die Dicke des flachen Bodens in mm;
- $h_1$  die Höhe der Bodenwand in mm;
- $p$  der Druck bei Volllast in MPa;
- $r_1$  der Innenradius des Bodens in mm;

- $s_1$  die Dicke der Bodenwand in mm;
- $u_1$  die Dicke des Bodens an der Unterseite der Entlastungsnut in mm;
- 2,3 der Faktor für Reibungsverluste (1,15) und Druckspitzen (2);
- 1,7 der Sicherheitsbeiwert für die Dehngrenze.

**4.15.1.2.3 Gewölbte Böden (siehe Bild 13)**



**Legende**

- $D$  Außendurchmesser des Zylinders in mm
- $e_2$  Dicke des gewölbten Bodens in mm
- $e_{wall}$  Wanddicke des Zylinders in mm
- $h_2$  Höhe der Bodenwand in mm
- $r_2$  Innenradius des Bodens in mm
- $R_2$  Radius der Wölbung in mm

**Bild 13 — Gewölbte Böden**

Bedingungen, siehe Gleichung (43) bis Gleichung (46):

$$h_2 \geq 3,0 \cdot e_2 \tag{44}$$

$$r_2 \geq 0,15 \cdot D \tag{44}$$

$$R_2 = 0,8 \cdot D \tag{45}$$

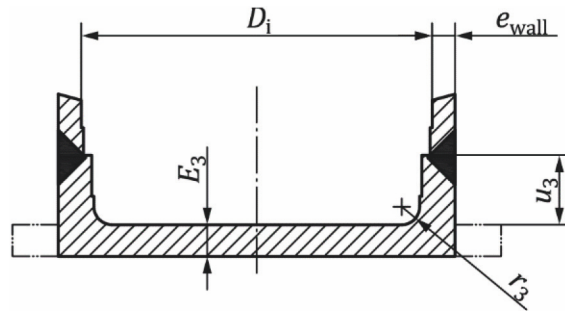
$$e_2 \geq \frac{2,3 \cdot 1,7 \cdot p}{R_{p0,2}} \cdot \frac{D}{2} + e_o \tag{46}$$

Dabei ist

- $D$  der Außendurchmesser des Zylinders in mm;
- $e_o$  1,0 mm für Wand und Boden der Zylinder;
- $e_2$  die Dicke des gewölbten Bodens in mm;
- $h_2$  die Höhe der Bodenwand in mm;
- $p$  der Druck bei Volllast in MPa;
- $r_2$  der Innenradius des Bodens in mm;

- $R_2$  der Innenradius des gewölbten Bodens in mm;
- $R_{p0,2}$  die Streckgrenze des Materials in  $N/m^2$ ;
- 2,3 der Faktor für Reibungsverluste (1,15) und Druckspitzen (2);
- 1,7 der Sicherheitsbeiwert für die Dehngrenze.

**4.15.1.2.4 Flache Böden mit Anschweißkrempe (siehe Bild 14)**



**Legende**

- $D_i$  Innendurchmesser des Zylinders in mm
- $E_3$  Dicke des flachen Bodens in mm
- $e_{wall}$  Wanddicke des Zylinders in mm
- $r_3$  Innenradius des Bodens in mm
- $u_3$  Höhe der Bodenwand in mm

**Bild 14 — Ebene Böden mit Anschweißkrempe**

Bedingungen, siehe Gleichungen (47) bis (50):

$$u_3 \geq e_3 + r_3 \tag{47}$$

$$r_3 \geq \frac{e_{wall}}{3} \tag{48}$$

$$\text{und } r_3 \geq 8 \text{ mm} \tag{49}$$

$$e_3 \geq 0,4 \cdot D_i \sqrt{\frac{2,3 \cdot 1,7 \cdot p}{R_{p0,2}}} + e_o \tag{50}$$

Dabei ist

- $u_3$  die Höhe der Bodenwand in mm;
- $e_3$  die Dicke des flachen Bodens in mm;
- $r_3$  der Innenradius des Bodens in mm;
- $e_{wall}$  die Wanddicke des Zylinders in mm;
- $D_i$  der Innendurchmesser des Zylinders in mm;
- $p$  der Druck bei Vollast in MPa;

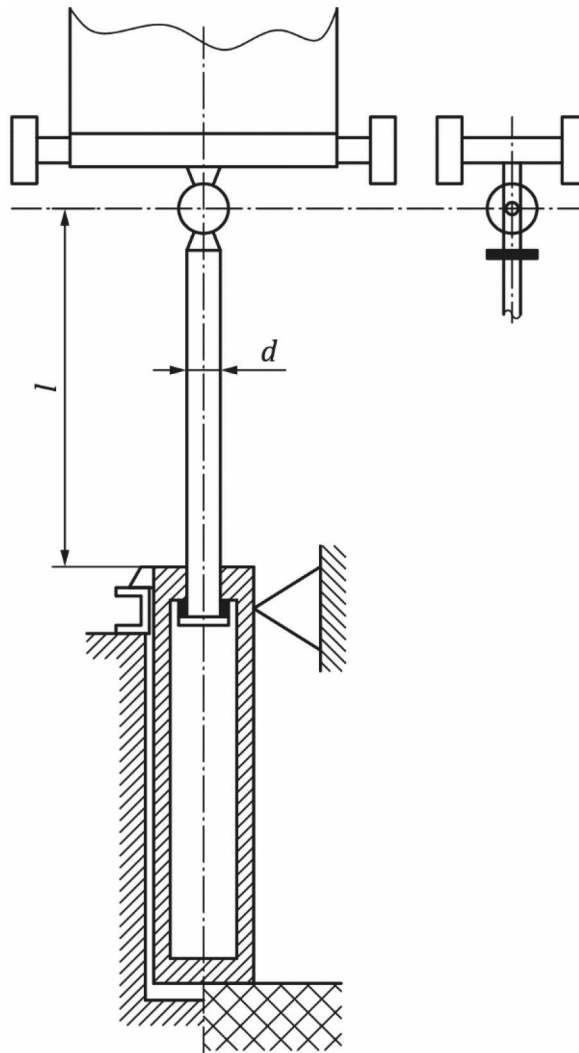
- $R_{p0,2}$  die Streckgrenze des Materials in  $N/m^2$ ;
- $e_0$  1,0 mm für Wand und Boden der Zylinder;
- 2,3 der Faktor für Reibungsverluste (1,15) und Druckspitzen (2);
- 1,7 der Sicherheitsbeiwert für die Dehngrenze.

#### 4.15.2 Berechnung der Kolben gegen Knicken

##### 4.15.2.1 Allgemeines

Die Knickberechnung muss an dem Teil mit dem geringsten Knickwiderstand nach den Gleichungen (51) bis (57) durchgeführt werden.

##### 4.15.2.2 Einfach wirkende Heber (siehe Bild 15)



#### Legende

- $d$  Durchmesser des Kolbens
- $l$  Länge der Kolben unter Knickung

Bild 15 — Einfach wirkende Heber

## - Entwurf -

**E DIN EN ISO 8100-2:2024-02**  
**prEN ISO 8100-2:2023 (D)**

$$\text{Für } \lambda_n \geq 100: F_s \leq \frac{\pi^2 \cdot E \cdot J_n}{2 \cdot l^2} \quad (51)$$

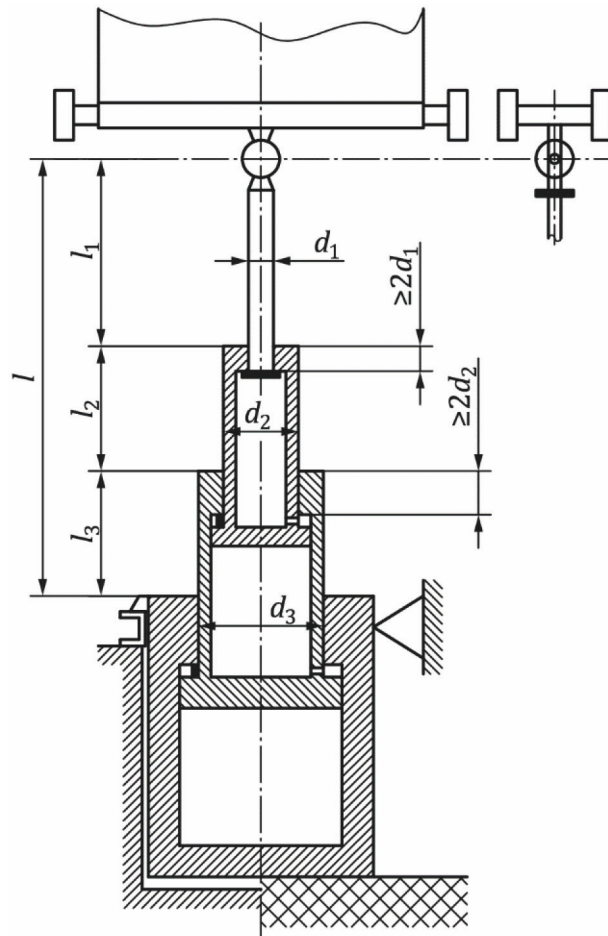
$$\text{Für } \lambda_n < 100: F_s \leq \frac{A_n}{2} \left[ R_{p0,2} - (R_{p0,2} - 210) \cdot \left( \frac{\lambda_n}{100} \right)^2 \right] \quad (52)$$

$$F_s = 1,4 \cdot g_n \cdot [c_m \cdot (P+Q) + 0,64 \cdot P_r + P_{rh}] \quad (\text{gültig für nach oben ausfahrende Kolben}) \quad (53)$$

Dabei ist

- $A_n$  die Querschnittsfläche des Kolbenmaterials, zu berechnen in  $\text{mm}^2$  ( $n = 1, 2, 3$ );
- $c_m$  die Einscherung;
- $E$  der Elastizitätsmodul in  $\text{N/mm}^2$  (für Stahl:  $E = 2,1 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ );
- $F_s$  die tatsächliche angewendete Knickkraft in N;
- $g_n$  die Normalfallbeschleunigung in  $\text{mm/s}^2$ ;
- $i_n$  der Trägheitsradius des zu berechnenden Kolbens in mm ( $n = 1, 2, 3$ );
- $J_n$  das Flächenträgheitsmoment des zu berechnenden Kolbens in biquadratischen mm ( $n = 1, 2, 3$ );
- $l$  die maximale Länge von Kolben unter Knickung in mm;
- $P$  die Masse des leeren Fahrkorbs und des Anteils der an dem Fahrkorb hängenden Hängekabel in kg;
- $P_r$  die Masse des zu berechnenden Kolbens in kg;
- $P_{rh}$  die Masse der Kolbenkopfausrüstung in kg;
- $Q$  die in dem Fahrkorb angezeigte Bemessungslast (Masse) in kg;
- $R_m$  die Zugfestigkeit des Materials in  $\text{N/mm}^2$ ;
- $R_{p0,2}$  die Streckgrenze des Materials in  $\text{N/mm}^2$ ;
- $\lambda_n = \frac{l}{i_n}$  der Schlankheitsgrad des zu berechnenden Kolbens;
- 1,4 der Überdruckwert;
- 2 der Sicherheitsbeiwert gegen Knicken.

4.15.2.3 Teleskopheber ohne externe Führung, Berechnung des Kolbens (siehe Bild 16)



**Legende**

- $d_1, d_2, d_3$  Durchmesser der Teleskopkolbenabschnitte
- $l$  Länge des freitragenden Abschnitts
- $l_1, l_2, l_3$  Länge der Teleskopkolbenabschnitte, die Knicken ausgesetzt sind

**Bild 16 — Teleskopheber ohne äußere Führung**

$$l = l_1 + l_2 + l_3,$$

$$v = \sqrt{\frac{J_1}{J_2}}; J_3 \geq J_2 > J_1$$

$$l_1 = l_2 = l_3$$

$$\lambda_e = \frac{l}{i_e} \text{ wobei } i_e = \frac{d_m}{4} \sqrt{\phi \cdot \left[ 1 + \left( \frac{d_{mi}}{d_m} \right)^2 \right]}$$

Für  $\lambda_e \geq 100$

$$F_s \leq \frac{\pi^2 \cdot E \cdot J_2}{2 \cdot l^2} \cdot \phi$$

Für  $\lambda_e < 100$

$$F_s \leq \frac{A_n}{2} \cdot \left[ R_{p0,2} - (R_{p0,2} - 210) \cdot \left( \frac{\lambda_n}{100} \right)^2 \right]$$

(Annahme für die vereinfachte Berechnung:  $J_3 = J_2$ )

für 2 Abschnitte:

$$\phi = 1,25 \cdot v - 0,2$$

für  $0,22 < v < 0,65$

für 3 Abschnitte:

$$\phi = 1,5 \cdot v - 0,2$$

für  $0,22 < v < 0,65$

$$\phi = 0,65 \cdot v + 0,35$$

für  $0,65 < v \leq 1$

Gültig für nach oben ausfahrende Kolben:

## - Entwurf -

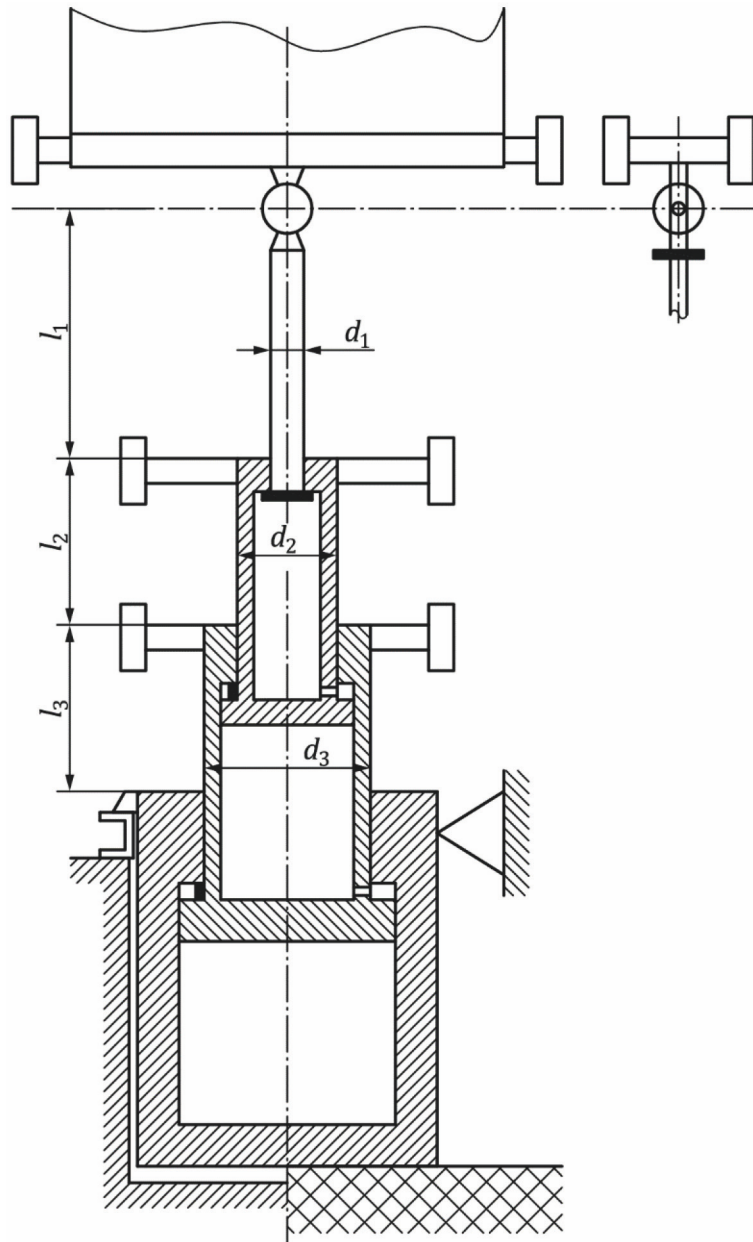
**E DIN EN ISO 8100-2:2024-02**  
**prEN ISO 8100-2:2023 (D)**

$$F_s = 1,4 \cdot g_n \cdot [c_m \cdot (P + Q) + 0,64 \cdot P_r + P_m + P_{rt}] \quad (54)$$

Dabei ist/sind

- $A_n$  die Querschnittsfläche des Kolbenmaterials, zu berechnen in  $\text{mm}^2$  ( $n = 1, 2, 3$ );
- $c_m$  die Einscherung;
- $d_m$  der Außendurchmesser des größten Kolbens bei Teleskophebern in mm;
- $d_{mi}$  der Innendurchmesser des größten Kolbens bei Teleskophebern in mm;
- $E$  der Elastizitätsmodul in  $\text{N/mm}^2$  (für Stahl:  $E = 2,1 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ );
- $F_s$  die tatsächliche angewendete Knickkraft in N;
- $g_n$  die Normalfallbeschleunigung in  $\text{mm/s}^2$ ;
- $i_e$  der Ersatzträgheitsradius eines Teleskophebers in mm;
- $i_n$  der Trägheitsradius des zu berechnenden Kolbens in mm ( $n = 1, 2, 3$ );
- $J_n$  das Flächenträgheitsmoment des zu berechnenden Kolbens in biquadratischen mm ( $n = 1, 2, 3$ );
- $l$  die maximale Länge von Kolben unter Knickung in mm;
- $P$  die Masse des leeren Fahrkorbs und des Anteils der an dem Fahrkorb hängenden Hängekabel in kg;
- $P_r$  die Masse des zu berechnenden Kolbens in kg;
- $P_{rh}$  die Masse der Kolbenkopfausrüstung in kg;
- $P_{rt}$  die Masse der Kolben, die auf den zu berechnenden Kolben wirken (im Fall von Teleskophebern) in kg;
- $Q$  die in dem Fahrkorb angezeigte Bemessungslast (Masse) in kg;
- $R_m$  die Zugfestigkeit des Materials in  $\text{N/mm}^2$ ;
- $R_{p0,2}$  die Streckgrenze des Materials in  $\text{N/mm}^2$ ;
- $\lambda_e = \frac{l}{i_e}$  der Ersatzschlankheitsgrad eines Teleskophebers;
- $\lambda_n = \frac{l}{i_n}$  der Schlankheitsgrad des zu berechnenden Kolbens;
- $\nu, \phi$  die Faktoren zur Darstellung von Näherungen aus experimentell bestimmten Kurven;
- 1,4 der Überdruckwert;
- 2 der Sicherheitsbeiwert gegen Knicken.

4.15.2.4 Teleskopheber mit externer Führung (siehe Bild 17)



**Legende**

$d_1, d_2, d_3$  Durchmesser der Teleskopkolbenabschnitte

$l_1, l_2, l_3$  Länge der Teleskopkolbenabschnitte, die Knicken ausgesetzt sind

**Bild 17 — Teleskopheber mit äußerer Führung**

$$\text{Für } \lambda_n \geq 100: F_s \leq \frac{\pi^2 \cdot E \cdot J_n}{2 \cdot l_n^2} \quad (55)$$

$$\text{Für } \lambda_n < 100: F_s \leq \frac{A_n}{2} \left[ R_{p0,2} - (R_{p0,2} - 210) \cdot \left( \frac{\lambda_n}{100} \right)^2 \right] \quad (56)$$

Gültig für nach oben ausfahrende Kolben:

$$F_s = 1,4 \cdot g_n \cdot [c_m \cdot (P + Q) + 0,64 \cdot P_r + P_{rh} + P_{rt}] \quad (57)$$

Dabei ist

- $A_n$  die Querschnittsfläche des Kolbenmaterials, zu berechnen in  $\text{mm}^2$  ( $n = 1, 2, 3$ );
- $c_m$  die Einscherung;
- $D_m$  der Außendurchmesser des größten Kolbens bei Teleskophebern in mm;
- $D_{mi}$  der Innendurchmesser des größten Kolbens bei Teleskophebern in mm;
- $E$  der Elastizitätsmodul in  $\text{N/mm}^2$  (für Stahl:  $E = 2,1 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ );
- $F_s$  die tatsächliche angewendete Knickkraft in N;
- $g_n$  die Normalfallbeschleunigung in  $\text{mm/s}^2$ ;
- $i_n$  der Trägheitsradius des zu berechnenden Kolbens in mm ( $n = 1, 2, 3$ );
- $J_n$  das Flächenträgheitsmoment des zu berechnenden Kolbens in biquadratischen mm ( $n = 1, 2, 3$ );
- $l_n$  die Länge des Kolbens unter Knickung in mm ( $n = 1, 2, 3$ );
- $P$  die Masse des leeren Fahrkorbs und des Anteils der an dem Fahrkorb hängenden Hängekabel in kg;
- $P_r$  die Masse des zu berechnenden Kolbens in kg;
- $P_{rh}$  die Masse der Kolbenkopfausrüstung in kg;
- $P_{rt}$  die Masse der Kolben, die auf den zu berechnenden Kolben wirken (im Fall von Teleskophebern) in kg;
- $Q$  die in dem Fahrkorb angezeigte Bemessungslast (Masse) in kg;
- $R_m$  die Zugfestigkeit des Materials in  $\text{N/mm}^2$ ;
- $R_{p0,2}$  die Streckgrenze des Materials in  $\text{N/m}^2$ ;
- $\lambda_n = \frac{l}{i_n}$  der Schlankheitsgrad des zu berechnenden Kolbens;
- 1,4 der Überdruckwert;
- 2 der Sicherheitsbeiwert gegen Knicken.

## 4.16 Pendelschlagversuche

### 4.16.1 Allgemeines

Die Pendelschlagversuche müssen nach den folgenden Vorgaben durchgeführt werden.

**ANMERKUNG** Pendelschlagversuche können für eine „Familie“ von Türen festgelegt werden, z. B. auf Basis von Typ und minimalen/maximalen Maßen.

## **4.16.2 Prüfstand**

### **4.16.2.1 Stoßkörper für den harten Stoß**

Der Stoßkörper für den harten Stoß muss wie in Bild 18 dargestellt sein. Er besteht aus einem Stoßring aus dem Stahl S 235JR nach EN 10025-2:2019 und den Mantelstücken aus dem Stahl E 295 nach EN 10025-2:2019. Die Gesamtmasse des Stoßkörpers wird durch Auffüllen mit Schrot aus Bleikugeln mit  $3,5 \text{ mm} \pm 0,05 \text{ mm}$  Durchmesser auf  $10 \text{ kg} \pm 0,01 \text{ kg}$  gebracht.

### **4.16.2.2 Stoßkörper für den weichen Stoß**

Der Stoßkörper für den weichen Stoß muss

- a) wie in Bild 19 dargestellt sein und aus einem Ledersack bestehen, der mit Schrot aus Bleikugeln mit  $3,5 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$  Durchmesser auf eine Gesamtmasse von  $45 \text{ kg} \pm 0,5 \text{ kg}$  gebracht wird; oder
- b) ein Sack nach ISO 29584:2015, 5.1, sein.

### **4.16.2.3 Aufhängung der Stoßkörper**

Die Stoßkörper müssen mit einem etwa 3 mm starken Stahlseil so an einem Ausleger befestigt werden, dass der horizontale Abstand der Außenseite des frei hängenden Stoßkörpers von der Probenoberfläche höchstens  $15 \text{ mm} \pm 10 \text{ mm}$  beträgt.

Die Länge des Schlagpendels (unteres Hakenende bis Bezugspunkt des Stoßkörpers) muss mindestens 1,5 m betragen.

### **4.16.2.4 Zug- und Auslösevorrichtung**

Die Stoßkörper müssen mit einer Zug- und Auslösevorrichtung auf die Fallhöhe nach 4.16.3.2 und 4.16.3.3 gebracht werden. Die Auslösevorrichtung darf beim Auslösen dem Stoßkörper keinen zusätzlichen Impuls geben.

Das Tragseil muss ohne Drehmoment am Stoßkörper eingehängt werden, um ein Durchdrehen des Stoßkörpers nach der Auslösung zu verhindern.

Das Tragseil darf in der geschwungenen Position vor dem Auslösen keinen Winkel aufweisen. Einheitliche Ergebnisse müssen durch eine dreieckige Einhängung erzielt werden, bei der der Schwerpunkt des Stoßkörpers in einer Linie mit dem Hubseil in der Auslöseposition liegt.

### **4.16.2.5 Prüfmuster**

**4.16.2.5.1** Die Prüfmuster müssen vollständig sein und die vorgesehene Größe und Befestigung entsprechend der spezifischen Anwendung aufweisen. Die Prüfmuster müssen so am Prüfgestell befestigt werden, dass an den Befestigungspunkten keine Verformungen unter Prüfbedingungen möglich sind (starre Befestigung).

**4.16.2.5.2** Die Prüfmuster müssen den Herstellungsanforderungen entsprechen.

## **4.16.3 Prüfungen**

**4.16.3.1** Die Prüfungen müssen bei Temperaturen von  $23 \text{ °C} \pm 5 \text{ °C}$  durchgeführt werden. Die Proben müssen unmittelbar vor den Versuchen mindestens 4 h bei dieser Temperatur gelagert werden.

**4.16.3.2** Der Pendelschlagversuch mit hartem Stoßkörper muss mit einem Stoßkörper nach 4.16.2.1 aus einer Fallhöhe und mit einer Prüfanordnung nach Bild 18 und Bild 20 durchgeführt werden.

**E DIN EN ISO 8100-2:2024-02**  
**prEN ISO 8100-2:2023 (D)**

**4.16.3.3** Der Pendelschlagversuch mit weichem Stoßkörper muss mit einem Stoßkörper nach 4.16.2.2 aus einer Fallhöhe und mit einer Prüfanzordnung nach Bild 19 und Bild 20 durchgeführt werden.

**4.16.3.4** Der Stoßkörper muss auf die erforderliche Fallhöhe gebracht und freigegeben werden (z. B. ISO 8100-1:2023, 4.3.5.2.2).

den festgelegten Auftreffpunkt des betreffenden Teils des Prüfmusters zu treffen (z. B., weil die Breite der Probe kleiner als 240 mm ist), muss der Stoßkörper so nahe wie möglich am festgelegten Auftreffpunkt auftreffen.

**4.16.3.5** Mit jeder der in 4.16.2.1 und 4.16.2.2 geforderten Stoßkörper ist nur eine Prüfung für jeden Auftreffpunkt erforderlich.

Wenn Pendelschlagversuche sowohl mit hartem als auch weichem Stoßkörper durchgeführt werden müssen, müssen sie an demselben Prüfmuster durchgeführt werden und der Pendelschlagversuch mit hartem Stoßkörper muss zuerst durchgeführt werden.

**4.16.3.6** Haltestellentüren müssen von der Seite der Haltestelle aus geprüft werden. Fahrkorbtüren und Fahrkorbwände müssen von der Fahrkorbseite aus geprüft werden.

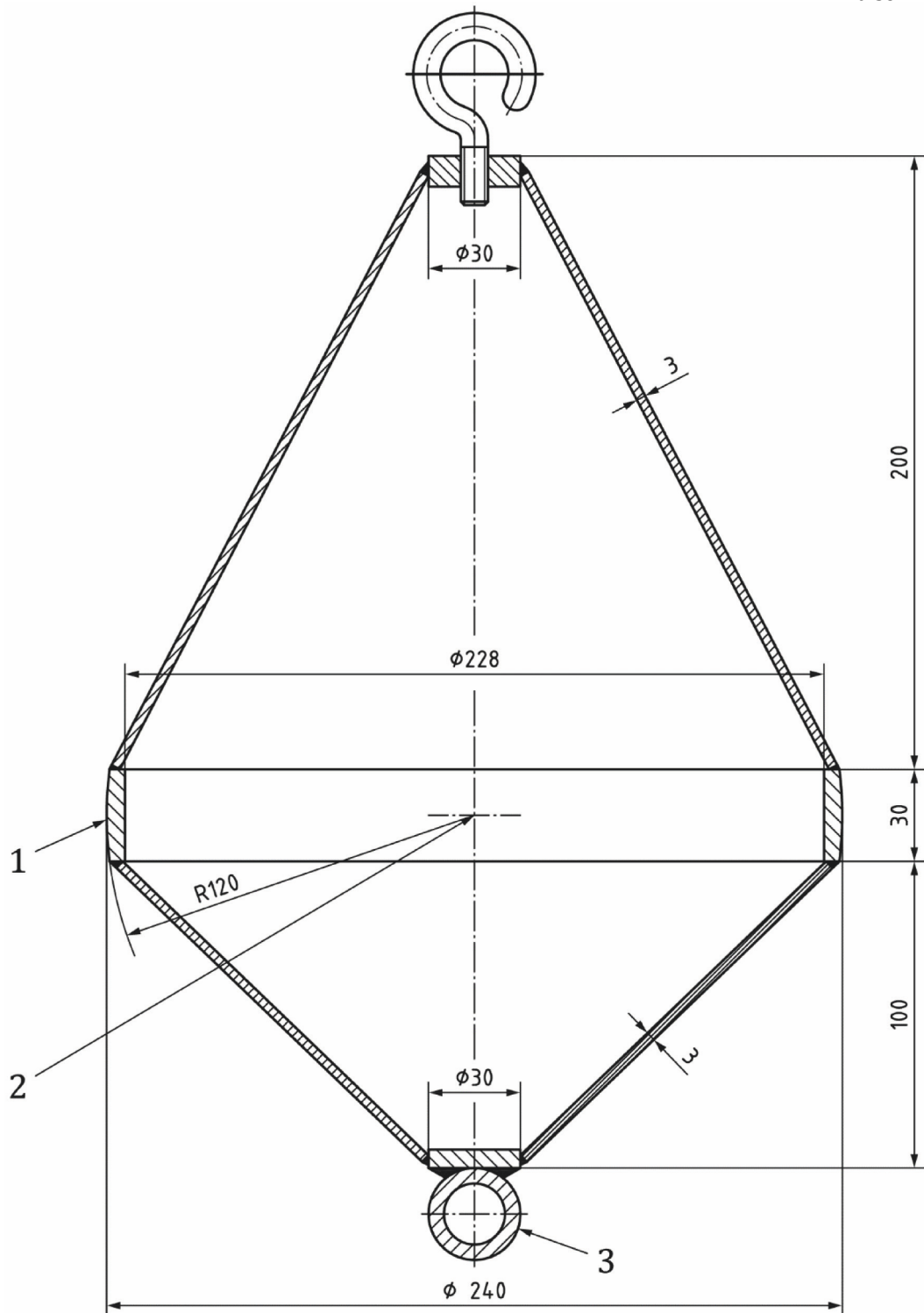
**4.16.4 Auswertung der Versuchsergebnisse**

Nach der Prüfung müssen Überprüfungen anhand der Spezifikation (z. B. ISO 8100-1:2023, 4.3.5.2.4) durchgeführt werden.

**4.16.5 Prüfbericht**

Der Prüfbericht muss mindestens die folgenden Angaben enthalten:

- a) Bezeichnung der Probe;
- b) Datum der Versuche;
- c) Maße und Aufbau der Probe;
- d) Befestigung der Probe;
- e) Fallhöhen bei den Versuchen;
- f) Anzahl der durchgeführten Versuche;
- g) Prüfergebnisse einschließlich einer Verweisung auf den/die Abschnitt(e) der Norm, die für die Definition der Prüfspezifikationen verwendet wird/werden;
- h) Verweisung auf dieses Dokument.



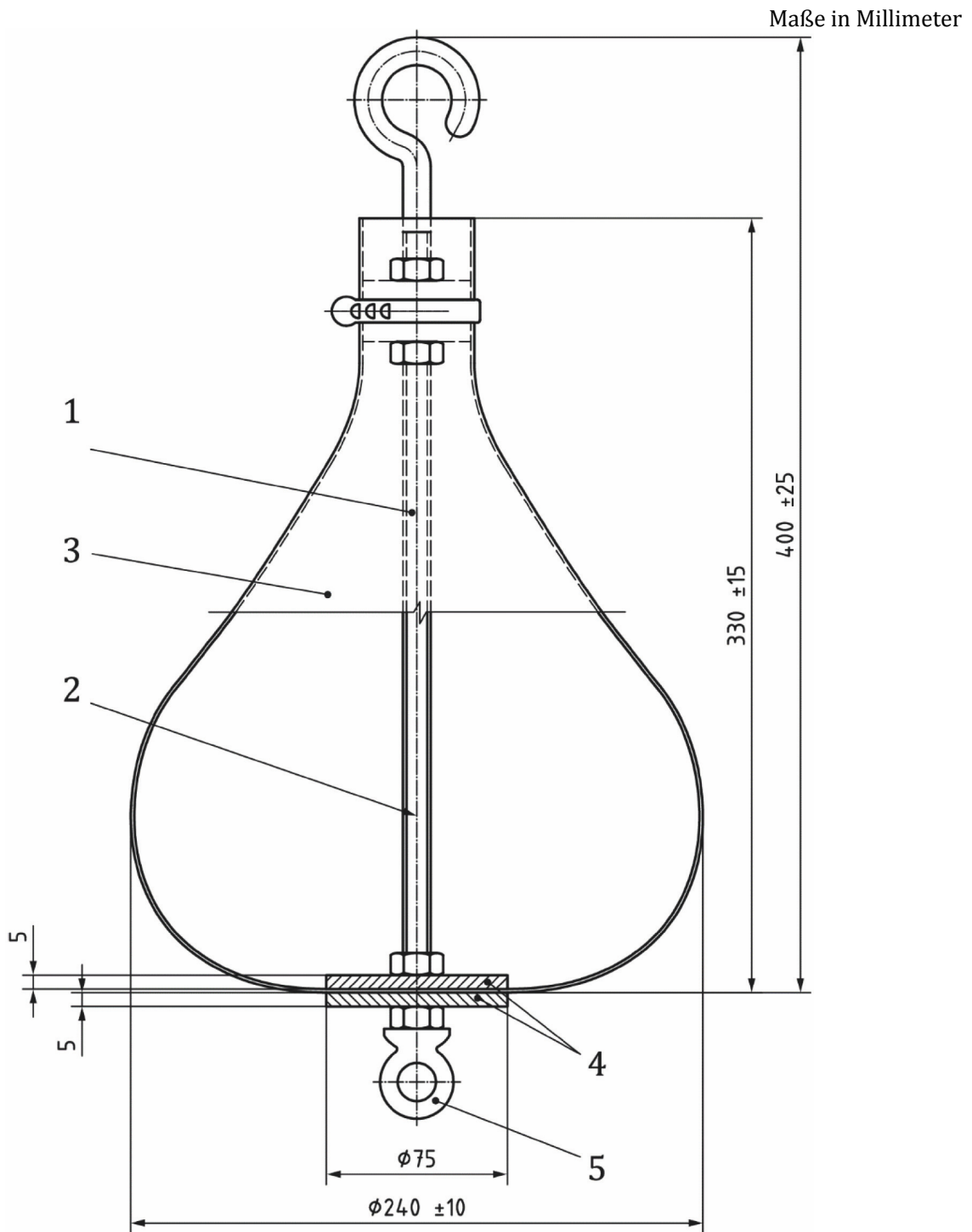
**Legende**

- 1 Stoßring
- 2 Bezugspunkt zum Messen der Fallhöhe in der Ebene des größten Durchmessers
- 3 Befestigungspunkt für die Auslöseeinrichtung

**Bild 18 — Stoßkörper für den harten Stoß**

# - Entwurf -

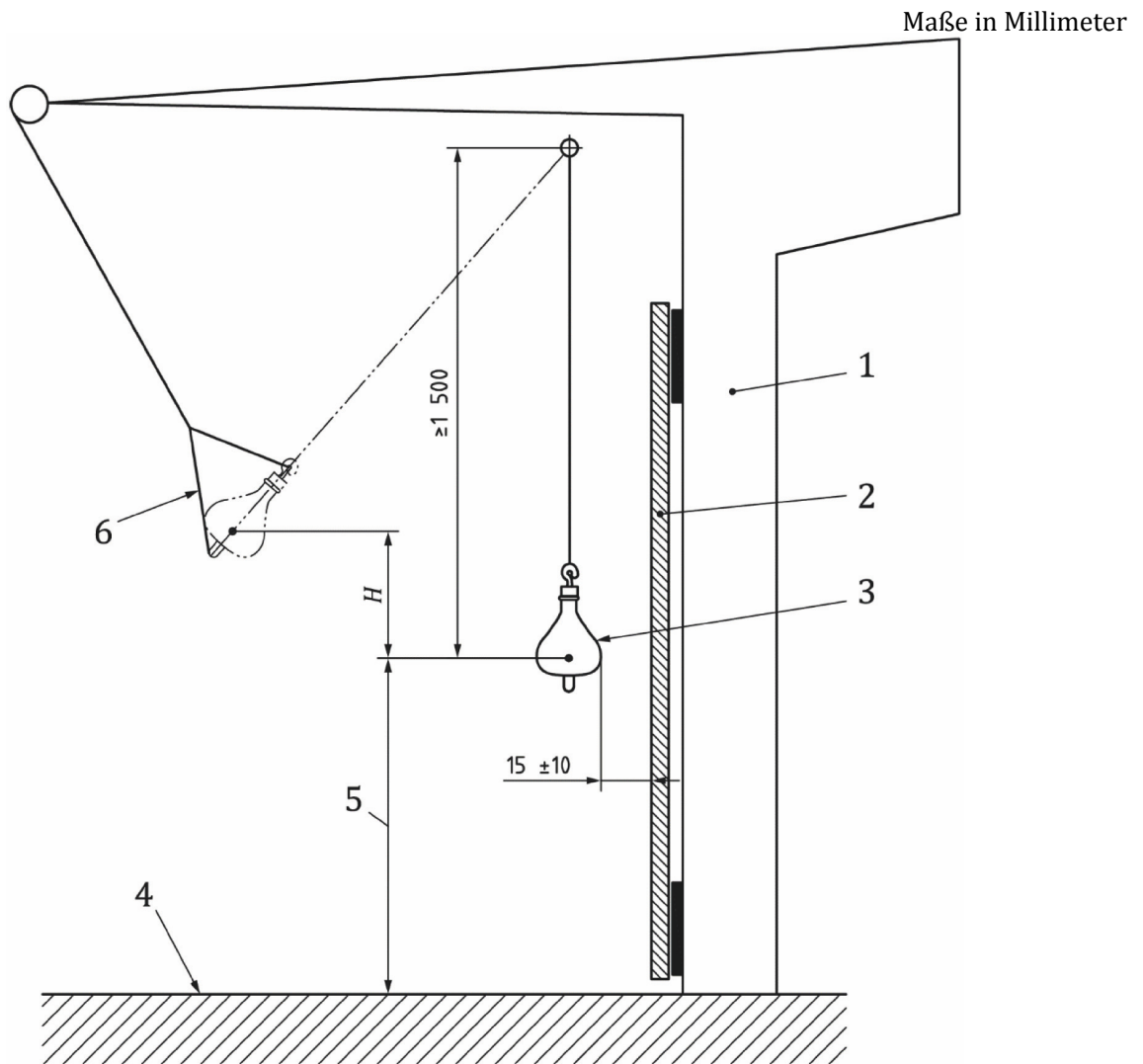
E DIN EN ISO 8100-2:2024-02  
prEN ISO 8100-2:2023 (D)



## Legende

- 1 Schraubstange
- 2 Bezugspunkt zum Messen der Fallhöhe in der Ebene des größten Durchmessers
- 3 Ledersack
- 4 Stahlscheibe
- 5 Befestigungspunkt für die Auslöseeinrichtung

**Bild 19 — Stoßkörper für den weichen Stoß**



### Legende

- 1 Rahmen
  - 2 zu prüfendes Tür- oder Fahrkorb-Wandelement
  - 3 Stoßkörper
  - 4 Bodenebene in Bezug auf das zu prüfende Tür- oder Fahrkorb-Wandstrukturelement
  - 5 Höhe des Auftreffpunkts: Der Wert für die Höhe der Auftreffpunkte ist in den entsprechenden Abschnitten angegeben.
  - 6 Konfiguration der dreieckigen Einhängung wie in 4.16.2.4 beschrieben
- $H$  Fallhöhe

**Bild 20 — Fallhöhe des Prüfstands**

### 4.17 Elektrische und elektronische Bauteile — Fehlerausschluss

Fehlerausschlüsse dürfen nur gemacht werden, wenn die Bauelemente innerhalb der ungünstigsten Grenzen ihrer Eigenschaften, Werte, Temperatur, Feuchtigkeit, Spannung und Erschütterungen verwendet werden.

Bei Anwendung eines Fehlerausschlusses muss für die relevanten Betriebsparameter bei Normalbetrieb üblicherweise ein Überbemessungswert von mindestens 1,5 verwendet werden.

Tabelle 3 beschreibt Voraussetzungen, unter denen bestimmte Fehler nach ausgeschlossen werden können.

# - Entwurf -

## E DIN EN ISO 8100-2:2024-02 prEN ISO 8100-2:2023 (D)

Tabelle 3 stellt keine erschöpfende Liste der möglichen Fehlerausschlüsse nach ISO 8100-1:2023, 4.11.1.1, dar. Es dürfen auch andere Verfahren zum Fehlerausschluss verwendet werden, z. B. eine feste Isolation nach der Normenreihe IEC 60664. Alle Fehlerausschlüsse müssen begründet und dokumentiert werden.

Die möglichen Fehlerausschlüsse gelten nicht für den Schutz gegen elektrischen Schlag. Die Anforderungen an den Schutz gegen elektrischen Schlag bleiben in jedem Fall gültig (z. B. doppelte oder verstärkte Isolation zwischen PELV und anderen Schaltungen).

**Tabelle 3 — Ausschluss von Fehlern**

| Bauteil  | Möglicher Fehlerausschluss     |             |                          |                              |                       | Bedingungen   | Anmerkungen |
|--|--------------------------------|-------------|--------------------------|------------------------------|-----------------------|---|-------------|
|  | Unterbrechung des Stromkreises | Kurzschluss | Änderung zu höherem Wert | Änderung zu niedrigerem Wert | Änderung der Funktion |   |             |
| <b>1 Passive Elemente</b>                          |                                |             |                          |                              |                       |   |             |
| 1.1 Festwiderstand                                 | NEIN                           | (a)         | NEIN                     | (a)<br>(b)<br>(c)            |                       | (a) kann in folgenden Fällen ausgeschlossen werden:<br>Der Widerstand ist ein Film- oder drahtgewickelter Einschicht-Widerstand mit einem Schutz, der das Abwickeln des Drahtes im Falle eines Bruchs verhindert, mit axialen Drahtanschlüssen, axial montiert und lackiert.<br>ODER<br>Widerstände für die Oberflächenmontage müssen Dünnschicht-Metallwiderstände mit den Gehäusetypen MELF, miniMELF oder $\mu$ MELF sein. |             |
|  |                                |             |                          |                              |                       | (b) Eine beliebige Wertänderung von $0,5R_N < R < \text{unendlich}$ , wobei $R_N$ der Nennwert des Widerstands ist, muss berücksichtigt werden.   |             |
|  |                                |             |                          |                              |                       | (c) Auf der Oberflächenschicht der Leiterplatte unterhalb des Widerstands darf sich keine Leiterbahn und kein Via befinden.   |             |
| 1.2 Variabler Widerstand                           | NEIN                           | NEIN        | NEIN                     | NEIN                         |                       |   |             |
| 1.3 nichtlineare Widerstände<br>NTC, PTC, VDR, IDR | NEIN                           | NEIN        | NEIN                     | NEIN                         |                       |   |             |
| 1.4 Kondensator                                    | NEIN                           | NEIN        | NEIN                     | NEIN                         |                       |   |             |
| 1.5 Induktive Bauelemente<br>— Spule<br>— Drossel  | NEIN                           | (a)         | NEIN                     | NEIN                         |                       | (a) Ein Kurzschluss kann ausgeschlossen werden, wenn die Spule einschichtig, emailliert oder vergossen, mit axialen Drahtanschlüssen ausgestattet und axial montiert ist.   |             |
| <b>2 Halbleiter</b>                                |                                |             |                          |                              |                       |   |             |

**Tabelle 3 (fortgesetzt)**

| Bauteil                             | Möglicher Fehlerausschluss     |             |                          |                              |                       | Bedingungen   | Anmerkungen  |
|-------------------------------------|--------------------------------|-------------|--------------------------|------------------------------|-----------------------|---|--|
|                                     | Unterbrechung des Stromkreises | Kurzschluss | Änderung zu höherem Wert | Änderung zu niedrigerem Wert | Änderung der Funktion |   |  |
| 2.1 Diode, LED                      | NEIN                           | NEIN        |                          |                              | NEIN                  |   | Änderung der Funktion bedeutet Änderung des Rückwärtsstromwerts.   |
| 2.2 Zenerdiode                      | NEIN                           | NEIN        |                          | NEIN                         | NEIN                  |   | Wertänderung in niedrigeren Wert bedeutet Änderung der Zenerspannung. Änderung der Funktion bedeutet Änderung des Rückwärtsstromwerts. |
| 2.3 Thyristor, Triac, GTO           | NEIN                           | NEIN        |                          |                              | NEIN                  |   | Änderung der Funktion bedeutet Selbsttriggern oder Verriegelung von Bauelementen.  |
| 2.4 Optokoppler, digitaler Isolator | NEIN                           | (a)         |                          |                              | NEIN                  | (a) Ein Kurzschluss über die Isolationsbarriere kann ausgeschlossen werden, wenn:<br><br>Die Signalisolationskomponente ist entsprechend der Überspannungskategorie III nach IEC 60664-1:2020 ausgelegt.<br>Es werden Maßnahmen ergriffen, um sicherzustellen, dass ein interner Fehler der Signalisolationskomponente nicht zu einer übermäßigen Erwärmung ihres Isoliermaterials führen kann. | Siehe auch ISO 13849-2 und IEC 61800-5-2.  |

**Tabelle 3 (fortgesetzt)**

| Bauteil                                 | Möglicher Fehlerausschluss     |             |                          |                              |                       | Bedingungen   |  | Anmerkungen   |
|---|--------------------------------|-------------|--------------------------|------------------------------|-----------------------|---|--|---|
|   | Unterbrechung des Stromkreises | Kurzschluss | Änderung zu höherem Wert | Änderung zu niedrigerem Wert | Änderung der Funktion |   |  |   |
|   |                                |             |                          |                              |                       | Spannungen Außenleiter-Erde je nach Bemessungssystemspannung bis einschließlich $V_{rms}$ und Gleichspannung.   | Bevorzugte Reihe für Stoßspannungsfestigkeit in Volt für Anlagen |   |
|   |                                |             |                          |                              |                       |   | Kategorie III  |   |
|   |                                |             |                          |                              |                       | 50  | 800  |   |
|   |                                |             |                          |                              |                       | 100   | 1 500  |   |
|   |                                |             |                          |                              |                       | 150   | 2 500  |   |
|   |                                |             |                          |                              |                       | 300   | 4 000  |   |
|   |                                |             |                          |                              |                       | 600   | 6 000  |   |
|   |                                |             |                          |                              |                       | 1 000   | 8 000  |   |
| 2.5 Hybridschaltungen                   | NEIN                           | NEIN        | NEIN                     | NEIN                         | NEIN                  |   |  |   |
| 2.6 Integrierte Schaltungen             | NEIN                           | NEIN        | NEIN                     | NEIN                         | NEIN                  |   |  | Änderung der Funktion zum Schwingen, „und“-Gatter wird „oder“-Gatter usw. |
| <b>3 Sonstige Komponenten</b>           |                                |             |                          |                              |                       |   |  |   |
| 3.1 Verbindungselemente, Klemmenstecker | NEIN                           | (a)         |                          |                              |                       | (a) Die Luft- und Kriechstrecken sind mindestens nach IEC 60664-1:2020 mit den folgenden Bedingungen bemessen:<br>— Überspannungskategorie III;<br>— der Verschmutzungsgrad beträgt 3;<br>— die Werkstoffgruppe ist III;<br>— inhomogenes Feld. |  |   |

Normen-Download-Beuth-VFA-Interliff-e. V.-KdNr.6363432-ID.x2-JRH0FdMdASn3QE-yLsvAXoJwW5SNnBKvIqQ2J-2024-01-24 10:55:15

**Tabelle 3 (fortgesetzt)**

| Bauteil           | Möglicher Fehlerausschluss     |             |                          |                              |                       | Bedingungen  | Anmerkungen  |
|-------------------|--------------------------------|-------------|--------------------------|------------------------------|-----------------------|--|--|
|                   | Unterbrechung des Stromkreises | Kurzschluss | Änderung zu höherem Wert | Änderung zu niedrigerem Wert | Änderung der Funktion |  |  |
|                   |                                |             |                          |                              |                       | <p>Nichtbenutzung der Spalte „Material für gedruckte Schaltungen“ von <u>IEC 60664-1:2020</u>, Tabelle F.5. Das bedeutet, dass die Kriechstrecken 4 mm und die Luftstrecken 3 mm in 2 000 m Höhe für 250 V<sub>rms</sub> betragen. Für andere Spannungen und größere Höhen siehe <u>IEC 60664-1:2020</u>, Tabellen A.2, F.1, F.2 und F.5.</p> <p>Dies sind absolute Mindestgrößen für die angeschlossene Einheit und keine Rastermaße oder theoretischen Werte. Falls der Schutzgrad des Steckverbinders IP54 oder besser ist, kann der Verschmutzungsgrad 2 verwendet werden.</p> |  |
| 3.2 Neonlampe     | NEIN                           | NEIN        |                          |                              |                       |  |  |
| 3.3 Transformator | NEIN                           | (a)         | (a)                      | (a)                          |                       | <p>(a) Kann unter der Bedingung ausgeschlossen werden, dass der Transformator IEC 61558-1:2017, 18, für doppelte oder verstärkte Isolierungen zwischen Wicklungen sowie zwischen Wicklungen und dem Kern entspricht.</p>   | <p>Kurzschlüsse sind sowohl Kurzschlüsse von Primärwicklungen oder Sekundärwicklungen als auch zwischen Primär- und Sekundärspulen.</p> <p>Änderung des Wertes bezieht sich auf Änderung des Spannungsverhältnisses durch Teilkurzschluss in einer Wicklung.</p> |
| 3.4 Sicherung     | NEIN                           | (a)         |                          |                              |                       | <p>(a) Kann ausgeschlossen werden, wenn die Sicherung richtig ausgelegt und entsprechend den zutreffenden IEC-Normen konstruiert ist.</p>  | <p>Kurzschluss bedeutet Kurzschluss der durchgebrannten Sicherung.</p>   |

**Tabelle 3 (fortgesetzt)**

| Bauteil                          | Möglicher Fehlerausschluss     |             |                          |                              |                       | Bedingungen   | Anmerkungen  |
|----------------------------------|--------------------------------|-------------|--------------------------|------------------------------|-----------------------|---|--|
|                                  | Unterbrechung des Stromkreises | Kurzschluss | Änderung zu höherem Wert | Änderung zu niedrigerem Wert | Änderung der Funktion |   |  |
| 3.5 Relais und Schütze           | NEIN                           | (a)<br>(b)  |                          |                              |                       | <p>(a) Kurzschlüsse zwischen den Kontakten sowie zwischen Kontakten und Spule können ausgeschlossen werden, wenn das Relais die Anforderungen der Normen erfüllt, die die Verwendung dieses Dokuments fordern (z. B. ISO 8100-1:2023, 4.10.3.2.2).</p> <p>(b) Das Verschweißen der Kontakte kann nicht ausgeschlossen werden. Es gelten jedoch die Annahmen, die in den Normen, die die Verwendung dieses Dokuments fordern (z. B. ISO 8100-1:2023, 4.10.3.1.2 und 4.10.3.1.3), festgelegt sind.</p>  |  |
| 3.6 Gedruckte Leiterplatte (PCB) | NEIN                           | (a)         |                          |                              |                       | <p>(a) Der Kurzschluss kann ausgeschlossen werden, wenn:</p> <p>Als Ausgangsmaterial schwer entflammables EP GC nach IEC 60893-3-1:2012, Tabelle 1, verwendet wird.</p> <p>Die Luft- und Kriechstrecken mindestens nach IEC 60664-1:2020 mit den folgenden Bedingungen bemessen sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Überspannungskategorie III;</li> <li>— der Verschmutzungsgrad beträgt 3;</li> <li>— die Werkstoffgruppe ist III;</li> <li>— inhomogenes Feld.</li> </ul> <p>Nichtbenutzung der Spalte „Material für gedruckte Schaltungen“ von IEC 60664-1:2020, Tabelle 4. Das bedeutet, dass die Kriechstrecken 4 mm und die Luftstrecken 3 mm in 2 000 m Höhe für 250 V<sub>rms</sub> betragen. Für andere Spannungen und größere Höhen siehe IEC 60664-1:2020, Tabellen A.2, F.1, F.2 und F.5.</p> | NEMA FR4 entspricht EP GC 202<br>NEMA FR5 entspricht EP GC 204 |

**Tabelle 3 (fortgesetzt)**

| Bauteil   | Möglicher Fehlerausschluss     |             |                          |                              |                       | Bedingungen  | Anmerkungen |
|---|--------------------------------|-------------|--------------------------|------------------------------|-----------------------|--|-------------|
|   | Unterbrechung des Stromkreises | Kurzschluss | Änderung zu höherem Wert | Änderung zu niedrigerem Wert | Änderung der Funktion |  |             |
|   |                                |             |                          |                              |                       | <p>Falls der Schutzgrad der Leiterplatte IP54 oder besser ist und die bedruckte(n) Seite(n) mit alterungsbeständigem Lack, der alle Leiterwege bedeckt, beschichtet ist/sind und für die inneren Schichten mehrschichtiger Leiterplatten ein Verschmutzungsgrad 2 verwendet werden kann.</p> <p>ANMERKUNG Die Erfahrung hat gezeigt, dass Lötmasken eine ausreichende Schutzschicht darstellen.</p> <p>Bei mehrschichtigen Leiterplatten kann ein Kurzschluss zwischen leitenden Teilen verschiedener Schichten ausgeschlossen werden, wenn das Isoliermaterial zwischen den Schichten die folgenden Bedingungen erfüllt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Isoliermaterial mit einer Minstdicke von 0,4 mm; oder</li> <li>— Mindestens 3 Prepregs oder andere dünn-schichtige Isoliermaterialien, wobei die Kombination von Prepregs eine verstärkte Isolierung ergeben muss.</li> </ul> |             |
| 3.7 Bestückung der Leiterplatte   | NEIN                           | (a)         |                          |                              |                       | <p>(a) Kurzschluss kann in den Fällen ausgeschlossen werden, in denen er für Bauelemente selbst ausgeschlossen werden kann und die Bauelemente so angeordnet sind, dass die Kriech und Luftstrecken weder durch die Bestückungstechnik noch durch die PCB selbst nicht unter die Mindestwerte nach 3.1 und 3.6 dieser Tabelle fallen.</p>  |             |
| <p>In der Tabelle bedeuten:</p> <p>„Nein“ in einer Zeile: Kein Fehlerausschluss, d. h. er muss berücksichtigt werden.</p> <p>Keine Angabe in der Zelle: der Fehlertyp ist nicht relevant.</p> |                                |             |                          |                              |                       |  |             |

**4.18 Auslegungsregeln für Schaltungen mit SIL-Einstufung**

Schaltungen mit SIL-Einstufung müssen die Anforderungen der Norm, die die Anwendung dieser Norm fordert (z. B. ISO 8100-1:2023, 4.11.2.1.7), und eine der folgenden Anforderungen erfüllen:

- a) mindestens die in Anhang A aufgeführten relevanten Anforderungen; oder
- b) die relevanten Anforderungen der Normenreihe IEC 61508, mit den folgenden Einschränkungen:

Normen-Download-Beuth-VFA-Interliff-e. V.-KdNr.:6363432-ID.x2-JRH0FdMdsn3QE-yLsvAXojoW5SNnBKvIqQJ-2024-01-24 10:55:15

— IEC 61508-2:2010.

Tabelle 2 und die erste Zeile von Tabelle 3 dürfen nicht angewendet werden.

— IEC 61508-3:2010.

Es darf nur Anhang G, „G.2 Konfiguration mit eingeschränktem Umfang, eingeschränkte Anwendungskonfigurierbarkeit“ verwendet werden.

Das Bedarfsintervall darf 100 s nicht überschreiten.

## **5 Verwendung von ISO/TS 8100-3**

ISO/TS 8100-3:2019, Abschnitt 4, enthält Anforderungen, die eingehalten werden müssen, wenn sie in Kombination mit diesem Dokument verwendet werden.

## Anhang A (normativ)

### Schaltungen mit SIL-Einstufung

#### A.1 Kurzbeschreibungen

Als Folge der Erkennung eines Fehlers muss die Schaltung mit SIL-Einstufung (Src) einen sicheren Zustand einleiten.

ANMERKUNG 1 Für die Definition des sicheren Zustands siehe andere Normen, die die Verwendung dieser Norm fordern (z. B. ISO 8100-1:2023, 4.11.2.1.1).

Es ist folgendes Intervall für die Diagnoseprüfung zur Erkennung eines Fehlers durch die Online-Diagnose erforderlich:

- für SIL3 innerhalb von 24 h<sup>2)</sup> der aufgelaufenen Betriebszeit der Schaltung mit SIL-Einstufung;

ANMERKUNG 2 Selbst bei Vorliegen eines unentdeckten Einzelfehlers in einem Kanal eines Mehrkanalsystems ist die Schaltung mit SIL-Einstufung aufgrund ihrer Architektur in der Lage, einen sicheren Zustand innerhalb der Ansprechzeit einzuleiten.

- für SIL2 und SIL1 innerhalb von 1 s.

ANMERKUNG 3 Aktuelle Technologien und Anwendungen von Diagnosemaßnahmen erlauben im Allgemeinen kürzere Zeitintervalle.

Bei elektromechanischen Bauteilen, wie z. B. Relais und Schütze, können Fehler ohne Betätigung nicht erkannt werden. Daher gilt:

- für SIL3 müssen elektromechanische Bauteile mindestens einmal monatlich betätigt werden;
- für SIL2 und SIL1 müssen elektromechanische Bauteile mindestens einmal jährlich betätigt werden.

Für SIL2 und SIL3 muss eine Ausfallrate für gefährliche Soft Errors  $\lambda_{D\_Soft}$  von 500 FIT/Mbit zusätzlich zur Ausfallrate der Bauteile für alle sicherheitsrelevanten variablen Informationsspeicher (z. B. Speicher, CPU-Timer und E/A-Register usw.) berücksichtigt werden.

#### A.2 Methoden und Maßnahmen zur Vermeidung und Erkennung von Fehlern

Tabelle A.1 — Gemeinsame Maßnahmen zur Vermeidung und Erkennung von Fehlern — Auslegung der Hardware

| Gegenstand   | Maßnahme                                    | Beschreibung der Maßnahme   | Informative Verweisung auf IEC 61508-7:2010 |
|--|---|---|---|
| Komponentenauswahl   | Überdimensionierung von Hardwarekomponenten | Siehe 4.17 und andere Normen, die die Verwendung dieser Norm fordern (z. B. ISO 8100-1:2023, 4.11.2.3.2 und 4.11.2.4.2).                | A.2.8                                       |
| E/A-Einheiten und Schnittstellen einschließlich Kommunikationsverbindungen | Schutz des sicheren Zustands                | Bei Inbetriebnahme, Stromausfall oder Zurücksetzen muss der definierte sichere Zustand der Sicherheitsfunktion(en) sichergestellt sein. | —   |

**- Entwurf -**

**E DIN EN ISO 8100-2:2024-02**  
**prEN ISO 8100-2:2023 (D)**

**Tabelle A.1 (fortgesetzt)**

| <b>Gegenstand</b>  | <b>Maßnahme</b>  | <b>Beschreibung der Maßnahme</b>  | <b>Informative Verweisung auf IEC 61508-7:2010</b> |
|--|--|---|--|
| <b>Variable Speicherbereiche in programmierbaren elektronischen Systemen</b> | Zu verwendende Technologie                             | Es dürfen nur Speicher verwendet werden, die aus Festkörperelementen aufgebaut sind. Es dürfen keine Speicher mit elektromechanisch betriebenen Elementen (z. B. Festplatten) verwendet werden.   | —  |
|  | Verfahren zur Fehlererkennung                          | Variable Datenspeicher müssen mit dem entsprechenden Prüfverfahren geprüft werden (siehe Tabelle B.7).<br><br>— während der Inbetriebnahme;<br><br>der Übergang in den Normalbetrieb darf nur erfolgen, wenn die Prüfung erfolgreich durchgeführt wurde,<br><br>— in regelmäßigen Abständen während der Betriebszeit.                           | A.5  |
|  | Schutz sicherheitsbezogener Daten beim Fernzugriff     | Der direkte Fernzugriff auf variable Speicherbereiche ist nur durch eine sicherheitsbezogene Funktion zulässig, die die Sicherheitsfunktion sicherstellt  | —  |
| <b>Unveränderliche Speicherbereiche</b>                                      | Fehlererkennung bei unveränderlichen Speicherbereichen | Programmcode-Speicher sowie fester Datenspeicher müssen mit dem entsprechenden Prüfverfahren geprüft werden (siehe Tabelle B.6).<br><br>— während der Inbetriebnahme;<br><br>der Übergang in den Normalbetrieb darf nur erfolgen, wenn die Prüfung erfolgreich durchgeführt wurde,<br><br>— in regelmäßigen Abständen während der Betriebszeit. | A.4.2  |
| <b>Unveränderliche Speicherbereiche (Forts.)</b>                             | Schutz vor Veränderung des Programmcodes               | Der Programmcode muss so gespeichert und verschlüsselt werden, dass er vor Ort nicht unbemerkt verändert werden kann, weder durch die Schaltung mit SIL-Einstufung selbst noch durch eine externe Vorrichtung.  |  |

Normen-Download-Beuth-VFA-Interliff.e. V.-Kd.Nr. 6363432-ID.x2-JRH0FdMdASn3QE-yL.SvAXoJoW5SSNnBKvIqQ2J-2024-01-24 10:55:15

**Tabelle A.2 — Gemeinsame Maßnahmen zur Vermeidung und Erkennung von Fehlern — Auslegung der Software**

| Gegenstand      | Maßnahme                               | Beschreibung der Maßnahme  | Informative Verweisung auf IEC 61508-7:2010 |
|-----------------|--|--|---|
| <b>Struktur</b> | Programmstruktur:<br>— Modularisierung | <ul style="list-style-type: none"> <li>— Eine Softwarefunktion (oder ein entsprechendes Unterprogramm) muss eine einzige, gut definierte Aufgabe oder Funktion erfüllen.</li> <li>— Verbindungen zwischen Funktionen müssen begrenzt und streng definiert sein.</li> <li>— Softwarefunktionen dürfen mit anderen Softwarefunktionen nur über ihre Schnittstellen kommunizieren.</li> <li>— Alle Softwarefunktionsschnittstellen müssen vollständig dokumentiert werden.</li> <li>— Jede Softwarefunktionsschnittstelle darf nur die für ihre Funktion notwendigen Parameter enthalten.</li> </ul>  | B.3.4<br>C.2.9                              |
|                 | — Strukturierte Programmierung         | <ul style="list-style-type: none"> <li>— Die Schnittstelle der Softwarefunktion ist auf acht Eingabe- und zwei Ausgabeparameter beschränkt.</li> <li>— Jede Funktion ist durch ihre Schnittstellen und lokalen Variablen funktional isoliert.</li> <li>— Globale oder gemeinsame Variablen müssen gut strukturiert sein, der Zugriff muss kontrolliert und ihre Verwendung muss in jedem Einzelfall begründet werden.</li> <li>— Jede Funktion darf nur einen Eingang und einen normalen Ausgang haben und kann einen separaten Ausfallausgang haben.</li> <li>— Nur eine Anweisung je Codezeile.</li> <li>— Die Namen von Funktionen und Variablen müssen einen sinnvollen Namen haben.</li> <li>— Die Module sind durch ihre Schnittstellen entkoppelt und alle Interaktionen sind explizit.</li> <li>— Keine Zweigbedingungen mit mehr als drei Bedingungen.</li> <li>— Keine uneingeschränkte Sprunganweisung (goto) in höherer Sprache.</li> <li>— Keine komplexen Berechnungen als Entscheidungsgrundlage für Verzweigungen und Schleifen vermeiden.</li> <li>— Keine Zuweisungen innerhalb von Bedingungen.</li> <li>— In jeder Case-Anweisung einer switch-case Struktur muss eine Break-Anweisung enthalten sein; Abweichungen müssen in jedem Fall begründet werden.</li> <li>— Gut dokumentierter Quellcode.</li> </ul> <p>Für weitere anzuwendende Regeln siehe Tabelle A.18</p> | C.2.7                                       |

**- Entwurf -**

**E DIN EN ISO 8100-2:2024-02**  
**prEN ISO 8100-2:2023 (D)**

**Tabelle A.2 (fortgesetzt)**

| <b>Gegenstand</b>          | <b>Maßnahme</b>   | <b>Beschreibung der Maßnahme</b>  | <b>Informative Verweisung auf IEC 61508-7:2010</b> |
|----------------------------|---|---|--|
| <b>Interrupts</b>          | Vorhersehbares Verhalten der Software.  | Anwendungsgesteuerte Interrupts müssen auf drei Interrupt-Quellen beschränkt sein. Keine Verwendung von verschachtelten Interrupts, es sei denn, es wurde nachgewiesen, dass die einzelnen möglichen Sequenzen von Interrupts die Sicherheitsfunktion(en) nicht beeinträchtigen.<br>Traps (z. B. Division durch Null, Zugriffsverletzung usw.) und Hardware-Interrupts, die für Kommunikationszwecke verwendet werden (z. B. CAN, UART), gelten nicht als Anwendungsinterrupt.<br>Für jede Interrupt-Quelle muss ein bestimmtes Verhalten implementiert werden. | C.2.6.5  |
| <b>Abschaltung</b>         | Sicherstellung der Konsistenz der sicherheitsbezogenen Daten bei der Abschaltung. | Das Speichern von persistenten Daten für sicherheitsbezogene Funktionen darf nicht bis zur Abschaltung verzögert werden.  | —  |
| <b>Speicher-management</b> | Schutz vor Speichermangel und Engpässen bei den Ressourcen während der Laufzeit.  | <ul style="list-style-type: none"> <li>— Keine dynamische Zuweisung von Speicherressourcen.</li> <li>— Alle Speicherressourcen müssen bei der Inbetriebnahme zugewiesen werden.</li> <li>— Der/Die Stack(s) müssen auf Über- und Unterschreitung überwacht werden.</li> <li>— Es ist keine rekursive Programmierung zulässig.</li> </ul>  | C.2.6.3<br><br>C.5.4<br><br>C.2.6.7                |
| <b>Programm</b>            | Geeignete Programmiersprache.   | Verwendung von C mit Subset und Kodierungsstandard und Verwendung von statischen Analysewerkzeugen, die die folgenden Aspekte abdecken: <ul style="list-style-type: none"> <li>— Boundary-Prüfung;</li> <li>— Kontrollflussanalyse (Befehlsabdeckung für Architekturen I + II, Verzweigungsabdeckung für Architektur III).</li> </ul> ANMERKUNG Assembler darf nur in einem begrenzten Umfang verwendet werden, z. B. bei der Inbetriebnahme, bei lauffzeitkritischen Codeabschnitten und bei Hintergrundprüfungen während der Laufzeit.                        | C.2.6.2<br><br>C.4.1<br><br>C.4.5                  |
|                            | Sicherstellung der Ansprechzeit.  | <ul style="list-style-type: none"> <li>— Zyklisches Verhalten, mit garantierter maximaler Zykluszeit oder zeitgesteuerter Architektur.</li> <li>— Iterationsschleifen, die kürzer als die Ansprechzeiten sind (z. B. durch Begrenzung der Anzahl der Schleifen oder Überwachung der Ausführungszeit).</li> </ul>  | C.3.11   |

Normen-Download-Beuth-VFA-Interliff-e. V.-KdNr.6363432-ID.x2-JRH0FdMdASn3QE-yLsvAXoJoW5SSNnBKvIqQZj-2024-01-24 10:55:15

**Tabelle A.2 (fortgesetzt)**

| <b>Gegenstand</b>                   | <b>Maßnahme</b>  | <b>Beschreibung der Maßnahme</b>  | <b>Informative Verweisung auf IEC 61508-7:2010</b> |
|-------------------------------------|--|---|--|
|                                     | Schutz vor unbeabsichtigter Änderung des variablen Datenspeichers. | <ul style="list-style-type: none"> <li>— Indexierter Zugriff auf Arrays.</li> <li>— Pointer-Zugriff ist nur möglich, wenn Array-Boundary-Prüfungen durchgeführt werden.</li> <li>— Keine Funktionsaufrufe über einen Pointer auf eine Funktion, es sei denn, er wird beim Start zugewiesen und während der Laufzeit nicht verändert.</li> </ul> | C.2.6.6  |
|                                     | Schutz vor unerwarteten Programmfehlern.                           | Definierte Handhabung der Ausnahmen (z. B. Teilen durch Null, Überlauf, Prüfen des Wertebereichs von Variablen usw.), die das System in einen definierten sicheren Zustand zwingt.  | C.2.5  |
|                                     |  | Plausibilitätsprüfungen von Daten (z. B. Eingabemuster, Eingabebereiche und interne Daten).   | C.3.1  |
| <b>Bussystem und E/A-Handhabung</b> | Statische Systemarchitektur.                                       | Keine Änderung der logischen Architektur während der Laufzeit   |  |

**Tabelle A.3 — Gemeinsame Maßnahmen für den Entwurf und den Implementierungsprozess**

| <b>Maßnahme</b>   | <b>Beschreibung der Maßnahme</b>  | <b>Informative Verweisung auf IEC 61508-7:2010</b> |
|---|---|--|
| Dokumentation der funktionalen, umgebungs- und schnittstellenbezogenen Aspekte der Anwendung.   |   | B.1.1<br>B.1.2<br>A.14                             |
| Dokumentation der Anforderungsspezifikation einschließlich der Sicherheitsanforderungen<br><br>— Strukturierte Spezifikation<br><br>— Semiformale Verfahren | <ul style="list-style-type: none"> <li>— Erstellung von (Unter-)Anforderungen,</li> <li>— Beschreibung der Schnittstellen,</li> <li>— Konsistenzprüfungen.</li> </ul> Anwendung von mindestens einer der Maßnahmen, sofern zutreffend<br><br><ul style="list-style-type: none"> <li>— Logik-/Funktionsblockdiagramme,</li> <li>— Sequenzdiagramme,</li> <li>— Endliche Zustandsautomaten/Zustandsübergangsdigramme,</li> <li>— Entscheidungs-/Wahrheitstabellen.</li> </ul> sofern zutreffend, um das System systematisch zu partitionieren und zu dokumentieren. | B.2.1<br><br>B.2.3<br><br>C.2.1                    |
| Nochmalige Prüfung aller Spezifikationen.   |   | B.2.6  |

**Tabelle A.3 (fortgesetzt)**

| <b>Maßnahme</b>  | <b>Beschreibung der Maßnahme</b>  | <b>Informative Verweisung auf IEC 61508-7:2010</b>   |
|--|---|--|
| Entwurfsdokumentation wie in 4.6.1 gefordert   | und zusätzlich:<br><ul style="list-style-type: none"> <li>— Funktionsbeschreibung einschließlich Systemarchitektur und Hardware/Software-Wechselwirkung;</li> <li>— Softwaredokumentation einschließlich Beschreibung der Funktion und Programmablauf.</li> </ul>   | B.2.3<br>B.3.2<br>B.3.4<br>C.5.9   |
| Berichte über Entwurfsprüfungen.   |   | B.3.7<br>B.3.8<br>C.5.16   |
| Durchführung einer Sicherheitsanalyse in Form einer FMEDA (Failure Mode Effect and Diagnostic Analysis).                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>— Berücksichtigung von Fehlern, intern (Komponentenfehler) und extern (über Schnittstellen),</li> <li>— Anwendung der gültigen Fehlermodi,</li> <li>— Definition der geplanten Maßnahmen zur Fehlererkennung und -kontrolle (vgl. Tabelle A.4 bis Tabelle A.13),</li> <li>— Zuweisung der Fehlerraten der Komponenten (<math>\lambda D</math>).</li> </ul> | B.6.6  |
| Prüfspezifikationen und Prüfberichte des Herstellers:  | <ul style="list-style-type: none"> <li>— statische Codeprüfung, Branch Code Coverage (C1), Modulprüfungen;</li> <li>— Hardware-/Software-Integration und Fehlersimulationsprüfungen;</li> <li>— Systemprüfung in einer realen Anwendung für einen Aufzug;</li> <li>— Prüfung der entsprechenden Systemkonfigurationen.</li> </ul>   | B.5.1<br>B.5.2<br>B.5.3<br>B.6.4<br>B.6.8<br>B.6.9<br>B.6.10<br>C.4.7<br>C.5.2<br>C.5.4<br>C.5.8 |
| Prüfspezifikationen und Prüfberichte des Herstellers zu Umweltprüfungen einschließlich EMV.  | Siehe 4.6.3 und andere Normen, die die Verwendung dieser Norm fordern (z. B. ISO 8100-1:2023, 4.10.1.1.1).  | B.6.1<br>B.6.2   |
| Dokumentation zu Installation, Konfiguration, Betrieb, Wartung und Prüfung einschließlich der Grenzen für den bestimmungsgemäßen Gebrauch. | Diese Informationen müssen in einem Handbuch dokumentiert werden, das zusammen mit der Schaltung mit SIL-Einstufung geliefert wird (siehe Normen, die die Anwendung dieser Norm fordern (z. B. ISO 8100-1:2023, 6.2))   | B.4  |
| Auslegungsänderung.  | Wiederholung und Aktualisierung aller relevanten Maßnahmen auf Grundlage einer Auswirkungsanalyse, in der die Auswirkungen der Änderung auf die bestehende Schaltung mit SIL-Einstufung beschrieben werden.   | C.5.23<br>C.5.25   |

Normen-Download-Beuth-VFA-Interliff.e.V.-KdNr.:6363432-ID.x2-JRH0FdMdASn3QE-yL5vAXoJoW5SNnBKvIqQ2J-2024-01-24 10:55:15

**Tabelle A.3 (fortgesetzt)**

| <b>Maßnahme</b>  | <b>Beschreibung der Maßnahme</b>  | <b>Informative Verweisung auf IEC 61508-7:2010</b> |
|--|---|--|
| Implementierung der Verfolgung von Anforderungen für die Phase des Entwicklungslebenszyklus der Schaltung mit SIL-Einstufung.  |   | C.2.11   |
| Implementierung einer Versionskontrolle für Hardware und Software und zulässiger Kombinationen.  | Die Versionen, die geprüft wurden und Teil der Schaltung mit SIL-Einstufung sind, müssen identifiziert werden.  | C.5.24   |
| Bestimmung und Berechnung der sicherheitsbezogenen Parameter (Ansprechzeit, PPFH <sub>Src</sub> , PFD <sub>Src</sub> ).  | <ul style="list-style-type: none"> <li>— Für die Ansprechzeit einer Sicherheitsfunktion siehe andere Normen, die die Anwendung dieser Norm fordern (z. B. ISO 8100-1:2023, 4.11.2.1.6).</li> <li>— Siehe Tabelle A.16 für Einzelheiten zur Berechnung von PPFH<sub>Src</sub> und PFD<sub>Src</sub>.</li> <li>— Für die Zeitspanne zur Erkennung eines Fehlers durch die Online-Diagnose siehe A.1.</li> </ul> |  |
| <b>ANMERKUNGEN:</b><br>PFD <sub>Src</sub> Wahrscheinlichkeit eines gefährlichen Fehlers bei Anforderung (gilt für eine Anforderung der Sicherheitsfunktion, die weniger als einmal jährlich erfolgen kann)<br>PPFH <sub>Src</sub> Wahrscheinlichkeit eines gefährlichen Fehlers je Stunde (gilt für eine Anforderung der Sicherheitsfunktion mehr als einmal jährlich) |   |  |

### **A.3 Methoden und Maßnahmen zur Fehlererkennung und -kontrolle im Betrieb**

**Tabelle A.4 — Struktur**

| <b>Anforderung</b>  | <b>SIL</b> | <b>Maßnahme</b>                     | <b>Beschreibung der Maßnahme</b>   | <b>Informative Verweisung auf IEC 61508-7:2010</b> |
|---|------------|-------------------------------------|--|--|
| Die Struktur muss so beschaffen sein, dass zufällige Fehler erkannt werden. | 1          | Einkanalige Struktur mit Selbsttest | Zur Sicherstellung einer sicheren Abschaltung müssen selbst bei einkanaliger Ausführung redundante Abschaltungspfade vorgesehen werden, entweder durch die Prozesseinheit selbst oder die Überwachungseinheit.<br><br>Die Hardware wird mit Hilfe von Standardverfahren entwickelt, bei denen keine besonderen Sicherheitsanforderungen berücksichtigt werden.<br><br>Siehe Tabelle A.15, für die vorgesehene Architektur für SIL1 | Elektrische Sicherheits-schaltung:<br>A.1.1        |

**- Entwurf -**

**E DIN EN ISO 8100-2:2024-02**  
**prEN ISO 8100-2:2023 (D)**

**Tabelle A.4 (fortgesetzt)**

| <b>Anforderung</b> | <b>SIL</b> | <b>Maßnahme</b>  | <b>Beschreibung der Maßnahme</b>   | <b>Informative Verweisung auf IEC 61508-7:2010</b> |
|--------------------|------------|--|--|--|
|                    | 2          | Einkanalige Struktur mit Selbsttest und externer Überwachung | <p>Es sind mindestens zwei unabhängige Abschaltpfade erforderlich, damit die Abschaltung entweder durch die Prozesseinheit selbst oder die Überwachungseinheit eingeleitet werden kann.</p> <p>Eine einkanalige Struktur mit Selbsttest und Überwachung besteht aus einer gesonderten Hardwareüberwachungseinheit, die unabhängig von der Anwendung regelmäßig Testdaten von dem System erhält, die aus dem Ergebnis von Selbsttestverfahren sein können.</p> <p>Zusätzliche spezielle Hardware-Einrichtungen unterstützen Selbsttestfunktionen zur Fehlererkennung. Dies könnte beispielsweise eine Hardware-Einheit sein, die nach dem Überwachungsprinzip zyklisch die Ausgabe auf ein bestimmtes Bitmuster überwacht.</p> <p>Siehe Tabelle A.15, für die vorgesehene Architektur für SIL2</p>  | A.3.3  |
|                    | 3          | Zwei Kanäle oder mehr mit Vergleich                          | <p>Zweikanalig sicherheitsgerichtet aufgebaute Steuerungen besitzen zwei unabhängige und rückwirkungsfreie Funktionseinheiten. Dies ermöglicht die selbstständige Ausführung der spezifizierten Funktionen in jedem Kanal. Für eine zweikanalige Schaltung mit SIL-Einstufung, die ausschließlich für die Funktion einer Sicherheitseinrichtung aufgebaut ist, darf der Aufbau der Kanäle hard- und softwaremäßig identisch sein. Im Fall einer zweikanaligen Schaltung mit SIL-Einstufung für komplexe Lösungen (z. B. Kombination mehrerer Sicherheitsfunktionen), deren Prozesse oder Bedingungen definitiv nicht verifizierbar sind, sollte Diversität von Hardware und Software berücksichtigt werden.</p> <p>Die Struktur beinhaltet eine Funktion zum Vergleich von internen Signalen (z. B. Busvergleich) und/oder Ausgangssignalen, die für Sicherheitsfunktionen zur Erkennung von Fehlern bedeutsam sind.</p> <p>Es sind mindestens zwei unabhängige Abschaltpfade erforderlich, damit die Abschaltung entweder durch die Kanäle selbst oder den Vergleich eingeleitet werden kann. Der Vergleich selbst muss auch Gegenstand der Fehlererkennung sein.</p> <p>Siehe Tabelle A.15, für die vorgesehene Architektur für SIL3</p> | A.2.5  |

Normen-Download-Beuth-VFA-Interliff.e. V.-KdNr.6363432-ID.x2-JRH0FdMdASn3QE-yLsvAXoJwW5SNnBKvIqQZj-2024-01-24 10:55:15

**Tabelle A.5 — Prozesseinheiten**

| <b>Anforderung</b>  | <b>SIL</b> | <b>Maßnahme</b>  | <b>Beschreibung der Maßnahme</b>  | <b>Informative Verweisung auf IEC 61508-7:2010</b> |
|---|------------|--|---|--|
| Fehler in Prozesseinheiten, die zu einem falschen Ergebnis führen, müssen erkannt werden.   | 1          | Selbsttest durch Software  | Alle Funktionen der Prozesseinheit, die in sicherheitsbezogenen Anwendungen zum Einsatz kommen, müssen zyklisch getestet werden.<br>Diese Tests können mit dem Test der Untereinheiten, z. B. Speicher, Ein-/Ausgänge usw., kombiniert werden.<br>Die Fehlererkennung wird vollständig durch zusätzliche Softwarefunktionen realisiert, die Selbsttests unter Verwendung von mindestens zwei ergänzenden Datenmustern (zum Beispiel 55hex und AAhex) durchführen. | A.3.1  |
|   | 2          | Hardware-unterstützter Software-Selbsttest für einkanalige Struktur  | Zusätzliche spezielle Hardware-Einrichtungen unterstützen Selbsttestfunktionen zur Fehlererkennung. Dies könnte beispielsweise eine Hardware-Einheit sein, die nach dem Überwachungsprinzip zyklisch die Ausgabe auf ein bestimmtes Bitmuster überwacht.  | A.3.3  |
|   |            | Selbsttest durch Software  | Die Fehlererkennung wird vollständig durch zusätzliche Softwarefunktionen realisiert, die Selbsttests unter Verwendung eines Datenmusters (z. B. Walking-Bit-Muster) durchführen, das den physischen Speicher (Daten- und Adressregister) und den Anweisungsdecoder testet.   | A.3.2  |
|   | 3          | Gegenseitiger Vergleich von zweikanaligen Strukturen durch Software. | Zwei Prozesseinheiten tauschen wechselseitig Daten aus (Eingangszustand/Eingangszustände, Ausgangszustand/Ausgangszustände, Programmablaufinformationen, Diagnosetestergebnisse). Ein Datenvergleich wird mit Software von jeder Einheit durchgeführt.  | A.3.5  |
| <b>ANMERKUNGEN:</b><br>Eine Maßnahme für SIL3 kann auch für SIL2 und SIL1 verwendet werden; eine Maßnahme für SIL2 kann auch für SIL1 verwendet werden.<br>Wenn für eine bestimmte Architektur mehr als eine Maßnahme angegeben ist, sind die Maßnahmen gleichwertige Alternativen. |            |  |   |  |

**Tabelle A.6 — Unveränderliche Speicherbereiche**

| <b>Anforderung</b>  | <b>SIL</b> | <b>Maßnahme</b>                       | <b>Beschreibung der Maßnahme</b>   | <b>Informative Verweisung auf IEC 61508-7:2010</b> |
|---|------------|---------------------------------------|--|--|
| Falsche Änderungen der Informationen müssen erkannt werden. | 1 + 2      | Blocksicherheit mit CRC               | Bei diesem Verfahren wird eine 32-Bit-Signatur unter Verwendung eines CRC-32-Algorithmus (Cyclic Redundancy Check) berechnet. Dabei handelt es sich um die „Signatur“ des Speicherblocks, die während der Produktion nichtflüchtig gespeichert wird. Die Signatur wird bei späteren Prüfungen erneut berechnet und mit der bereits gespeicherten verglichen. | A.4.4 (32-Bit)                                     |
|   |            | Wortsicherung mit Multi-Bit-Redundanz | Jedes Wort aus dem Speicher wird durch mehrere redundante Bits erweitert, um einen modifizierten Hamming-Code mit einem Hamming-Abstand von mindestens vier zu erzeugen. Jedes Mal, wenn ein Wort gelesen wird, kann durch die Überprüfung der redundanten Bits festgestellt werden, ob eine Korruption stattgefunden hat oder nicht.                        | A.4.1  |

# - Entwurf -

**E DIN EN ISO 8100-2:2024-02**  
**prEN ISO 8100-2:2023 (D)**

**Tabelle A.6 (fortgesetzt)**

| Anforderung   | SIL | Maßnahme                                      | Beschreibung der Maßnahme  | Informative Verweisung auf IEC 61508-7:2010 |
|---|-----|---|--|---|
|   | 3   | Blocksicherungsverfahren mit Blockreplikation | Der Speicher ist in zwei Speicherbereiche aufgeteilt. Der zweite Speicherbereich enthält die umgekehrten Informationen des ersten Speicherbereichs. Der erste Speicherbereich wird in regelmäßigen Abständen mit dem zweiten verglichen.   | A.4.5                                       |
|   |     | Blocksicherheit mit CRC                       | Bei diesem Verfahren wird eine 32-Bit-Signatur unter Verwendung eines CRC-32-Algorithmus (Cyclic Redundancy Check) berechnet. Dabei handelt es sich um die „Signatur“ des Speicherblocks, die während der Produktion nichtflüchtig gespeichert wird. Die Signatur wird bei späteren Prüfungen erneut berechnet und mit der bereits gespeicherten verglichen. | A.4.4 (32-Bit)                              |
| <b>ANMERKUNGEN:</b><br>Eine Maßnahme für SIL3 kann auch für SIL2 und SIL1 verwendet werden; eine Maßnahme für SIL2 kann auch für SIL1 verwendet werden.<br>Wenn für eine bestimmte Architektur mehr als eine Maßnahme angegeben ist, sind die Maßnahmen gleichwertige Alternativen. |     |   |  |   |

**Tabelle A.7 — Variable Speicherbereiche**

| Anforderung  | SIL   | Maßnahme  | Beschreibung der Maßnahme  | Informative Verweisung auf IEC 61508-7:2010 |
|--|-------|---|--|---|
| Globale Fehler beim Adressieren, Schreiben, Speichern und Lesen müssen erkannt werden. | 1 + 2 | Wortsicherung mit Multi-Bit-Redundanz                         | Jedes Wort aus dem Speicher wird durch mehrere redundante Bits erweitert, um einen modifizierten Hamming-Code mit einem Hamming-Abstand von mindestens vier zu erzeugen. Jedes Mal, wenn ein Wort gelesen wird, kann durch die Überprüfung der redundanten Bits festgestellt werden, ob eine Korruption stattgefunden hat oder nicht   | A.5.6                                       |
|  |       | Prüfung durch Testmuster auf statische oder dynamische Fehler | Der zu prüfende Speicherbereich wird mit einer einheitlichen Bytefolge vorbelegt. Das erste Byte wird anschließend umgekehrt und der restliche Speicherbereich wird geprüft, um sicherzustellen, dass die verbleibende Bytefolge einwandfrei ist. Danach wird das erste Byte wiederum auf seinen Ausgangswert umgekehrt und das ganze Verfahren wird für das nächste Byte wiederholt. Ein zweiter Lauf des „wandernden Byte-Modells“ wird mit einer inversen Bytefolge-Vorbelegung durchgeführt. | A.5.2                                       |

Normen-Download-Beuth-VFA-Interliff.e.V.-KdNr.6363432-ID.x2-JRH0F0MdASn3QE-yL5vAXoJoW5SNnBKvIqQ2j-2024-01-24 10:55:15

**Tabelle A.7 (fortgesetzt)**

| <b>Anforderung</b>        | <b>SIL</b> | <b>Maßnahme</b>                               | <b>Beschreibung der Maßnahme</b>   | <b>Informative Verweisung auf IEC 61508-7:2010</b> |
|---------------------------|------------|---|--|--|
|                           | 3          | Inspektionsprüfungen                          | <p>Bei der RAM-Prüfung „galpat“ wird der Speicher zunächst einheitlich initialisiert (d. h. alle Nullen oder alle Einsen). Das erste Bit des zu prüfenden Speichers wird dann umgekehrt und alle übrigen Bits des Speichers werden auf ihren einwandfreien Inhalt hin überprüft. Nach jedem Lesezugang zu einem der übrigen Bytes wird auch das umgekehrte Bit überprüft. Dieser Vorgang wird für jedes Bit im Speicher wiederholt. Ein zweiter Durchlauf wird mit der umgekehrten Initialisierung durchgeführt.</p> <p>Die Prüfung „transparent galpat“ ist eine Abwandlung des obigen Verfahrens: Anstatt alle Bits des Speichers zu initialisieren, wird der vorhandene Speicherinhalt unverändert gelassen und CRC-Signaturen werden zur Fehlererkennung verwendet. Das erste Bit des Speichers wird ausgewählt, und die CRC-Signatur S1 aller verbleibenden Bytes des Speichers wird berechnet. Das zu prüfende Bit wird dann umgekehrt und die CRC-Signatur S2 aller verbleibenden Bytes wird neu berechnet. (Nach jedem Lesezugang zu einem der übrigen Bytes wird auch das Byte mit dem umgekehrten Bit überprüft.) Die CRC-Signatur S2 wird mit der CRC-Signatur S1 verglichen. Das zu prüfende Bit wird wieder umgekehrt, um den ursprünglichen Inhalt wiederherzustellen, und die CRC-Signatur S3 aller übrigen Bytes wird neu berechnet und mit der CRC-Signatur S1 verglichen. In gleicher Weise werden alle anderen Bits des Speichers geprüft.</p> <p>Um die Ansprechzeit nicht negativ zu beeinflussen, kann diese Prüfung in Slices ausgeführt werden.</p> <p>Wenn der Zeitaufwand für eine annehmbare Anlaufzeit zu groß ist, ist das RAM-Prüfverfahren „transparenter symmetrischer MarchC-“ als alternatives Verfahren beim Anlaufen akzeptabel. In diesem Fall und wenn die Zykluszeit für eine vollständige Ausführung von „transparent galpat“ länger ist als die erwartete Betriebszeit (Betrieb in Schichten), muss die galpat-Prüfung beim Anlaufen von dem Punkt aus wieder aufgenommen werden, an dem sie beim Ausschalten angehalten wurde.</p> | A.5.3  |
|                           |            | Blocksicherungsverfahren mit Blockreplikation | Der Speicher ist in zwei Speicherbereiche aufgeteilt. Der zweite Speicherbereich enthält die umgekehrten Informationen des ersten Speicherbereichs. Der erste Speicherbereich wird in regelmäßigen Abständen mit dem zweiten verglichen.   | A.5.7  |
| Erkennung von Soft Errors | 2 + 3      | Blocksicherungsverfahren mit Blockreplikation | Der Speicher ist in zwei Speicherbereiche aufgeteilt. Der zweite Speicherbereich enthält die umgekehrten Informationen des ersten Speicherbereichs. Wann immer ein Inhalt des ersten Speicherbereichs verwendet wird, wird die Integrität dieses Inhalts durch Vergleich mit dem umgekehrten Inhalt des zweiten Speicherbereichs überprüft.  | A.5.7  |

**- Entwurf -**

**E DIN EN ISO 8100-2:2024-02**  
**prEN ISO 8100-2:2023 (D)**

**Tabelle A.7 (fortgesetzt)**

| <b>Anforderung</b> | <b>SIL</b> | <b>Maßnahme</b>                      | <b>Beschreibung der Maßnahme</b>  | <b>Informative Verweisung auf IEC 61508-7:2010</b> |
|--------------------|------------|--------------------------------------|---|--|
|                    |            | Blocksicherheit mit CRC              | Bei diesem Verfahren wird mit Hilfe eines CRC-Algorithmus (Cyclic Redundancy Check) eine Signatur des zu schützenden Speicherblocks berechnet, sobald der Inhalt verändert wird. Dabei handelt es sich um die „Signatur“ des Speicherblocks, die separat gespeichert wird. Jedes Mal, wenn ein Inhalt des geschützten Speicherblocks verwendet wird, wird seine Integrität überprüft, indem die Signatur neu berechnet und mit der bereits gespeicherten verglichen wird. | A.4.4  |
|                    | 3          | Kreuzvergleich zwischen zwei Kanälen | Sicherheitsrelevante Daten werden zwischen den beiden Kanälen ausgetauscht und verglichen.  |  |

**ANMERKUNGEN:**  
 Eine Maßnahme für SIL3 kann auch für SIL2 und SIL1 verwendet werden; eine Maßnahme für SIL2 kann auch für SIL1 verwendet werden.  
 Wenn für eine bestimmte Architektur mehr als eine Maßnahme angegeben ist, sind die Maßnahmen gleichwertige Alternativen.  
 Für die Blocksicherheit mit CRC darf CRC-16 bis zu einer maximalen Speicherblockgröße von 1 024 Bytes verwendet werden, ansonsten muss CRC-32 verwendet werden.

**Tabelle A.8 — E/A-Einheiten und Schnittstellen**

| <b>Anforderung</b>  | <b>SIL</b> | <b>Maßnahme</b>                | <b>Beschreibung der Maßnahme</b>  | <b>Informative Verweisung auf IEC 61508-7:2010</b> |
|---|------------|--------------------------------|---|--|
| Statische Fehler und Übersprechen von E/A-Kanälen sowie zufällige und systematische Fehler im Datenfluss müssen erkannt werden. | 1 + 2 + 3  | Prüfmuster                     | Durch die Anwendung eines Prüfmusters – das dem E/A-Signal überlagert wird – wird der quasistatische E/A dynamisch gestaltet, um eine Fehlererkennung zu ermöglichen (z. B. stuck.at).<br>Für ein einzelnes digitales E/A-Signal sind einfache Impulse ausreichend.<br>Bei mehr als einem digitalen E/A-Signal müssen die Impulse zeitlich getrennt sein, um ein Übersprechen zu erkennen.<br>Bei analogen E/A-Signalen müssen die Prüfmuster (Prüfwerte) den gesamten analogen Bereich in angemessenen Schritten im Hinblick auf die erforderliche Genauigkeit abdecken. | A.6.1  |
|   |            | Mehrkanalige parallele Eingabe | Verwendung von zwei oder mehr redundanten Eingängen, um zufällige Ausfälle auf Grundlage eines Vergleichs (Voting) der Eingangssignalpegel und/oder ihres zeitlichen Verhaltens zu erkennen.<br>Diese Maßnahme ist nur wirksam, wenn sich die Eingangssignale während des Intervalls der Diagnoseprüfung ändern und eine Signaltrennung gegen Kurzschluss zwischen den parallelen Eingängen sichergestellt ist.   | A.6.5  |

Normen-Download-Beuth-VFA-Interliff-e. V.-KdNr.6363432-ID.x2-JRH0FdMdASn3QE-yLsvAXoJwW5SNnBKvIqQ2j-2024-01-24 10:55:15

**Tabelle A.8 (fortgesetzt)**

| <b>Anforderung</b>   | <b>SIL</b> | <b>Maßnahme</b>                | <b>Beschreibung der Maßnahme</b>  | <b>Informative Verweisung auf IEC 61508-7:2010</b> |
|--|------------|--------------------------------|---|--|
|  |            | Mehrkanalige parallele Ausgabe | Verwendung von zwei oder mehr redundanten Ausgängen, um zufällige Ausfälle auf Grundlage eines Vergleichs (Voting) der Ausgangssignalpegel und/oder ihres zeitlichen Verhaltens zu erkennen.<br><br>Diese Maßnahme ist nur wirksam, wenn sich die Ausgangssignale während des Intervalls der Diagnoseprüfung ändern und eine Signaltrennung gegen Kurzschluss zwischen den parallelen Ausgängen sichergestellt ist.   | A.6.3  |
|  |            | Überwacher Ausgang             | Verwendung eines unabhängigen, vom Ausgangssignal abgeleiteten Eingangssignals, um zufällige Fehler auf Grundlage eines Vergleichs des Eingangssignalpegels und des erwarteten Ausgangssignalpegels und/oder ihres zeitlichen Verhaltens zu erkennen.<br><br>Diese Maßnahme ist nur wirksam, wenn sich das Ausgangssignal während des Intervalls der Diagnoseprüfung ändert und eine Signaltrennung gegen Kurzschluss zwischen dem Ausgangs- und Eingangssignal sichergestellt ist. | A.6.4  |
| <p><b>ANMERKUNGEN:</b><br/>           Eine Maßnahme für SIL3 kann auch für SIL2 und SIL1 verwendet werden; eine Maßnahme für SIL2 kann auch für SIL1 verwendet werden.<br/>           Wenn für eine bestimmte Architektur mehr als eine Maßnahme angegeben ist, sind die Maßnahmen gleichwertige Alternativen.</p> |            |                                |   |  |

**Tabelle A.9 — Sicherheitsbezogene Onboard-Datenkommunikationsverbindungen von Schaltungen mit SIL-Einstufung**

| <b>Anforderung</b>  | <b>SIL</b> | <b>Maßnahme</b>              | <b>Beschreibung der Maßnahme</b>   | <b>Informative Verweisung auf IEC 61508-7:2010</b> |
|---|------------|------------------------------|--|--|
| Erkennung von Fehlern, die durch einen Defekt in der Informationsübertragung in Onboard-/Backplane-Kommunikationsverbindungen 1:n verursacht werden | 1          | Ein-Bit-Hardware-Redundanz   | Parallele oder serielle Byte (8-Bit)-orientierte Kommunikation mit einem Paritätsbit zur Fehlererkennung.  | A.7.1  |
|   | 2          | Multi-Bit-Hardware-Redundanz | Parallele oder serielle (Multi-)Byte (n-x-8-Bit)-orientierte Kommunikation, die mehr als ein Bit zur Fehlererkennung verwendet und eine Hamming-Distanz von mindestens 4 bietet.   | A.7.2  |
|   | 3          | Übertragungsredundanz        | Serielle (Multi-)Byte (n-x-8-Bit)-orientierte Kommunikation.<br>Jede Übertragung besteht aus zwei Übertragungszyklen. Im ersten Übertragungszyklus werden die Informationen nicht umgekehrt übertragen, während im zweiten Übertragungszyklus die gleichen Informationen mit umgekehrten Bits übertragen werden. | A.7.5  |
|   |            | Informationsredundanz        | Serielle (Multi-)Byte (n-x-8-Bit)-orientierte Kommunikation<br>Die Übertragung verwendet einen zyklischen Redundanzprüfungsalgorithmus (CRC) zur Fehlererkennung.  | A.7.6  |

**ANMERKUNGEN:**  
 Eine Maßnahme für SIL3 kann auch für SIL2 und SIL1 verwendet werden; eine Maßnahme für SIL2 kann auch für SIL1 verwendet werden.  
 Wenn für eine bestimmte Architektur mehr als eine Maßnahme angegeben ist, sind die Maßnahmen gleichwertige Alternativen.

**Tabelle A.10 — Takt**

| <b>Anforderung</b>  | <b>SIL</b> | <b>Maßnahme</b>   | <b>Beschreibung der Maßnahme</b>   | <b>Informative Verweisung auf IEC 61508-7:2010</b> |
|---|------------|---|--|--|
| Fehler bei der Takterzeugung für die Prozesseinheiten, wie z. B. Frequenzänderungen oder Ausfälle, müssen erkannt werden.   | 1          | Funktionsüberwachung mit separater Zeitbasis ohne Zeitfenster                 | Zeitgeber mit einer separaten Zeitbasis (z. B. Funktionsüberwachungs-Timer) außerhalb der zu überwachenden Einheit. Die Zeitgeber werden periodisch ausgelöst, um das Verhalten der Einheit und die Plausibilität des Programmablaufs zu überwachen. Es ist wichtig, die Auslösepunkte korrekt im Programm zu platzieren. Die Zeitgeber werden nicht zu einem festen Zeitpunkt, sondern mit einem festgelegten maximalen Zeitüberschreitungsintervall ausgelöst. | A.9.1  |
|   | 2          | Funktionsüberwachung mit separater Zeitbasis und Zeitfenster                  | Zeitgeber mit einer separaten Zeitbasis (z. B. Funktionsüberwachungs-Timer) außerhalb der zu überwachenden Einheit. Die Zeitgeber werden periodisch ausgelöst, um das Verhalten der Einheit und die Plausibilität des Programmablaufs zu überwachen. Es ist wichtig, die Auslösepunkte korrekt im Programm zu platzieren. Es ist ein unterer und oberer Grenzwert für die Zeitüberschreitung angegeben.  | A.9.2  |
|   | 3          | Eine Kombination aus zeitlicher und logischer Überwachung des Programmablaufs | Diese Einrichtung, die den Programmablauf überwacht, wird nur getriggert, wenn die Abfolge des Programmablaufs innerhalb der Ansprechzeit durchlaufen wird.<br>Siehe auch Tabelle B.5, Maßnahme „Gegenseitiger Vergleich von zweikanaligen Strukturen durch Software“.   | A.9.4  |
| <b>ANMERKUNGEN:</b><br>Eine Maßnahme für SIL3 kann auch für SIL2 und SIL1 verwendet werden; eine Maßnahme für SIL2 kann auch für SIL1 verwendet werden.<br>Wenn für eine bestimmte Architektur mehr als eine Maßnahme angegeben ist, sind die Maßnahmen gleichwertige Alternativen. |            |   |  |  |

# - Entwurf -

**E DIN EN ISO 8100-2:2024-02**  
**prEN ISO 8100-2:2023 (D)**

**Tabelle A.11 — Programmablauf**

| Anforderung  | SIL       | Maßnahme   | Beschreibung der Maßnahme  | Informative Verweisung auf IEC 61508-7:2010 |
|--|-----------|--|--|---|
| Ein falscher Programmablauf und eine unangemessene Ausführungszeit der sicherheitsbezogenen Funktionen müssen erkannt werden.  | 1 + 2 + 3 | Kombination von zeitlicher und logischer Überwachung des Programmablaufs | Verwendung einer unabhängigen zeitlichen Einrichtung (z. B. ein Funktionsüberwachungs-Timer mit separater Zeitbasis), die die Programmausführung überwacht. Diese Einrichtung muss nur dann erneut ausgelöst werden, wenn alle Funktionen, die zur Ausführung der Sicherheitsfunktion(en) erforderlich sind, und alle Diagnosefunktionen durch mindestens einen Kontrollpunkt je Funktion korrekt in Bezug auf die Abfolge ausgeführt werden.<br><br>Anmerkung: Die zeitliche Einrichtung darf nicht durch eine Unterbrechungsprozedur ausgelöst werden, außer in Kombination mit anderen Programmablaufbedingungen. | A.9.4                                       |
| <p><b>ANMERKUNGEN:</b></p> <p>Eine Maßnahme für SIL3 kann auch für SIL2 und SIL1 verwendet werden; eine Maßnahme für SIL2 kann auch für SIL1 verwendet werden.</p> <p>Wenn für eine bestimmte Architektur mehr als eine Maßnahme angegeben ist, sind die Maßnahmen gleichwertige Alternativen.</p> |           |  |  |   |

**Tabelle A.12 — Stromversorgung**

| Anforderung   | SIL       | Maßnahme   | Beschreibung der Maßnahme   | Informative Verweisung auf IEC 61508-7:2010 |
|---|-----------|--|---|---|
| Eine Spannung, die außerhalb des festgelegten Betriebsspannungsbereichs liegt, muss erkannt werden  | 1 + 2 + 3 | Spannungssteuerung (sekundär) mit Sicherheitsabschaltung | Zur Überwachung der Sekundärspannungen und zum Auslösen eines sicheren Zustands, wenn die Spannung nicht in ihrem festgelegten Bereich liegt. | A.8.2                                       |
| <p><b>ANMERKUNGEN:</b></p> <p>Eine Maßnahme für SIL3 kann auch für SIL2 und SIL1 verwendet werden; eine Maßnahme für SIL2 kann auch für SIL1 verwendet werden, jedoch muss der Ziel-DC<sub>src</sub> angewendet werden.</p> <p>Wenn für eine bestimmte Architektur mehr als eine Maßnahme angegeben ist, sind die Maßnahmen gleichwertige Alternativen.</p> |           |  |   |   |

Normen-Download-Beuth-VFA-Interliff-e. V.-KdNr.: 6363432-ID.x2-JRHFDdMdsN3QE-yL5vAXoJoW5SSNnBKvIqQ2J-2024-01-24 10:55:15

**Tabelle A.13 — Sicherheitsbezogene Interboard-Datenkommunikationsverbindungen von Schaltungen mit SIL-Einstufung**

| Anforderung  | SIL | Maßnahme                  | Beschreibung der Maßnahme   | Informative Verweisung auf IEC 61784-3:2021 |
|--|-----|---------------------------|---|---|
| Struktur   |     |                           | Jede Kommunikation muss auf einem Punkt-zu-Punkt-Anfrage-Antwort- oder Zeitstempel-Prinzip beruhen.<br>Die Komponenten müssen eine direkte Verbindung zueinander haben  |   |
| Fehlererkennung von Fehlern, die durch einen Defekt in der Informationsübertragung zwischen den Komponenten mit SIL-Einstufung verursacht werden |     |                           |   |   |
| — Korruption   |     | Datenintegritätssicherung | Die übermittelte Nachricht, die aus den sicherheitsrelevanten Informationen, der Sequenznummer bzw. dem Zeitstempel und den Verbindungsauthentifizierungsinformationen (sofern zutreffend) besteht, muss durch einen CRC-Algorithmus (Cyclic Redundancy Check) zur Fehlererkennung geschützt werden.  | 5.3.2 und 5.4.7                             |
| — Ungewollte Wiederholung  |     | Sequenznummer             | In jeder übertragenen Nachricht ist eine 16-Bit-Sequenznummer integriert. Die Sequenznummer wird bei jeder Nachricht erhöht und vom Empfänger auf ihre Kontinuität überprüft. Nachdem der volle 16-Bit-Bereich erreicht ist, beginnt die Sequenznummer von vorne.   | 5.3.3 und 5.4.2                             |
| — Falsche Abfolge  |     | Sequenznummer             |   | 5.3.4 und 5.4.2                             |
| — Verlust  |     | Sequenznummer             |   | 5.3.5 und 5.4.2                             |
| — Einfügung  |     | Sequenznummer             |   | 5.3.7 und 5.4.2                             |
| — Unzulässige Verzögerung  |     | Erwartete Zeit            | Zeitstempel-Prinzip:<br>Der Empfänger prüft, ob mindestens ein Kommunikationszyklus erfolgreich durchgeführt wurde und der empfangene Zeitstempel eine vorgegebene Erwartung nicht überschreitet, wobei die Abweichung kleiner sein muss als die Ansprechzeit im Fehlerfall, so dass die Komponente mit SIL-Einstufung im Falle eines Verstoßes innerhalb der Ansprechzeit im Fehlerfall in den sicheren Zustand übergeht.<br><br>Anfrage-Antwort-Prinzip:<br>Der Sender prüft, ob mindestens ein erfolgreicher Anfrage-Antwort-Kommunikationszyklus durchgeführt wird und ein vorbestimmtes Zeitintervall nicht überschreitet, das kleiner sein muss als die Ansprechzeit im Fehlerfall, so dass die Komponente mit SIL-Einstufung im Falle eines Verstoßes innerhalb der Ansprechzeit im Fehlerfall in den sicheren Zustand übergeht. | 5.3.6 und 5.4.3<br><br>5.3.6 und 5.4.4      |

Tabelle A.13 (fortgesetzt)

| Anforderung   | SIL | Maß-nahme  | Beschreibung der Maßnahme  | Informative Verweisung auf IEC 61784-3:2021 |
|---|-----|--|--|---|
| — Maskierung  |     | Unterschiedlicher Datenschutz                        | Wenn die Kommunikationsverbindung auch für nicht sicherheitsrelevante (NSR) Kommunikation verwendet wird, muss die sicherheitsrelevante (SR) Nachricht eine andere Länge haben als die NSR-Nachricht. Wenn die NSR-Kommunikation eine CRC verwendet, muss die CRC der SR-Kommunikation eine andere CRC verwenden.<br><br>Die CRC der SR muss sich von der CRC der Kommunikationsverbindung unterscheiden. Die beispielhafte Ethernet-Kommunikationsverbindungs-SR darf nicht dieselbe CRC verwenden, die für die Ethernet-Verbindung verwendet wird. | 5.3.8 und 5.4.9                             |
| — Adres-sierung   |     | Verbindungs-authentifizierung                        | Nachrichten können einen eindeutigen Quell- und/oder Zielidentifikator haben, der die logische Adresse des sicherheitsrelevanten Teilnehmers beschreibt.   | 5.3.9 und 5.4.5                             |
| Schwarzer Kanal   | 1   | $\lambda_{Src1} \leq 1 \cdot 10^{-7} \text{ h}^{-1}$ | Restfehlerrate $\lambda_{Src1}$ jeder logischen Verbindung jeder Sicherheitsfunktion.<br><br>Im Falle einer zweikanaligen Kommunikation (physisch oder zeitlich redundant) können die Restfehlerraten $\lambda_{Src1}$ der logischen Verbindung mit der zugehörigen Sicherheitsfunktion multipliziert werden.<br><br>Zur Bestimmung der anwendungsspezifischen Restfehlerrate einer Kommunikationsverbindung mit SIL-Einstufung siehe Tabelle A.17   | 5.8   |
|   | 2   | $\lambda_{Src1} \leq 1 \cdot 10^{-8} \text{ h}^{-1}$ |  |   |
|   | 3   | $\lambda_{Src1} \leq 1 \cdot 10^{-9} \text{ h}^{-1}$ |  |   |
| ANMERKUNGEN:  |     |  |  |   |
| PFDSrc    Wahrscheinlichkeit eines gefährlichen Fehlers bei Anforderung (gilt für eine Anforderung der Sicherheitsfunktion, die weniger als einmal jährlich erfolgen kann) der Schaltung mit SIL-Einstufung |     |  |  |   |
| PFHsrc    Wahrscheinlichkeit eines gefährlichen Fehlers je Stunde (gilt für eine Anforderung der Sicherheitsfunktion mehr als einmal jährlich) der Schaltung mit SIL-Einstufung                             |     |  |  |   |

## A.4 Funktionssicherheitsmanagement

Tabelle A.14 — Maßnahmen zum Funktionssicherheitsmanagement

| Maßnahme                       | Beschreibung der Maßnahme  | Informative Verweisung auf IEC 61508-1:2010 |
|--------------------------------|--|---|
| Maßnahmen zur Qualitätsmessung |  |   |
| — Projektbeschreibung          | — Name(n) des/der Produkte(s)<br>— Zielsetzung des Projekts<br>— Was soll mit dem/den Produkt(en) erreicht werden? | 7.2,<br>7.3                                 |

**Tabelle A.14 (fortgesetzt)**

| <b>Maßnahme</b>                             | <b>Beschreibung der Maßnahme</b>  | <b>Informative Verweisung auf IEC 61508-1:2010</b> |
|---|---|--|
| — Projektorganisation                       | — Beschreibung der Rollen, Verantwortlichkeiten und Funktionen, die für interne und externe Organisationen am Projekt beteiligt sind<br>— Projektbezogenes Organigramm der internen und externen Organisationen, die am Projekt beteiligt sind  | 6.2.1  |
| — Rollen                                    | — Liste aller an dem Projekt beteiligten Personen mit Angabe ihrer Rollen   | 6.2.1,<br>6.2.3                                    |
| — Kompetenzen                               | — Dokumentierte Nachweise über die Kompetenz der beauftragten Personen, die die zugewiesene(n) Aufgabe(n) ausführen, und über die Verwendung von Werkzeugen basierend auf Schulung(en) und Erfahrung  | 6.2.13,<br>6.2.14,<br>6.2.15                       |
| — Verantwortlichkeiten                      | — Zuweisung von Verantwortlichkeiten für die Erstellung und Verifizierung von Arbeitsprodukten  | 6.2.1,<br>6.2.3                                    |
| — Kommunikation                             | — Dokumentation, wie und mit welchen Mitteln die Mitglieder des Projekts und die am Projekt beteiligten Organisationen regelmäßig miteinander kommunizieren   | 6.2.2,<br>6.2.4                                    |
| — Austausch von und Zugang zu Informationen | — Wie wird sichergestellt, dass alle Mitglieder des Projekts Zugang zur aktuellen (gleichen) Datenbank haben?   | 6.2.2,<br>6.2.4                                    |
| Änderungen                                  | — Die Entwicklungsaktivitäten müssen im Hinblick auf die geplanten Änderungen auf Grundlage einer Auswirkungsanalyse ausgerichtet sein.   | 6.2.8  |
| Konfigurationsmanagement                    | — Alle Teile (HW und SW), aus denen das Produkt besteht, müssen eindeutig bestimmbar sein; bei konfigurierbaren Systemen muss die Kompatibilität zwischen den Komponenten des Systems angegeben werden.   | 6.2.10   |
| Lieferanten                                 | — Die Lieferanten müssen über ein geeignetes Qualitätsmanagementsystem verfügen (z. B. ISO 9001).   | 6.2.17   |
| Lebenszyklus                                | — Die für die Verifizierung einer Schaltung mit SIL-Einstufung relevante Lebenszyklusphase ist die Entwicklungsphase der Schaltung mit SIL-Einstufung.<br>— Die Produkt-/Benutzerdokumentation muss jedoch auch die Risiken der nachfolgenden Phasen wie Produktion, Installation, Betrieb, Wartung und Außerbetriebnahme abdecken. | 6.2.18   |
| Funktionssicherheitsbewertung               | — Die Bewertung der Funktionssicherheit wird von einer unabhängigen Stelle durchgeführt.  | 8  |
| Verifizierung                               | — Planung und Durchführung von Verifizierungsaktivitäten unabhängig vom Ersteller.  | 7.18   |
| Tools                                       | — Auflistung aller Tools und ihrer Versionen, die eine Ausgabe erzeugen, die direkt in das Produkt einfließt oder die zum Testen oder Verifizieren des Entwurfs oder des ausführbaren Codes des Produkts verwendet werden.  | B.3.5<br>C.4.4                                     |

**Tabelle A.14 (fortgesetzt)**

| Maßnahme | Beschreibung der Maßnahme   | Informative Verweisung auf IEC 61508-1:2010 |
|----------|---|---|
|          | Für diese Tools <ul style="list-style-type: none"> <li>— muss eine Fehlerliste verfügbar sein,</li> <li>— muss ein Nachweis vorliegen, dass sie für 2 Jahre mit hohem Vertrauen genutzt wurden,</li> <li>— darf die Version des Tools nicht geändert werden, es sei denn, dies wird begründet.</li> </ul> |   |

## A.5 Vorgesehene Architekturen und Berechnungsgleichungen

**Tabelle A.15 — Vorgesehene Architekturen**

| Anforderung  | SIL | Architektur |
|--|-----|-------------|
| Die Struktur muss so beschaffen sein, dass die geforderten sicheren Ausfälle in Übereinstimmung mit den geltenden Maßnahmen zur Ausfallerkennung und Steuerung nach den Tabellen A.5 bis Tabelle A.12 erreicht werden. | 1   |             |
|  | 2   |             |

Normen-Download-Beuth-VFA-Interliff-e. V.-Kd.Nr.: 6363432-1D.x2-JRH0FdMdsn3QE-yLsvAXoJoW5SSNnBKvIqQ2j-2024-01-24 10:55:15

**Tabelle A.15 (fortgesetzt)**

| <b>Anforderung</b>  | <b>SIL</b> | <b>Architektur</b> |
|---|------------|--------------------|
|   | 3          |                    |
| <b>ANMERKUNGEN:</b><br>S, S1, S2: Eingabegerät, z. B. Sensor<br>L, L1, L2: Logik<br>O, O1, O2: Ausgabegerät, z. B. Relais (Sicherheitsfunktion)<br>im: Verbindungsmittel (en: interconnecting means)<br>m: Überwachung (en: monitoring)<br>c: Querüberwachung (en: cross monitoring)<br>WD: Funktionsüberwachung (en: watchdog)<br>OWd: WD-Ausgabe (en: output of WD) (nur Abschaltung, keine Sicherheitsfunktion)<br>TMU: Test- und Überwachungseinheit (en: test and monitoring unit)<br>OTMU: TMU-Ausgabe (en: output of TMU) (nur Abschaltung, keine Sicherheitsfunktion) |            |                    |

**Tabelle A.16 — Berechnung der sicherheitsbezogenen Parameter**

| <b>Anforderung</b>   | <b>SIL</b> | <b>Gleichung</b>   |
|--|------------|--|
| Ausreichend geringe Wahrscheinlichkeit eines gefährbringenden Ausfalls bei Bedarf ( $PFD_{Src}$ ) und Wahrscheinlichkeit eines gefährbringenden Ausfalls je Stunde ( $PFH_{Src}$ ) | 1          | $PFD_{SrcSLO} = 0,25\lambda_D T_1^{\frac{1}{2}}$ $PFH_{SrcSLO} = 0,5\lambda_D$   |
|  | 2          | $PFD_{SrcSLO} = 0,1\lambda_D T_1$ $PFH_{SrcSLO} = 0,2\lambda_D$  |
|  | 3          | Sensor-Teilsystem:<br>$PFD_{SrcS} = 0,0027(\lambda_D T_1)^2 + 0,005\lambda_D T_1$ $PFH_{SrcS} = 0,081\lambda_D^2 T_1 + 0,01\lambda_D$ Logik-Teilsystem:<br>$PFD_{SrcLO} = 0,003(\lambda_D T_1)^2 + 0,0025\lambda_D T_1$ $PFH_{SrcLO} = 0,0903\lambda_D^2 T_1 + 0,005\lambda_D$ Summe:<br>$PFD_{SrcSLO} = PFD_{SrcS} + PFD_{SrcLO}$ |

**- Entwurf -**

**E DIN EN ISO 8100-2:2024-02**  
**prEN ISO 8100-2:2023 (D)**

**Tabelle A.16 (fortgesetzt)**

| Anforderung   | SIL | Gleichung                                 |
|---|-----|---|
|   |     | $PFH_{SrcSLO} = PFH_{SrcS} + PFH_{SrcLO}$ |
| <p>ANMERKUNGEN:</p> <p>PFH: Wahrscheinlichkeit eines gefährlichen Fehlers bei Anforderung (gilt für eine Anforderung der Sicherheitsfunktion, die weniger als einmal jährlich erfolgen kann)</p> <p>PFH: Wahrscheinlichkeit eines gefährlichen Fehlers je Stunde (gilt für eine Anforderung der Sicherheitsfunktion mehr als einmal jährlich)</p> <p>Src_SLO: Sensor oder Logik+Ausgang der Schaltung mit SIL-Einstufung</p> <p>Src_S: Sensor der Schaltung mit SIL-Einstufung</p> <p>Src_LO: Logik+Ausgang der Schaltung mit SIL-Einstufung</p> <p>T1: Intervall der Nachweisprüfung; für den Wert siehe andere Normen, die die Anwendung dieser Norm fordern (z. B. SO 8100-1:2023, 4.11.2.4.3)</p> <p>Die Gleichungen für SIL1 und SIL2 gelten sowohl für den Sensorteil der Schaltung mit SIL-Einstufung als auch für den Logikteil der Schaltung mit SIL-Einstufung einschließlich ihrer Ausgangelemente</p> <p>Für SIL3 müssen einzelne Gleichungen auf den Sensorteil der Schaltung mit SIL-Einstufung (Src_S) und den Logikteil der Schaltung mit SIL-Einstufung (Src_L) einschließlich ihrer Ausgangelemente angewendet werden</p> <p>Die Gleichungen für SIL3 gehen von einer Architektur aus, die aus zwei identischen Kanälen besteht.</p> <p>Für die Ausfallhäufigkeiten der Komponenten müssen vorzugsweise die Ausfallhäufigkeiten des Herstellers verwendet werden, oder, falls nicht verfügbar, muss IEC 61709:2017 angewendet werden.</p> <p>Für SIL1 und SIL2 wird <math>\lambda_D</math> – je nach angewandter Gleichung – durch Addition aller durch die FMEDA (siehe Tabelle B.3) identifizierten Komponenten <math>\lambda_D</math> entweder des Sensors plus der Logik (Src_SL) oder einerseits für den Sensor (Src_S) und andererseits für die Logik (Src_LO) ermittelt</p> <p>Für SIL3 wird <math>\lambda_D</math> – abhängig von der angewandten Gleichung – durch Addition der individuellen <math>\lambda_D</math> aller durch die FMEDA (siehe Tabelle B.3) hergestellten Komponenten im betrachteten Teil der Src (Src_SLO, Src_S, Src_LO) abgeleitet</p> <p>ANMERKUNG WD / OWD / MTU / OMTU wurden nicht in die Berechnung von PFH/PFD einbezogen, es gelten jedoch alle anderen Maßnahmen.</p> |     |   |

**Tabelle A.17 — Berechnung der Restfehlerrate einer Kommunikationsverbindung mit SIL-Einstufung**

| Anforderung  | SIL       | Gleichung                    | Zu erreichender Wert für die Kommunikationsverbindung mit SIL-Einstufung  |
|--|-----------|------------------------------|---|
| Ausreichend niedrige Restfehlerrate der Kommunikationsverbindung mit SIL-Einstufung  | 1 + 2 + 3 | $\lambda_{Srccl} = 2^{-r}vm$ | SIL1: $\lambda_{Srccl} \leq 1 \cdot 10^{-7} h^{-1}$<br>SIL2: $\lambda_{Srccl} \leq 1 \cdot 10^{-8} h^{-1}$<br>SIL3: $\lambda_{Srccl} \leq 1 \cdot 10^{-9} h^{-1}$ |
| <p>ANMERKUNGEN:</p> <p><math>\lambda_{Srccl}</math> Restfehlerrate je Stunde der Kommunikationsverbindung mit SIL-Einstufung in Bezug auf die Bitfehlerwahrscheinlichkeit</p> <p>Anzahl der Bits des korrekten CRC-Polynoms</p> <p>Maximale Abtastrate von Meldungen je Stunde</p> <p>Maximale Anzahl von logischen Verbindungen für die Sicherheitsfunktion</p> <p>Es muss eine geeigneter CRC verwendet werden. Ein CRC-Polynom kann als korrekt angesehen werden, wenn sowohl das höchstwertige Bit als auch das niedrigstwertige Bit immer „1“ sind.</p> |           |                              |   |

**Tabelle A.18 — Liste der Praktiken und Regeln für die strukturierte Programmierung**

| Maßnahme   | Verpflichtung | Beschreibung der Maßnahme   | Informative Verweisung auf IPA/ SEC ESCR 3.0 |
|--|---------------|---|--|
| <b>Zuverlässigkeit 1: Initialisierung von Bereichen und deren Verwendung unter Berücksichtigung ihrer Größen.</b>  |               |   |  |
| Verwendung von Bereichen nach deren Initialisierung.   | M             | Automatische Variablen müssen zum Zeitpunkt der Deklaration initialisiert werden, oder die Anfangswerte müssen unmittelbar vor ihrer Verwendung zugewiesen werden.  | R1.1.1                                       |
|  |               | const-Variablen müssen zum Zeitpunkt der Deklaration initialisiert werden.  | R1.1.2                                       |
| Beschreibung von Initialisierungen ohne Überschreitung oder Unterschreitung  | M             | Arrays mit einer festgelegten Anzahl von Elementen müssen mit Werten initialisiert werden, die mit der Anzahl der Elemente übereinstimmen.  | R1.2.1                                       |
|  |               | Die Initialisierung von Bestandteilen des Aufzählungstyps (enum-Typ) müssen eine der folgenden sein: keine Konstanten festlegen; alle Konstanten festlegen; oder nur das erste Element festlegen.   | R1.2.2                                       |
| Beachtung der Reichweite des Bereichs, auf den der Pointer zeigt.  | HR            | (1) Ganzzahlige Additionen zu oder Subtraktionen von Pointern (einschließlich ++ und -) müssen nicht vorgenommen werden. Das Array-Format mit [] muss für Referenzen und Zuweisungen an den zugewiesenen Bereich verwendet werden.<br><br>(2) Ganzzahlige Additionen zu oder Subtraktionen von Pointern (einschließlich ++ und -) müssen nur dann durchgeführt werden, wenn der Pointer auf das Array zeigt und das Ergebnis innerhalb des Bereichs des Arrays liegen muss. | R1.3.1                                       |
|  | M             | Die Subtraktion zwischen Pointern darf nur auf Pointer angewendet werden, die Elemente desselben Arrays adressieren.  | R1.3.2                                       |
|  | M             | Der Vergleich zwischen Pointern muss nur verwendet werden, wenn die beiden Pointer entweder auf die Elemente desselben Arrays oder auf die Bestandteile derselben Struktur zeigen.  | R1.3.3                                       |
|  | M             | Der Qualifier „restrict type“ darf nicht verwendet werden.  | R1.3.4                                       |
| <b>Zuverlässigkeit 2: Verwendung von Daten unter Berücksichtigung ihrer Bereiche, Größen und internen Darstellungen.</b>   |               |   |  |
| Durchführung von Vergleichen, die nicht von internen Darstellungen abhängen.   | M             | Fließkommaausdrücke dürfen nicht für Gleichheits- oder Ungleichheitsvergleiche verwendet werden.  | R2.1.1                                       |
|  | M             | Fließkomma-Variablen dürfen nicht als Schleifenzähler verwendet werden.   | R2.1.2                                       |
|  | HR            | „memcmp“ darf nicht verwendet werden, um Strukturen und Unions zu vergleichen.  | R2.1.3                                       |
| Wenn Werte, wie z. B. logische Werte, als Bereich definiert sind, sollte nicht beurteilt werden, ob ein Wert einem bestimmten Wert (repräsentativen Wert) innerhalb dieses Bereichs entspricht oder nicht. | HR            | Ein Vergleich mit einem als wahr definierten Wert darf in Ausdrücken, die wahr oder falsch untersuchen, nicht vorgenommen werden.   | R2.2.1                                       |

**- Entwurf -**

**E DIN EN ISO 8100-2:2024-02**  
**prEN ISO 8100-2:2023 (D)**

**Tabelle A.18 (fortgesetzt)**

| <b>Maßnahme</b>  | <b>Verpflichtung</b> | <b>Beschreibung der Maßnahme</b>   | <b>Informative Verweisung auf IPA/ SEC ESCR 3.0</b> |
|--|----------------------|--|---|
| Verwendung desselben Datentyps zur Durchführung von Operationen oder Vergleichen.      | M                    | Konstante Ganzzahlausdrücke ohne Vorzeichen müssen innerhalb des Bereichs beschrieben werden, der mit dem Ergebnistyp dargestellt werden kann.   | R2.3.1  |
|  | M                    | Bei der Verwendung eines bedingten Operators (?: Operator) muss der logische Ausdruck in Klammern ( ) eingeschlossen sein und beide Rückgabewerte müssen vom gleichen Typ sein.  | R2.3.2  |
|  | M                    | Schleifenzähler und Variablen, die zum Vergleich der Iterationsbedingungen von Schleifen verwendet werden, müssen vom gleichen Typ sein.   | R2.3.3  |
| Beschreibung des Codes unter Berücksichtigung der Genauigkeit der Operation.           | HR                   | Wenn der Typ einer Operation und der Typ des Ziels, dem das Operationsergebnis zugewiesen wird (Zuweisungsziel), unterschiedlich sind, muss die Operation ausgeführt werden, nachdem sie in den Typ der erwarteten Operationspräzision umgewandelt wurden.   | R2.4.1  |
|  | HR                   | Bei der Durchführung von arithmetischen Operationen oder Vergleichen von Ausdrücken, die mit Ausdrücken mit und ohne Vorzeichen gemischt sind, muss ein expliziter Cast auf den erwarteten Typ durchgeführt werden.  | R2.4.2  |
| Keine Operationen verwenden, bei denen das Risiko eines Informationsverlustes besteht. | M                    | Bei der Durchführung von Zuweisungen (=Operation, tatsächliche Übergabe von Argumenten bei Funktionsaufrufen, Funktionsrückgabe) oder Operationen mit Datentypen, die zu Informationsverlusten führen können, muss zunächst bestätigt werden, dass es keine Probleme gibt, und es muss ein Cast beschrieben werden, um ausdrücklich anzugeben, dass sie problemlos sind.   | R2.5.1  |
|  | M                    | Der unäre Operator „-“ darf nicht in Ausdrücken ohne Vorzeichen verwendet werden.  | R2.5.2  |
|  | M                    | Wenn das Einerkomplement (~) oder die Linksverschiebung («) auf Daten vom Typ „unsigned char“ oder „unsigned short“ angewandt wird, muss eine explizite Umwandlung in den Typ des Operationsergebnisses durchgeführt werden.   | R2.5.3  |
|  | HR                   | Die rechte Seite eines Verschiebungsoperators muss Null oder mehr und kleiner als die Bitbreite der linken Seite sein.   | R2.5.4  |
| Verwendung von Typen, die die Zieldaten darstellen können.                             | M                    | (1) Die für Bitfelder verwendeten Typen dürfen nur „signed int“ oder „unsigned int“ sein. Wenn ein Bitfeld mit einer Breite von 1 Bit erforderlich ist, muss der Typ „unsigned int“ verwendet werden und nicht der Typ „signed int“.<br><br>(2) Die für Bitfelder verwendeten Typen sind „signed int“, „unsigned int“ oder „_Bool“. Wenn ein Bitfeld mit einer Breite von 1 Bit erforderlich ist, muss der Typ „unsigned int“ oder „_Bool“ verwendet werden.<br><br>(3) Die für Bitfelder verwendeten Typen sind „signed int“, „unsigned int“, „_Bool“ oder die vom Compiler erlaubten Typen, die entweder „enum“ oder der Typ sind, der „signed“ oder „unsigned“ festlegt. Wenn ein Bitfeld mit einer Breite von 1 Bit erforderlich ist, muss der Typ verwendet werden, der den Typ „unsigned“ oder „_Bool“ festlegt. | R2.6.1  |
|  | M                    | Daten, die als Bitfolgen verwendet werden, müssen mit dem Typ „unsigned“ und nicht mit dem Typ „signed“ definiert werden.  | R2.6.2  |

Normen-Download-Beuth-VFA-Interliff-e-V-KdNr-6363432-ID.x2-JRH0FdMdASn3QE-yL-SvAXoJwW5SSNnBKvIqQ2J-2024-01-24 10:55:15

Tabelle A.18 (fortgesetzt)

| Maßnahme  | Verpflichtung | Beschreibung der Maßnahme  | Informative Verweisung auf IPA/ SEC ESCR 3.0 |
|---|---------------|--|--|
| Berücksichtigung der Pointer-Typen.   | M             | (1) Der Pointer-Typ darf nicht in einen anderen Pointer-Typ oder Integer-Typ konvertiert werden und umgekehrt, mit Ausnahme der gegenseitigen Konvertierung zwischen dem Typ „pointer to data“ und „pointer to void“.<br><br>(2) Der Pointer-Typ darf nicht in einen anderen Pointer-Typ oder einen Integer-Typ mit einer geringeren Datenbreite als die des Pointer-Typs konvertiert werden, mit Ausnahme der gegenseitigen Konvertierung zwischen dem Typ „pointer to data“ und dem Typ „pointer to void“.<br><br>(3) Der Pointer-Typ darf nicht in einen anderen Pointer-Typ oder einen Integer-Typ mit einer geringeren Datenbreite als die des Pointer-Typs konvertiert werden, mit Ausnahme der gegenseitigen Konvertierung zwischen dem Typ „pointer to data“ und dem Typ „pointer to other data“ sowie zwischen dem Typ „pointer to data“ und dem Typ „pointer to void“. | R2.7.1                                       |
|   | M             | Es darf kein Cast durchgeführt werden, der eine der Qualifikationen „const“ oder „volatile“ aus dem von einem Pointer adressierten Typ entfernt.   | R2.7.2                                       |
|   | M             | Vergleiche zur Überprüfung, ob ein Pointer negativ ist oder nicht, dürfen nicht durchgeführt werden.   | R2.7.3                                       |
| Schreiben in einer Weise, die es dem Compiler ermöglicht, zu prüfen, dass es keine widersprüchlichen Deklarationen, Verwendungen und Definitionen gibt. | M             | Funktionen ohne Parameter müssen mit einem Parameter vom Typ „void“ deklariert werden.   | R2.8.1                                       |
|   | M             | (1) Funktionen dürfen nicht mit einer variablen Anzahl von Argumenten definiert werden.<br><br>(2) Bei der Verwendung von Funktionen mit einer variablen Anzahl von Argumenten «sind diese nach der Dokumentation des beabsichtigten Verhaltens auf Grundlage des verwendeten Compilers zu verwenden.»   | R2.8.2                                       |
|   | M             | Eine Prototypendeklaration muss an einer Stelle erfolgen, von der aus sie sowohl von den Funktionsaufrufen als auch von der Funktionsdefinition referenziert werden kann.  | R2.8.3                                       |
| <b>Zuverlässigkeit 3: Schreiben in einer Weise, die das beabsichtigte Verhalten sicherstellt.</b>   |               |  |  |
| Schreiben in einer Weise, die die Größe der Fläche berücksichtigt.  | HR            | (1) In einer externen Deklaration eines Arrays muss immer die Anzahl der Elemente angegeben werden.<br><br>(2) In einer externen Deklaration eines Arrays muss die Anzahl der Elemente immer angegeben werden, mit Ausnahme von externen Deklarationen von Arrays, die einer Array-Definition entsprechen, die eine Initialisierung beinhaltet und die Anzahl der Elemente nicht angibt.   | R3.1.1                                       |
|   | M             | Iterationsbedingungen für eine Schleife, die sequentiell auf Array-Elemente zugreift, müssen die Entscheidung enthalten, ob der Zugriff innerhalb des Bereichs des Arrays liegt oder nicht.  | R3.1.2                                       |
|   | M             | Die Größe des Arrays, das mit einem bestimmten Initialisierer initialisiert wird, muss deutlich angegeben werden.  | R3.1.3                                       |
|   | M             | Der Array-Typ mit variabler Länge darf nicht verwendet werden.   | R3.1.4                                       |
|   | M             | (1) Der Operator „sizeof“ darf nicht auf Variablen vom Pointer-Typ angewendet werden.<br><br>(2) Der Operator „sizeof“ darf nicht auf Argumente vom Array-Typ angewendet werden.   | R3.1.5                                       |

**- Entwurf -**

**E DIN EN ISO 8100-2:2024-02**  
**prEN ISO 8100-2:2023 (D)**

**Tabelle A.18 (fortgesetzt)**

| <b>Maßnahme</b>   | <b>Verpflichtung</b> | <b>Beschreibung der Maßnahme</b>   | <b>Informative Verweisung auf IPA/ SEC ESCR 3.0</b> |
|---|----------------------|--|---|
| Verhindern, dass Operationen, die Laufzeitfehler verursachen können, zu Fehlerfällen werden.  | M                    | Die Operationen müssen durchgeführt werden, nachdem sichergestellt wurde, dass der Ausdruck auf der rechten Seite der Division oder der Restoperation nicht 0 ist.   | R3.2.1  |
|   | M                    | Auf das Ziel, auf das ein Pointer zeigt, muss verwiesen werden, nachdem überprüft wurde, dass der Pointer nicht der Null-Pointer ist.  | R3.2.2  |
| Überprüfung der Schnittstellenbeschränkungen, wenn eine Funktion aufgerufen wird.   | M                    | Wenn eine Funktion eine Fehlerinformation zurückgibt, dann muss diese Fehlerinformation geprüft werden.  | R3.3.1  |
|   | M                    | Vor Beginn der Verarbeitung muss mit der Funktion geprüft werden, ob es Einschränkungen für die Parameter gibt.  | R3.3.2  |
| Keine Durchführung rekursiver Aufrufe.  | M                    | Funktionen dürfen sich nicht selbst aufrufen, weder direkt noch indirekt.  | R3.4.1  |
| Beachtung der Verzweigungsbedingungen und Beschreibung der Behandlung von Fällen, die nicht den vordefinierten Bedingungen entsprechen, wenn sie auftreten. | M                    | «Die Klausel ‚else‘ muss am Ende einer Aussage ‚if-else if‘ stehen. Wenn bekannt ist, dass die Bedingung ‚else‘ üblicherweise nicht eintritt, muss die Beschreibung der Klausel ‚else‘ eine der folgenden sein:<br>(i) Ein Prozess zur Behandlung von Ausnahmen muss in der Klausel ‚else‘ enthalten sein.<br>(ii) Ein durch das Projekt vorgegebener Kommentar muss in der Klausel ‚else‘ enthalten sein.»            | R3.5.1  |
|   | M                    | «Die Klausel ‚default‘ muss am Ende einer Aussage ‚switch‘ stehen. Wenn bekannt ist, dass die Bedingung ‚default‘ üblicherweise nicht eintritt, muss die Beschreibung der Klausel ‚default‘ eine der folgenden sein:<br>(i) Ein Prozess zur Behandlung von Ausnahmen muss in der Klausel ‚default‘ enthalten sein.<br>(ii) Ein durch das Projekt vorgegebener Kommentar muss in der Klausel ‚default‘ enthalten sein.» | R3.5.2  |
|   | HR                   | Gleichheitsoperatoren (==) oder Ungleichheitsoperatoren (!=) dürfen nicht für Vergleiche von Schleifenzählern verwendet werden. (<=, >=, < oder > muss verwendet werden.)  | R3.5.3  |
| Beachtung der Reihenfolge der Bewertung.  | M                    | Variablen, deren Werte in einem Ausdruck geändert werden, dürfen in demselben Ausdruck nicht referenziert oder geändert werden.  | R3.6.1  |
|   | M                    | Funktionsaufrufe mit Nebeneffekten und volatilen Variablen dürfen nicht mehr als einmal in einer Sequenz von tatsächlichen Argumenten oder binären Operationsausdrücken beschrieben werden.  | R3.6.2  |
|   | HR                   | Der Operator „sizeof“ darf nicht in Ausdrücken verwendet werden, die einen Nebeneffekt haben.  | R3.6.3  |

Normen-Download-Beuth-VFA-Interliff-e.-V.-KdNr.:6363432-ID.x2-JRH0FdMds3QE-yL5vAXoJoW5SNnBKvIqQ2J-2024-01-24 10:55:15

Tabelle A.18 (fortgesetzt)

| Maßnahme  | Verpflichtung | Beschreibung der Maßnahme  | Informative Verweisung auf IPA/ SEC ESCR 3.0 |
|---|---------------|--|--|
| Vorsichtiges Vorgehen beim Zugriff auf die gemeinsamen Daten in Programmen, die Threads oder Signale verwenden. | M             | Bei gleichzeitiger Verarbeitung darf „volatile“ nicht als Synchronisationsprimitiv verwendet werden.   | R.3.11.1                                     |
|   | M             | Auf die Bitfelder, die im selben Speicherbereich zugewiesen werden können, darf nicht von mehreren Threads zugegriffen werden, oder sie müssen ausschließlich ordnungsgemäß kontrolliert werden.   | R.3.11.2                                     |
| <b>Instandhaltbarkeit 1: Berücksichtigen, dass andere das Programm lesen werden</b>                             |               |  |  |
| Keine nicht verwendeten Beschreibungen hinterlassen.  | HR            | Unbenutzte Funktionen, Variablen, Parameter, Typendefinitionen, Tags, Labels oder Makros dürfen nicht deklariert (definiert) werden.   | M1.1.1                                       |
|   | HR            | Abschnitte des Codes sollten nicht „auskommentiert“ werden.  | M1.1.2                                       |
| Nicht verwirrend schreiben.   | HR            | (1) In einer Deklarationsanweisung darf nur eine Variable deklariert werden (Mehrfachdeklarationen vermeiden).<br>(2) Automatische Variablen desselben Typs, die für ähnliche Zwecke verwendet werden, dürfen in einer Deklarationsanweisung deklariert werden, aber Variablen mit Initialisierung und Variablen ohne Initialisierung dürfen nicht gemischt werden.  | M1.2.1                                       |
|   | M             | Suffixe müssen zu den Beschreibungen von Konstanten hinzugefügt werden, die sie verwenden können, um geeignete Typen anzugeben. Für ein Suffix, das eine Integer-Konstante vom Typ „long“ angibt, darf nur ein Großbuchstabe „L“ verwendet werden.   | M1.2.2                                       |
| Nicht in unkonventionellem Stil schreiben.  | HR            | Ausdrücke, die als wahr oder falsch bewertet werden, dürfen nicht in „switch“ (Ausdruck) beschrieben werden.   | M1.3.1                                       |
|   | M             | Die „case“-Labels und das „default“-Label in einer „switch“-Anweisung dürfen nur in der zusammengesetzten Anweisung (ohne verschachtelte zusammengesetzte Anweisungen) innerhalb des Textkörpers der „switch“-Anweisung beschrieben werden.  | M1.3.2                                       |
|   | M             | Die Typen müssen für Definitionen und Deklarationen von Funktionen und Variablen explizit beschrieben werden.  | M1.3.3                                       |
| In einem Stil schreiben, der den Vorrang der Operatoren klar angibt.  | M             | Ausdrücke, die auf der rechten und linken Seite der Operationen „&&“ und „  “ beschrieben werden, müssen entweder einfache Variablen oder mit ( ) eingeschlossene Ausdrücke sein. Wenn jedoch nur die Operationen „&&“ oder nur die Operationen „  “ nacheinander kombiniert werden, ist es nicht erforderlich, jeden Ausdruck „&&“ und „  “ mit ( ) zu umschließen. | M1.4.1                                       |
|   | M             | «Die Verwendung von Klammern zur expliziten Angabe des Vorrangs von Operatoren muss definiert werden.»   | M1.4.2                                       |
| Explizite Beschreibung der Operationen, die zu Missverständnissen führen können, wenn sie weggelassen werden.   | M             | Ein Funktionsbezeichner (Funktionsname) darf nur entweder mit einem vorangestellten „&“ oder mit einer in Klammern gesetzten Parameterliste, die auch leer sein darf, verwendet werden.  | M1.5.1                                       |

**- Entwurf -**

**E DIN EN ISO 8100-2:2024-02**  
**prEN ISO 8100-2:2023 (D)**

**Tabelle A.18 (fortgesetzt)**

| <b>Maßnahme</b>   | <b>Verpflichtung</b> | <b>Beschreibung der Maßnahme</b>   | <b>Informative Verweisung auf IPA/ SEC ESCR 3.0</b> |
|---|----------------------|--|---|
| Verwendung eines Bereichs für einen einzigen Zweck.                               | M                    | Die Variablen müssen für jeden Zweck vorbereitet werden.   | M1.6.1  |
|   | HR                   | (1) Unions dürfen nicht verwendet werden.<br>(2) Wenn Unions verwendet werden, müssen dieselben Bestandteile, denen Werte zugeordnet sind, referenziert werden.  | M1.6.2  |
| Keine Wiederverwendung von Namen.   | HR                   | Für die Einzigartigkeit des Namens müssen die folgenden Regeln beachtet werden.<br>1. Ein in einem inneren Bereich deklarierter Bezeichner darf einen in einem äußeren Bereich deklarierten Bezeichner nicht verdecken.<br>2. Ein „typedef“-Name muss ein eindeutiger Bezeichner sein.<br>3. Ein „tag“-Name muss ein eindeutiger Bezeichner sein.<br>4. Bezeichner, die Objekte oder Funktionen mit externer Verknüpfung definieren, müssen eindeutig sein.<br>5. Bezeichner, die Objekte oder Funktionen mit interner Verknüpfung definieren, sollten eindeutig sein.<br>6. Kein Bezeichner in einem Namensraum sollte die gleiche Schreibweise haben wie ein Bezeichner in einem anderen Namensraum, mit Ausnahme der Namen von Struktur- und Unionsbestandteilen. | M1.7.1  |
|   | M                    | Die Namen für Funktionen, Variablen und Makros in der Standardbibliothek dürfen nicht neu definiert oder wiederverwendet werden. Darüber hinaus dürfen diese Makronamen nicht undefiniert sein.  | M1.7.2  |
|   | M                    | Namen (Variablen), die mit einem Unterstrich beginnen, dürfen nicht definiert werden.  | M1.7.3  |
| Keine Verwendung von Sprachangaben, die zu Missverständnissen führen könnten.     | HR                   | Der rechte Operand eines logischen Operators „&&“ oder „  “ darf keine Nebeneffekte enthalten.   | M1.8.1  |
|   | HR                   | C-Makros dürfen nur zu einem geschweiften Initialisierer, einer Konstanten, einem Ausdruck in Klammern, einem Typ-Qualifier, einem Speicherklassen-Spezifizierer oder einem Do-While-Zero-Konstrukt expandieren.   | M1.8.2  |
|   | M                    | #line darf nicht verwendet werden, es sei denn, es wird automatisch von einem Tool erzeugt.  | M1.8.3  |
|   | M                    | Sequenzen aus drei oder mehr Zeichen, die mit „??“ beginnen, und alternative Token dürfen nicht verwendet werden.  | M1.8.4  |
|   | M                    | Eine mit Null (0) beginnende Sequenz, die zwei oder mehr Ziffern lang ist, darf nicht als Konstante verwendet werden.  | M1.8.5  |
| Beim Schreiben in einem unkonventionellen Stil, die Absicht ausdrücklich angeben. | HR                   | Wenn Anweisungen, die keine Funktion haben, absichtlich beschrieben werden müssen, sollten Kommentare oder leere Makros verwendet werden, um sie kenntlich zu machen.  | M1.9.1  |
|   | HR                   | «Es muss ein einheitlicher Stil für das Schreiben von Endlosschleifen definiert werden.»   | M1.9.2  |
| Keine Einbettung von magischen Zahlen.  | HR                   | Es muss eine aussagekräftige Konstante verwendet werden, nachdem sie als Makro definiert wurde.  | M1.10.1   |
| Explizite Angabe der Bereichsattribute  | M                    | Schreibgeschützte Bereiche müssen als Typ „const“ deklariert werden.   | M1.11.1   |
|   | M                    | Bereiche, die von anderen Ausführungseinheiten aktualisiert werden können, müssen als flüchtig deklariert werden.  | M1.11.2   |

Tabelle A.18 (fortgesetzt)

| Maßnahme  | Verpflichtung | Beschreibung der Maßnahme   | Informative Verweisung auf IPA/ SEC ESCR 3.0 |
|---|---------------|---|--|
| Korrekte Beschreibung der Anweisungen, auch wenn sie nicht kompiliert sind. | HR            | Es muss korrekter Code beschrieben werden, auch wenn er vom Präprozessor gelöscht wird.   | M1.12.1                                      |
|   |               | Instandhaltbarkeit 2: In einem Stil schreiben, mit dem Änderungsfehler vermieden werden können.   |  |
| Verdeutlichung der Gruppierung von strukturierten Daten und Blöcken.        | M             | Wenn Arrays und Strukturen mit anderen Werten als 0 initialisiert werden, muss ihre Strukturform durch geschweifte Klammern „{}“ angegeben werden. Die Daten müssen ohne Auslassungen beschrieben werden, außer wenn alle Werte 0 sind.   | M2.1.1                                       |
|   | HR            | Der Textkörper von if-, else-, if, else-, while-, do-, for- und switch-Anweisungen muss in Blöcken eingeschlossen sein.   | M2.1.2                                       |
| Lokalisierung von Zugriffsbereichen und zugehörigen Daten.                  | M             | Variablen, die nur in einer Funktion verwendet werden, müssen innerhalb der Funktion deklariert werden.   | M2.2.1                                       |
|   | M             | Variablen, auf die von mehreren in derselben Datei definierten Funktionen zugegriffen wird, müssen mit „static“ im Anwendungsbereich der Datei deklariert werden.   | M2.2.2                                       |
|   | M             | Funktionen, die nur von Funktionen aufgerufen werden, die in der gleichen Datei definiert sind, müssen statisch sein.   | M2.2.3                                       |
|   | HR            | Wenn verwandte Konstanten definiert werden, muss „enum“ anstelle von „#define“ verwendet werden.  | M2.2.4                                       |
| <b>Instandhaltbarkeit 3: Programm einfach schreiben.</b>                    |               |   |  |
| Programmierung strukturieren.   | HR            | Für jede Iterationsanweisung darf es höchstens eine Anweisung „break“ geben, die zur Beendigung der Schleife verwendet wird.  | M3.1.1                                       |
|   | HR            | (1) Die Anweisung „goto“ darf nicht verwendet werden.<br>(2) Bei Verwendung einer Anweisung „goto“ ist das Ziel, zu dem gesprungen werden soll, das Label, das nach der Anweisung „goto“ deklariert wurde und sich im selben Block oder innerhalb des Blocks befindet, der die Anweisung „goto“ einschließt.  | M3.1.2                                       |
|   | M             | (1) Jede case-Klausel und default-Klausel in einer switch-Anweisung muss immer mit einer break-Anweisung enden.<br>(2) Wenn die case- oder default-Klausel in einer switch-Anweisung nicht mit einer break-Anweisung beendet werden soll, «muss ein projektspezifischer Kommentar definiert werden» und dieser Kommentar muss stattdessen eingefügt werden. | M3.1.4                                       |
|   | M             | (1) Eine Funktion muss mit einer return-Anweisung enden.<br>(2) Eine return-Anweisung zur Rückkehr in der Mitte der Verarbeitung darf nur im Falle einer Wiederherstellung von Anomalien geschrieben werden.  | M3.1.5                                       |
| Ein Ausdruck sollte nur einen Nebeneffekt haben.                            | HR            | (1) Kommaausdrücke dürfen nicht verwendet werden.<br>(2) Kommaausdrücke dürfen nicht verwendet werden, außer in Ausdrücken zum Initialisieren oder Aktualisieren in for-Anweisungen.  | M3.2.1                                       |
|   | M             | Es dürfen nicht mehrere Zuweisungen in einer Anweisung geschrieben werden, es sei denn, derselbe Wert wird mehreren Variablen zugewiesen.   | M3.2.2                                       |

**Tabelle A.18** (fortgesetzt)

| Maßnahme   | Verpflichtung | Beschreibung der Maßnahme  | Informative Verweisung auf IPA/ SEC ESCR 3.0 |
|--|---------------|--|--|
| Separate Beschreibung von Ausdrücken mit unterschiedlichem Zweck.  | M             | Die drei Ausdrücke einer for-Anweisung befassen sich nur mit der Schleifenkontrolle.   | M3.3.1                                       |
|  | M             | Numerische Variablen, die innerhalb einer for-Schleife zur Iterationszählung verwendet werden, dürfen im Schleifenkörper nicht verändert werden.   | M3.3.2                                       |
|  | M             | (1) Zuweisungsoperatoren dürfen in Ausdrücken nicht verwendet werden, um „wahr“ oder „falsch“ zu prüfen.<br>(2) Zuweisungsoperatoren dürfen in Ausdrücken nicht verwendet werden, um „wahr“ oder „falsch“ zu prüfen, es sei denn, es handelt sich um gebräuchliche Notationen. | M3.3.3                                       |
| Keine Verwendung von komplizierten Pointer-Operationen.  | M             | Es dürfen nicht drei oder mehr Pointer-Indirektionen verwendet werden.   | M3.4.1                                       |
| <b>Instandhaltbarkeit: In einem einheitlichen Stil schreiben.</b>  |               |  |  |
| Vereinheitlichung der Codierstile.   | HR            | «Es müssen Konventionen für die Verwendung von geschweiften Klammern ‚{ }‘, Einrückung und Leerzeichen definiert werden.»  | M4.1.1                                       |
| Vereinheitlichung des Stils beim Schreiben von Kommentaren.  | HR            | «Es müssen Konventionen für das Schreiben von Datei-Header-Kommentaren, Funktions-Header-Kommentaren, End-of-Line-Kommentaren, Block-Kommentaren und Copyright definiert werden.»  | M4.2.1                                       |
| Vereinheitlichung der Benennungskonventionen.  | HR            | «Es müssen Konventionen für die Benennung von externen und internen Variablen definiert werden.»   | M4.3.1                                       |
|  | HR            | «Es müssen Konventionen für die Benennung von Dateien festgelegt werden.»  | M4.3.2                                       |
| Vereinheitlichung der in einer Datei zu beschreibenden Inhalte und der Reihenfolge, in der sie beschrieben werden. | HR            | «Es müssen die beschreibenden Inhalte von Header-Dateien (Deklarationen, Definitionen usw.) und die Reihenfolge, in der sie beschrieben werden, definiert werden.»   | M4.4.1                                       |
| Vereinheitlichung der in einer Datei zu beschreibenden Inhalte und der Reihenfolge, in der sie beschrieben werden. | HR            | «Es müssen die beschreibenden Inhalte von Quelldateien (Deklarationen, Definitionen usw.) und die Reihenfolge, in der sie beschrieben werden, definiert werden.»   | M4.4.2                                       |
|  | HR            | Um externe Variablen oder Funktionen zu verwenden oder zu definieren (mit Ausnahme von Funktionen, die nur in der Datei verwendet werden), muss die Header-Datei, die ihre Deklarationen beschreibt, eingebunden werden.   | M4.4.3                                       |
|  | HR            | Externe Variablen dürfen nicht an mehreren Stellen definiert werden.   | M4.4.4                                       |
|  | HR            | Definitionen von Variablen oder Funktionen dürfen nicht in einer Header-Datei beschrieben werden.  | M4.4.5                                       |
|  | M             | Header-Dateien müssen auf beschreibende Weise in der Lage sein, mit redundanten Einschüssen umzugehen. «Die beschreibende Methode zur Erreichung dieser Fähigkeit muss definiert werden.»  | M4.4.6                                       |

Normen-Download-Beuth-VFA-Interliff-e.-V.-KdNr.:6363432-ID.x2-JRHFDdMds3QE-yLsvAXoJw5SSNnBKvIqQ2J-2024-01-24 10:55:15

**Tabelle A.18 (fortgesetzt)**

| <b>Maßnahme</b>   | <b>Verpflichtung</b> | <b>Beschreibung der Maßnahme</b>  | <b>Informative Verweisung auf IPA/ SEC ESCR 3.0</b> |
|---|----------------------|---|---|
| Vereinheitlichung des Stils beim Schreiben von Deklarationen.   | HR                   | (1) In einer Funktionsprototyp-Deklaration dürfen nicht alle Parameter benannt werden (nur Typen.)<br>(2) In einer Funktionsprototyp-Deklaration müssen alle Parameter benannt werden. Darüber hinaus müssen die Typen der Parameter, ihre Namen und der Typ des Rückgabewerts wörtlich mit denen der Funktionsdefinition übereinstimmen. | M4.5.1  |
|   | HR                   | Struktur-Tags und -Variablen müssen separat deklariert werden.  | M4.5.2  |
| Vereinheitlichung des Stils beim Schreiben von Null-Pointern.   | M                    | Für den Null-Pointer muss NULL verwendet werden. NULL darf nicht für etwas anderes als den Null-Pointer verwendet werden.   | M4.6.1  |
| Vereinheitlichung des Stils beim Schreiben von Präprozessor-Anweisungen.                              | M                    | Der Hauptteil und die Parameter eines Makros, das Operatoren enthält, müssen in Klammern ( ) eingeschlossen werden.   | M4.7.1  |
|   | HR                   | #else, #elif oder #endif, die #ifdef, #ifndef oder #if entsprechen, müssen in derselben Datei beschrieben werden, und «ihre Korrespondenzbeziehung muss klar mit einem im Projekt definierten Kommentar ausgedrückt werden».  | M4.7.2  |
|   | HR                   | „defined(macro_name)“ oder „defined macro_name“ muss verwendet werden, um zu prüfen, ob der Makroname bereits durch #if oder #elif definiert wurde.   | M4.7.3  |
|   | M                    | Makros dürfen innerhalb eines Blocks nicht #define oder #undef sein.  | M4.7.5  |
|   | HR                   | #undef darf nicht verwendet werden.   | M4.7.6  |
|   | HR                   | Der kontrollierende Ausdruck der Präprozessor-Anweisung #if oder #elif muss als 0 oder 1 bewertet werden.   | M4.7.7  |
| <b>Instandhaltbarkeit 5: In einem Stil schreiben, der das Testen einfach macht.</b>                   |                      |   |   |
| Schreiben in einem Stil, der es leicht macht, die Ursachen von auftretenden Problemen zu untersuchen. | HR                   | «Es müssen die Regeln für das Schreiben des Codes zum Festlegen von Debug-Optionen und für die Aufzeichnung von Protokollen in Release-Modulen definiert werden.»   | M5.1.1  |
|   | HR                   | (1) Die Präprozessor-Operatoren # und ## sollten nicht verwendet werden.<br>(2) Ein Makroparameter, der unmittelbar auf einen #-Operator folgt, darf nicht unmittelbar von einem ##-Operator gefolgt werden.  | M5.1.2  |
|   | HR                   | Anstelle eines funktionsähnlichen Makros muss eine Funktion verwendet werden.   | M5.1.3  |
| Bei der Verwendung von dynamischen Datenspeicherzuweisungen vorsichtig vorgehen.                      | M                    | Dynamischer Datenspeicher darf nicht verwendet werden.  | M5.2.1  |
| <b>Portabilität 1: In einem Stil schreiben, der nicht vom Compiler abhängig ist.</b>                  |                      |   |   |

**Tabelle A.18** (fortgesetzt)

| Maßnahme   | Verpflichtung | Beschreibung der Maßnahme  | Informative Verweisung auf IPA/ SEC ESCR 3.0 |
|--|---------------|--|--|
| Keine Verwendung von Funktionen, bei denen es sich um fortgeschrittene oder implementierungsspezifische Funktionen handelt.                                | HR            | (1) Funktionalitäten, die nicht im Sprachstandard angegeben sind, dürfen nicht verwendet werden.<br>(2) Wenn Funktionalitäten verwendet werden, die nicht im Sprachstandard angegeben sind, «müssen die verwendeten Funktionalitäten und ihre Verwendung dokumentiert werden.»   | P1.1.1                                       |
|  | M             | «Jede Verwendung von implementierungsdefiniertem Verhalten muss dokumentiert werden.»  | P1.1.2                                       |
|  | M             | Um ein in einer anderen Sprache geschriebenes Programm zu verwenden, «muss seine Schnittstelle dokumentiert und seine Verwendung definiert werden.»  | P1.1.3                                       |
| Verwendung nur der im Sprachstandard definierten Zeichen und escape-Sequenzen.   | M             | Um andere als die im Sprachstandard definierten Zeichen für das Schreiben eines Programms zu verwenden, müssen die Compiler-Spezifikationen bestätigt werden, und «ihre Verwendung muss definiert werden.»   | P1.2.1                                       |
|  | HR            | Es dürfen nur escape-Sequenzen verwendet werden, die im Sprachstandard definiert sind.   | P1.2.2                                       |
| Bestätigung und Dokumentation von Datentypdarstellungen, Verhaltensspezifikationen von erweiterten Funktionalitäten und implementierungsabhängigen Teilen. | M             | Der einfache Typ „char“ (der die Vorzeichenhaftigkeit nicht angibt) darf nur zum Speichern von Zeichenwerten verwendet werden.<br>Wenn ein Prozess, der von der Vorzeichenhaftigkeit abhängt (durch die Implementierung definiert), erforderlich ist, muss „unsigned char“ oder „signed char“, das seine Vorzeichenhaftigkeit angibt, verwendet werden.<br>Anmerkung: <stdint.h>-Header und -Typen verwenden | P1.3.1                                       |
|  | HR            | Die Bestandteile eines Aufzählungstyps (enum) müssen mit Werten definiert werden, die als Typ „int“ dargestellt werden können.   | P1.3.2                                       |
|  | HR            | (1) Bitfelder dürfen nicht verwendet werden.<br>(2) Bitfelder dürfen nicht für Daten verwendet werden, deren Bitpositionen sinnvoll sind.<br>(3) «Wenn sich auf die Implementierung verlassen wird, muss das durch die Implementierung definierte Verhalten und die Zusammensetzung der Bitfelder dokumentiert werden.»  | P1.3.3                                       |
| Für die Einbindung von Quelldateien die implementierungsabhängigen Teile bestätigen und in einem Stil schreiben, der nicht implementierungsabhängig ist.   | M             | Der #include-Anweisung muss entweder eine Sequenz <file-name> oder „file name“ folgen.   | P1.4.1                                       |
|  | HR            | «Die Verwendung des Formats <> und des Formats "" für die Angabe von #include-Dateien muss definiert werden.»  | P1.4.2                                       |
|  | M             | Die Zeichen ‘\’, ‘,’, ‘/*’, ‘//’ und ‘:’ dürfen nicht für Dateispezifikationen in #include verwendet werden.   | P1.4.3                                       |
| In einem Stil schreiben, der nicht von der für die Kompilierung verwendeten Umgebung abhängt.  | M             | Bei der Angabe von #include-Dateien darf der absolute Pfad nicht geschrieben werden.   | P1.5.1                                       |
|  | HR            | „sizeof“ muss verwendet werden, um die Größe eines Typs oder einer Variablen zu bestimmen.   | P1.5.2                                       |

**Tabelle A.18 (fortgesetzt)**

| <b>Maßnahme</b>   | <b>Verpflichtung</b> | <b>Beschreibung der Maßnahme</b>  | <b>Informative Verweisung auf IPA/ SEC ESCR 3.0</b> |
|---|----------------------|---|---|
| <b>Portabilität 2: Lokalisierung des Codes, der Probleme mit der Portabilität hat.</b>  |                      |   |   |
| Lokalisierung des Codes, der Probleme mit der Portabilität hat.   | HR                   | Wenn Assembler-Programme von C aus aufgerufen werden, «muss festgelegt werden, wie diese Teile zu lokalisieren sind», z. B., indem sie als Funktionen oder Inline-Funktionen von C ausgedrückt werden, die nur Inline-Assembler-Code enthalten, oder indem sie durch Makros beschrieben werden.   | P2.1.1  |
|   | HR                   | (1) Die Grundtypen (char, int, long, long long, float, double und long double) dürfen nicht verwendet werden. Stattdessen müssen die durch „typedef“ definierten Typen verwendet werden. «Es müssen die durch ‚typedef‘ definierten Typen, die im Projekt verwendet werden, definiert werden.»<br><br>(2) Wenn einer der Grundtypen (char, int, long, long long, float, double und long double) in einer Form verwendet wird, die von seiner Größe abhängt, muss der durch „typedef“ definierte Typ für jeden dieser Grundtypen verwendet werden. «Es müssen die durch ‚typedef‘ definierten Typen, die im Projekt verwendet werden, definiert werden.» | P2.1.3  |
| <p><b>ANMERKUNGEN:</b></p> <p>Verpflichtung:</p> <p>M: Die Methode oder Maßnahme ist erforderlich (obligatorisch);</p> <p>HR: Die Methode oder Maßnahme wird dringend empfohlen. Wenn diese Methode oder Maßnahme nicht angewandt wird, müssen die Gründe für den Verzicht genannt werden;</p> <p>Regeln, die aus mehreren Alternativen ausgewählt werden können, sind in der Spalte „Beschreibung der Maßnahme“ mit Klammern angegeben, z. B. (1), (2)</p> <p>Spezifische Regeln, die für jedes Projekt definiert werden müssen, oder Regeln, die in einem Dokument vorgeschrieben werden müssen, sind mit « » gekennzeichnet.</p> |                      |   |   |

## Anhang B (informativ)

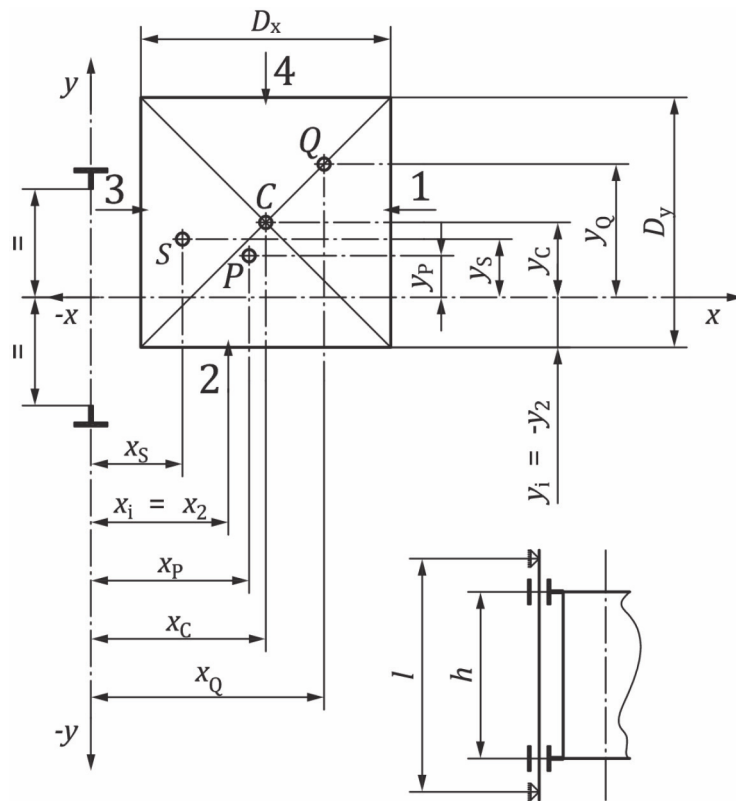
### Beispiel für die Berechnung von Führungsschienen

#### B.1 Allgemeines

**B.1.1** Anhand des folgenden Beispiels wird die Berechnung der Führungsschienen anhand eines Aufzugs mit Führungsschienen, die bis zur Schachtgrube reichen, und einer einfach wirkenden Fangvorrichtung erläutert.

**B.1.2** Die folgenden Symbole für die Maße im Aufzug werden mit einem kartesischen Koordinatensystem für alle möglichen geometrischen Fälle verwendet:

|                   |  |
|-------------------|--|
| $C$               | ist die Mitte des Fahrkorbs;   |
| $D_x$             | ist das Maß des Fahrkorbs in X-Richtung, Tiefe des Fahrkorbs;  |
| $D_y$             | ist das Maß des Fahrkorbs in Y-Richtung, Breite des Fahrkorbs;   |
| $h$               | ist der Abstand zwischen den Führungsschuhen des Fahrkorbs;  |
| $l$               | ist der Abstand zwischen den Halterungen;  |
| $P$               | sind die Massen des leeren Fahrkorbs und der am Fahrkorb hängenden Teile, d. h. Teil des Hängekabels, vorhandene Ausgleichsleine/-ketten usw. in kg; |
| $Q$               | die Nennlast in kg;  |
| $S$               | ist das Aufhängungsmittel des Fahrkorbs;   |
| $x_C, y_C$        | ist die Position der Mitte des Fahrkorbs ( $C$ ) in Bezug auf die Kreuzkoordinaten der Führungsschiene;  |
| $x_i, y_i$        | ist die Position der Fahrkorbtür, $i = 1, 2, 3$ oder $4$ ;   |
| $x_P, y_P$        | ist die Position der Masse des Fahrkorbs ( $P$ ) in Bezug auf die Kreuzkoordinaten der Führungsschiene;  |
| $x_Q, y_Q$        | ist die Position der Nennlast ( $Q$ ) in Bezug auf die Kreuzkoordinaten der Führungsschiene;   |
| $x_S, y_S$        | ist die Position des Aufhängungsmittels ( $S$ ) in Bezug auf die Kreuzkoordinaten der Führungsschiene;   |
| $1, 2, 3, 4$      | ist die Mitte der Fahrkorbtür $1, 2, 3$ oder $4$ ;   |
| $\longrightarrow$ | ist die Richtung der Last.   |



**Bild B.1 — Lastverteilung im Fahrkorb des Aufzugs — Allgemeiner Fall**

**B.1.3** Die folgenden Symbole werden in den Gleichungen (B.1) bis (B.30) verwendet, siehe B.2 und Bild B.1:

- A ist die Querschnittsfläche einer Führungsschiene in  $\text{mm}^2$ ;
- c ist die Breite des Verbindungsstücks zwischen dem Fuß und dem Kopf in mm;
- $\delta_{\text{perm}}$  ist die maximal zulässige Durchbiegung in mm;
- $\delta_x$  ist die Durchbiegung auf der X-Achse in mm;
- $\delta_y$  ist die Durchbiegung auf der Y-Achse in mm;
- $\delta_{\text{str-x}}$  ist die Durchbiegung der Befestigungen (Klammern, Trennbalken) auf der X-Achse in mm;
- $\delta_{\text{str-y}}$  ist die Durchbiegung der Befestigungen (Klammern, Trennbalken) auf der Y-Achse in mm;
- E ist der Elastizitätsmodul in  $\text{N/mm}^2$ ;
- $F_{\text{aux}}$  ist die Kraft in einer Führungsschiene aufgrund von Hilfseinrichtungen in N;
- $F_p$  ist die Durchschubkraft aller Halterungen an einer Führungsschiene (aufgrund der üblichen Setzungen des Gebäudes oder des Schwindens des Betons) in N;
- $F_S$  ist die vertikale Kraft, die durch das Be- und Entlasten auf den Fahrkorb wirkt, in N;
- $F_v$  ist die auf eine Führungsschiene des Fahrkorbs, das Gegengewicht oder das Ausgleichsgewicht wirkende vertikale Kraft in N;
- $F_x$  ist die Stützkraft auf der X-Achse in N;
- $F_y$  ist die Stützkraft in der Y-Achse in N;
- $g_n$  die Normalfallbeschleunigung in  $\text{mm/s}^2$ ;
- $I_x$  ist das zweite Flächenträgheitsmoment bezogen auf die X-Achse in biquadratischen Millimetern;
- $I_y$  ist das zweite Flächenträgheitsmoment bezogen auf Y-Achse in biquadratischen Millimetern;
- $k_1$  ist der Aufprallfaktor für die Art der verwendeten Fangvorrichtung;

|                 |  |
|-----------------|--|
| $k_2$           | ist der Aufprallfaktor für die Laufbedingung;                                    |
| $k_3$           | ist der Aufprallfaktor für Hilfstteile und andere Betriebszenarien;              |
| $M_g$           | ist die Masse einer Reihe von Führungsschienen in kg;                            |
| $M_m$           | ist das Biegemoment in Nm;   |
| $M_x$           | ist das auf die X-Achse bezogene Biegemoment in N/mm;                            |
| $M_y$           | ist das auf die Y-Achse bezogene Biegemoment in N/mm;                            |
| $n$             | ist die Anzahl der Führungsschienen;   |
| $\sigma$        | ist die kombinierte Spannung in N/mm <sup>2</sup> ;                              |
| $\sigma_k$      | ist die Knickspannung in N/mm <sup>2</sup> ;                                     |
| $\sigma_m$      | ist die kombinierte Spannung in N/mm <sup>2</sup> ;                              |
| $\sigma_F$      | ist die Biegespannung des lokalen Flansches in N/mm <sup>2</sup> ;               |
| $\sigma_{perm}$ | ist die zulässige Beanspruchung in N/mm <sup>2</sup> ;                           |
| $\sigma_x$      | ist die Biegespannung bezogen auf die X-Achse in N/mm <sup>2</sup> ;             |
| $\sigma_y$      | ist die Biegespannung bezogen auf die Y-Achse in N/mm <sup>2</sup> ;             |
| $W_x$           | ist der Modul der Querschnittsfläche bezogen auf die X-Achse in m <sup>3</sup> ; |
| $W_y$           | ist der Modul der Querschnittsfläche bezogen auf die Y-Achse in m <sup>3</sup> ; |
| $\omega$        | ist der Omega-Wert.  |

## **B.2 Allgemeine Konfiguration für Aufzüge mit Fangvorrichtungen**

### **B.2.1 Betrieb der Fangvorrichtungen**

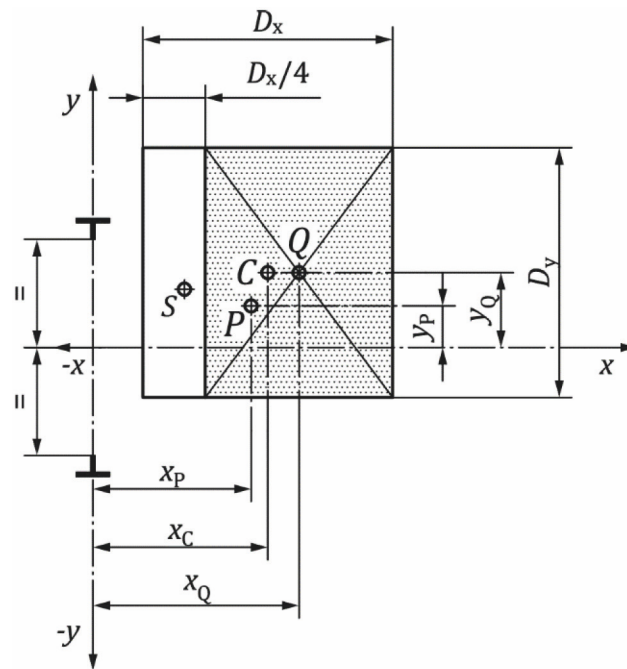
#### **B.2.1.1 Biegespannung**

a) Biegespannung in Bezug auf die Y-Achse der Führungsschiene aufgrund der Führungskraft:

$$F_x = \frac{k_1 \cdot g_n \cdot (Q \cdot x_Q + P \cdot x_P)}{n \cdot h}, \quad M_y = \frac{3 \cdot F_x \cdot l}{16}, \quad \sigma_y = \frac{M_y}{W_y} \quad (\text{B.1})$$

b) Biegespannung in Bezug auf die X-Achse der Führungsschiene aufgrund der Führungskraft:

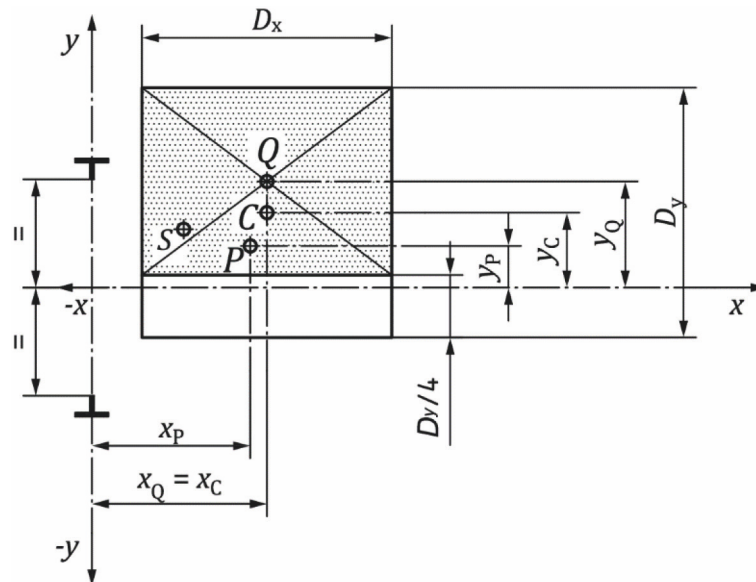
$$F_y = \frac{k_1 \cdot g_n \cdot (Q \cdot y_Q + P \cdot y_P)}{\frac{n}{2} \cdot h}, \quad M_x = \frac{3 \cdot F_y \cdot l}{16}, \quad \sigma_x = \frac{M_x}{W_x} \quad (\text{B.2})$$



ANMERKUNG 1  $x_Q = x_C + D_x/8$ .

ANMERKUNG 2  $y_Q = y_C$ .

**Bild B.2 — Betrieb der Fangvorrichtungen — Lastverteilung im Fahrkorb des Aufzugs — Fall 1 relativ zur X-Achse**



ANMERKUNG 3  $x_Q = x_C$ .

ANMERKUNG 4  $y_Q = y_C + D_y/8$ .

**Bild B.3 — Betrieb der Fangvorrichtungen — Lastverteilung im Fahrkorb des Aufzugs — Fall 2 relativ zur Y-Achse**

### B.2.1.2 Knicken

$$F_v = \frac{k_1 \cdot g_n \cdot (P + Q)}{n} + M_g \cdot g_n + F_p \quad (\text{B.3})$$

$$\sigma_k = \frac{(F_v + k_3 \cdot F_{aux}) \cdot \omega}{A} \quad (\text{B.4})$$

### B.2.1.3 Kombinierte Spannung

Diese Gleichungen gelten für beide Lastverteilungsfälle 1 und 2, siehe B.2.1.1. Wenn  $\sigma_{perm} < \sigma$ , wird 4.10.2.2 angewendet.

Kombiniertes Biegen

$$\sigma = \sigma_m = \sigma_x + \sigma_y \leq \sigma_{perm} \quad (\text{B.5})$$

Kombiniertes Biegen und Pressen

$$\sigma = \sigma_m + \frac{F_v + k_3 \cdot F_{aux}}{A} \leq \sigma_{perm} \quad (\text{B.6})$$

Kombiniertes Biegen und Knicken

$$\sigma = \sigma_k + 0,9 \cdot \sigma_m \leq \sigma_{perm} \quad (\text{B.7})$$

### B.2.1.4 Flanschbiegung

Diese Gleichungen gelten für beide Lastverteilungsfälle 1 und 2, siehe B.2.1.1.

$$\sigma_F = \frac{1,85 \cdot F_x}{c^2} \leq \sigma_{perm}, \text{ or} \quad (\text{B.8})$$

$$\sigma_F = \frac{6 \cdot F_x \cdot (h_1 - b - f)}{c^2 \cdot [l + 2 \cdot (h_1 - f)]} \leq \sigma_{perm} \quad (\text{B.9})$$

### B.2.1.5 Durchbiegungen

Diese Gleichungen gelten für beide Lastverteilungsfälle 1 und 2, siehe B.2.1.1.

$$\delta_x = 0,7 \frac{F_x \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_y} + \delta_{str-x} \leq \delta_{perm} \quad (\text{B.10})$$

$$\delta_y = 0,7 \frac{F_y \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_x} + \delta_{str-y} \leq \delta_{perm} \quad (\text{B.11})$$

## B.2.2 Laufen

### B.2.2.1 Biegespannung

a) Biegespannung in Bezug auf die Y-Achse der Führungsschiene aufgrund der Führungskraft:

$$F_x = \frac{k_2 \cdot g_n \cdot [Q \cdot (x_Q - x_S) + P \cdot (x_P - x_S)]}{n \cdot h}, M_y = \frac{3 \cdot F_x \cdot l}{16}, \sigma_y = \frac{M_y}{W_y} \quad (\text{B.12})$$

b) Biegespannung in Bezug auf die X-Achse der Führungsschiene aufgrund der Führungskraft:

$$F_y = \frac{k_2 \cdot g_n \cdot [Q \cdot (y_Q - y_S) + P \cdot (y_p - y_s)]}{\frac{n}{2} \cdot h}, M_x = \frac{3 \cdot F_y \cdot l}{16}, \sigma_x = \frac{M_x}{W_x} \quad (\text{B.13})$$

Lastverteilung:

Fall 1 relativ zur X-Achse (siehe Bild B.2).

Fall 2 relativ zur Y-Achse (siehe Bild B.3).

### **B.2.2.2 Knickspannung**

$$F_v = M_g \cdot g_n + F_p \quad (\text{B.14})$$

$$\sigma_k = \frac{(F_v + k_3 \cdot F_{aux}) \cdot \omega}{A} \quad (\text{B.15})$$

### **B.2.2.3 Kombinierte Spannung**

Diese Gleichungen gelten für beide Lastverteilungsfälle 1 und 2, siehe B.2.2.1. Wenn  $\sigma_{perm} < \sigma$ , wird 4.10.2.2 angewendet.

Kombiniertes Biegen

$$\sigma_m = \sigma_x + \sigma_y \leq \sigma_{perm} \quad (\text{B.16})$$

Kombiniertes Biegen und Pressen

$$\sigma = \sigma_m + \frac{F_v + k_3 \cdot F_{aux}}{A} \leq \sigma_{perm} \quad (\text{B.17})$$

Kombiniertes Biegen und Knicken

$$\sigma = \sigma_k + 0,9 \cdot \sigma_m \leq \sigma_{perm} \quad (\text{B.18})$$

### **B.2.2.4 Flanschbiegung**

Diese Gleichungen gelten für beide Lastverteilungsfälle 1 und 2, siehe B.2.1.1.

$$\sigma_F = \frac{1,85 \cdot F_x}{c^2} \leq \sigma_{perm}, \text{ or} \quad (\text{B.19})$$

$$\sigma_F = \frac{6 \cdot F_x \cdot (h_1 - b - f)}{c^2 \cdot [l + 2 \cdot (h_1 - f)]} \leq \sigma_{perm} \quad (\text{B.20})$$

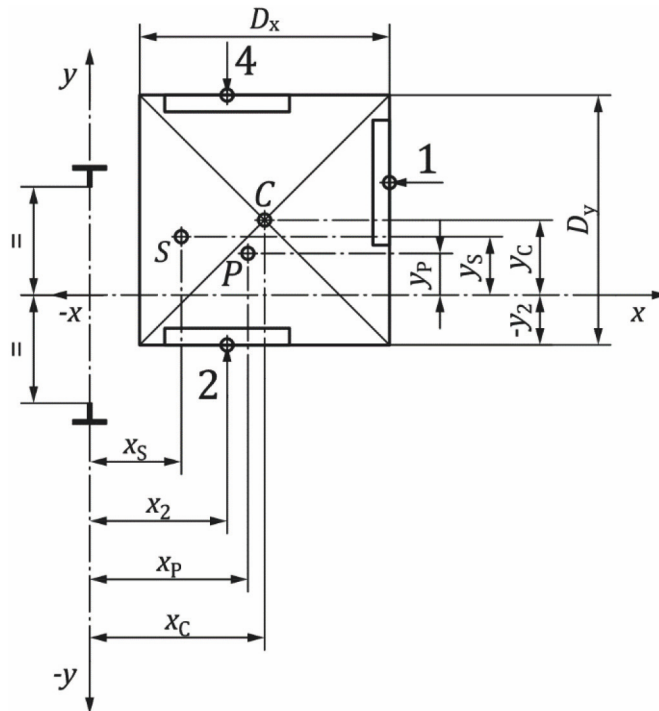
### **B.2.2.5 Durchbiegung**

Diese Bilder gelten für beide Lastverteilungsfälle 1 und 2, siehe B.2.1.1.

$$\delta_x = 0,7 \frac{F_x \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_y} + \delta_{\text{str-x}} \leq \delta_{perm} \quad (\text{B.21})$$

$$\delta_y = 0,7 \frac{F_y \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_x} + \delta_{\text{str-y}} \leq \delta_{perm} \quad (\text{B.22})$$

**B.2.3 Be- und Entlasten**



**Bild B.4 — Lastverteilung**

**B.2.3.1 Biegespannung**

a) Biegespannung in Bezug auf die Y-Achse der Führungsschiene aufgrund der Führungskraft:

$$F_x = \frac{g_n \cdot P \cdot (x_p - x_s) + F_s \cdot (x_i - x_s)}{n \cdot h}, M_y = \frac{3 \cdot F_x \cdot l}{16}, \sigma_y = \frac{M_y}{W_y} \quad (B.23)$$

b) Biegespannung in Bezug auf die X-Achse der Führungsschiene aufgrund der Führungskraft:

$$F_y = \frac{g_n \cdot P \cdot (y_p - y_s) + F_s \cdot (y_i - y_s)}{\frac{n}{2} \cdot h}, M_x = \frac{3 \cdot F_y \cdot l}{16}, \sigma_x = \frac{M_x}{W_x} \quad (B.24)$$

**B.2.3.2 Knicken**

$$F_v = M_g \cdot g_n + F_p \quad (B.25)$$

$$\sigma_k = \frac{(F_v + k_3 \cdot F_{aux}) \cdot \omega}{A} \quad (B.26)$$

**B.2.3.3 Kombinierte Spannung**

Wenn  $\sigma_{perm} < \sigma$ , wird 4.10.2.2 angewendet.

Kombiniertes Biegen

$$\sigma = \sigma_m = \sigma_x + \sigma_y \leq \sigma_{perm} \quad (B.27)$$

Kombiniertes Biegen und Pressen

$$\sigma = \sigma_m + \frac{F_v + k_3 \cdot F_{aux}}{A} \leq \sigma_{perm} \quad (\text{B.28})$$

Kombiniertes Biegen und Knicken

$$\sigma = \sigma_k + 0,9 \cdot \sigma_m \leq \sigma_{perm} \quad (\text{B.29})$$

#### B.2.3.4 Flanschbiegung

$$\sigma_F = \frac{1,85 \cdot F_x}{c^2} \leq \sigma_{perm,or} \quad (\text{B.30})$$

$$\sigma_F = \frac{6 \cdot F_x \cdot (h_1 - b - f)}{c^2 \cdot [l + 2 \cdot (h_1 - f)]} \leq \sigma_{perm} \quad (\text{B.31})$$

#### B.2.3.5 Durchbiegungen

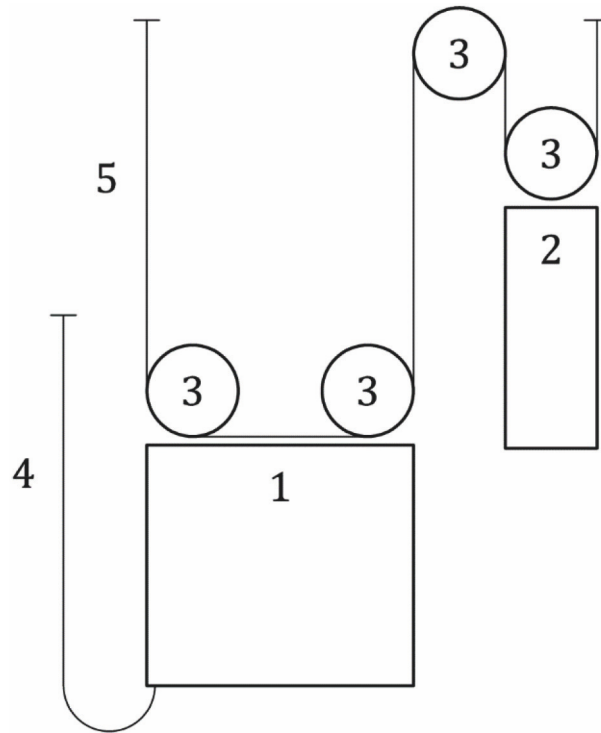
$$\delta_x = 0,7 \frac{F_x \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_y} + \delta_{str-x} \leq \delta_{perm} \quad (\text{B.32})$$

$$\delta_y = 0,7 \frac{F_y \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_x} + \delta_{str-y} \leq \delta_{perm} \quad (\text{B.33})$$

**Anhang C**  
(informativ)

**Berechnung der Treibfähigkeit — Beispiel**

Für das Beispiel nach Bild C.1 gelten die Gleichungen (C.1) bis (C.8).



**Legende**

- 1 Fahrkorb
- 2 Gegengewicht
- 3 Seilrolle
- 4 Hängekabel
- 5 Aufhängungsmittel

**Bild C.1 — Beispiel 2:1, keine Ausgleichsmittel**

Beladener Fahrkorb

Fahrkorb beladen mit 125 % Nennlast an der untersten Haltestelle, ohne Berücksichtigung der Reibung.

$$T_1 = \frac{(P + 1,25 \cdot Q)}{2} \cdot g_n + M_{SRcar} \cdot g_n \quad (C.1)$$

$$T_2 = \frac{M_{cwt}}{2} \cdot g_n \quad (C.2)$$

Vollbremsung

Minimale Reibung durch Seilscheiben und Führungskraft vorausgesetzt

a) Fahrkorb beladen mit Nennlast an der untersten Haltestelle

$$T_1 = \frac{(P + Q)}{2} \cdot (g_n + a) + M_{SRcar} (g_n + 2 \cdot a) + \left[ \frac{m_{Pcar_1} \cdot \left(\frac{v_{P_1}}{v}\right)^2 \cdot a}{r} \right] + \left[ \frac{m_{Pcar_2} \cdot \left(\frac{v_{P_2}}{v}\right)^2 \cdot a}{r} \right] - \frac{FR_{car}}{2} \quad (C.3)$$

$$T_2 = \frac{Mcwt}{2} \cdot (g_n - a) - \left[ \frac{m_{Pcwt_1} \cdot \left(\frac{v_{P_1}}{v}\right)^2 \cdot a}{r} \right] + \frac{FR_{cwt}}{2} \quad (C.4)$$

b) Leerer Fahrkorb an höchster Haltestelle

$$T_1 = \frac{Mcwt}{2} \cdot (g_n + a) + M_{SRcwt} (g_n + 2 \cdot a) + \left[ \frac{m_{Pcwt_1} \cdot \left(\frac{v_{P_1}}{v}\right)^2 \cdot a}{r} \right] - \frac{FR_{ctw}}{2} \quad (C.5)$$

$$T_2 = \frac{(P + M_{Trav})}{2} \cdot (g_n - a) - \left[ \frac{m_{Pcar_1} \cdot \left(\frac{v_{P_1}}{v}\right)^2 \cdot a}{r} \right] - \left[ \frac{m_{Pcar_2} \cdot \left(\frac{v_{P_2}}{v}\right)^2 \cdot a}{r} \right] + \frac{FR_{car}}{2} \quad (C.6)$$

Blockiertes Gegengewicht

Leerer Fahrkorb in höchster Position, ohne Berücksichtigung der Reibung.

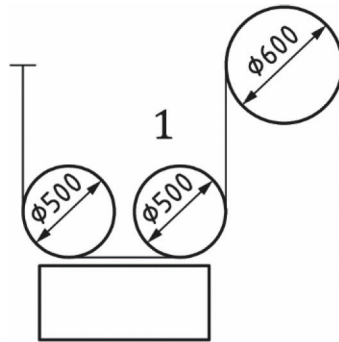
$$T_1 = \frac{(P + M_{Trav})}{2} \cdot g_n \quad (C.7)$$

$$T_2 = M_{SRcwt} \cdot g_n \quad (C.8)$$

**Anhang D**  
(informativ)

**Äquivalente Anzahl von Seilscheiben,  $N_{equiv}$  — Beispiele**

ANMERKUNG Für andere Aufhängungsmittel als Stahldrahtseile in Treibscheiben aus Stahl/Gusseisen sind diese Beispiele nicht anwendbar.



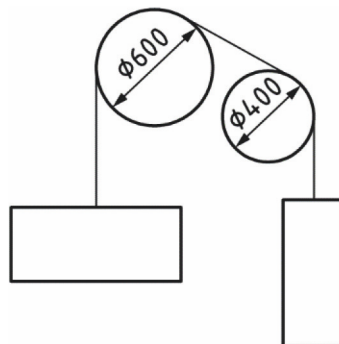
**Legende**

1 Fahrkorbseite

**Bild D.1 — 2:1-Aufhängung — Keilrillen**

|                |                         |                       |
|----------------|-------------------------|-----------------------|
| $\gamma$       |                         | = 40°                 |
| $N_{equiv(t)}$ |                         | = 10 (nach Tabelle 1) |
| $K_p$          | = $(600/500)^4$         | = 2,07                |
| $N_{equiv(p)}$ | = $2,07 \times (2 + 0)$ | = 4,14                |
| $N_{equiv}$    | = $10 + 4,14$           | = 14,14               |

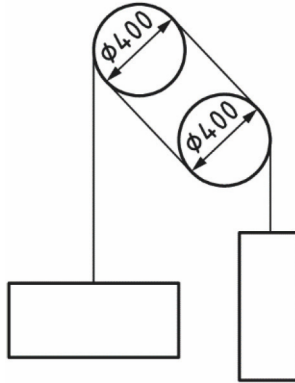
ANMERKUNG Keine Gegenbiegung wegen nicht ortsfester Seilrollen.



**Bild D.2 — 1:1-Aufhängung — Unterschrittene Keilrillen**

|                |                      |        |
|----------------|----------------------|--------|
| $\beta$        | = 90°                |        |
| $N_{equiv(t)}$ | = 5 (nach Tabelle 1) |        |
| $K_p$          | = $(600/400)^4$      | = 5,06 |

$$\begin{aligned} N_{equiv(p)} &= 5,06 \times (1 + 0) &= 5,06 \\ N_{equiv} &= 5 + 5,06 &= 10,06 \end{aligned}$$



**Bild D.3 — 1:1-Aufhängung (doppelte Umschlingung) — Rundrillen**

$$\begin{aligned} N_{equiv(t)} &= 1 + 1 &= 2 \\ K_p & &= 1 \\ N_{equiv(p)} &= 1 \times (1 + 1) &= 2 \\ N_{equiv} &= 2 + 2 &= 4 \end{aligned}$$

ANMERKUNG Das Seil läuft zwei Mal über die Treibscheibe und die zweite Treibscheibe.

**Anhang E**  
**(informativ)**

**Beziehung zwischen ISO 8100-20 und ISO 8100-2**

Die Anforderungen dieses Dokuments sind nicht dazu vorgesehen, die Verwendung von Systemen, Verfahren, Geräten oder Komponenten mit gleichwertiger oder höherer Sicherheit, Festigkeit, Wirksamkeit, Dauerhaftigkeit usw. als die in diesem Dokument vorgeschriebenen zu verhindern, vorausgesetzt, die Gleichwertigkeit des Systems, Verfahrens, Geräts oder der Komponente kann verifiziert werden. ISO 8100-20 und nationale Implementierungen sollten für weitere Informationen herangezogen werden.

## **Literaturhinweise**

- [1] ISO 8100-20:2018, *Lifts for the transport of persons and goods — Part 20: Global essential safety requirements (GESRs)*
- [2] ISO 13849-2:2012, *Safety of machinery — Safety-related parts of control systems — Part 2: Validation*
- [3] ISO/TS 8100-3:2019, *Lifts for the transport of persons and goods — Part 3: Requirements from other Standards (ASME A17.1/CSA B44 and JIS A 4307-1/JIS A 4307-2) not included in ISO 8100-1 or ISO 8100-2*
- [4] IEC 61508-1:2010, *Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems — Part 1: General requirements*
- [5] IEC 61784-3:2021, *Industrial communication networks — Profiles — Part 3: Functional safety fieldbuses - General rules and profile definitions*
- [6] IEC 61508-7:2010, *Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety related systems — Part 7: Overview of techniques and measures*
- [7] IPA/SEC ESCR 3.0, *Embedded System development Coding Reference guide [C Language Edition]*

**- Entwurf -**

# Contents

Page

|  |          |
|--|----------|
| European Foreword .....  | v        |
| Foreword .....   | vi       |
| FprEN 81-50:2013 (E) 511Règles de sécurité pour la construction et l'installation des<br>élévateurs — Examens et essais — Partie 50 : Règles de conception, calculs, examens<br>et essais des composants pour élévateursSicherheitsregeln für die Konstruktion<br>und den Einbau von Aufzügen — Prüfungen — Teil 50: Konstruktionsregeln,<br>Berechnungen und Prüfungen von AufzugskomponentenSafety rules for the<br>construction and installation of lifts — Examinations and tests — Part 50: Design<br>rules, calculations, examinations and tests of lift componentsE0 00 201310Formal<br>VoteCEN 1 European StandardEN 81-50FprEN 81-50:2013 0Vrai50 AFNORLifts,<br>escalators and moving walks10 2Titre 2Titre 1 0 STD Version 2.4a50EN 81-1:1985<br>1C:\Documents and Settings\xdmr\My Documents\NORMES\NORMALISATION\<br>CEN TC 10\TASK FORCE\ANSWER TO PQ COMMENTS\TEXTES MODIFIES\prEN 81-<br>50 - modified after PQ - 2013 09.doc Introduction ..... | vii      |
| <b>1 Scope .....</b>   | <b>1</b> |
| <b>2 Normative references .....</b>  | <b>1</b> |
| <b>3 Terms and definitions .....</b>   | <b>2</b> |
| <b>4 Design rules, calculations, verifications and tests .....</b>   | <b>3</b> |
| 4.1 General .....  | 3        |
| 4.2 Verification of landing and car door locking devices .....   | 3        |
| 4.2.1 Verifications and tests .....  | 3        |
| 4.2.2 Test particular to certain types of locking devices .....  | 5        |
| 4.2.3 Verification report .....  | 6        |
| 4.3 Verification of safety gear .....  | 6        |
| 4.3.1 General provisions .....   | 6        |
| 4.3.2 Instantaneous safety gear .....  | 6        |
| 4.3.3 Progressive safety gear .....  | 8        |
| 4.3.4 Additional verifications .....   | 11       |
| 4.3.5 Verification report .....  | 11       |
| 4.4 Verification of overspeed governors .....  | 11       |
| 4.4.1 General provisions .....   | 11       |
| 4.4.2 Check on the characteristics of the overspeed governor .....   | 12       |
| 4.4.3 Verification report .....  | 13       |
| 4.5 Verification of buffers .....  | 13       |
| 4.5.1 General provisions .....   | 13       |
| 4.5.2 Samples subject to test .....  | 13       |
| 4.5.3 Test .....   | 13       |
| 4.5.4 Verification report .....  | 17       |
| 4.6 Verification of safety circuits and SIL-rated circuits .....   | 17       |
| 4.6.1 General provisions .....   | 17       |
| 4.6.2 Samples subject to test .....  | 18       |
| 4.6.3 Tests .....  | 18       |
| 4.6.4 Verification report .....  | 19       |
| 4.7 Verification of ascending car overspeed protection means .....   | 20       |
| 4.7.1 General provisions .....   | 20       |
| 4.7.2 Statement and test sample .....  | 20       |
| 4.7.3 Test .....   | 20       |
| 4.7.4 Test report .....  | 22       |
| 4.7.5 Verification report .....  | 22       |
| 4.8 Verification of unintended car movement protection means .....   | 22       |
| 4.8.1 General provisions .....   | 22       |
| 4.8.2 Statement and test sample .....  | 23       |

|          |   |            |
|----------|---|------------|
| 4.8.3    | Test.....   | 23         |
| 4.8.4    | Test report.....  | 25         |
| 4.8.5    | Verification report.....  | 25         |
| 4.9      | Verification of rupture valve/one-way restrictor.....   | 26         |
| 4.9.1    | General provisions.....   | 26         |
| 4.10     | Guide rails calculation.....  | 30         |
| 4.10.1   | Range of calculation.....   | 30         |
| 4.10.2   | Bending.....  | 30         |
| 4.10.3   | Buckling.....   | 32         |
| 4.10.4   | Combination of bending and compression/tension or buckling stresses.....  | 33         |
| 4.10.5   | Flange bending.....   | 34         |
| 4.10.6   | Deflections.....  | 35         |
| 4.11     | Evaluation of traction.....   | 35         |
| 4.11.1   | General.....  | 35         |
| 4.11.2   | Traction calculation.....   | 35         |
| 4.11.3   | Formulae for a general case (see Figure 9).....   | 40         |
| 4.12     | Evaluation of safety factor of steel wire ropes with steel/cast iron traction sheaves.....  | 44         |
| 4.12.1   | General.....  | 44         |
| 4.12.2   | Equivalent number, $N_{equiv}$ of pulleys.....  | 44         |
| 4.12.3   | Safety factor.....  | 45         |
| 4.13     | Specific verification methods for suspension and compensation means.....  | 46         |
| 4.13.1   | Material and Construction verification.....   | 46         |
| 4.13.2   | Verification of elastomeric coated traction sheave.....   | 46         |
| 4.13.3   | Terminations of elastomeric coated suspension means.....  | 47         |
| 4.13.4   | Minimum breaking force.....   | 48         |
| 4.13.5   | Fatigue lifetime testing.....   | 48         |
| 4.13.6   | Friction Factor (f).....  | 49         |
| 4.13.7   | Additional mechanical tests for coated suspension means.....  | 50         |
| 4.13.8   | Verification report.....  | 50         |
| 4.14     | Discard Criteria for suspension means and power transmission contact.....   | 52         |
| 4.14.1   | General.....  | 52         |
| 4.14.2   | Steel wire ropes.....   | 52         |
| 4.14.3   | Elastomeric coated suspension means.....  | 52         |
| 4.15     | Calculations of rams, cylinders, rigid pipes and fittings.....  | 53         |
| 4.15.1   | Calculation against over pressure.....  | 53         |
| 4.15.2   | Calculations of the jacks against buckling.....   | 57         |
| 4.16     | Pendulum shock tests.....   | 64         |
| 4.16.1   | General.....  | 64         |
| 4.16.2   | Test rig.....   | 65         |
| 4.16.3   | Tests.....  | 65         |
| 4.16.4   | Assessment of the test results.....   | 66         |
| 4.16.5   | Test report.....  | 66         |
| 4.17     | Electrical and electronic components — Fault exclusion.....   | 70         |
| 4.18     | Design rules for SIL-rated circuits.....  | 74         |
| <b>5</b> | <b>Use of ISO/TS 8100-3.....</b>  | <b>75</b>  |
|          | <b>Annex A (normative) SIL-rated circuits.....</b>  | <b>76</b>  |
|          | <b>Annex B (informative) Example for calculation of guide rails.....</b>  | <b>101</b> |
|          | <b>Annex C (informative) Calculation of traction — Example.....</b>   | <b>109</b> |
|          | <b>Annex D (informative) Equivalent number of pulleys, <math>N_{equiv}</math> — Examples.....</b>   | <b>111</b> |
|          | <b>Annex E (informative) Relationship between ISO 8100-20 and ISO 8100-2.....</b>   | <b>113</b> |
|          | <b>Annex ZA (informative) Relationship between this European Standard and the essential requirements of Directive 2014/33/EU aimed to be covered.....</b> | <b>114</b> |
|          | <b>Bibliography.....</b>  | <b>115</b> |

## European Foreword

This document (prEN ISO 8100-2:2023) has been prepared by Technical Committee CEN/TC 10 “Lifts, escalators and moving walks”, the secretariat of which is held by AFNOR.

This document is currently submitted to the CEN Enquiry.

This document will supersede EN 81-20:2020.

This document is part of the EN 81 series of standards. The structure of the EN 81 series is described in CEN/TR 81-10:2008.

This document has been prepared under a Standardization Request given to CEN by the European Commission and the European Free Trade Association, and supports essential requirements of EU Directive(s) / Regulation(s).

For relationship with EU Directive(s) / Regulation(s), see informative Annex ZA, which is an integral part of this document.

According to the CEN-CENELEC Internal Regulations, the national standards organizations of the following countries are bound to implement this European Standard: Austria, Belgium, Bulgaria, Croatia, Cyprus, Czech Republic, Denmark, Estonia, Finland, Republic of North Macedonia, France, Germany, Greece, Hungary, Iceland, Ireland, Italy, Latvia, Lithuania, Luxembourg, Malta, Netherlands, Norway, Poland, Portugal, Romania, Slovakia, Slovenia, Spain, Sweden, Switzerland, Turkey and the United Kingdom.

## Foreword

ISO (the International Organization for Standardization) is a worldwide federation of national standards bodies (ISO member bodies). The work of preparing International Standards is normally carried out through ISO technical committees. Each member body interested in a subject for which a technical committee has been established has the right to be represented on that committee. International organizations, governmental and non-governmental, in liaison with ISO, also take part in the work. ISO collaborates closely with the International Electrotechnical Commission (IEC) on all matters of electrotechnical standardization.

The procedures used to develop this document and those intended for its further maintenance are described in the ISO/IEC Directives, Part 1. In particular, the different approval criteria needed for the different types of ISO documents should be noted. This document was drafted in accordance with the editorial rules of the ISO/IEC Directives, Part 2 (see [www.iso.org/directives](http://www.iso.org/directives)).

ISO draws attention to the possibility that the implementation of this document may involve the use of (a) patent(s). ISO takes no position concerning the evidence, validity or applicability of any claimed patent rights in respect thereof. As of the date of publication of this document, ISO [had/had not] received notice of (a) patent(s) which may be required to implement this document. However, implementers are cautioned that this may not represent the latest information, which may be obtained from the patent database available at [www.iso.org/patents](http://www.iso.org/patents). ISO shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

Any trade name used in this document is information given for the convenience of users and does not constitute an endorsement.

For an explanation of the voluntary nature of standards, the meaning of ISO specific terms and expressions related to conformity assessment, as well as information about ISO's adherence to the World Trade Organization (WTO) principles in the Technical Barriers to Trade (TBT) see [www.iso.org/iso/foreword.html](http://www.iso.org/iso/foreword.html).

This document was prepared by Technical Committee ISO/TC 178, *Lifts, escalators, passenger conveyors*.

This second edition cancels and replaces the first edition (ISO 8100-2:2019), which has been technically revised.

The main changes are as follows:

- editorial revision of the document structure according to the ISO/IEC Directives, part 2;
- mechanical tests and temperature tests of safety circuits and SIL-rated circuits are updated;
- errors in the formulae for traction calculation are corrected;
- verification methods for suspension and compensation means other than steel wire ropes are added;
- discard criteria for suspension means and power transmission contact are added,
- Requirements for SIL-rated circuits (previously called PESSRAL) have been revised,

For relationship with this document and ISO 8100-20, see informative Annex G, which is an integral part of this document.

A list of all parts in the ISO 8100 series can be found on the ISO website.

Any feedback or questions on this document should be directed to the user's national standards body. A complete listing of these bodies can be found at [www.iso.org/members.html](http://www.iso.org/members.html).

**FprEN 81-50:2013 (E) 511Règles de sécurité pour la construction et l'installation des ascenseurs — Examens et essais —  
Partie 50 : Règles de conception, calculs, examens et essais des composants pour ascenseursSicherheitsregeln für die Konstruktion und den Einbau von Aufzügen — Prüfungen —  
Teil 50: Konstruktionsregeln, Berechnungen und Prüfungen von AufzugskomponentenSafety rules for the construction and installation of lifts — Examinations and tests — Part 50: Design rules, calculations, examinations and tests of lift componentsE0  
00 201310Formal VoteCEN 1 European StandardEN 81-50FprEN 81-50:2013 0Vrai50 AFNORLifts, escalators and moving walks10  
2Titre 2Titre 1 0 STD Version 2.4a50EN 81-1:1985 1C:\Documents and Settings\xdmr\My Documents\NORMES\NORMALISATION\CEN TC 10\TASK FORCE\ANSWER TO PQ COMMENTS\TEXTES MODIFIES\prEN 81-50 - modified after PQ - 2013 09.doc Introduction**

This document is a type C standard as stated in ISO 12100:2010.

This document is of relevance, in particular, for the following stakeholder groups representing the market players with regard to machinery safety:

- machine manufacturers (small, medium and large enterprises);
- health and safety bodies (regulators, accident prevention organizations, market surveillance etc.).

Others can be affected by the level of machinery safety achieved with the means of the document by the above-mentioned stakeholder groups:

- machine users/employers (small, medium and large enterprises);
- machine users/employees (e.g. trade unions, organizations for people with special needs);
- service providers, e.g. for maintenance (small, medium and large enterprises);
- consumers (in case of machinery intended for use by consumers).

The above-mentioned stakeholder groups have been given the possibility to participate in the drafting process of this document

The machinery concerned and the extent to which hazards, hazardous situations and hazardous events are covered are indicated in the scope of this document.

When requirements of this type-C standard are different from those which are stated in type-A or type-B standards, the requirements of this type-C standard take precedence over the requirements of the other standards for machines that have been designed and built according to the requirements of this type-C standard.

The object of this document is to define safety rules related to lifts with a view to safeguarding persons and objects against the risk of accidents associated with the use, maintenance and emergency operations of lifts.

Reference is made to the respective introductions of the standards (e.g. ISO 8100-1:2023) calling for the use of this document with regard to persons and objects to be safeguarded, assumptions, principles, etc.

# Lifts for the transport of persons and goods —

## Part 2:

# Design rules, calculations, examinations and tests of lift components

## 1 Scope

This document specifies for passenger lifts and goods passenger lifts:

- the verification of door locking devices;
- the verification of safety gears;
- the verification of overspeed governors;
- the verification of buffers;
- the verification of safety circuits and SIL-rated circuits;
- the verification of ascending car overspeed protection means;
- the verification of unintended car movement protection means;
- the verification of rupture valves and one-way restrictors;
- the verification of suspension and compensation means;
- the discard criteria for suspension means and power transmission contact;
- the calculation of guide rails;
- the calculation of rams, cylinders, rigid pipes and fittings;
- the evaluation of the traction;
- the evaluation of the safety factor on suspension means;
- the pendulum shock tests;
- fault exclusion for electric and electronic components;
- the design rules for SIL-rated circuits.

This document is not applicable to passenger lifts, goods passenger lifts or lift components, which are installed or manufactured before the date of its publication.

## 2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

ISO 3108:2017, *Steel wire ropes — Test method — Determination of measured breaking force*

ISO 4344:2022, *Steel wire ropes for lifts — Minimum requirements*

ISO 8100-1:2023, *Lifts for the transport of persons and goods — Part 1: Safety rules for the construction and installation of passenger and goods passenger lifts*

ISO 8100-33:2022, *Lifts for the transport of persons and goods — Part 33: T-type guide rails for lift cars and counterweights*

ISO 12100:2010, *Safety of machinery — General principles for design — Risk assessment and risk reduction*

ISO 29584:2015, *Glass in building — Pendulum impact testing and classification of safety glass*

IEC 60068-2-6:2007, *Environmental testing — Part 2-6: Tests — Test Fc: Vibration (sinusoidal)*

IEC 60068-2-14:2009, *Environmental testing — Part 2-14: Tests — Test N: Change of temperature*

IEC 60068-2-27:2008, *Environmental testing — Part 2-27: Tests — Test Ea and guidance: Shock*

IEC 60112:2020, *Method for the determination of the proof and the comparative tracking indices of solid insulating materials*

IEC 60664-1:2020, *Insulation coordination for equipment within low-voltage supply systems — Part 1: Principles, requirements and tests*

IEC 60893-3-1:2012, *Insulating materials — Industrial rigid laminated sheets based on thermosetting resins for electrical purposes — Part 3-1: Specifications for individual materials - Types of industrial rigid laminated sheets*

IEC 60947-4-1:2018, *Low-voltage switchgear and control gear — Part 4-1: Contactors and motor-starters — Electromechanical contactors and motor-starters*

IEC 60947-5-1:2016, *Low-voltage switchgear and control gear — Part 5-1: Control circuit devices and switching elements — Electromechanical control circuit devices*

IEC 61508-2:2010, *Functional safety of electrical/electronic/ programmable electronic safety-related systems – Part 2: Requirements for electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems*

IEC 61508-3:2010, *Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems – Part 3: Software requirements*

IEC 61558-1:2017, *Safety of power transformers, power supplies, reactors and similar products – Part 1: General requirements and tests*

IEC 61709:2017, *Electric components - Reliability - Reference conditions for failure rates and stress models for conversion*

EN 10025-2:2019, *Hot rolled products of structural steels — Part 2: Technical delivery conditions for non-alloy structural steels*

EN 12385-1:2002+A1:2008, *Steel wire ropes – Safety — Part 1: General requirements*

EN 12385-5:2021, *Steel wire ropes - Safety — Part 5: Stranded ropes for lifts*

EN 13411-6:2004+A1:2008, *Terminations for steel wire ropes — Part 6: Safety. Asymmetric wedge socket*

EN 13411-7:2021, *Terminations for steel wire ropes — Part 7: Safety. Symmetric wedge socket*

### 3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in ISO 8100-1:2023 apply.

ISO and IEC maintain terminological databases for use in standardization at the following addresses:

— ISO Online browsing platform: available at <https://www.iso.org/obp>

— IEC Electropedia: available at <https://www.electropedia.org/>

## 4 Design rules, calculations, verifications and tests

### 4.1 General

Passenger and goods passenger lifts shall comply with the safety requirements and/or protective measures of the following clauses. In addition, the passenger and goods passenger lifts shall be designed according to the principles of ISO 12100:2010 for hazards relevant but not significant that are not dealt with by this document (e.g. sharp edges).

The precision of the instruments shall allow measurements to be made within the following accuracy:

- a)  $\pm 1$  % for masses, forces, distances, speeds;
- b)  $\pm 2$  % for accelerations, retardations;
- c)  $\pm 5$  % for voltages, currents;
- d)  $\pm 5$  °C for temperatures;
- e) recording equipment shall be capable of detecting signals, which vary in time of 0,01 s;
- f)  $\pm 2,5$  % for flow rate;
- g)  $\pm 1$  % for pressure,  $P$ , below 200 kPa;
- h)  $\pm 5$  % for pressure,  $P$ , above 200 kPa.

### 4.2 Verification of landing and car door locking devices

#### 4.2.1 Verifications and tests

##### 4.2.1.1 Verification of operation

It shall be verified that:

- a) there is at least 7 mm engagement of the locking elements before the electric safety device operates;
- b) it is not possible to operate the lift from positions normally accessible to persons with a door open or unlocked, after one single action not forming part of the normal operation.

##### 4.2.1.2 Mechanical tests

###### 4.2.1.2.1 General

When there are several possible means of control and positions of operation, the endurance test shall be made in the arrangement which is regarded as the most stressed condition from the point of view of the forces on the components.

The number of complete cycles of operation and the travel of the locking components shall be registered by mechanical or electrical counters.

###### 4.2.1.2.2 Endurance test

The locking device shall be submitted to 1 000 000 ( $\pm 1$  %) complete cycles; one cycle comprises one forward and return movement over the full travel possible in both directions.

The driving of the device shall be smooth, without shocks, and at a rate of 60 ( $\pm 10$  %) cycles per minute.

During the endurance test, the electrical contact of the lock shall close a resistive circuit under the rated voltage and at a current value double that of the rated current.

If the locking device is provided with a mechanical checking device for the locking pin or the position of the locking element, this device shall be submitted to an endurance test of 100 000 ( $\pm 1$  %) cycles.

The driving of the device shall be smooth, without shocks, and at a rate of 60 ( $\pm 10$  %) cycles per minute.

#### 4.2.1.2.3 Static test

The test shall be made consisting of the application of a force, increasing gradually to the value laid down in the standard calling for the use of this standard (e.g. ISO 8100-1:2023, 4.3.9.1.6) between 30 s to 60 s. The force shall be applied for a period of 300 s.

#### 4.2.1.2.4 Dynamic test

The locking device, in the locked position, shall be submitted to a shock test in the opening direction of the door.

The shock shall correspond to the impact of a rigid mass of 4 kg falling in free fall from a height of 0,50 m.

#### 4.2.1.3 Criteria for the mechanical tests

After the endurance test (4.2.1.2.2), the static test (4.2.1.2.3) and the dynamic test (4.2.1.2.4), there shall not be any wear, deformation or breakage, which could affect safety.

#### 4.2.1.4 Electrical test

##### 4.2.1.4.1 Endurance test of contacts

This test is included in the endurance test laid down in 4.2.1.2.2.

##### 4.2.1.4.2 Test of ability to break circuit

**4.2.1.4.2.1** This test shall be carried out after the endurance test. It shall check that the ability to break a live circuit is sufficient. This test shall be made in accordance with the procedure in IEC 60947-4-1 and IEC 60947-5-1. The values of current and rated voltage serving as a basis for the tests shall be those specified for the device.

If nothing is specified, the rated values shall be as follows:

- a) alternating current: 230 V, 2 A;
- b) direct current: 200 V, 2 A.

The capacity to break circuit shall be examined for both A.C. and D.C. conditions.

The tests shall be carried out with the locking device in all working positions.

The sample tested shall be provided with covers and electric wiring as used in normal service.

**4.2.1.4.2.2** A.C. locking devices shall open and close an electric circuit under a voltage equal to 110 % of the rated voltage 50 times, at normal speed and at intervals of 5 s to 10 s. The contact shall remain closed for at least 0,5 s.

The circuit shall comprise a choke and a resistance in series. Its power factor shall be  $0,7 \pm 0,05$  and the test current shall be 11 times the rated current indicated by the manufacturer of the device.

**4.2.1.4.2.3** D.C. locking devices shall open and close an electric circuit under a voltage equal to 110 % of the rated voltage 20 times, at normal speed and at intervals of 5 s to 10 s. The contact shall remain closed for at least 0,5 s.

The circuit shall comprise a choke and a resistance in series having values such that the current reaches 95 % of the steady-state value of the test current in 300 ms.

The test current shall be 110 % of the rated current indicated by the manufacturer of the device.

**4.2.1.4.2.4** The tests are considered satisfactory if no tracking or arcing is produced and if no deterioration occurs which can affect safety.

#### **4.2.1.4.3 Test for resistance to leakage currents**

This test shall be made in accordance with the procedure in IEC 60112:2020. The electrodes shall be connected to a source providing an A.C. voltage which is sinusoidal at 175 V, 50 Hz.

#### **4.2.1.4.4 Verification of clearances and creepage distances**

The clearances in air and creepage distances shall be in accordance with the requirements laid down in the standards calling for the use of this document (e.g. ISO 8100-1:2023, 4.11.2.2.4).

#### **4.2.1.4.5 Verification of the requirements appropriate to safety contacts and their accessibility**

This verification shall be made taking account of the mounting position and the layout of the locking device, as appropriate.

### **4.2.2 Test particular to certain types of locking devices**

#### **4.2.2.1 Locking device for horizontally or vertically sliding doors with several panels**

Devices providing direct mechanical linkage between panels shall be included in the tests mentioned in 4.2.1. The number of cycles per minute in endurance tests shall be between 45 – 60.

NOTE ISO 8100-1:2023, 4.3.14.1 and ISO 8100-1:2023, 4.3.14.2 specify direct and indirect mechanical linkage.

#### **4.2.2.2 Flap type locking device for hinged door**

The conditions of ISO 8100-1:2023, 4.3.9.1.12 b) to f) shall be verified.

The locking force limiter according to ISO 8100-1:2023, 4.3.9.1.12 f) shall be tested on an operationally constructed door by pushing open the door panels with a steadily increasing force until the locking force limiter releases the flap. The force is applied according to ISO 8100-1:2023, 4.3.9.1.12 f). The flap shall not release before the force exceeds the force according to ISO 8100-1:2023, 4.3.9.1.12 f).

The test shall be carried out on a door with the largest width.

In the case of elements to limit the load on the flap that are triggered via a predetermined breaking point, the locked door shall be force-opened at least three times, each time with renewed trigger elements. In the case of non-destructive release elements, a limited endurance test with at least 50 force openings is required.

There shall be no permanent deformation or breakage on the locking device after the test.

### 4.2.3 Verification report

The report shall indicate:

- a) type and application of locking device;
- b) type (A.C. and/or D.C.) and values of the rated voltage and rated current;
- c) in the case of flap type door locking devices: the necessary force to actuate the locking force limiter.

## 4.3 Verification of safety gear

### 4.3.1 General provisions

The following information shall be provided:

- minimum and maximum masses;
- maximum rated speed and maximum tripping speed;
- the type of guide rails and their surface condition (drawn, milled, ground) and materials used.

### 4.3.2 Instantaneous safety gear

#### 4.3.2.1 Test samples

Two gripping assemblies with wedges or clamps and two lengths of guide rail shall be provided.

The arrangement and the fixing details for the samples shall be determined in accordance with the equipment that it uses.

If the same gripping assemblies can be used with different types of guide rails, a new test shall not be required if the thickness of the guide rails, the width of the grip needed for the safety gear, and the surface state (drawn, milled, ground) are the same.

#### 4.3.2.2 Test

##### 4.3.2.2.1 Method of test

The test shall be made using a press or similar device, which moves continuously. Measurements shall be made of:

- a) the distance travelled as a function of the force;
- b) the deformation of the safety gear block as a function of the force or as a function of the distance travelled.

##### 4.3.2.2.2 Test procedure

The guide rail shall be moved through the safety gear.

Reference marks shall be traced onto the blocks in order to be able to measure their deformation.

The distance travelled shall be recorded as a function of the force.

After the test:

- a) the hardness of the block and the gripping element shall be compared with the original values quoted by the documents. Other analyses may be carried out in special cases;

- b) if there is no fracture, deformations and other changes shall be examined (for example, cracks, deformations or wear of the gripping elements, appearance of the rubbed surfaces);
- c) if necessary, photographs shall be taken of the block, the gripping elements and the guide rail for evidence of deformations or fractures.

#### 4.3.2.2.3 Documents

4.3.2.2.3.1 Two charts shall be drawn up as follows:

- a) the first one shall show the distance travelled as a function of the force;
- b) the other shall show the deformation of the block. It shall be done in such a way that it can be related to the first chart.

4.3.2.2.3.2 The capacity of the safety gears shall be established by integration of the area of the distance-force chart.

The area of the chart to be taken into consideration shall be:

- a) the total area, if there is no permanent deformation;
- b) if permanent deformation or rupture has occurred, either:
  - 1) the area up to the value at which the elastic limit has been reached; or
  - 2) the area up to the value corresponding to the maximum force.

#### 4.3.2.3 Determination of the permissible mass

##### 4.3.2.3.1 Energy absorbed by the safety gear

The distance of free fall in metres,  $h$ , shall be taken as Formula (1):

$$h = \left( \frac{v_1^2}{2 \cdot g_n} \right) + 0,1 + 0,03 \quad (1)$$

where

- $g_n$  is the standard acceleration of free fall in metres per square second;
- $v_1$  is the maximum tripping speed of the safety gear expressed in metres per second;
- 0,1 corresponds to the distance travelled during the response time, in metres;
- 0,03 corresponds to the travel during take-up of clearance between the gripping elements and the guide rails, in metres.

The total energy the safety gear is capable of absorbing is calculated with Formulae (2) and (3):

$$2 \cdot K = (P + Q)_1 \cdot g_n \cdot h \quad (2)$$

$$\text{from which: } (P + Q)_1 = \frac{2 \cdot K}{g_n \cdot h} \quad (3)$$

where

$K$  is the energy absorbed by one safety gear block, in joules (calculated in accordance with the chart);

$P$  are the masses of the empty car and components supported by the car, i.e. part of the travelling cable, compensation means (if any), etc., in kilograms;

$Q$  is the rated load, in kilograms;

$(P + Q)_1$  is the permissible mass, in kilograms.

#### 4.3.2.3.2 Permissible mass

a) If the elastic limit has not been exceeded, the permissible mass in kilograms,  $(P + Q)_1$ , is calculated with Formula (4):

$$(P + Q)_1 = \frac{2 \cdot K}{2 \cdot g_n \cdot h} \quad (4)$$

where

$K$  is calculated by the integration of the area defined in 4.3.2.2.3.2 a);

2 is taken as the dividing safety coefficient.

b) If the elastic limit has been exceeded, Formulae (5) and (6) shall be used and the higher permissible mass may be selected.

$$(P + Q)_1 = \frac{2 \cdot K_1}{2 \cdot g_n \cdot h} \quad (5)$$

where

$K_1$  is calculated by the integration of the area defined in 4.3.2.2.3.2 b) 1);

2 is taken as the dividing safety coefficient.

$$(P + Q)_1 = \frac{2 \cdot K_2}{3,5 \cdot g_n \cdot h} \quad (6)$$

where

$K_2$  is calculated by the integration of the area defined in 4.3.2.2.3.2 b) 2);

3,5 is taken as the dividing safety coefficient.

### 4.3.3 Progressive safety gear

#### 4.3.3.1 Test

##### 4.3.3.1.1 Method of test

4.3.3.1.1.1 The test shall be carried out in free fall. Direct or indirect measurements shall be made of:

- a) the total height of the fall;
- b) the braking distance on the guide rails;

- c) the sliding distance of the overspeed governor rope, or that of the device used in its place;
- d) the total travel of the elements forming the spring.

Measurements a) and b) shall be recorded as a function of the time.

**4.3.3.1.1.2** The following shall be determined:

- a) the average braking force;
- b) the greatest instantaneous braking force;
- c) the smallest instantaneous braking force.

#### **4.3.3.1.2 Test procedure**

##### **4.3.3.1.2.1 Safety gear certified for a single mass**

Four tests with the mass  $(P + Q)_1$  shall be carried out. Between each test, the friction parts shall be allowed to return to their normal temperature.

If during the tests, the friction parts are replaced, each set shall be capable of:

- a) three tests, if the rated speed does not exceed 4 m/s;
- b) two tests, if the rated speed exceeds 4 m/s.

The height of free fall shall be calculated to correspond to the maximum tripping speed of the overspeed governor for which the safety gear can be used.

The engagements of the safety gear shall be achieved by a means allowing the tripping speed to be fixed precisely.

##### **4.3.3.1.2.2 Safety gear certified for different masses**

Adjustment in stages or continuous adjustment.

Two series of tests according to 4.3.3.1.2.1 shall be carried out for:

- a) the maximum; and
- b) the minimum values applied for.

A formula or a chart shall be provided showing the variation of the braking force as a function of a given parameter.

The validity of the supplied formula or chart shall be verified by additional tests.

#### **4.3.3.1.3 Determination of the braking force of the safety gear**

##### **4.3.3.1.3.1 Safety gear certified for a single mass**

The braking force that the safety gear is capable of for the given adjustment and the type of guide rail, is taken as equal to the average of the average braking forces determined during the tests. Each test shall be made on an unused section of guide rail.

A check shall be made that the average values determined during the tests lie within a range of  $\pm 25\%$  in relation to the value of the braking force defined above.

NOTE Tests have shown that the coefficient of friction can be considerably reduced if several successive tests are carried out on the same area of a machined guide rail. This is attributed to a modification in the surface condition during successive safety gear operations.

#### 4.3.3.1.3.2 Safety gear verified for different masses

Adjustment in stages or continuous adjustment.

The braking force that the safety gear is capable of, shall be calculated as laid down in 4.3.3.1.3.1 for the maximum and minimum values applied for.

#### 4.3.3.1.4 Checking after the tests

After the tests, it shall be checked that:

- a) the hardness of the block and the gripping elements are compared with the original values submitted by the documents;
- b) the deformations and modifications (for example, cracks, deformations or wear of the gripping elements, appearance of the rubbing surfaces) are checked;
- c) if necessary, the safety gear assembly, the gripping elements and the guide rails are photographed in order to reveal deformations or fractures.

#### 4.3.3.2 Calculation of the permissible mass

##### 4.3.3.2.1 Safety gear verified for a single mass

The permissible mass shall be calculated using Formula (7):

$$(P+Q)_1 = \frac{F_B}{16} \quad (7)$$

where

- $F_B$  is the braking force in newtons, determined in accordance with 4.3.3.1.3;
- $P$  is the masses of the empty car and components supported by the car, i.e. part of the travelling cable, compensation means (if any), etc., in kilograms;
- $Q$  is the rated load, in kilograms;
- $(P+Q)_1$  is the permissible mass, in kilograms.

If the calculated permissible mass is larger than the tested mass, the tested mass may be taken as permissible mass, provided that the average retardation of each test did not exceed  $1,0 g_n$ .

##### 4.3.3.2.2 Safety gear certified for different masses

###### 4.3.3.2.2.1 Adjustment in stages

The permissible mass shall be calculated for each adjustment as laid down in 4.3.3.2.1.

#### 4.3.3.2.2 Continuous adjustment

The permissible mass shall be calculated as laid down in 4.3.3.2.1 for the maximum and minimum values applied for, and in accordance with the formula supplied for the intermediate adjustments.

#### 4.3.4 Additional verifications

a) Applicable mass

The applicable mass used for a lift shall not exceed the permissible mass for instantaneous safety gear.

In the case of progressive safety gear, the mass stated may differ from the applicable mass stated in 4.3.3.2 by  $\pm 7,5\%$ .

b) A check shall be made that the possible stroke of the gripping elements covers the accumulation of design tolerances.

#### 4.3.5 Verification report

The report shall indicate:

- a) the type and the application of the safety gear;
- b) the limits of the permissible masses [see 4.3.4 a)];
- c) the maximum tripping speed of the safety gear;
- d) the type of guide rail;
- e) the permissible thickness of the guide rail blade;
- f) the minimum width of the gripping areas;

and, for progressive safety gear only:

- g) the surface condition of the guide rails (drawn, milled, ground);
- h) the state of lubrication of the guide rails. If they are lubricated, the category and specification of the lubricant.

### 4.4 Verification of overspeed governors

#### 4.4.1 General provisions

The following shall be provided:

- a) the type (or the types) of safety gear which will be operated by the governor;
- b) the maximum and minimum rated speeds of lifts specified for the governor;
- c) the anticipated value of the tensile force produced in the rope by the overspeed governor when tripped;
- d) detailed and assembly drawings showing the construction, operation, materials used, dimensions and tolerances of the construction components.

#### 4.4.2 Check on the characteristics of the overspeed governor

##### 4.4.2.1 Test samples

The following shall be provided:

- a) one overspeed governor;
- b) one rope of the type used for the overspeed governor;
- c) a tensioning pulley assembly of the type used for the overspeed governor.

##### 4.4.2.2 Test

###### 4.4.2.2.1 Method of test

The following shall be checked:

- a) the speed of tripping is within the specified range;
- b) the operation of the electric safety device initiating the stopping of the lift machine before the car speed, either up or down, reaches the tripping speed of the governor [e.g. ISO 8100-1:2023, 4.6.2.2.1.6 a)], if this device is mounted on the overspeed governor;
- c) if after release of the safety gear the overspeed governor does not automatically reset itself, the operation of the electric safety device preventing the starting of the lift while the overspeed governor is not in the reset position [e.g. ISO 8100-1:2023, 4.6.2.2.1.6 b)];
- d) the tensile force produced in the rope by the overspeed governor when tripped.

###### 4.4.2.2.2 Test procedure

Twenty tests shall be made in the speed range for tripping, corresponding to the range of rated speeds of the lift, indicated in 4.4.1 b).

Six tests shall be made for the minimum and six tests shall be made for the maximum values of the range.

The acceleration to reach the tripping speed of the overspeed governor shall not exceed  $0,1 \text{ m/s}^2$ .

In addition to twenty tests, two tests shall be made, starting from standstill with an acceleration between  $0,9 g_n$  and  $1,0 g_n$  in order to simulate a free fall situation and prove no deterioration of the governor has been caused.

###### 4.4.2.2.3 Assessment of the test results

In the twenty tests, the tripping speeds shall lie within the specification for overspeed governors.

In the twenty tests, the operation of the devices for which the test is required in 4.4.2.2.1 b) and c) shall occur as specified [e.g. ISO 8100-1:2023, 4.6.2.2.1.6 a) and 4.6.2.2.1.6 b)].

The tensile force in the rope produced by the overspeed governor when tripped shall be at least 300 N or any higher value specified.

In the case of a device which operates by gripping the rope, there shall be no permanent deformation of the rope.

### 4.4.3 Verification report

The report shall indicate:

- e) the type and application of overspeed governor;
- a) the maximum and minimum rated speeds of the lift for which the overspeed governor may be used;
- b) the diameter of the rope to be used and its construction;
- c) in the case of an overspeed governor with traction pulley, the minimum tensioning force;
- d) the tensile force in the rope which can be produced by the overspeed governor when tripped.

## 4.5 Verification of buffers

### 4.5.1 General provisions

The following shall be provided:

- a) maximum impact speed, minimum and maximum masses;
- b) detailed and assembly drawings showing the construction, operation, materials used, dimensions and tolerances of the construction components.

In the case of hydraulic buffers, the graduation (openings for the passage of the liquid), in particular, shall be shown as a function of the stroke of the buffer;

- c) specifications for the liquid used;
- d) information regarding environmental conditions for use (temperature, humidity, pollution, etc.) and of life cycle (aging, rejection criteria).

### 4.5.2 Samples subject to test

The following shall be provided:

- a) one buffer;
- b) liquid, in the case of hydraulic buffers.

### 4.5.3 Test

#### 4.5.3.1 Energy dissipation buffers

##### 4.5.3.1.1 Test procedure

The buffer shall be tested with the aid of weights, corresponding to the minimum and maximum masses, falling in free fall to reach the maximum speed called for at the moment of impact.

The speed shall be recorded at least from the moment of impact of the weights. The acceleration and the retardation shall be determined as a function of time throughout the movement of the weights.

##### 4.5.3.1.2 Equipment to be used

###### 4.5.3.1.2.1 Weights falling in free fall

The weights shall correspond, with the tolerances of 4.1, to the maximum and minimum masses. They shall be guided vertically ensuring acceleration in free fall condition of at least  $0,9 g_n$ .

#### 4.5.3.1.2.2 Recording equipment

The recording equipment shall be able to detect signals with the tolerances of 4.1. The measuring chain, including the recording device for the recording of measured values as a function of time, shall be designed with a system frequency of at least 1 000 Hz.

#### 4.5.3.1.2.3 Measurement of speed

The speed shall be recorded at least from the moment of impact of the weights on the buffer or throughout the travel of the weights, with the tolerances of 4.1.

#### 4.5.3.1.2.4 Measurement of the retardation

If there is a device for measuring retardation (see 4.5.3.1.1), it shall be placed as close as possible to the axis of the buffer, and shall be capable of measurement with the tolerances of 4.1.

#### 4.5.3.1.2.5 Measurement of time

Time pulses of duration of 0,01 s shall be recorded and measured with the tolerances of 4.1.

#### 4.5.3.1.3 Ambient temperature

The ambient temperature shall be between +15 °C and +25 °C.

The temperature of the liquid shall be measured with the tolerances of 4.1.

#### 4.5.3.1.4 Mounting of the buffer

The buffer shall be placed and fixed in accordance with its installation instructions.

#### 4.5.3.1.5 Filling of the buffer

The buffer shall be filled up in accordance with its instructions.

#### 4.5.3.1.6 Checks

##### 4.5.3.1.6.1 Checking of retardation

The height of free fall of the weights shall be chosen in such a way that the speed at the moment of impact corresponds to the maximum impact speed stipulated in the application.

The retardation shall conform to the requirements of the standard calling for this device (e.g. ISO 8100-1:2023, 4.8.2.2.2).

The creeping at the end of the buffer stroke for calculation of the average retardation shall be ignored where the retardation is below 0,5 m/s<sup>2</sup>.

A first test shall be made with maximum mass, with a check on the retardation.

A second test shall be made with minimum mass, with a check on the retardation.

##### 4.5.3.1.6.2 Checking of the return of the buffer to the normal position

After each test, the buffer shall be held in the completely compressed position for 5 min. The buffer shall then be freed to permit return to its normal extended position.

When the buffer is of a type with spring or gravity return, the position of complete return shall be reached in a maximum period of 120 s.

Before proceeding to another retardation test, there shall be a delay of 30 min to allow the liquid to return to the tank and for air bubbles to escape.

#### 4.5.3.1.6.3 Checking of the liquid losses

The level of liquid shall be checked after having made the two retardation tests required in 4.5.3.1.6.1. After an interval of 30 min, the level of liquid shall again be sufficient to ensure normal operation of the buffer.

#### 4.5.3.1.6.4 Checking of the condition of the buffer after tests

After the two retardation tests required in 4.5.3.1.6.1, no part of the buffer shall show any permanent deformation, or be damaged, so that its condition shall guarantee normal operation.

### 4.5.3.2 Energy accumulation buffers with non-linear characteristics

#### 4.5.3.2.1 Test procedure

The buffer shall be tested with the aid of masses falling in free fall from a height to reach the maximum speed called for at the moment of impact, but not less than 0,8 m/s.

The falling distance, speed, acceleration and retardation shall be recorded from the moment of release of the weight to complete standstill.

The masses shall correspond to the maximum and minimum masses called for. They shall be guided vertically ensuring acceleration in free fall condition of at least  $0,9 g_n$ .

#### 4.5.3.2.2 Equipment to be used

The equipment shall correspond to 4.5.3.1.2.

#### 4.5.3.2.3 Ambient temperature

The ambient temperature shall be between +15 °C and +25 °C.

#### 4.5.3.2.4 Mounting of the buffer

The buffer shall be placed and fixed in the same manner as in normal service.

#### 4.5.3.2.5 Number of tests

Three tests shall be made with the maximum mass and the minimum mass called for.

The time delay between two consecutive tests shall be between 5 min and 30 min.

In the three tests with maximum mass, the reference value of the buffer force at a stroke given by its instructions, equal to 50 % of the real height of the buffer, shall not vary by more than 5 %. In the tests with minimum mass, this shall be observed in analogy.

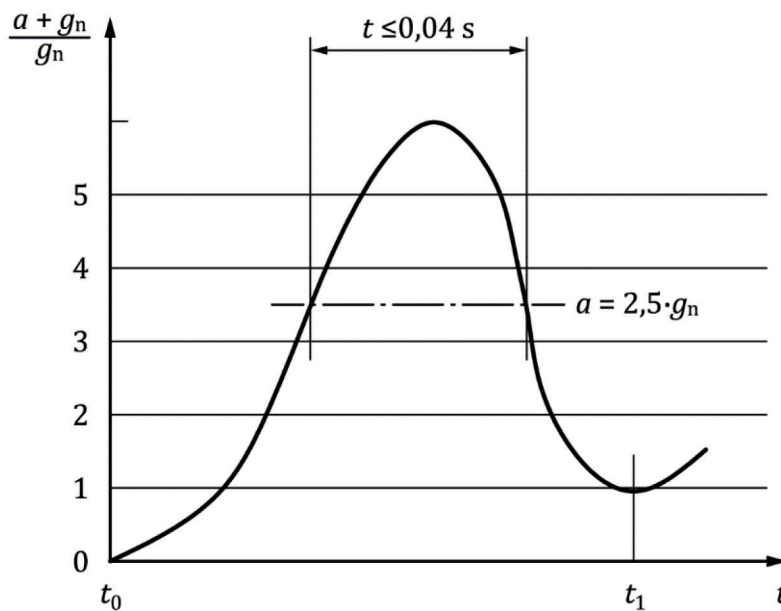
Within 30 min before the test, the buffer shall be once loaded, either statically or dynamically, in order to prevent further settlement and deviations during the test.

#### 4.5.3.2.6 Checks

##### 4.5.3.2.6.1 Checking of retardation

The retardation “a”, shall conform to the following requirements:

- The retardation will be evaluated taking into account the time between the first two absolute minima of the retardation (see Figure 1). The retardation shall not exceed the maximum as required by the standard calling for this device. [e.g. ISO 8100-1:2023, 4.8.2.1.2.1 a)];
- Peaks duration of retardation above a value specified by the standard calling for this device shall not exceed the maximum duration of these peaks as required by the standard calling for this device [e.g. ISO 8100-1:2023, 4.8.2.1.2.1 b)];
- The maximum peak retardation shall not exceed the maximum as required by the standard calling for this device [e.g. ISO 8100-1:2023, 4.8.2.1.2.1 e)];
- The return speed shall not exceed the maximum as required by the standard calling for this device. [e.g. ISO 8100-1:2023, 4.8.2.1.2.1 c)].



#### Key

- a retardation in metres per square second
- $g_n$  standard acceleration of free fall in metres per square second
- $t$  time in seconds
- $t_0$  moment of hitting the buffer (first absolute minimum)
- $t_1$  second absolute minimum

Figure 1 — Retardation graph — Example using ISO 8100-1 requirements

##### 4.5.3.2.6.2 Checking of the condition of the buffer after tests

After the tests with the maximum mass, no parts of the buffer shall show any permanent deformation or be damaged, so that its condition shall guarantee normal operation.

#### 4.5.4 Verification report

The report shall indicate:

- a) the type and application of buffer;
- b) the dimensions of the buffer;
- c) the maximum impact speed;
- d) the maximum mass;
- e) the minimum mass;
- f) the kind of fixation;
- g) the specification of the liquid in the case of hydraulic buffers;
- h) the environmental conditions for use of buffer according to instructions (temperature, humidity, pollution, etc.).

### 4.6 Verification of safety circuits and SIL-rated circuits

#### 4.6.1 General provisions

##### 4.6.1.1 General

In the following, mention is made to printed circuit board. If a safety circuit is not assembled in such a manner, then the equivalent assembly shall be assumed.

##### 4.6.1.2 Documentation

The following shall be provided:

- a) identification on the board;
- b) environmental working conditions;
- c) list of components used;
- d) layout of the printed circuit board;
- e) layout of the hybrids and marks of the tracks used in safety circuits;
- f) function description;
- g) electrical wiring diagram, including input and output definitions of the board;
- h) method of failure analysis employed and documented results.

##### 4.6.1.3 Documentation for SIL-rated circuits

In addition to 4.6.1.2, the following documentation shall be provided:

- a) documents and descriptions relating to the measures referenced in 4.18;
- b) general description of the software used (e.g. programming rules, language, compiler, modules);
- c) function description, including software architecture and hardware/software interaction;
- d) description of blocks, modules, data, variables and interfaces;

e) software listings.

#### 4.6.2 Samples subject to test

The following shall be provided:

- a) one printed circuit board;
- b) one bare printed circuit board (without components).

#### 4.6.3 Tests

##### 4.6.3.1 Mechanical tests

###### 4.6.3.1.1 General

During the tests, the equipment shall be kept under operation. During and after the tests, no unsafe operation and condition shall appear within the safety-related circuit.

After the test the safety-related circuit shall operate as intended.

###### 4.6.3.1.2 Vibration and shocks

Equipment shall be tested according to:

- a) IEC 60068-2-6:2007, Vibration test:
  - 1) 20 sweep cycles in each axis;
  - 2) amplitude 0,35 mm;
  - 3) frequency range 10 Hz–55 Hz.
- b) IEC 60068-2-27:2008, Non-repetitive shocks:
  - 1) peak acceleration  $300 \text{ m/s}^2$  or  $30 g_n$ ;
  - 2) duration of pulse 11 ms;
  - 3) pulse shape: half sine;
  - 4) number of shocks per each axis and direction: 3;
  - 5) three axis and two directions.
- c) IEC 60068-2-27:2008, Repetitive shocks:
  - 1) peak acceleration:  $100 \text{ m/s}^2$  or  $10 g_n$ ;
  - 2) duration of pulse: 16 ms;
  - 3) pulse shape: half sine;
  - 4) number of shocks per each axis and direction:  $1\ 000 \pm 10$ ;
  - 5) repetition rate: 2/s;
  - 6) three axis and two directions.

NOTE Where shock absorbers are fitted, they are considered as part of the equipment.

After tests, clearances and creepage distances shall not become smaller than the minimum accepted.

#### 4.6.3.2 Temperature tests

Equipment shall be tested according to IEC 60068-2-14:2009 Test Nb with following severity parameters:

- lower temperature  $T_A$ : 0 °C;
- higher temperature  $T_B$ : + 65 °C;
- temperature change rate: 1 +/-0,2 °C /min;
- exposure time to each of the two temperatures: 4 h;
- number of cycles: 2

Test conditions:

- the lower and higher temperatures are to be understood as the ambient temperature of the equipment;
- the printed circuit board shall be in operational position;
- the printed circuit board shall be supplied with rated operational voltage;
- during and after the test, the safety device shall operate correctly when demanded. Demand rate minimum once in 10 min;
- if the printed circuits board includes components other than safety circuits, they also shall operate during the test (their failure is not considered);
- if the equipment is designed to operate within wider temperature limits, it shall be tested for these values.

#### 4.6.3.3 Failure analysis of electric safety circuits

The failure analysis as required by the relevant standard calling for the use of this document shall be validated. (e.g. ISO 8100-1:2023, 4.11.2.3).

#### 4.6.3.4 Functional and safety test of SIL-rated circuit

In addition to the verification of the measures selected according to 4.18, the following shall be validated:

- a) Software design and coding: Inspect all code statements using methods such as formal design reviews, FAGAN, test cases etc.;
- b) Software and hardware inspection: Verify selected measures by using, for example, fault insertion testing.
- c) Verification of both  $PFD_{avg}$  and PFH calculations.

#### 4.6.4 Verification report

The report shall indicate:

- a) the type and application of the circuitry;
- b) the conditions for safe use;
- c) the operating voltages.

## 4.7 Verification of ascending car overspeed protection means

### 4.7.1 General provisions

**4.7.1.1** This specification does not apply to speed monitoring elements which are overspeed governors, subject to verifications according to 4.4.

**4.7.1.2** The following information shall be provided:

- a) minimum and maximum masses, or torque;
- b) minimum (if applicable) and maximum rated speed;
- c) use in installations with compensation means.

**4.7.1.3** The following documents shall be provided:

- a) detailed and assembly drawings showing the construction, operation, materials used, dimensions and tolerances of the construction components;
- b) a load diagram relating to elastic parts;
- c) detailed information on the materials used, the type of part on which the ascending car overspeed protection means acts, and its surface condition (drawn, milled, ground, etc.).

### 4.7.2 Statement and test sample

**4.7.2.1** It shall be stated for what mass (in kilograms) and tripping speed (in meters per second) the test will be carried out. If the device shall be verified for various masses, it shall be stated and indicated whether the adjustment for various masses is by stages or continuous.

**4.7.2.2** As defined for the test, either:

- a complete assembly consisting of both elements, braking device and speed monitoring device; or
- only that device which was not subject to verifications according to 4.3 or 4.4;

shall be provided.

The number of sets of gripping elements necessary for all the tests shall be attached. The type of part on which the device acts, shall also be provided.

### 4.7.3 Test

#### 4.7.3.1 Test method

The test method shall be defined depending on the device and its function. Measurements shall be made of:

- a) the acceleration and speed;
- b) the braking distance;
- c) the retardation.

Measurements shall be recorded as a function of the time.

### 4.7.3.2 Test procedure

#### 4.7.3.2.1 General

Twenty tests shall be made with the speed monitoring element in the speed range for tripping, corresponding to the range of rated speeds of the lift indicated in 4.7.1.2.

The acceleration of the mass to reach the tripping speed shall not exceed  $0,1 \text{ m/s}^2$ .

#### 4.7.3.2.2 Device verified for a single mass

Four tests shall be carried out with the system mass representing an empty car.

Between each test, the friction parts shall be allowed to return to their normal temperature.

If during the test the friction parts are replaced, each set shall be capable of:

- a) three tests, if the rated speed does not exceed  $4 \text{ m/s}$ ;
- b) two tests, if the rated speed exceeds  $4 \text{ m/s}$ .

The test shall be made at the maximum tripping speed for which the device is specified.

#### 4.7.3.2.3 Device verified for different masses

Adjustment in stages or continuous adjustment.

A series of tests shall be carried out for the maximum value specified, and a series for the minimum value. A formula, or a chart shall be provided, showing the variation of the braking force as a function of a given parameter.

The validity of the supplied formula or chart shall be verified by additional tests.

#### 4.7.3.2.4 Overspeed monitoring device

##### 4.7.3.2.4.1 Test procedure

Twenty tests shall be made in the speed range for tripping without applying the braking device.

Twelve of those tests shall be made at the extreme values of the range.

##### 4.7.3.2.4.2 Assessment of the test results

In the twenty tests, the tripping speeds shall lie within the specification.

##### 4.7.3.2.5 Test procedure for self-monitoring

Ten tests shall be made to verify the operation of the device. All tests shall be positive to verify correct operation.

### 4.7.3.3 Checking after the tests

After the test:

- a) the hardness of the gripping element shall be compared with the original values quoted by the documents;
- b) if there is no fracture, deformations and other changes shall be examined (for example, cracks, deformations or wear of the gripping elements, appearance of the rubbing surfaces);

- c) if necessary, photographs shall be taken of the gripping elements and the parts on which the device acts for evidence of deformations or fractures;
- d) it shall be checked that the retardation with the minimum mass has not exceeded  $1,0 g_n$ .

#### 4.7.4 Test report

In order to achieve reproducibility, the verification shall be recorded in all details, such as:

- the method of test;
- the description of the testing arrangement;
- the location of the device to be tested in the testing arrangement;
- the number of tests carried out;
- the record of measured values;
- the report of observations during the test;
- the evaluation of the test results to show compliance with the requirements.

#### 4.7.5 Verification report

The report shall indicate:

- a) the type and application of overspeed protection means;
- b) the limits of the permissible masses;
- c) the tripping speed range of the overspeed monitoring device;
- d) the type of parts on which the braking elements act.

### 4.8 Verification of unintended car movement protection means

#### 4.8.1 General provisions

The unintended car movement protection means shall be verified as a complete system. Alternatively, the subsystems for detection, activation and stopping shall be verified individually. The verification of subsystems shall define interface conditions and the relevant parameters of each subsystem if integrated in a complete system.

The following key parameters for use of the system or subsystem that form part of the verification shall be stated:

- minimum and maximum masses;
- minimum and maximum force or torque or fluid pressure, if applicable;
- individual response times of detector, control circuit and stopping element(s);
- highest speed anticipated before deceleration occurs (see NOTE 1);
- distance from the floor at which the detector device will be installed;
- test speed(s) (see NOTE 2);
- limits of temperature and humidity of the design.

NOTE 1 As an example and indication, for traction lifts, where the natural acceleration is  $1,5 \text{ m/s}^2$  and without any torque contribution from the motor, the maximum speed attainable would be in the magnitude of  $2 \text{ m/s}$ . This is based on the speed attained at start of deceleration e.g. being the result of a “natural” acceleration of  $1,5 \text{ m/s}^2$  through the response times of the unintended car movement protection device, control circuit and stopping elements, assuming that the movement detector operates when the car reaches the limit of the unlocking zone.

In case of electric failure, it can be assumed that, for traction lifts due to internal control means, the acceleration which can be achieved is not greater than  $2,5 \text{ m/s}^2$ .

NOTE 2 Test speed(s): a speed to establish a distance moved by the lift (verification distance) so that the unintended movement system is verified for correct operation during verifications and tests before putting into service at site. This can be the inspection speed or any other speed determined by the manufacturer and agreed by the laboratory.

The distance the car is permitted to move during unintended movement is defined in the requirements laid down in the standards calling for the use of this document (e.g. ISO 8100-1:2023, 4.6.7.5).

The following documents shall be provided:

- a) Detailed and assembly drawings showing the construction, operation, dimensions and tolerances of the components;
- b) a load diagram relating to elastic parts;
- c) Detailed information of the materials used, the type of part on which the means acts, and its surface condition, if relevant (drawn, milled, ground, etc.).

## 4.8.2 Statement and test sample

4.8.2.1 The intended duty of the means shall be stated.

4.8.2.2 Test samples shall be provided as complete assembly of unintended car movement detection device, control circuit (actuator), stopping elements and any monitoring device(s) if applicable.

The number of sets of gripping elements necessary for all the tests shall be attached.

The type of part on which the device acts, shall also be provided.

## 4.8.3 Test

### 4.8.3.1 Test method

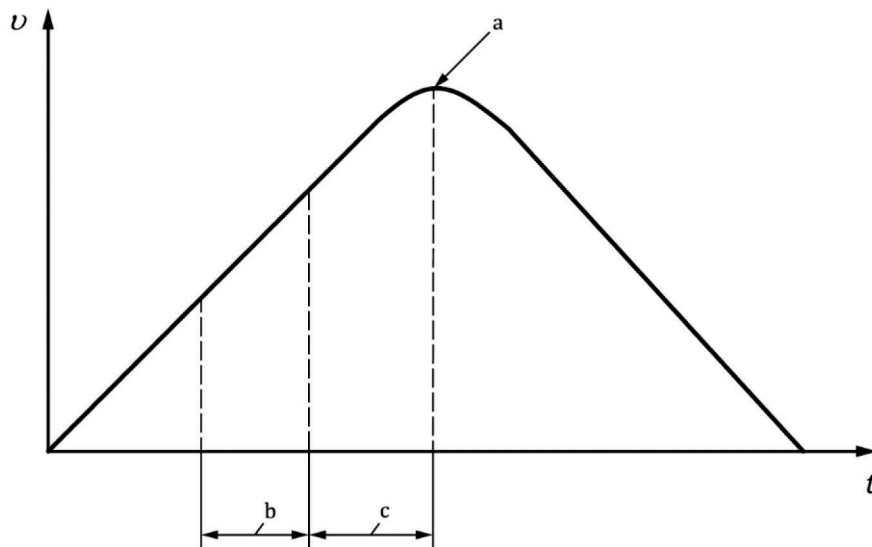
The test method shall be defined depending on the device and its function.

Measurements shall be made of:

- the stopping distance;
- the average retardation;
- the response time of the detection, actuation, stopping element and control circuits (see Figure 2);
- the total distance travelled (sum of acceleration and stopping distances).

The test shall also include:

- the operation of the unintended car movement detection device; and
- any automatic monitoring system, if applicable.



**Key**

- v* speed in meters per second
- t* time in seconds
- a Point at which stopping elements start to cause a reduction in speed.
- b Response time of unintended car movement detection and any control circuits.
- c Response time of actuation circuits and stopping elements.

**Figure 2 — Response times**

**4.8.3.2 Test procedure**

**4.8.3.2.1 General**

Twenty tests shall be made on the stopping element with:

- no result outside the specification;
- each result within  $\pm 20\%$  of the average value.

**4.8.3.2.2 Device verified for a single mass or torque or fluid pressure**

The following tests shall be carried out:

- 10 tests with the system mass or torque or fluid pressure representing an empty car in the upward direction; and
- 10 tests with the system mass or torque or fluid pressure representing a car carrying the rated load in the downward direction.

Between each test, the friction parts shall be allowed to return to their normal temperature.

If during the test the friction parts are replaced, each set shall be capable of minimum five tests.

**4.8.3.2.3 Device verified for different masses or torques or fluid pressures**

A series of tests shall be carried out for the maximum value specified for and a series for the minimum value.

A formula or a chart shall be provided, showing the variation of the braking force or torque or fluid pressure as a function of a given adjustment. The results is expressed in distance travelled.

The validity of the supplied formula or chart shall be verified.

#### 4.8.3.2.4 Test procedure for unintended movement detection means

Ten tests shall be made to verify the operation of the device. All tests shall be positive to verify correct operation.

#### 4.8.3.2.5 Test procedure for self-monitoring

Ten tests shall be made to verify the operation of the device. All tests shall be positive to verify correct operation.

In addition, the capability of the self-monitoring to detect loss of redundancy of the stopping element before a critical situation occurs, shall be verified.

#### 4.8.3.3 Checks after the test

After the test:

- a) the mechanical characteristics of the stopping element(s) shall be compared with the original values quoted by the documents. Other analyses may be carried out in special cases;
- b) it shall be checked that there are no fractures, deformations or any other changes (e.g. cracks, deformations or wear of the gripping elements, appearance of the rubbing surfaces);
- c) if necessary, photographs shall be taken of the gripping elements and the parts on which the device acts for evidence of deformations or fractures.

#### 4.8.4 Test report

In order to achieve reproducibility, the verification shall be recorded in all details, such as:

- the method of test;
- the description of the testing arrangement;
- the location of the device to be used when installed in the testing arrangement;
- the number of tests carried out;
- the record of all measured values;
- the report of observations during the test;
- the evaluation of the test results to show compliance with the requirements.

#### 4.8.5 Verification report

The report shall indicate:

- a) the type and application of the unintended car movement protection system/subsystem;
- b) the limits of the key parameters;
- c) the test speed with relevant parameters for final inspection use;
- d) the type of parts on which the stopping elements act;

- e) the combination of “detecting” device and “stopping” element of the means in the case of complete systems;
- f) the interface conditions in case of subsystems.

## 4.9 Verification of rupture valve/one-way restrictor

### 4.9.1 General provisions

#### 4.9.1.1 General

In the following, the term “rupture valve” means “rupture valve/one-way restrictor with mechanical moving parts”.

The following information shall be provided:

- a) the range of:
  - 1) flow;
  - 2) pressure;
  - 3) viscosity;
  - 4) ambient temperature; and
- b) the method of mounting;
- c) detailed and assembly drawings showing the construction, operation, adjustment, materials, dimensions and tolerances of the rupture valve and the construction components.

#### 4.9.1.2 Samples subject to test

The following shall be provided:

- a) one rupture valve;
- b) a list of liquids which may be used together with the rupture valve, or a sufficient amount of special liquid to be used;

#### 4.9.1.3 Test

##### 4.9.1.3.1 Test installation

The rupture valve, mounted in its intended method, shall be tested in a hydraulic system, where:

- a) the required testing pressure is dependent on the mass;
- b) the flow is controlled by adjustable valves;
- c) the pressure before and behind the rupture valve can be recorded;

NOTE “Before the rupture valve” means between the cylinder and the rupture valve.

- d) means to change the ambient temperature of the rupture valve and the viscosity of the hydraulic liquid are provided.

The system shall allow recording of the flow over time. To determine the values of flow, the measurement of another figure, i.e. the speed of the ram from which the flow can be derived is permitted.

#### 4.9.1.3.2 Measuring instruments

The measuring instruments shall have accuracy according to 4.1.

#### 4.9.1.4 Test procedure

##### 4.9.1.4.1 General

The test shall:

- a) simulate a total piping failure occurring at a moment when the speed of the car is zero;
- b) evaluate the resistance of the rupture valve against pressure.

##### 4.9.1.4.2 Simulation of a total piping failure

**4.9.1.4.2.1** Simulating a total piping failure, the flow shall be initiated from a static situation by opening a valve, on condition that the static pressure before the rupture valve decreases to less than 10 %.

The tolerances of the closing valve shall be taken into account within the stated range of:

- a) flow;
- b) viscosity;
- c) pressure;
- d) ambient temperature.

This shall be achieved by 2 test series with:

- maximum pressure, maximum ambient temperature, minimum adjustable flow and minimum viscosity;
- minimum pressure, minimum ambient temperature, maximum adjustable flow and maximum viscosity.

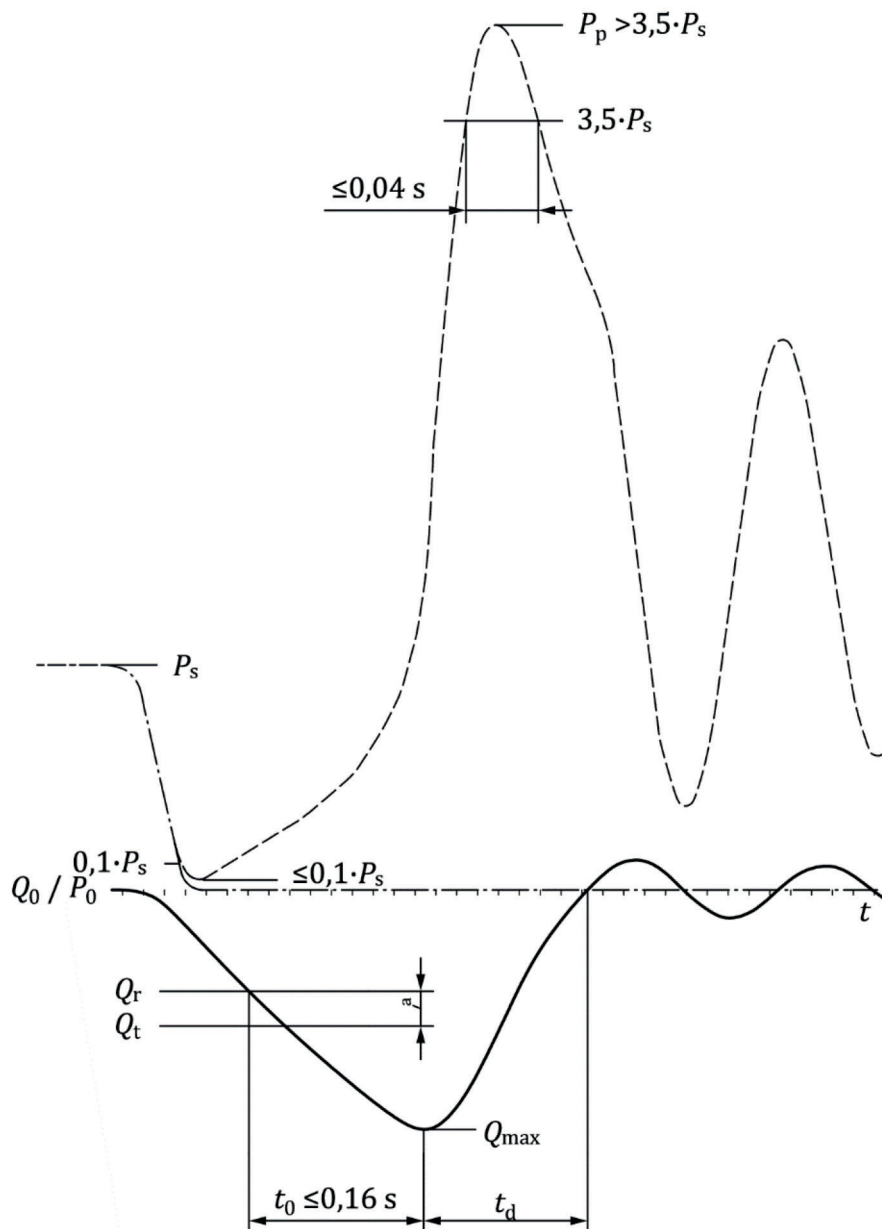
In each test series, at least 10 tests shall be carried out to evaluate the tolerances of operation of the rupture valve in these conditions.

**4.9.1.4.2.2** During the tests, the relation between:

- flow and time;
- pressure before the rupture valve and time;
- pressure behind the rupture valve and time,

shall be recorded.

The typical characteristics of these curves are shown in Figure 3.



**Key**

- $P_0$  pressure before test
- $P_p$  pressure peak
- $P_s$  pressure static
- $Q_0$  flow before test
- $Q_{max}$  maximum flow
- $Q_r$  flow at rated speed detection point
- $Q_t$  flow at tripping point
- $t$  time
- $t_0$  time between detection point and maximum flow before closing
- $t_d$  time between maximum closing flow and zero flow before any rebound
- · — · pressure after rupture valve
- hydraulic fluid flow
- - - - pressure before rupture valve

- a The rupture valve shall be tripped before the speed is equal to rated speed +0,3 m/s.

**Figure 3 — Hydraulic fluid flow through, pressure before and behind the rupture valve**

**4.9.1.4.3 Resistance against pressure**

Showing the resistance of the rupture valve against pressure, it shall be submitted to a pressure test with 5 times the maximum pressure over 2 min.

**4.9.1.5 Assessment of the tests**

**4.9.1.5.1 Closing operation**

The rupture valve fulfils the requirements of this document if the curves recorded according to 4.9.1.4.2 show that:

- a) the time,  $t_0$ , between the rated flow (100 % flow) and the maximum flow,  $Q_{max}$ , does not exceed 0,16 s;
- b) the time,  $t_d$ , for the decrease of the flow is as Formula (8):

$$\frac{Q_{max}}{6 \cdot A \cdot 9,81} \leq t_d \leq \frac{Q_{max}}{6 \cdot A \cdot 1,96} \quad (8)$$

where

$A$  is the area of jack, where pressure is acting in square centimetres;

$Q_{max}$  is the maximum flow of the hydraulic fluid in litre per minute;

$t_d$  is the braking time in seconds;

- c) a pressure of more than  $3,5 \cdot P_S$ , where  $P_S$  is the static pressure, shall not last longer than 0,04 s;
- d) the rupture valve shall be tripped before the speed is equal to the rated speed + 0,30 m/s.

**4.9.1.5.2 Pressure resistance**

The rupture valve fulfils the requirements of the standard if, after the pressure test according to 4.9.1.4.3, it shows no permanent damage.

**4.9.1.6 Verification report**

The report shall indicate:

- a) the type and application of the rupture valve;
- b) the range of:
- 1) flow of the rupture valve;
  - 2) pressure of the rupture valve;
  - 3) viscosity of hydraulic fluids to be used;
  - 4) ambient temperature of the rupture valve.

The report shall be accompanied with a graph showing the relationship between the maximum flow  $Q_{max}$  (see Figure 3) and the adjustment of the device.

## 4.10 Guide rails calculation

### 4.10.1 Range of calculation

Guide rails shall be dimensioned taking into account the following stresses:

- bending stress;
- combined bending;
- buckling stress;
- compression stress/tension stress;
- combined bending and compression/tension stress;
- combined bending and buckling;
- flange bending stress.

In addition, deflections shall be analysed.

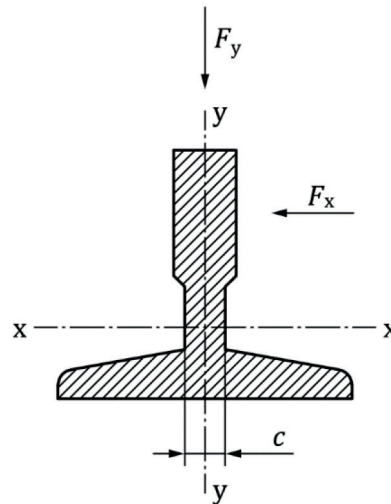
Parameters used in these calculations can be found described in the standards calling for the use of this standard. e.g. ISO 8100-1:2023, 4.7.

NOTE An example for a calculation based on the following method is given in Annex B.

### 4.10.2 Bending

4.10.2.1 Calculating the bending stresses in the different axis of the guide rail (see Figure 4), it can be assumed that:

- the guide rail is a continuous beam with flexible fixing points at distances of the length,  $l$ ;
- the resultant of forces causing bending stresses act in the middle between adjacent fixing points;
- the brackets supporting the guides are rigid and limit horizontal displacement of the guide;
- bending moments act on the neutral axis of the profile of the guide rail.



**Key**

- X neutral axis in the x-x plane
- Y neutral axis in the y-y plane
- c width of the connecting part of the foot to the blade
- $F_x$  force exerted to the flat of the guide blade
- $F_y$  force exerted to the end of the guide blade

**Figure 4 — Axis of the guide rail**

Evaluating the bending stress,  $\sigma_m$ , from horizontal forces acting at right angles to the axis of the profile, Formulae (9) and (10) shall be used:

$$\sigma_m = \frac{M_m}{W} \quad (9)$$

$$\text{with } M_m = \frac{3 \cdot F_h \cdot l}{16} \quad (10)$$

where

- $F_h$  is the horizontal force applied to the guide rail by the guide shoes in the different load cases in newtons;
- $l$  is the maximum distance between guide brackets in millimetres;
- $M_m$  is the bending moment in newtons millimetres;
- $\sigma_m$  is the bending stress in newtons per square millimetre;
- $W$  is the cross-sectional area modulus in cubic millimetres.

**4.10.2.2** Bending stresses in different axes shall be combined taking into account the guide rail profile.

If, for  $W_x$  and  $W_y$ , the usual values of tables given in ISO 8100-33:2022 (respectively  $W_{x,\min}$  and  $W_{y,\min}$ ) are used and the permissible stresses are not exceeded, no further proof is necessary. Otherwise, it shall be analysed at which outer edge of the guide rail profile the stresses have their maximum.

**4.10.2.3** If more than two guide rail lines are used, an equal distribution of the forces between the guide rails may be assumed, provided that their profiles are identical.

**4.10.2.4** If more than one safety gear is used, acting on different guide rails, it may be assumed that the whole braking force is equally distributed between the safety gears.

**4.10.2.5** In the case of vertical multiplex safety gears acting on the same guide rail, it shall be assumed, that the braking force of a guide rail is acting on one point.

### 4.10.3 Buckling

Determining the buckling stresses the omega method shall be used with Formula (11):

$$\sigma_k = \frac{(F_v + k_3 \cdot F_{aux}) \cdot \omega}{A} \quad (11)$$

where

- $A$  is the cross-sectional area of a guide rail in square millimetres;
- $F_{aux}$  is the force in a guide rail due to auxiliary equipment in newtons;
- $F_v$  is the vertical force on a guide rail of the car, counterweight or balancing weight in newtons;
- $k_3$  is the impact factor;
- $\sigma_k$  is the buckling stress in newtons per square millimetre;
- $\omega$  is the omega value.

The omega values can be evaluated by using Formulae (12) and (13):

$$\lambda = l_k / i \quad (12)$$

$$l_k = l \quad (13)$$

where

- $\lambda$  is the slenderness;
- $i$  is the minimum radius of gyration in millimetres;
- $l$  is the maximum distance between guide brackets in millimetres;
- $l_k$  is the buckling length in millimetres.

For steel with tensile strength,  $R_m = 370 \text{ N/mm}^2$ :

| Value of $\lambda$        | Value of $\omega$                                     |
|---------------------------|---|
| $20 \leq \lambda \leq 60$ | $\omega = 0,000\ 129\ 20 \cdot \lambda^{1,89} + 1$    |
| $60 < \lambda \leq 85$    | $\omega = 0,000\ 046\ 27 \cdot \lambda^{2,14} + 1$    |
| $85 < \lambda \leq 115$   | $\omega = 0,000\ 017\ 11 \cdot \lambda^{2,35} + 1,04$ |
| $115 < \lambda \leq 250$  | $\omega = 0,000\ 168\ 87 \cdot \lambda^{2,00}$        |

For steel with tensile strength,  $R_m = 520 \text{ N/mm}^2$ :

| Value of $\lambda$        | Value of $\omega$                                      |
|---------------------------|--|
| $20 \leq \lambda \leq 50$ | $\omega = 0,000\ 082\ 40 \cdot \lambda^{2,06} + 1,021$ |
| $50 < \lambda \leq 70$    | $\omega = 0,000\ 018\ 95 \cdot \lambda^{2,41} + 1,05$  |
| $70 < \lambda \leq 89$    | $\omega = 0,000\ 024\ 47 \cdot \lambda^{2,36} + 1,03$  |
| $89 < \lambda \leq 250$   | $\omega = 0,000\ 253\ 30 \cdot \lambda^{2,00}$         |

The determination of omega values ( $\omega_R$ ) of steel with tensile strength,  $R_m$ , between 370 N/mm<sup>2</sup> and 520 N/mm<sup>2</sup> shall be carried out by using Formula (14):

$$\omega_R = \left[ \frac{\omega_{520} - \omega_{370}}{520 - 370} \cdot (R_m - 370) \right] + \omega_{370} \quad (14)$$

#### 4.10.4 Combination of bending and compression/tension or buckling stresses

The combined bending and compression/tension or buckling stresses shall be evaluated using Formulae (15) to (17):

Bending stresses:

$$\sigma = \sigma_m = \sigma_x + \sigma_y \leq \sigma_{perm} \quad (15)$$

Bending and compression/tension:

$$\sigma = \sigma_m + \frac{F_v + k_3 \cdot F_{aux}}{A} \leq \sigma_{perm} \quad (16)$$

Bending and buckling:

$$\sigma = \sigma_k + 0,9 \times \sigma_y \leq \sigma_{perm} \quad (17)$$

where

- $A$  is the cross-sectional area of a guide rail in square millimetres;
- $F_{aux}$  is the force in a guide rail due to auxiliary equipment in newtons;
- $F_v$  is the vertical force on a guide rail of the car, counterweight or balancing weight in newtons;
- $k_3$  is the impact factor;
- $\sigma$  is the combined stress in newtons per square millimetre;
- $\sigma_k$  is the buckling stress in newtons per square millimetre
- $\sigma_m$  is the bending stress in newtons per square millimetre;
- $\sigma_{perm}$  is the permissible stress in newtons per square millimetre;
- $\sigma_x$  is the bending stress related to the X-axis in newtons per square millimetre;
- $\sigma_y$  is the bending stress related to the Y-axis in newtons per square millimetre.

#### 4.10.5 Flange bending

Flange bending shall be taken into consideration. For T-shaped guide rails, Formulae (18) and (19) shall be used:

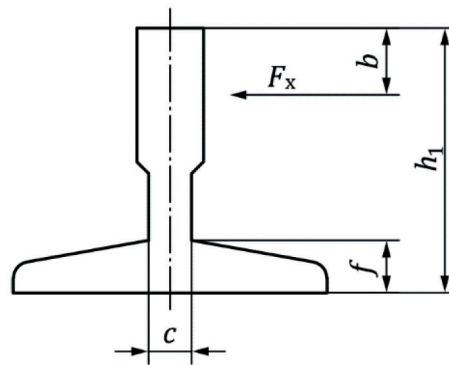
$$\sigma_F = \frac{1,85 \cdot F_x}{c^2} \leq \sigma_{perm} \quad \text{for roller guide shoes} \quad (18)$$

$$\sigma_F = \frac{F_x \cdot (h_1 - b - f) \cdot 6}{c^2 \cdot [l + 2 \cdot (h_1 - f)]} \leq \sigma_{perm} \quad \text{for sliding guide shoes} \quad (19)$$

where

- $b$  is half the width of the guide shoe lining in millimetres;
- $c$  is the width of the connecting part of the foot to the blade in millimetres;
- $f$  is the foot depth of guide rail at its connection with the blade in millimetres;
- $F_x$  is the force exerted by a guide shoe to the flange in newtons;
- $h_1$  is the guide rail height in millimetres;
- $l$  is the length of the guide shoe lining in millimetres;
- $\sigma_F$  is the local flange bending stress in newtons per square millimetre;
- $\sigma_{perm}$  is the permissible stress in newtons per square millimetre.

NOTE Dimensions are shown in Figure 5.



#### Key

- $b$  half the width of the guide shoe lining
- $c$  width of the connecting part of the foot to the blade
- $f$  foot depth of guide rail at its connection with the blade
- $F_x$  force exerted by a guide shoe to the flange
- $h_1$  guide rail height

Figure 5 — Dimensions for flange bending calculation

#### 4.10.6 Deflections

The deflections shall be calculated by using Formulae (20) and (21):

$$\delta_x = 0,7 \frac{F_x \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_y} + \delta_{str-x} \leq \delta_{perm} \quad (20)$$

$$\delta_y = 0,7 \frac{F_y \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_x} + \delta_{str-y} \leq \delta_{perm} \quad (21)$$

where

$\delta_{perm}$  is the maximum permissible deflection in millimetres;

$\delta_x$  is the deflection in the X-axis in millimetres;

$\delta_y$  is the deflection in the Y-axis in millimetres;

$\delta_{str-x}$  is the deflection of the fixings (brackets, separation beams) in the X-axis in millimetres;

$\delta_{str-y}$  is the deflection of the fixings (brackets, separation beams) in the Y-axis in millimetres;

$E$  is the modulus of elasticity in newtons per square millimetre;

$F_x$  is the supporting force in the X-axis in newtons;

$F_y$  is the supporting force in the Y-axis in newtons;

$I_x$  is the second moment of area related to the X-axis in fourth power millimetres;

$I_y$  is the second moment of area related to the Y-axis in fourth power millimetres;

$l$  is the maximum distance between guide brackets in millimetres.

#### 4.11 Evaluation of traction

##### 4.11.1 General

Traction shall be ensured at all times taking into account:

- normal travel;
- loading the car at floor level; and
- retardation due to an emergency stop.

The following dimensioning procedure applies for the evaluation of traction in the traditional applications which include steel wire ropes and steel/cast iron sheaves.

NOTE The results are, as shown by experience, safe due to built-in safety margins. Therefore, the following elements need not to be taken into consideration in detail: Rope construction, type and amount of lubrication, material of sheaves and ropes and manufacturing tolerances.

##### 4.11.2 Traction calculation

###### 4.11.2.1 General

For car loading and emergency braking conditions, Formula (22) shall be applied. For car/counterweight stalled conditions (car/counterweight resting on the buffers and the machine rotating in the “down/

up" direction) where protection against raising of the car or counterweight is provided by limiting of traction, Formula (23) shall be applied.

$$\frac{T_1}{T_2} \leq e^{f\alpha} \quad (22)$$

$$\frac{T_1}{T_2} \geq e^{f\alpha} \quad (23)$$

where

$\alpha$  is the angle of wrap of the suspension means on the traction sheave;

$f$  is the friction factor;

$T_1, T_2$  are the forces in the portion of the ropes situated at either side of the traction sheave.

#### 4.11.2.2 Evaluation of $T_1$ and $T_2$

##### 4.11.2.2.1 Car loading condition

The static ratio,  $T_1 / T_2$ , shall be evaluated for the worst case depending on the position of the car in the well with 125 % of the rated load.

##### 4.11.2.2.2 Emergency braking condition

The dynamic ratio,  $T_1 / T_2$ , shall be evaluated for the worst case depending on the position of the car in the well and the load conditions (empty, or with rated load).

Each moving element shall be considered with its proper rate of retardation, taking into account the reeving ratio of the installation.

In no case shall the rate of retardation to consider be less than:

- 0,5 m/s<sup>2</sup> in normal cases;
- the minimum retardation to slow down the car and counterweight to a value not exceeding that for which the buffers are designed, in the case of reduced buffer stroke.

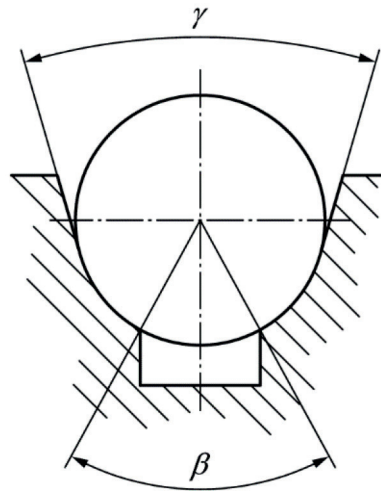
##### 4.11.2.2.3 Car/counterweight stalled condition

The static ratio,  $T_1 / T_2$ , shall be evaluated for the empty car at the highest and lowest position.

### 4.11.2.3 Evaluation of the friction factor

#### 4.11.2.3.1 Grooving considerations

##### 4.11.2.3.1.1 Semi-circular and semi-circular undercut grooves (see Figure 6)



**Key**

$\beta$  undercut angle

$\gamma$  groove angle

**Figure 6 — Semi-circular groove, undercut**

Formula (24) shall be used:

$$f = \mu \cdot \frac{4 \left( \cos \frac{\gamma}{2} - \sin \frac{\beta}{2} \right)}{\pi - \beta - \gamma - \sin \beta + \sin \gamma} \quad (24)$$

where

$\beta$  is the value of the undercut angle;

$\gamma$  is the value of the groove angle;

$\mu$  is the friction coefficient;

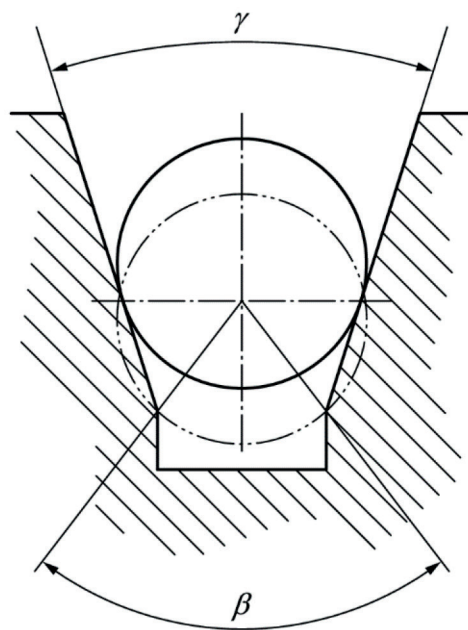
$f$  is the friction factor.

The maximum value of the undercut angle,  $\beta$ , shall not exceed  $105^\circ$  (1,83 rad).

The value of the groove angle,  $\gamma$ , shall never be less than  $25^\circ$  (0,44 rad).

##### 4.11.2.3.1.2 V-grooves (see Figure 7)

Where the groove has not been submitted to an additional hardening process, in order to limit the deterioration of traction due to wear, an undercut is necessary.



**Key**

- $\beta$  undercut angle
- $\gamma$  groove angle

**Figure 7 — V-groove**

Formulae (25) to (27) apply:

- in the case of car loading and emergency braking:

$$f = \mu \cdot \frac{4 \left( 1 - \sin \frac{\beta}{2} \right)}{\pi - \beta - \sin \beta} \quad \text{for non-hardened grooves} \quad (25)$$

$$f = \mu \cdot \frac{1}{\sin \frac{\gamma}{2}} \quad \text{for hardened grooves} \quad (26)$$

- in the case of counterweight stalled conditions:

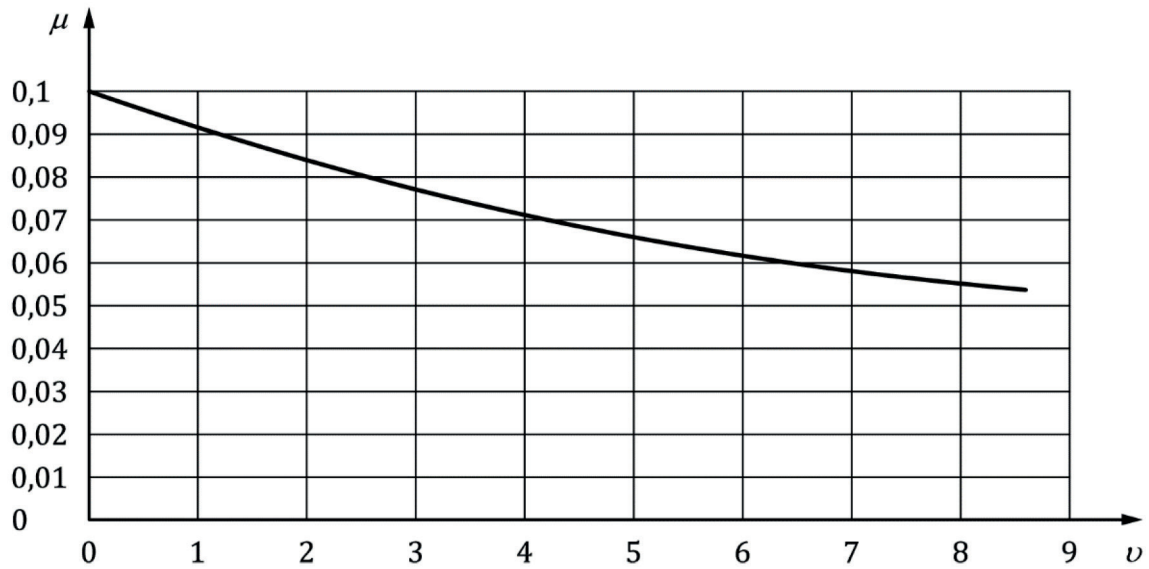
$$f = \mu \cdot \frac{1}{\sin \frac{\gamma}{2}} \quad \text{for hardened and non-hardened grooves} \quad (27)$$

where

- $\beta$  is the value of the undercut angle;
- $\gamma$  is the value of the groove angle;
- $\mu$  is the friction coefficient;
- $f$  is the friction factor.

The maximum value of the undercut angle,  $\beta$ , shall not exceed  $105^\circ$  (1,83 rad). Angle  $\gamma$  shall never be less than  $35^\circ$  for lifts.

4.11.2.3.2 Friction coefficient consideration (see Figure 8)



Key

$\mu$  friction coefficient

$v$  rope speed at rated speed of the car in meters per second

Figure 8 — Minimum friction coefficient

The following values apply:

- $\mu = 0,1$  for loading conditions;
- $\mu = 0,2$  for counterweight stalled conditions;
- Formula (28) for emergency braking conditions:

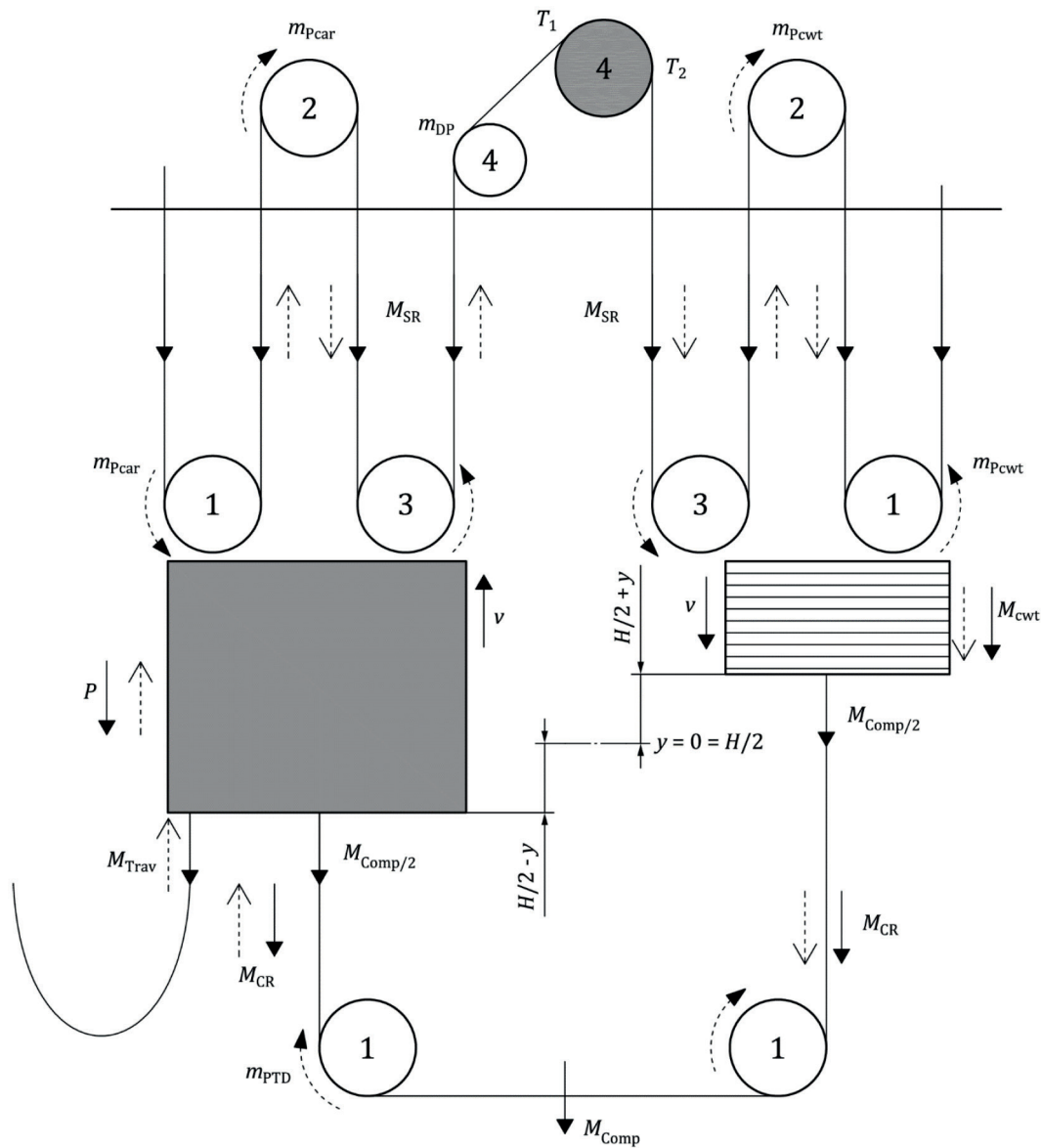
$$\mu = \frac{0,1}{1 + \frac{v}{10}} \tag{28}$$

where

$\mu$  is the friction coefficient;

$v$  is the rope speed at rated speed of the car.

4.11.3 Formulae for a general case (see Figure 9)



**Key**

- $H$  travel height in metres
- $m_{Pcar}$  reduced mass (related to the car) of pulleys on car side in kilograms
- $m_{DP}$  reduced mass (related to the car/counterweight) of deflection pulleys on car and/or counterweight side in kilograms
- $m_{Pcwt}$  reduced mass (related to the counterweight) of pulleys on counterweight side in kilograms
- $m_{PTD}$  reduced mass (related to car/counterweight) of one pulley on tensioning device
- $M_{CR}$  actual mass of compensation ropes/chains in kilograms
- $M_{Comp}$  mass of tension device including mass of pulleys in kg
- $M_{cwt}$  mass of counterweight including mass of pulleys in kg
- $M_{SR}$  actual mass of suspension ropes in kilograms
- $M_{Trav}$  actual mass of travelling cable in kilograms
- $P$  masses of the empty car in kilograms
- $v$  speed of the car/counterweight in m/s
- $Y$  level  $0,5 H \rightarrow y = 0$  in metres;

$T_1, T_2$  force exerted on rope in newtons  
1, 2, 3, 4 speed factor of pulleys (example:  $2 = 2 \cdot v_{car}$ )

**Figure 9 — General case**

Formulae (29) to (32) apply.

a) For machinery located above:

$$T_1 = \left[ \frac{P+Q+M_{CRcar} + M_{Trav}}{r} \cdot (g_n \pm a) \right] + \left[ \frac{M_{Comp}}{2 \cdot r} \cdot g_n \right] + \left[ M_{SRcar} \left( g_n \pm a \cdot \frac{r^2+2}{3} \right) \right] \\ \pm \left[ \frac{i_{PTD} \cdot m_{PTD}}{2 \cdot r} \cdot a \right] \pm [m_{DP} \cdot a \cdot r]^I \pm \left[ \sum_{i=1}^{n_p} \frac{m_{Pcar\_i} \cdot \left( \frac{v_{P\_i}}{v} \right)^2 \cdot a}{r} \right]^{III} \mp \left[ \frac{FR_{car}}{r} \right] \quad (29)$$

$$T_2 = \left[ \frac{M_{cwt} + M_{CRcwt}}{r} \cdot (g_n \mp a) \right] + \left[ \frac{M_{Comp}}{2 \cdot r} \cdot g_n \right] + \left[ M_{SRcwt} \left( g_n \mp a \cdot \frac{r^2+2}{3} \right) \right] \\ \mp \left[ \frac{i_{PTD} \cdot m_{PTD}}{2 \cdot r} \cdot a \right] \mp [m_{DP} \cdot a \cdot r]^II \mp \left[ \sum_{i=1}^{n_p} \frac{m_{Pcwt\_i} \cdot \left( \frac{v_{P\_i}}{v} \right)^2 \cdot a}{r} \right]^{III} \pm \left[ \frac{FR_{cwt}}{r} \right] \quad (30)$$

b) For machinery located below:

$$T_1 = \left[ \frac{P+Q+M_{CRcar} + M_{Trav}}{r} \cdot (g_n \pm a) \right] + \left[ \frac{M_{Comp}}{2 \cdot r} \cdot g_n \right] + [M_{SR1car} \cdot (-g_n \pm a \cdot r)] \\ + \left[ M_{SR2car} \cdot \left( g_n \pm a \cdot \frac{r^2+2}{3} \right) \right] \pm \left[ \frac{i_{PTD} \cdot m_{PTD}}{2 \cdot r} \cdot a \right] \pm [m_{DP} \cdot a \cdot r]^I \\ \pm \left[ \sum_{i=1}^{n_p} \frac{m_{Pcar\_i} \cdot \left( \frac{v_{P\_i}}{v} \right)^2 \cdot a}{r} \right]^{III} \mp \left[ \frac{FR_{car}}{r} \right] \quad (31)$$

$$T_2 = \left[ \frac{M_{cwt} + M_{CRcwt}}{r} \cdot (g_n \mp a) \right] + \left[ \frac{M_{Comp}}{2 \cdot r} \cdot g_n \right] + [M_{SR1cwt} \cdot (-g_n \mp a \cdot r)] \\ + \left[ M_{SR2cwt} \cdot \left( g_n \mp a \cdot \frac{r^2+2}{3} \right) \right] \mp \left[ \frac{i_{PTD} \cdot m_{PTD}}{2 \cdot r} \cdot a \right] \mp [m_{DP} \cdot a \cdot r]^II \\ \mp \left[ \sum_{i=1}^{n_p} \frac{m_{Pcwt\_i} \cdot \left( \frac{v_{P\_i}}{v} \right)^2 \cdot a}{r} \right]^{III} \pm \left[ \frac{FR_{cwt}}{r} \right] \quad (32)$$

NOTE 1 Formulae (29) to (32) can be also used for the empty car by deleting  $Q$ . In this case,  $T_1$  becomes  $T_2$ , and  $T_2$  becomes  $T_1$ .

In the above formulae, the symbols  $\pm$  and  $\mp$  shall be used in such a way that:

- the upper operation is applicable in case the car is retarding in the downward direction, and
- the lower operation in case the car is retarding in the upward direction.

For cases with car loading and stalled condition,  $a = 0$ .

For the car loading case,  $Q$  shall be replaced by  $1,25 Q$ .

The friction forces,  $FR_{car}$  and  $FR_{cwt}$ , shall be deleted in all conditions if a minimum friction force cannot be ensured.

NOTE 2 For calculation example, see Annex D.

Conditions:

- I* is for any deflection pulley on car side;
- II* is for any deflection pulley on counterweight side;
- III* is only for reeving  $> 1$ ;

Where:

- $a$  is the braking retardation (positive value) of the car in metres per square second;
- $FR_{car}$  is the frictional force in the well (efficiency of bearings car side and friction on guide rails, etc.) in newtons;
- $FR_{cwt}$  is the frictional force in the well (efficiency of bearings counterweight side and friction on guide rails, etc.) in newtons;
- $g_n$  is the standard acceleration of free fall in metres per square second;
- $H$  is the travel height in metres;
- $i_{PTD}$  is the number of pulleys for tensioning device;
- $J_{Pcar}$  is the moment of inertia of one pulley on the car side in kilograms square metre;
- $J_{Pcwt}$  is the moment of inertia of one pulley on the counterweight side in kilograms square metre;
- $J_{DP}$  is the moment of inertia of deflection pulleys on car and/or counterweight side in kilograms square metre;
- $J_{PTD}$  is the moment of inertia of one pulley on tensioning device in kilograms square metre;
- $m_{DP}$  is the reduced mass (related to the car/counterweight) of deflection pulleys on car and/or counterweight side, having the same rope speed than the traction sheave,  $J_{DP}/R^2$  in kilograms;
- $m_{Pcar_i}$  is the reduced mass (related to the car) of one pulley on the car side  $J_{Pcar}/R^2$  in kilograms;
- $m_{Pcwt_i}$  is the reduced mass (related to the counterweight) of one pulley on the counterweight side  $J_{Pcwt}/R^2$  in kilograms;
- $m_{PTD}$  is the reduced mass (related to car/counterweight) of one pulley on tensioning device  $J_{PTD}/R^2$  in kilograms;
- $M_{Comp}$  is the mass of tension device including mass of pulleys in kilograms;

|               |   |
|---------------|---|
| $M_{CR}$      | is the actual mass of compensation ropes/chains $[(0,5 \cdot H \pm y) \cdot n_c \cdot \text{rope weight per unit length}]$ , in kilograms;                        |
| $M_{CRcar}$   | is the mass $M_{CR}$ on the car side;   |
| $M_{CRcwt}$   | is the mass $M_{CR}$ on the counterweight side;   |
| $M_{cwt}$     | is the mass of counterweight including mass of pulleys in kilograms;  |
| $M_{SR}$      | is the actual mass of suspension ropes $[(0,5 \cdot H \pm y) \cdot n_s \cdot \text{rope weight per unit length}]$ , in kilograms;                                 |
| $M_{SRcar}$   | is the mass $M_{SR}$ on car side.   |
| $M_{SR1car}$  | is the mass $M_{SR}$ of the rope leading from the machine to the pulley(s) in the headroom in the case of machine below,  |
| $M_{SR2car}$  | is the mass $M_{SR}$ of the rope leading from the pulley(s) in the headroom to the car in the case of machine below, ( $M_{SR2car} = 0$ if car at upmost landing) |
| $M_{SRcwt}$   | is the mass $M_{SR}$ on counterweight side.   |
| $M_{SR1cwt}$  | is the mass $M_{SR}$ of the rope leading from the machine to the pulley(s) in the headroom  |
| $M_{SR2cwt}$  | is the mass $M_{SR}$ of the rope leading from pulley(s) in the headroom to the counterweight, ( $M_{SR2cwt} = 0$ if counterweight at upmost landing)              |
| $M_{Trav}$    | is the actual mass of travelling cable $[(0,25H \pm 0,5y) \cdot n_t \cdot \text{travelling cable weight per unit length}]$ , in kilograms;                        |
| $n_C$         | is the number of compensating ropes/chains;   |
| $n_P$         | Is the number of pulleys on the car/counterweight side  |
| $n_S$         | is the number of suspension ropes;  |
| $n_t$         | is the number of travelling cables;   |
| $P$           | is the masses of the empty car in kilograms;  |
| $Q$           | is the rated load in kilograms;   |
| $r$           | is the reeving factor;  |
| $R$           | is the radius of related pulleys in metres;   |
| $T_1, T_2$    | is the force exerted on rope in newtons;  |
| $v$           | speed of the car/counterweight in m/s   |
| $v_{P_i}$     | is the rotation speed of one pulley (rope speed) in metres per second;  |
| $y$           | is on the level $0,5 \cdot H \rightarrow y = 0$ , in metres;  |
| $\rightarrow$ | is the static force;  |
| $\rightarrow$ | is the dynamic force;   |

## 4.12 Evaluation of safety factor of steel wire ropes with steel/cast iron traction sheaves

### 4.12.1 General

This clause describes the method of evaluation of the safety factor “ $S_f$ ” for the suspension ropes. This evaluation method shall only be used for:

- steel or cast iron traction sheaves;
- steel wire ropes according to EN 12385-5:2021 or ISO 4344:2022.

NOTE This method is based on sufficient life time of the steel wire ropes assuming a regular maintenance and inspection.

### 4.12.2 Equivalent number, $N_{equiv}$ , of pulleys

#### 4.12.2.1 General

The number of bends and the degree of severity of each bend cause deterioration of the rope. This is influenced by the type of grooves (U- or V-groove) and whether the bend is reversed or not.

The degree of severity of each bend can be equated to a number of simple bends.

A simple bend is defined by the rope travelling over a semi-circular groove, where the radius of the groove is not more than 0,53 of the nominal rope diameter.

The number of simple bends corresponds to an equivalent number of pulleys,  $N_{equiv}$ , which can be derived from Formula (33):

$$N_{equiv} = N_{equiv(t)} + N_{equiv(p)} \quad (33)$$

where

$N_{equiv(t)}$  is the equivalent number of traction sheaves;

$N_{equiv(p)}$  is the equivalent number of deflection pulleys.

#### 4.12.2.2 Evaluation of $N_{equiv(t)}$

Values of  $N_{equiv(t)}$  shall be taken from Table 1.

**Table 1 — Evaluation of equivalent number of traction sheaves  $N_{equiv(t)}$**

|                           |                      |      |     |     |     |     |      |      |
|---------------------------|----------------------|------|-----|-----|-----|-----|------|------|
| <b>V-grooves</b>          | V-angle ( $\gamma$ ) | 35°  | 36° | 38° | 40° | 42° | 45°  | 50°  |
|                           | $N_{equiv(t)}$       | 18,5 | 16  | 12  | 10  | 8   | 6,5  | 5    |
| <b>U-Undercut grooves</b> | U-angle ( $\beta$ )  | 75°  | 80° | 85° | 90° | 95° | 100° | 105° |
|                           | $N_{equiv(t)}$       | 2,5  | 3,0 | 3,8 | 5,0 | 6,7 | 10,0 | 15,2 |

For U-grooves without undercut,  $N_{equiv(t)} = 1$ .

Values for angles not in Table 1 may be determined by linear interpolation.

#### 4.12.2.3 Evaluation of $N_{equiv(p)}$

A bend is only considered to be a reverse bend if the distance from the rope contacts on two consecutive pulleys, which have a fixed distance between their axles, is less than 200 times the rope diameter, and the bending planes are rotated through more than 120° [see Formulae (34) and (35)].

$$N_{equiv(p)} = K_p \cdot (N_{ps} + 4 \cdot N_{pr}) \quad (34)$$

where

$N_{ps}$  is the number of pulleys with simple bends;

$N_{pr}$  is the number of pulleys with reversed bends;

$K_p$  is the factor of ratio between sheave and pulley diameters.

$$\text{with } K_p = \left( \frac{D_t}{D_p} \right)^4 \tag{35}$$

where

$D_t$  is the diameter of the traction sheave;

$D_p$  is the average diameter of all pulleys, traction sheave excluded.

NOTE Examples for evaluation of equivalent number of pulleys are given in Annex D.

### 4.12.3 Safety factor

For a given design of rope drive, the minimum value of safety factor can be selected from Figure 10 taking into account the correct ratio of  $D_t/d_r$  and the calculated  $N_{equiv}$  for the worst-case section of ropes.

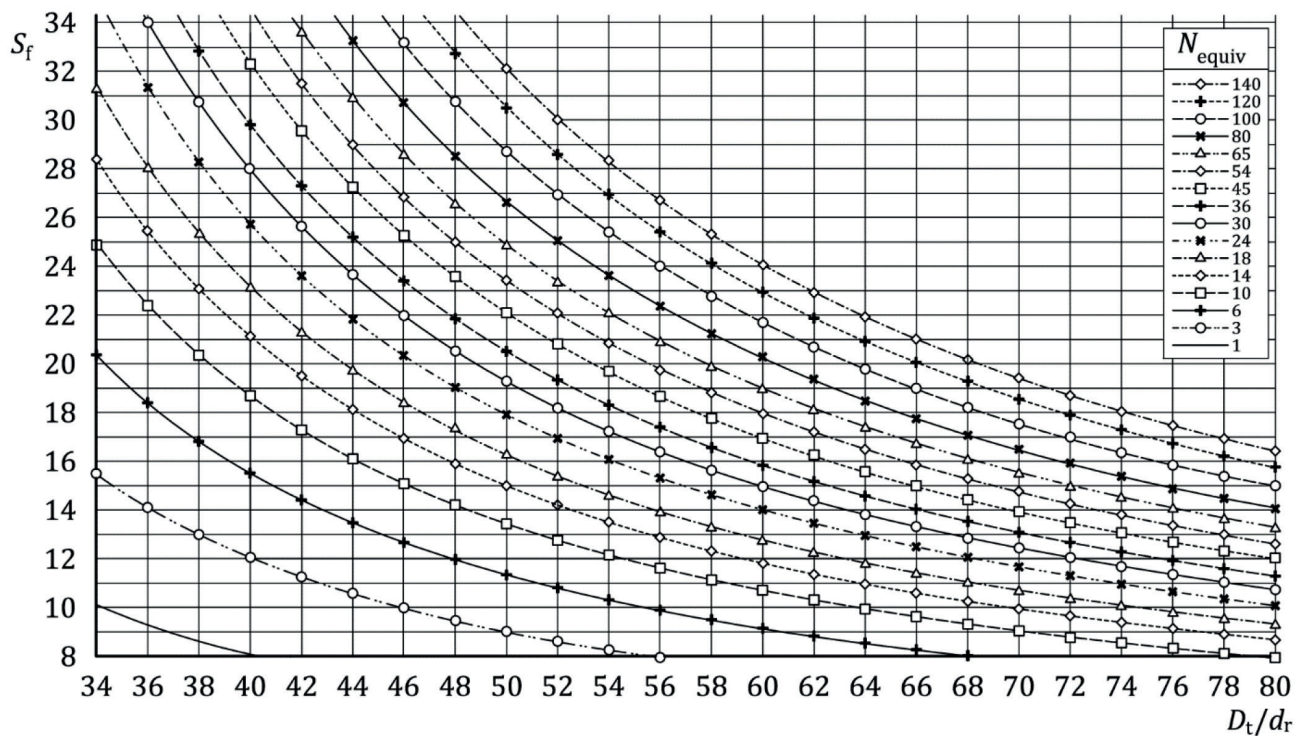


Figure 10 — Evaluation of minimum safety factor

The curves of the Figure 10 are based on Formula (36):

$$S_f = 10^{\left( 2,6834 - \frac{\log \left( \frac{695,85 \cdot 10^6 \cdot N_{equiv}}{\left( \frac{D_t}{d_r} \right)^{8,567}} \right)}{\log \left( 77,09 \left( \frac{D_t}{d_r} \right)^{-2,894} \right)} \right)} \quad (36)$$

where

- $D_t$  is the diameter of traction sheave;
- $d_r$  is the diameter of the ropes;
- $N_{equiv}$  is the equivalent number of pulleys;
- $S_f$  is the safety factor.

## 4.13 Specific verification methods for suspension and compensation means

### 4.13.1 Material and Construction verification

Compliance with material and construction requirements of the standard calling for the use of this standard (e.g. ISO 8100-1:2023, 4.5.1.2) shall be verified through a visual verification of the documents supplied with the suspension means.

The diameter of wires, strands and ropes shall be measured as follows:

Diameter measurements shall be taken on a straight section in compliance with EN 12385-1:2021, 6.3.1.

The minimum accuracy of the measurement instrument shall be 0,02 mm for diameters above 2 mm, 0,01 mm for diameters below 2 mm, and 0,001 mm for diameters below 0,5 mm.

The measurement surface of instruments used for ropes and strands shall cover at least two strands or wires in axial direction.

### 4.13.2 Verification of elastomeric coated traction sheave

Wear resistance of the traction sheave coating shall be proven with a wear test.

Therefore, the traction sheave shall rotate against the fixed steel wire rope of the type specified to be used in the lift application. The test shall be performed with the following parameters:

- wrapping angle of 180°;
- traction sheave shall have same design (groove geometry, material, bending diameter) as in the intended application;
- maximum load as specified for the application considering the limits in ISO 8100-1:2023, 4.5.2.2;
- rotation speed during slipping test shall be limited such way that contact temperature stays below +40 °C.

The test slip distance shall be calculated according to the below formula and shall not be less than 15 000 m.

$$\text{Test slip distance [m]} = \frac{\text{Number of trips} \cdot \text{Rope length [m]} \cdot \text{Round trip slip distance [m]}}{\text{Run distance [m]}}$$

where

Test slip distance = Total slip distance for the wear test

Number of trips = At least application level minimum 600 000

Rope Length [m] = Reeving factor \* Travel height [m] = r \* H [m]

Round trip slip distance [m] = Measured slip distance at a round trip

Run distance [m] = r \* car travelled distance during slip distance measurement [m]

The round-trip slip distance is determined on a mass test bench with two weights corresponding to the maximum T2/T1 or T1/T2 ratio and the masses of the intended application. The applied traction sheave shall have the same design (groove geometry, material, bending diameter) as in the intended application. Make a pen marker over the ropes and traction sheave. After running of full round trip (full trip down and full trip up to the same position) measure the slip distance of the suspension means on the traction sheave.

Acceptable wear depth is 50 % of the coating thickness and the coating shall be firmly in its place in the groove.

#### 4.13.3 Terminations of elastomeric coated suspension means

The strength of the terminations in combination with the elastomeric coated suspension means shall be proven by tests according to EN 13411-6:2004+A1:2008, 5 and 6 or EN 13411-7:2021, 5 and 6 with the following deviations:

- a) tensile efficiency test with deviations to EN 13411-6:2004+A1:2008, 5.3.4 and 6.2.5, or EN 13411-7:2021, 5.4.2 and 6.2.2
- b) during testing, the suspension means shall break and shall not slip out of the socket;
- c) if terminations are tested in pairs the distance between the two terminals shall be at least 600 mm for elastomeric coated ropes, 500 mm for elastomeric coated belts and elastomeric coated timing belts.
- d) termination and wedge security test (EN 13411-6)
- e) pull force of 20 % minimum breaking force shall be applied. After 1-hour settlement the force shall be reduced to zero and again reapplied to 20 % minimum breaking force in a second load cycle;
- f) acceptance criteria: The test is passed, if the suspension means dead end does not move during the load cycles.
- g) fatigue behaviour of the socket body and pin (EN 13411-6)
- h) minimum rope force 15 % of minimum breaking force, maximum 30 % of minimum breaking force. 75 000 cycles with max. 5 Hz frequency;
- i) acceptance criterion: no fatigue cracks, no local permanent deformation.

#### 4.13.4 Minimum breaking force

The minimum breaking force for elastomeric coated suspension means for steel ropes less than 6 mm shall be determined according to ISO 3108:2017 with the following deviations:

- a) the minimum free test length, excluding any rope terminations, shall be
  - b) 600 mm for elastomeric coated ropes;
  - c) 500 mm for elastomeric coated belts and elastomeric coated timing belts;
  - d) after 80 % of the minimum breaking force has been applied, the force shall be increased at a rate of not more than 0,5 % of the minimum breaking force per second;
  - e) the test may be terminated without breaking the suspension means when the minimum breaking load is achieved or exceeded;
  - f) the test may be discounted where the suspension member fractures within a distance from the base of the grip or termination;
  - g) 6 x nominal diameter for steel wire ropes;
  - h) 6 x nominal diameter of the load bearing member for elastomeric coated suspension means;
- and when the minimum breaking load has not been reached.

#### 4.13.5 Fatigue lifetime testing

The maximum number of simple bends ( $N_{SB}$ ) and reverse bends ( $N_{RB}$ ) for suspension means shall be proven by means of bend-over-sheave fatigue testing.

Tests shall be performed with sheaves of the same design as the traction sheave and pulleys in the final application. If different designs for traction sheaves and pulleys are applied the most aggressive characteristics shall be used to evaluate  $N_{SB}$  and  $N_{RB}$ .

Definition of most aggressive characteristics of sheaves/pulleys:

- smallest diameter;
- hardest groove material;
- groove shape.

From the bending fatigue test the number of simple bends  $N_{SB}$  and the number of reverse bends  $N_{RB}$  reaching the residual breaking load requirements of the standard calling for use of this standard (e.g. ISO 8100-1:2023, 4.5.2.2) shall be derived.

Bending fatigue test shall fulfil the following requirements:

- minimum bending length 30 times the load bearing member diameter and at least 100 mm;
- minimum wrapping angle of the suspension means over the test sheave 40°;
- minimum safety factor according to the standard calling for use of this standard (e.g. ISO 8100-1:2023, 4.5.2.2) that is considered in the application.

The number of simple bends  $n_{SB}$  and reverse bends  $n_{RB}$  experienced by the most stressed suspension/compensation means section during one full trip (lowest landing to top landing) of the lift shall be evaluated considering the roping of the lift.

#### 4.13.6 Friction Factor (f)

##### 4.13.6.1 Steel wire ropes with elastomeric coated traction sheave

Friction factors in 4.11.2.3 are for steel ropes.

##### 4.13.6.2 Elastomeric coated ropes and belts

The friction factor  $f$  shall be evaluated for the traction conditions:

- a) Static friction factor  $f_{sta}$  for car loading condition (5.11.2.1.) at relative speed  $v = 0$  m/s between the suspension means and the traction sheave;
- b) Dynamic friction factor  $f_{dyn}$  for emergency braking condition (5.11.2.2.) at the maximum relative speed between suspension means and traction sheave.

To demonstrate the application power transmission max. T1/T2 or T2/T1, a minimum of 5 tests per traction condition shall be done under specified conditions representing a range of elevators use.

The testing setup shall be consistent with the intended configuration and includes suspension means, traction sheave and wrap angle. It shall be performed.

- with a single suspension means in combination with the same traction sheave design as used in the final application;
- under the wrap angle employed in the final application;
- with the lowest and highest tensile load of the final application for each of the traction conditions a) and b) described above;
- covering all ranges of ambient conditions listed in ISO 8100-1:2023, 4.5 and if not listed, as specified for the final application range;
- before and after a run-in period and take into account the lowest friction factor of static and dynamic traction conditions;
- using new suspension means and used representative samples of alternative suspension means, ensure that any significant change of friction factor during normal use is accounted for. The evaluation shall be done with consideration to a minimum and maximum safety factor specified for the application range of the alternative suspension means.

Contaminants such as oil, water and cleaners shall be taken into consideration by the installer for operational conditions.

For elastomeric coated suspension means, the friction factor  $f$  shall be determined for the specific combination of suspension member and traction sheave.

- car loading:

the static friction factor  $f_{sta}$  for loading shall be assessed in a static test setup (relative speed  $v = 0$  m/s between the alternative suspension means and the traction sheave).

- emergency stop:

the dynamic friction factor  $f_{dyn}$  for emergency braking condition shall be assessed with the maximum elastomeric coated belt/rope speed at rated car speed. It can be performed on a test bench or a lift system test.

##### 4.13.6.3 Elastomeric coated timing belt design

- car loading and emergency stop:

due to teeth-sprocket contact, there shall not occur slip when performing tests under conditions specified in 4.11.2.2.1 and 4.11.2.2.2;

— stalled car conditions:

due to teeth-sprocket contact, there shall not occur slip when performing tests under conditions specified in 4.11.2.2.3.

#### 4.13.7 Additional mechanical tests for coated suspension means

Each combination of suspension member and traction sheave design shall pass the tests for slip and emergency stop for the maximum speed and maximum load condition.

##### 4.13.7.1 Slip test for traction belts and ropes

One or more suspension member(s) shall be loaded in tension over the intended driving machine sheave, to the maximum load to be qualified. The suspension member(s) shall be secured such that it/they cannot move. The driving machine sheave shall be running at a speed corresponding to the maximum inspection speed of the lift to which the suspension means will be applied.

The test shall run for 4 minutes, no suspension member shall break.

##### 4.13.7.2 Emergency-Stop Test

The suspension means shall be loaded in tension over the intended traction sheave to the maximum load(s). The suspension means shall run at the maximum speed. The driving sheave shall perform an emergency stop.

The test shall be repeated for a total of 20 emergency stops, and the test arranged such, that suspension means stop and possible slippage occurs over the same portion of the suspension means in each test.

The test set-up shall ensure, that the stop and possible the duration of the slip corresponds to that, attained in the intended application. The suspension means shall not experience damage such, that the suspension means require replacement due to the discard criteria provided.

#### 4.13.8 Verification report

After verification of suspension and compensation means covered by 4.13, the verification report shall contain the following information:

**Table 2 — Verification report information**

|  | Steel wire ropes with steel/cast iron sheaves | Ropes with elastomeric coated traction sheaves | Elastomeric coated traction belts                 | Elastomeric coated ropes                 | Elastomeric coated timing belts                   |
|--|---|--|---|--|---|
| Information according to Annex A   | X   | X  | X   | X  | X   |
| Any details about the identification of the installed components** with the supplied certificate | X   | X  | X   | X  | X   |
| Construction (including surface treatment) of suspension means                                   | Rope construction                             | Permitted rope construction or trade name      | Construction & number of the load bearing part(s) | Construction of the load bearing part(s) | Construction & number of the load bearing part(s) |
| n.a. not applicable  |   |  |   |  |   |
| ** Suspension means, compensation means, pulleys, traction sheaves, end connections, sprockets.  |   |  |   |  |   |

**Table 2 (continued)**

|  | Steel wire ropes with steel/cast iron sheaves | Ropes with elastomeric coated traction sheaves                          | Elastomeric coated traction belts                                       | Elastomeric coated ropes  | Elastomeric coated timing belts                                  |
|--|---|---|---|---|--|
| Material, treatment, geometry of the contact surface of the traction sheave, sprocket or pulleys to the suspension means | Applicable groove type(s)                     | Applicable groove type(s)   | Roughness and shape (crowning, groove geometry)                         | Roughness and permitted groove type(s) (groove tolerances)              | Roughness and shape including teeth profile and teeth pitch [mm] |
| Unit mass [kg/m]   | X   | n.a.  | X   | X   | X  |
| Maximum permitted twist [°/m]  | n.a.  | n.a.  | X   | n.a.  | X  |
| Maximum permitted fleet angle of the suspension means [°]  | X   | n.a.  | X   | X   | X  |
| Nominal tensile grade [N/mm <sup>2</sup> ]   | X   | n.a.  | n.a.  | n.a.  | n.a.   |
| Nominal dimension of the suspension member [mm]  | Diameter                                      | n.a.  | Width, thickness  | Outer diameter and load bearing member diameter                         | Width, thickness   |
| Minimum permitted diameter of the traction sheave or sprocket [mm]   | X   | X   | X   | X   | X  |
| Minimum permitted diameter of the pulley [mm]  | X   | X   | X   | X   | X  |
| Minimum breaking load [kN]   | X   | n.a.  | X   | X   | X  |
| Methods for fatigue lifetime testing and monitoring  | X   | X   | X   | X   | X  |
| Minimum applicable suspension means safety factor  | X   | X   | X   | X   | X  |
| Maximum number of simple bends (NSB) and reverse bends (NRB) according to 4.13.5   | if required                                   | X   | X   | X   | X  |
| Friction factor <i>f</i>   | n.a.  | <i>f<sub>STA</sub></i> and <i>f<sub>DYN</sub></i> according to 4.13.6.1 | <i>f<sub>STA</sub></i> and <i>f<sub>DYN</sub></i> according to 4.13.6.2 | <i>f<sub>STA</sub></i> and <i>f<sub>DYN</sub></i> according to 4.13.6.2 | n.a.   |
| Environmental limitations and forbidden contaminants   | X   | X   | X   | X   | X  |
| Maximum speed of the suspension means at normal operation [m/s]  | X   | X   | X   | X   | X  |
| Suspension means speed at maximum inspection speed according to 4.13.7.1 [m/s]   | n.a.  | X   | X   | X   | n.a.   |
| Maintenance and discard information according to 4.14  | X   | X   | X   | X   | X  |
| Information about any required warnings on the installation, if any  | X   | X   | X   | X   | X  |
| Information about the required end terminations and their application  | X   | n.a.  | X   | X   | X  |
| n.a. not applicable  |   |   |   |   |  |
| ** Suspension means, compensation means, pulleys, traction sheaves, end connections, sprockets.                          |   |   |   |   |  |

Normen-Download-Beuth-VFA-Interliff-e.-V.-KdNr.:6363432-1D.x2-JRH0FdMdASn3QE-yL5vAXoJoW5SSNnBKvIqQ2j-2024-01-24 10:55:15

## 4.14 Discard Criteria for suspension means and power transmission contact

### 4.14.1 General

Discarding criteria shall be specified in the instructions considering ISO 8100-1:2023, Table 12 and the following clauses.

### 4.14.2 Steel wire ropes

#### 4.14.2.1 Steel wire ropes in combination with steel/cast iron traction sheaves

For steel wire ropes the discard criteria according to ISO4344:2022 Annex G is applicable.

For steel wire ropes with diameter  $d < 6$  mm additional checks and discard limits with bending fatigue counter shall apply.

#### 4.14.2.2 Coated traction sheave in combination with 4-8 mm steel wire ropes

Beside the discard condition indicated by the diameter reduction check with special gauge and visual inspection according to ISO 4344:2022, Annex G, additional visual discarding criteria shall apply for the traction sheave:

- coating thickness has reached discard criteria;
- wear or damages of coating exposing the traction sheave metallic part; and
- delamination of coating.

### 4.14.3 Elastomeric coated suspension means

Beside the discard condition indicated by the discard monitoring means visual discarding criteria shall be considered and defined based on the specific design needs of the suspension means if required.

The free length of the suspension means including the portion at the termination shall be visually inspected.

#### 4.14.3.1 Elastomeric coated steel traction belts

The following visual discarding criteria shall be considered:

- worn coating, or cracks in the coating exposing the load bearing member;
- worn or damaged belt profile affecting guidance or traction capability;
- broken wires or cords protruding the elastomeric coating;
- corrosion from the load bearing member protruding through the coating material;
- piercing of the coating by foreign objects.

Addition visual discard criteria shall be defined based on the specific design needs of the suspension means if required.

#### 4.14.3.2 Elastomeric coated steel wire ropes

The following visual discarding criteria shall be considered.

- broken wires or a single strand protruding the elastomeric coating;
- the coating is worn, damaged or has lost its bonding to the steel wire rope;

- corrosion coming from the load bearing member protruding through the coating material;
- steel wire rope with a kink or corkscrew.

#### 4.14.3.3 Elastomeric coated timing belts

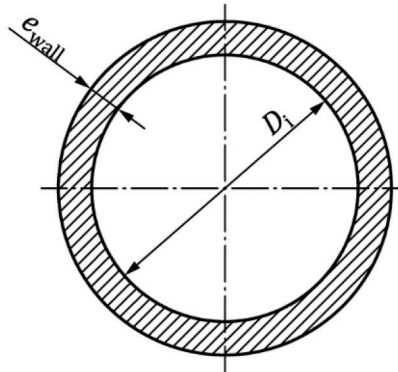
Following visual discarding criteria shall be considered:

- requirements according to 4.14.3.1; and
- damaged or missing tooth.

### 4.15 Calculations of rams, cylinders, rigid pipes and fittings

#### 4.15.1 Calculation against over pressure

##### 4.15.1.1 Calculation of wall thickness of rams, cylinders, rigid pipes and fittings (see Figure 11)



#### Key

- $e_{wall}$  wall thickness of the cylinder/ram/rigid pipe in mm  
 $D_i$  inside diameter of the cylinder/ram/rigid pipe in mm

**Figure 11 — Wall thickness calculation**

Calculate wall thickness,  $e_{wall}$ , with Formula (37):

$$e_{wall} \geq \frac{2,3 \cdot 1,7 \cdot p \cdot D_i}{R_{p0,2}} + e_o \quad (37)$$

where

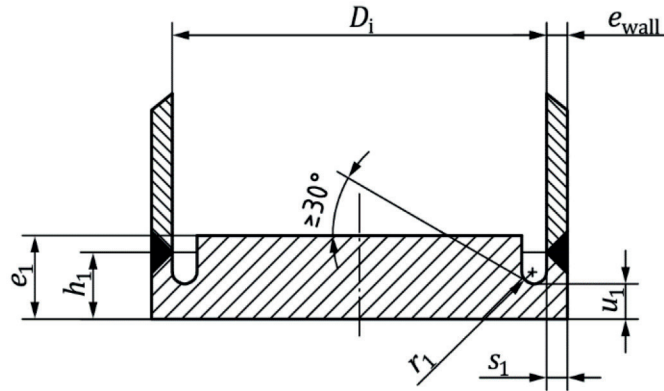
- $D_i$  is the inside diameter of the cylinder in mm;
- $e_o = 1,0$  mm for wall and base of cylinders and rigid pipes between the cylinder and the rupture valve, if any;
- $e_o = 0,5$  mm for rams and other rigid pipes;
- $p$  is the full load pressure in megapascals;
- $R_{p0,2}$  is the yield strength of the material in newtons per square millimetre;
- 2,3 is the factor for friction losses (1,15) and pressure peaks (2);
- 1,7 is the safety factor referred to the proof stress.

#### 4.15.1.2 Calculation of the base thickness of cylinders

##### 4.15.1.2.1 General

The bases of cylinders shall be designed according to 4.15.1.2.2, 4.15.1.2.3 or 4.15.1.2.4.

##### 4.15.1.2.2 Flat bases with relieving groove (see Figure 12)



##### Key

|            |                                       |       |   |
|------------|---------------------------------------|-------|---|
| $e_1$      | thickness of the flat base in mm      | $u_1$ | thickness of the base at the bottom of the relieving groove in mm |
| $h_1$      | height outer base wall in mm          | $r_1$ | radius of the relieving groove in mm                              |
| $D_i$      | inside diameter of the cylinder in mm | $s_1$ | thickness of the base wall in mm                                  |
| $e_{wall}$ | wall thickness of the cylinder in mm  |       |   |

Figure 12 — Flat bases with relieving groove

Conditions for the stress relief of the welding seam, see Formulae (38) to (43):

$$r_1 \geq 0,2 \cdot e_1 \quad (38)$$

$$\text{and } r_1 \geq 5 \text{ mm} \quad (39)$$

$$u_1 \leq 1,5 \cdot s_1 \quad (40)$$

$$h_1 \geq u_1 + r_1 \quad (41)$$

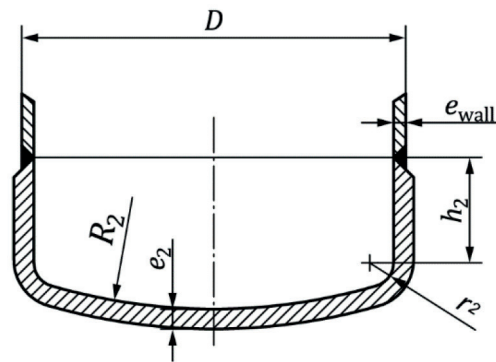
$$e_1 \geq 0,4 \cdot D_i \sqrt{\frac{2,3 \cdot 1,7 \cdot p}{R_{p0,2}}} + e_o \quad (42)$$

$$u_1 \geq 1,3 \cdot \left( \frac{D_i}{2} - r_1 \right) \cdot \frac{2,3 \cdot 1,7 \cdot p}{R_{p0,2}} + e_o \quad (43)$$

where

- $D_i$  is the inside diameter of the cylinder in mm;
- $e_o$  is 1,0 mm for wall and base of cylinders;
- $e_1$  is the thickness of the flat base in mm;
- $h_1$  is the height of the base wall in mm;
- $p$  is the full load pressure in megapascals;
- $r_1$  is the inside radius of the base in mm;
- $s_1$  is the thickness of the base wall in mm;
- $u_1$  is the thickness of the base at the bottom of the relieving groove in mm;
- 2,3 is the factor for friction losses (1,15) and pressure peaks (2);
- 1,7 is the safety factor referred to the proof stress.

**4.15.1.2.3 Cambered based (see Figure 13)**



**Key**

- |            |                                      |       |                                 |
|------------|--------------------------------------|-------|---------------------------------|
| $D$        | outer diameter of the cylinder in mm | $h_2$ | height of the base wall in mm   |
| $e_2$      | thickness of the cambered base in mm | $r_2$ | inside radius of the base in mm |
| $e_{wall}$ | wall thickness of the cylinder in mm | $R_2$ | radius of the camber in mm      |

**Figure 13 — Cambered based**

Conditions, see Formulae (43) to (46):

$$h_2 \geq 3,0 \cdot e_2 \tag{44}$$

$$r_2 \geq 0,15 \cdot D \tag{44}$$

$$R_2 = 0,8 \cdot D \tag{45}$$

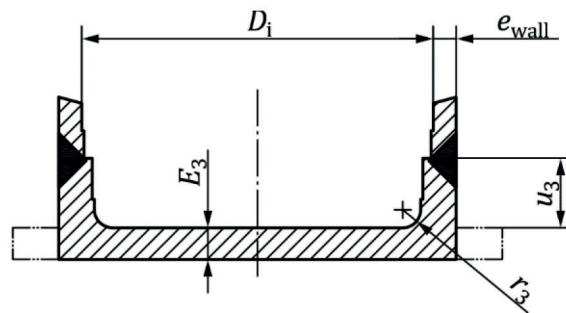
$$e_2 \geq \frac{2,3 \cdot 1,7 \cdot p}{R_{p0,2}} \cdot \frac{D}{2} + e_o \tag{46}$$

Normen-Download-Beuth-VFA-Interliff.e.V.-KdNr.6363432-ID.x2-JRH0FdMdsn3QE-yLsvAXoJoW5SNnBKvIqQ2J-2024-01-24 10:55:15

where

- $D$  is the outer diameter of the cylinder in mm;
- $e_0$  is 1,0 mm for wall and base of cylinders;
- $e_2$  is the thickness of the cambered base in mm;
- $h_2$  is the height of the base wall in mm;
- $p$  is the full load pressure in megapascals;
- $r_2$  is the inside radius of the base in mm;
- $R_2$  is the inside radius of the cambered base in mm;
- $R_{p0,2}$  is the yield strength of the material in newtons per square millimetre;
- 2,3 is the factor for friction losses (1,15) and pressure peaks (2);
- 1,7 is the safety factor referred to the proof stress.

#### 4.15.1.2.4 Flat bases with welded flange (see Figure 14)



#### Key

- |            |                                       |       |                                 |
|------------|---------------------------------------|-------|---------------------------------|
| $D_i$      | inside diameter of the cylinder in mm | $r_3$ | inside radius of the base in mm |
| $E_3$      | thickness of the flat base in mm      | $u_3$ | height base wall in mm          |
| $e_{wall}$ | wall thickness of the cylinder in mm  |       |                                 |

Figure 14 — Flat bases with welded flange

Conditions, see Formulae (47) to (50):

$$u_3 \geq e_3 + r_3 \quad (47)$$

$$r_3 \geq \frac{e_{wall}}{3} \quad (48)$$

$$\text{and } r_3 \geq 8 \text{ mm} \quad (49)$$

$$e_3 \geq 0,4 \cdot D_i \sqrt{\frac{2,3 \cdot 1,7 \cdot p}{R_{p0,2}}} + e_0 \quad (50)$$

where

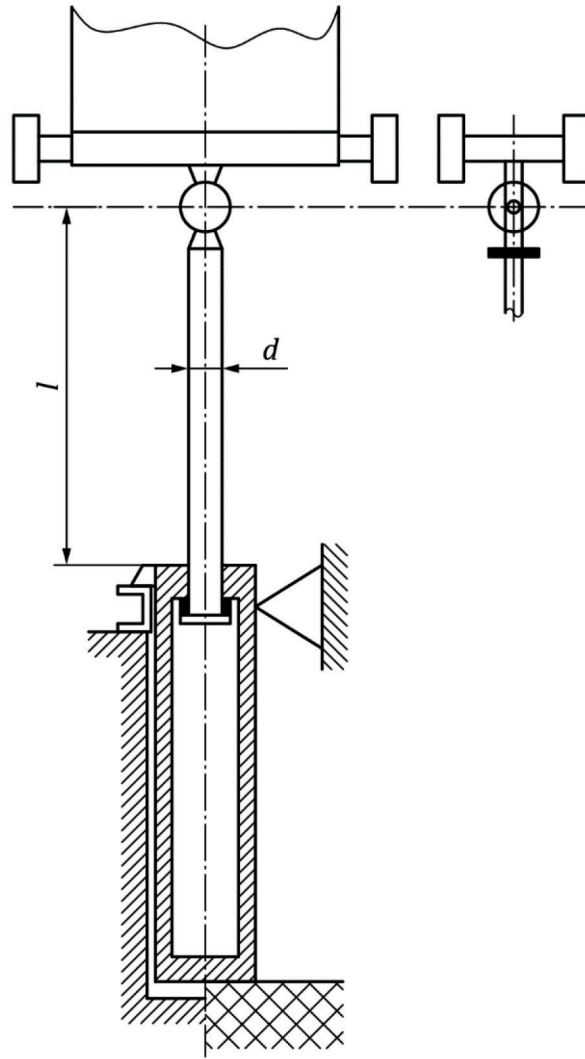
- $u_3$  is the height base wall in mm;
- $e_3$  is the thickness of the flat base in mm;
- $r_3$  is the inside radius of the base in mm;
- $e_{\text{wall}}$  is the wall thickness of the cylinder in mm;
- $D_i$  is the inside diameter of the cylinder in mm;
- $p$  is the full load pressure in megapascals;
- $R_{p0,2}$  is the yield strength of the material in newtons per square millimetre;
- $e_o$  is 1,0 mm for wall and base of cylinders;
- 2,3 is the factor for friction losses (1,15) and pressure peaks (2);
- 1,7 is the safety factor referred to the proof stress.

#### 4.15.2 Calculations of the jacks against buckling

##### 4.15.2.1 General

The buckling calculation shall be made on the part with least buckling resistance according to Formulae (51) to (57) as applicable.

4.15.2.2 Single acting jacks (see Figure 15)



**Key**

- $d$  diameter of ram
- $l$  length of ram subject to buckling

**Figure 15 — Single acting jacks**

$$\text{For } \lambda_n \geq 100: F_s \leq \frac{\pi^2 \cdot E \cdot J_n}{2 \cdot l^2} \quad (51)$$

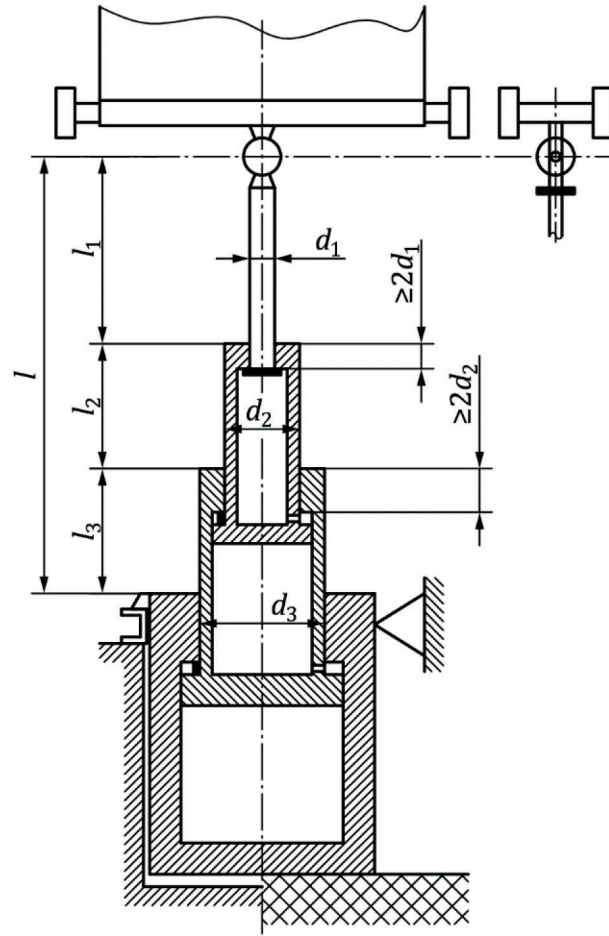
$$\text{For } \lambda_n < 100: F_s \leq \frac{A_n}{2} \left[ R_{p0,2} - (R_{p0,2} - 210) \cdot \left( \frac{\lambda_n}{100} \right)^2 \right] \quad (52)$$

$$F_s = 1,4 \cdot g_n \cdot [c_m \cdot (P+Q) + 0,64 \cdot P_r + P_{rh}] \quad (\text{valid for rams extending in upward direction}) \quad (53)$$

where

- $A_n$  is the cross-sectional area of the material of the ram to be calculated in square millimetres ( $n = 1, 2, 3$ );
- $c_m$  is the reeving ratio;
- $E$  is the modulus of elasticity in newtons per square millimetre (for steel:  $E = 2,1 \times 10^5$  N/mm<sup>2</sup>);
- $F_s$  is the actual buckling force applied in newtons;
- $g_n$  is the standard acceleration of free fall in metres per square second;
- $i_n$  is the radius of gyration of the ram to be calculated in millimetres ( $n = 1, 2, 3$ );
- $J_n$  is the second moment of area of the ram to be calculated in fourth power millimetres ( $n = 1, 2, 3$ );
- $l$  is the maximum length of rams subject to buckling in millimetres;
- $P$  is the sum of the mass of the empty car and the mass of the portion of the travelling cables suspended from the car in kilograms;
- $P_r$  is the mass of the ram to be calculated in kilograms;
- $P_{rh}$  is the mass of the ram head equipment, if any in kilograms;
- $Q$  is the rated load (mass) displayed in the car in kilograms;
- $R_m$  is the tensile strength of material in newtons per square millimetre;
- $R_{p0,2}$  is the yield strength of the material in newtons per square millimetre;
- $\lambda_n = \frac{l}{i_n}$  the coefficient of slenderness of the ram to be calculated;
- 1,4 is the over pressure factor;
- 2 is the safety factor against buckling.

4.15.2.3 Telescopic jacks without external guidance, calculation of ram (see Figure 16)



**Key**

- $d_1, d_2, d_3$  diameter of telescopic ram sections
- $l$  length of unsupported section
- $l_1, l_2, l_3$  length of telescopic ram sections subject to buckling

**Figure 16 — Telescopic jacks without external guidance**

$$l = l_1 + l_2 + l_3,$$

$$l_1 = l_2 = l_3$$

$$v = \sqrt{\frac{J_1}{J_2}}; J_3 \geq J_2 > J_1$$

(assumption for simplified calculation:  $J_3 = J_2$ )

for 2 sections:

$$\phi = 1,25 \cdot v - 0,2 \quad \text{for } 0,22 < v < 0,65$$

for 3 sections:

$$\phi = 1,5 \cdot v - 0,2 \quad \text{for } 0,22 < v < 0,65$$

$$\phi = 0,65 \cdot v + 0,35 \quad \text{for } 0,65 < v \leq 1$$

$$\lambda_e = \frac{l}{i_e} \text{ with } i_e = \frac{d_m}{4} \sqrt{\Phi \cdot \left[ 1 + \left( \frac{d_{mi}}{d_m} \right)^2 \right]}$$

For  $\lambda_e \geq 100$

$$F_s \leq \frac{\pi^2 \cdot E \cdot J_2}{2 \cdot l^2} \cdot \phi$$

For  $\lambda_e < 100$

$$F_s \leq \frac{A_n}{2} \cdot \left[ R_{p0,2} - (R_{p0,2} - 210) \cdot \left( \frac{\lambda_n}{100} \right)^2 \right]$$

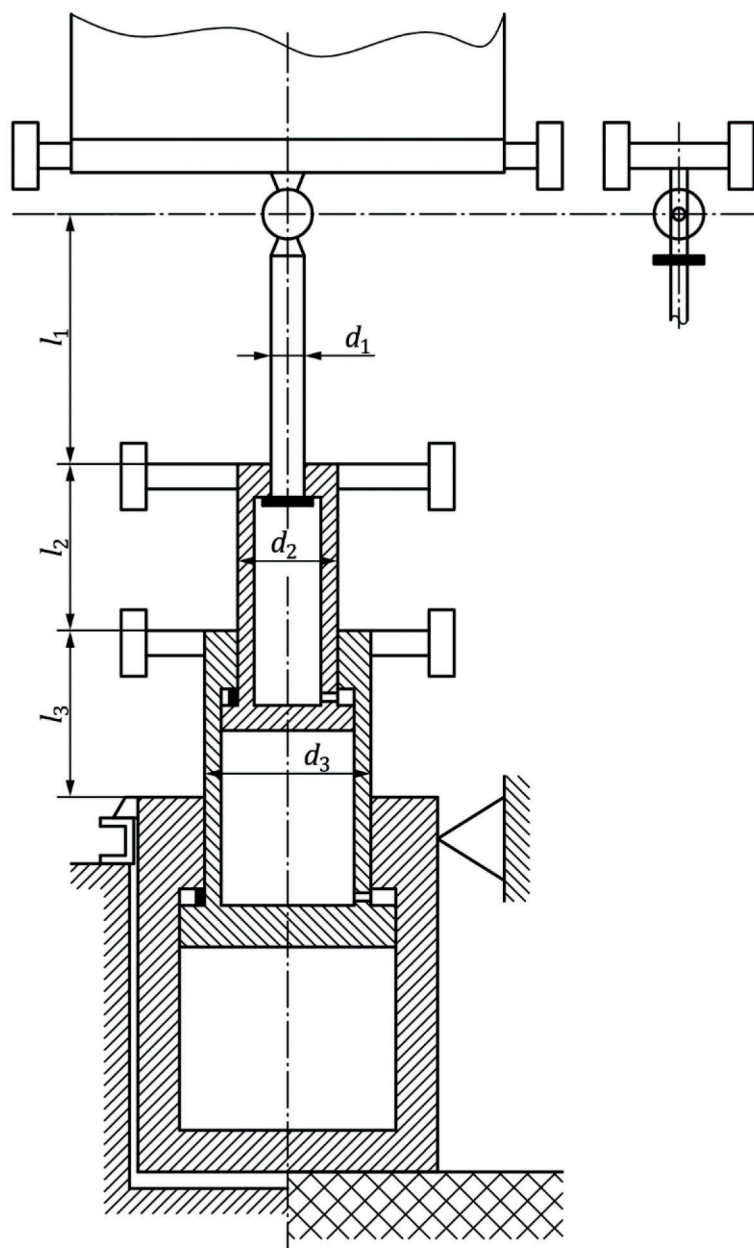
Valid for rams extending in upward direction:

$$F_s = 1,4 \cdot g_n \cdot [c_m \cdot (P + Q) + 0,64 \cdot P_r + P_m + P_{rt}] \quad (54)$$

where

- $A_n$  is the cross-sectional area of the material of the ram to be calculated in square millimetres ( $n = 1, 2, 3$ );
- $c_m$  is the reeving ratio;
- $d_m$  is the outside diameter of the biggest ram of a telescopic jack in millimetres;
- $d_{mi}$  is the inner diameter of the biggest ram of a telescopic jack in millimetres;
- $E$  is the modulus of elasticity in newtons per square millimetre (for steel:  $E = 2,1 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ );
- $F_s$  is the actual buckling force applied in newtons;
- $g_n$  is the standard acceleration of free fall in metres per square second;
- $i_e$  is the equivalent radius of gyration of a telescopic jack in millimetres;
- $i_n$  is the radius of gyration of the ram to be calculated in millimetres ( $n = 1, 2, 3$ );
- $J_n$  is the second moment of area of the ram to be calculated in fourth power millimetres ( $n = 1, 2, 3$ );
- $l$  is the maximum length of rams subject to buckling in millimetres;
- $P$  is the sum of the mass of the empty car and the mass of the portion of the travelling cables suspended from the car in kilograms;
- $P_r$  is the mass of the ram to be calculated in kilograms;
- $P_{rh}$  is the mass of the ram head equipment, if any in kilograms;
- $P_{rt}$  is the mass of the rams acting on the ram to be calculated (in the case of telescopic jacks) in kilograms;
- $Q$  is the rated load (mass) displayed in the car in kilograms;
- $R_m$  is the tensile strength of material in newtons per square millimetre;
- $R_{p0,2}$  is the yield strength of the material in newtons per square millimetre;
- $\lambda_e = \frac{l}{i_e}$  the equivalent coefficient of slenderness of a telescopic jack;
- $\lambda_n = \frac{l}{i_n}$  the coefficient of slenderness of the ram to be calculated;
- $\nu, \phi$  are the factors used to represent approximate values given by experimentally determined diagrams;
- 1,4 is the over pressure factor;
- 2 is the safety factor against buckling.

4.15.2.4 Telescopic jacks with external guidance (see Figure 17)



**Key**

$d_1, d_2, d_3$  diameter of telescopic ram sections

$l_1, l_2, l_3$  length of telescopic ram sections subject to buckling

**Figure 17 — Telescopic jacks with external guidance**

$$\text{For } \lambda_n \geq 100: F_s \leq \frac{\pi^2 \cdot E \cdot J_n}{2 \cdot l_n^2} \quad (55)$$

$$\text{For } \lambda_n < 100: F_s \leq \frac{A_n}{2} \left[ R_{p0,2} - (R_{p0,2} - 210) \cdot \left( \frac{\lambda_n}{100} \right)^2 \right] \quad (56)$$

Valid for rams extending in upward direction:

$$F_s = 1,4 \cdot g_n \cdot [c_m \cdot (P + Q) + 0,64 \cdot P_r + P_{rh} + P_{rt}] \quad (57)$$

where

|                             |   |
|-----------------------------|---|
| $A_n$                       | is the cross-sectional area of the material of the ram to be calculated in square millimetres ( $n = 1, 2, 3$ );                  |
| $c_m$                       | is the reeving ratio;   |
| $D_m$                       | is the outside diameter of the biggest ram of a telescopic jack in millimetres;   |
| $D_{mi}$                    | is the inner diameter of the biggest ram of a telescopic jack in millimetres;   |
| $E$                         | is the modulus of elasticity in newtons per square millimetre (for steel: $E = 2,1 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ );                 |
| $F_s$                       | is the actual buckling force applied in newtons;  |
| $g_n$                       | is the standard acceleration of free fall in metres per square second;  |
| $i_n$                       | is the radius of gyration of the ram to be calculated in millimetres ( $n = 1, 2, 3$ );   |
| $J_n$                       | is the second moment of area of the ram to be calculated in fourth power millimetres ( $n = 1, 2, 3$ );                           |
| $l_n$                       | is the length of ram subject to buckling in millimetres ( $n = 1, 2, 3$ );  |
| $P$                         | is the sum of the mass of the empty car and the mass of the portion of the travelling cables suspended from the car in kilograms; |
| $P_r$                       | is the mass of the ram to be calculated in kilograms;   |
| $P_{rh}$                    | is the mass of the ram head equipment, if any in kilograms;   |
| $P_{rt}$                    | is the mass of the rams acting on the ram to be calculated (in the case of telescopic jacks) in kilograms;                        |
| $Q$                         | is the rated load (mass) displayed in the car in kilograms;   |
| $R_m$                       | is the tensile strength of material in newtons per square millimetre;   |
| $R_{p0,2}$                  | is the yield strength of the material in newtons per square millimetre;   |
| $\lambda_n = \frac{l}{i_n}$ | the coefficient of slenderness of the ram to be calculated;   |
| 1,4                         | is the over pressure factor;  |
| 2                           | is the safety factor against buckling.  |

## 4.16 Pendulum shock tests

### 4.16.1 General

Pendulum shock tests shall be carried out according to the following prescriptions.

NOTE Pendulum shock test can be specified for a “family” of doors based, for example, on type and minimum/maximum dimensions.

## 4.16.2 Test rig

### 4.16.2.1 Hard pendulum shock device

The hard pendulum shock device shall be a body according to Figure 18. This body consists of a shock ring made of steel S 235 JR, according to EN 10025-2:2019 and a case made of steel E 295, according to EN 10025-2:2019. The overall mass of this body will be brought up to  $10 \text{ kg} \pm 0,01 \text{ kg}$  by filling with lead balls of a diameter of  $3,5 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$ .

### 4.16.2.2 Soft pendulum shock device

The soft pendulum shock device shall be

- a) a shot bag according to Figure 19 made of leather, which is filled with lead balls of a diameter of  $3,5 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$  up to an overall mass of  $45 \text{ kg} \pm 0,5 \text{ kg}$ ; or
- b) a bag according to ISO 29584:2015, 5.1

### 4.16.2.3 Suspension of the pendulum shock device

The pendulum shock device shall be suspended by a wire rope of approximately 3 mm diameter in such a way that the horizontal distance between the outer edge of the free hanging shock device and the panel to be tested does not exceed  $15 \text{ mm} \pm 10 \text{ mm}$ .

The pendulum length (lower end of the hook to reference point of the shock device) shall be at least 1,5 m.

### 4.16.2.4 Pulling and triggering device

The suspended pendulum shock device shall be swung away from the panel by a pulling and triggering device and thus lifted to the falling height required in 4.16.3.2 and 4.16.3.3. The triggering device shall not give an additional impulse to the pendulum shock device in the moment of releasing.

The suspension wire rope shall be hooked to shock device without any torque to prevent spinning of device after triggering.

The suspension wire rope shall have no angle in swung position before triggering; consistent results shall be realized by a triangle hooking keeping the shocking device's centre of gravity in line with the hoisting wire at triggering position.

### 4.16.2.5 Test samples

**4.16.2.5.1** The test samples shall be complete and shall have the intended size and fixations according to the specific application. The test samples shall be fixed to the test frame in such a way that at the fixation points, no deformations under test conditions are possible (stiff fixation).

**4.16.2.5.2** The samples shall be as to be manufactured.

## 4.16.3 Tests

**4.16.3.1** The tests shall be carried out at a temperature of  $23 \text{ °C} \pm 5 \text{ °C}$ . The panels shall be stored directly before the tests for at least 4 hours at that temperature.

**4.16.3.2** The hard pendulum shock test shall be carried out with the device according to 4.16.2.1 with a falling height and test arrangement according to Figure 18 and Figure 20.

**4.16.3.3** The soft pendulum shock test shall be carried out with the device according to 4.16.2.2 with a falling height and test arrangement according to Figure 19 and Figure 20.

**4.16.3.4** The pendulum shock device shall be brought to the required falling height (e.g. ISO 8100-1:2023, 4.3.5.2.2) and released.

If it is not possible to hit the specified striking point of the relevant part of the test sample (e.g. the panel width is smaller than 240 mm), the pendulum shock device shall hit as close as possible to the specified striking point.

**4.16.3.5** Only one test for each striking point is required with each of the devices called for in 4.16.2.1 and 4.16.2.2.

When both hard and soft pendulum shock tests shall be made, they shall be made on the same test sample and the hard pendulum test shall be performed first.

**4.16.3.6** Landing doors shall be tested from the landing side. Car doors and car walls shall be tested from the car side.

#### **4.16.4 Assessment of the test results**

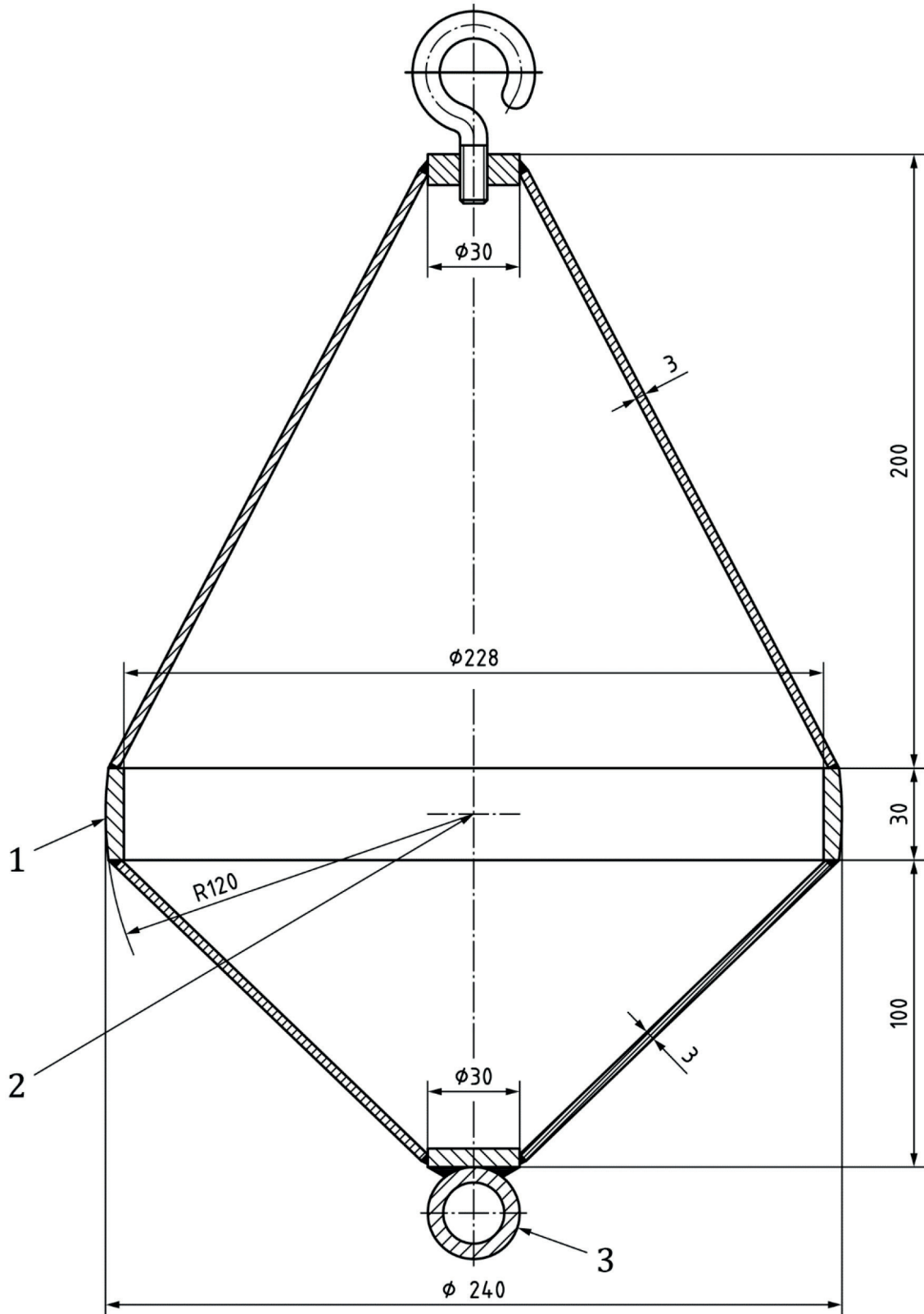
After the test, checks shall be carried out against the specification (e.g. ISO 8100-1:2023, 4.3.5.2.4).

#### **4.16.5 Test report**

The test report shall contain at least the following information:

- a) identification of the sample;
- b) date of the tests;
- c) dimensions and construction of the sample;
- d) fixation of the sample;
- e) falling height of the tests;
- f) number of tests carried out;
- g) test results including a reference to the clause(s) of the standard used for defining test specifications;
- h) Reference to this document.

Dimensions in millimetres



**Key**

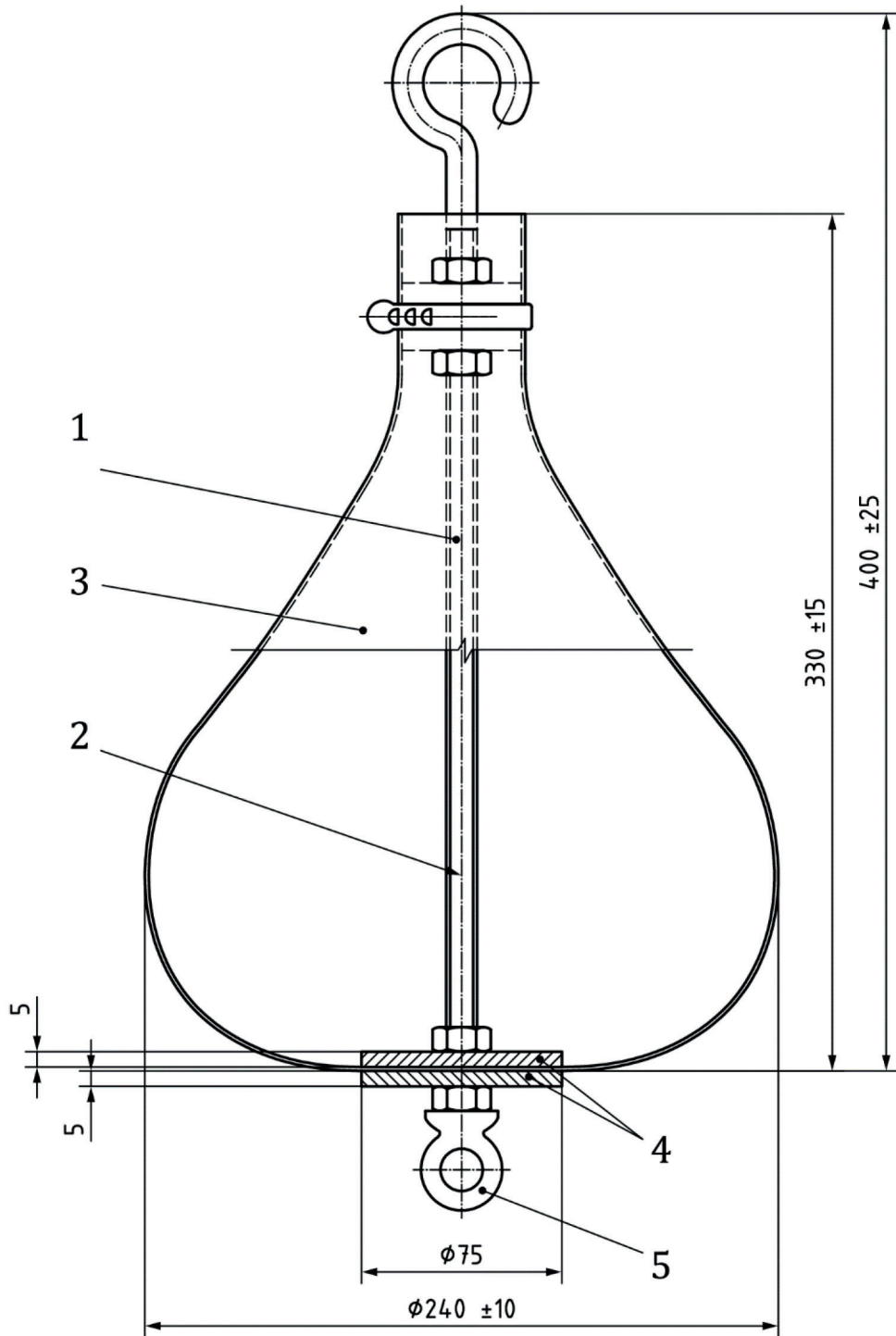
- 1 shocking ring
- 2 reference point for measuring the falling height

Normen-Download-Beuth-VFA-Interliff-e. V.-KdNr. 6363432-ID.x2-JRH0FdMdASn3QE-yLsvAXoJoW5SSNnBKvIqQ2J-2024-01-24 10:55:15

3 triggering device attachment

**Figure 18 — Hard pendulum shock device**

Dimensions in millimetres

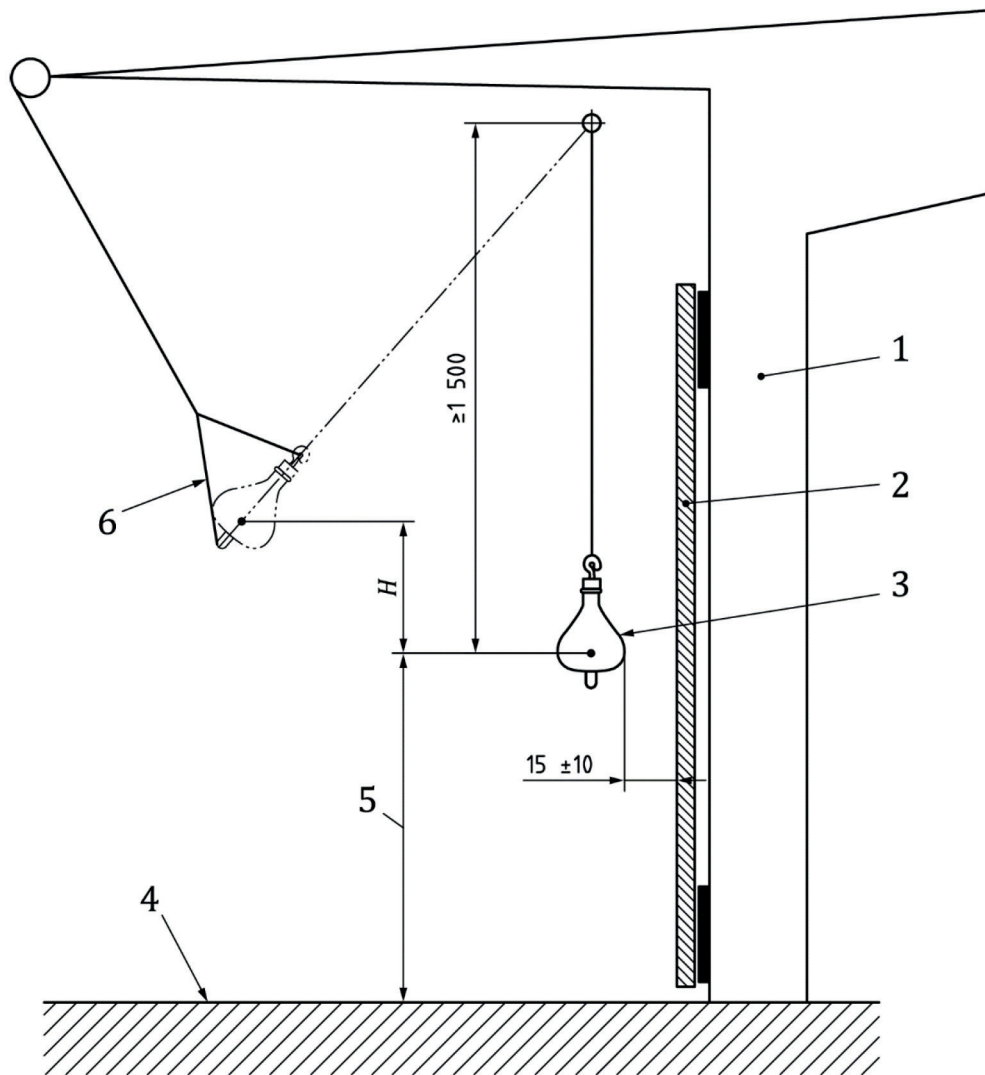


**Key**

- 1 screwed rod
- 2 reference point for measuring the falling height in the plane of the maximum diameter
- 3 leather bag
- 4 steel disk
- 5 triggering device attachment

**Figure 19 — Soft pendulum shock device**

Dimensions in millimetres



**Key**

- 1 frame
- 2 door or car wall-element to be tested
- 3 shock device
- 4 floor level with respect to the door or car wall-structure element to be tested
- 5 height of striking point: value for the height of striking points is given in relevant clauses
- 6 triangle hooking configuration as considered in 4.16.2.4
- H* falling height

**Figure 20 — Test rig falling height**

**4.17 Electrical and electronic components — Fault exclusion**

Fault exclusion shall only be considered provided that components are applied within their worst-case limits of characteristics, value, temperature, humidity, voltage and vibrations.

When fault exclusion is applied, an over-dimensioning factor of at least 1,5 shall be used for relevant operating parameters at normal operating conditions.

Table 3 describes the conditions under which certain faults can be excluded.

Table 3 is not comprehensive list of possible fault exclusions to comply with ISO 8100-1:2023, 4.11.1.1. Other fault exclusion methods may be used as an example solid insulation according to IEC 60664 series. All fault exclusions shall be justified and documented.

The possible fault exclusions are not applicable for protection against electric shock. The requirements for protection against electric shock remain valid in any case (e.g. double or reinforced insulation between PELV and other circuits).

**Table 3 — Exclusions of faults**

| Component   | Possible fault exclusion |               |                        |                       |                    | Conditions  | Remarks   |
|---|--------------------------|---------------|------------------------|-----------------------|--------------------|---|---|
|   | Open circuit             | Short circuit | Change to higher value | Change to lower value | Change of function |   |   |
| <b>1 Passive components</b>   |                          |               |                        |                       |                    |   |   |
| 1.1 Resistor fixed  | NO                       | (a)           | NO                     | (a)<br>(b)<br>(c)     |                    | (a) can be excluded if:<br><br>The resistor is of the film type or wire-wound single-layer type with protection to prevent unwinding of wire in the event of breakage, with axial wire connections, axial-mounted and varnished.<br><br>OR<br><br>Resistors in surface-mount technology must be of the thin film metal type in package types MELF, miniMELF or $\mu$ MELF.<br><br>(b) Random change of value $0,5R_N < R < \infty$ , where $R_N$ is the nominal value of resistor shall be considered.<br><br>(c) On the surface layer of PCB below the resistor, there shall be no PCB-track and no via. |   |
| 1.2 Resistor variable   | NO                       | NO            | NO                     | NO                    |                    |   |   |
| 1.3 Resistor, non linear<br>NTC, PTC, VDR, IDR  | NO                       | NO            | NO                     | NO                    |                    |   |   |
| 1.4 Capacitor   | NO                       | NO            | NO                     | NO                    |                    |   |   |
| 1.5 Inductive components<br><br>— coil<br><br>— choke   | NO                       | (a)           | NO                     | NO                    |                    | (a) Short circuit can be excluded if coil is single-layered, enamelled or potted, with axial wire connections and axial-mounted.  |   |
| <b>2 Semiconductors</b>   |                          |               |                        |                       |                    |   |   |
| 2.1 Diode, LED  | NO                       | NO            |                        |                       | NO                 |   | Change of function refers to a change in reverse current value.   |
| 2.2 Zener Diode   | NO                       | NO            |                        | NO                    | NO                 |   | Change to lower value refers to change in Zener voltage.<br><br>Change of function refers to change in reverse current value. |
| In the table:<br>The "NO" in the cell means: fault not excluded, i.e. shall be considered;<br>The unmarked cell means: the identified fault type is not relevant. |                          |               |                        |                       |                    |   |   |

Table 3 (continued)

| Component   | Possible fault exclusion |               |                        |                       |                    | Conditions  | Remarks  |   |  |
|---|--------------------------|---------------|------------------------|-----------------------|--------------------|---|--|---|--|
|   | Open circuit             | Short circuit | Change to higher value | Change to lower value | Change of function |   |  |   |  |
| 2.3 Thyristor, Triac, GTO   | NO                       | NO            |                        |                       | NO                 |   | Change of function refers to self-triggering or latching of components.  |   |  |
| 2.4 Optocoupler, Digital isolator   | NO                       | (a)           |                        |                       | NO                 | (a) Short circuit across the isolation barrier can be excluded if:<br><br>The signal isolation component is built in accordance with overvoltage category III according to IEC 60664-1:2020.<br><br>Measures are taken to ensure that an internal fault of the signal isolation component cannot result in excessive temperature of its insulating material.  | see also ISO 13849-2 and IEC 61800-5-2.                                  |   |  |
|   |                          |               |                        |                       |                    |   |  | Voltage phase-to-earth derived from rated system voltage up to and including $V_{rms}$ and D.C. | Preferred series of impulse withstand voltages in volts for installation |
|   |                          |               |                        |                       |                    |   |  |   | Category III   |
|   |                          |               |                        |                       |                    |   |  | 50  | 800  |
|   |                          |               |                        |                       |                    |   |  | 100   | 1 500  |
|   |                          |               |                        |                       |                    |   |  | 150   | 2 500  |
|   |                          |               |                        |                       |                    |   |  | 300   | 4 000  |
|   |                          |               |                        |                       |                    |   |  | 600   | 6 000  |
|   |                          |               |                        |                       |                    |   |  | 1 000   | 8 000  |
| 2.5 Hybrid circuit  | NO                       | NO            | NO                     | NO                    | NO                 |   |  |   |  |
| 2.6 Integrated circuit  | NO                       | NO            | NO                     | NO                    | NO                 |   | Change in function to oscillation, "and" gates becoming "or" gates, etc. |   |  |
| 3 Miscellaneous   |                          |               |                        |                       |                    |   |  |   |  |
| 3.1 Connectors<br>Terminals Plugs   | NO                       | (a)           |                        |                       |                    | (a) The clearances and creepage distances are dimensioned at least according IEC 60664-1:2020 with the conditions:<br><br>— overvoltage category III;<br><br>— the pollution degree is 3;<br><br>— the material group is III;<br><br>— inhomogeneous field.<br><br>The column "printed wiring material" of IEC 60664-1:2020 Table F.5 is not used. That means that the creepage distances are 4 mm and the clearances 3 mm at 2000 m altitude for 250 $V_{rms}$ . For other voltages and higher altitude see IEC 60664-1:2020 Tables A.2, F.1, F.2 and F.5.<br><br>These are absolute minimum values which can be found on the connected unit, not pitch dimension or theoretical values.<br><br>If the protection of the connector is IP 54 or better, pollution degree 2 can be used. |  |   |  |
|   |                          |               |                        |                       |                    |   |  |   |  |
| 3.2 Neon bulb   | NO                       | NO            |                        |                       |                    |   |  |   |  |
| In the table:<br>The "NO" in the cell means: fault not excluded, i.e. shall be considered;<br>The unmarked cell means: the identified fault type is not relevant. |                          |               |                        |                       |                    |   |  |   |  |

**Table 3 (continued)**

| Component  | Possible fault exclusion |               |                        |                       |                    | Conditions   | Remarks  |
|--|--------------------------|---------------|------------------------|-----------------------|--------------------|--|--|
|  | Open circuit             | Short circuit | Change to higher value | Change to lower value | Change of function |  |  |
| 3.3 Transformer  | NO                       | (a)           | (a)                    | (a)                   |                    | (a) Can be excluded on condition that transformer complies with IEC 61558-1:2017, 18, for double or reinforced insulation between windings and between windings and core.  | Short-circuits include short-circuits of primary or secondary windings, or between primary and secondary coils.<br><br>Change in value refers to change of ratio by partial short-circuit in a winding |
| 3.4 Fuse   | NO                       | (a)           |                        |                       |                    | (a) Can be excluded if the fuse is correctly rated, and constructed according to the applicable IEC standards.   | Short circuit means short circuit of the blown fuse.   |
| 3.5 Relay  | NO                       | (a)<br>(b)    |                        |                       |                    | (a) Short-circuits between contacts, and between contacts and coil can be excluded if the relay fulfils the requirements laid down in the standards calling for the use of this document (e.g. ISO 8100-1:2023, 4.10.3.2.2).<br><br>(b) Welding of contacts cannot be excluded. However, , the assumptions laid down in the standards calling for the use of this document (e.g. ISO 8100-1:2023, 4.10.3.1.2 and 4.10.3.1.3) apply.  |  |
| 3.6 Printed circuit board (PCB)  | NO                       | (a)           |                        |                       |                    | (a) The short circuit can be excluded provided:<br><br>As base material, EP GC with low flammability according to IEC 60893-3-1:2012, Table 1 is used.<br><br>The clearances and creepage distances are dimensioned at least according to IEC 60664-1:2020 with the conditions:<br><ul style="list-style-type: none"> <li>— Overvoltage category III;</li> <li>— The pollution degree is 3;</li> <li>— The material group is III;</li> <li>— Inhomogeneous field.</li> </ul> | NEMA FR4 equals EP GC 202<br><br>NEMA FR5 equals EP GC 204   |
| <p>In the table:</p> <p>The "NO" in the cell means: fault not excluded, i.e. shall be considered;</p> <p>The unmarked cell means: the identified fault type is not relevant.</p> |                          |               |                        |                       |                    |  |  |

Table 3 (continued)

| Component  | Possible fault exclusion |               |                        |                       |                    | Conditions   | Remarks |
|--|--------------------------|---------------|------------------------|-----------------------|--------------------|--|---------|
|  | Open circuit             | Short circuit | Change to higher value | Change to lower value | Change of function |  |         |
|  |                          |               |                        |                       |                    | <p>The column "printed wiring material" of IEC 60664-1:2020, Table 4 is not used. That means that the creepage distances are 4 mm and the clearances 3 mm at 2000 m altitude for 250 V<sub>rms</sub>. For other voltages and higher altitude see IEC 60664-1:2020 Tables A.2, F.1, F.2 and F.5.</p> <p>If the protection of the PCB is IP54 or better, and the printed side(s) is (are) coated with an ageing-resistant varnish or protective layer covering all conductor paths and for the inner layers of multilayer PCB, pollution degree 2 can be used.</p> <p>NOTE Experience has shown that solder masks are satisfactory as a protective layer.</p> <p>For multi-layer boards short circuit between conductive parts of different layers can be excluded if insulation material between layers fulfil following conditions:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Insulation material with minimum thickness of 0,4 mm; or</li> <li>— At least 3 prepreg or other thin sheet insulating materials where the combination of pre-pregs shall fulfil reinforced insulation.</li> </ul> |         |
| 3.7 Assembly of components on printed circuit board (PCB)  | NO                       | (a)           |                        |                       |                    | (a) Short circuit can be excluded under circumstances where the short circuit of the component itself can be excluded and the component is mounted in a way that the creepage distances and clearances are not reduced below the minimum acceptable values as listed in 3.1 and 3.6 of this table, neither by the mounting technique nor by the PCB itself.  |         |
| <p>In the table:<br/>                     The "NO" in the cell means: fault not excluded, i.e. shall be considered;<br/>                     The unmarked cell means: the identified fault type is not relevant.</p> |                          |               |                        |                       |                    |  |         |

#### 4.18 Design rules for SIL-rated circuits

SIL-rated circuits shall comply with the requirements in the standard calling for the use of this standard (e.g. ISO 8100-1:2023, 4.11.2.1.7) and with one of the following:

- a) at least with the relevant requirements listed in Annex A, or
- b) the relevant requirements of IEC 61508 series of standards, with the following restrictions:
  - IEC 61508-2:2010,  
 Table 2 and first line of Table 3 shall not be used;
  - IEC 61508-3:2010,  
 Annex G, G.2 Limited variability configuration, limited application configurability is only permitted to be used.  
 Demand interval shall be considered not to exceed 100 s

## 5 Use of ISO/TS 8100-3

ISO/TS 8100-3:2019, Clause 4, includes requirements that shall be followed when applicable for use in combination with this document.

## Annex A (normative)

### SIL-rated circuits

#### A.1 Principles

As a consequence of the detection of a failure, the SIL-rated circuit (Src) shall initiate a safe state.

NOTE 1 For the definition of the safe state see other standards calling for the use of this standard (e.g. ISO 8100-1:2023, 4.11.2.1.1).

The diagnostic test interval to detect a failure by online diagnostics shall be:

- for SIL3 within 24 hours<sup>2)</sup> of accumulated operation time of the SIL-rated circuit;

NOTE 2 Even in the presence of an undetected single failure in one channel of multiple channel system, the SIL-rated circuit is capable to initiate a safe state within the response time due to its architecture.

- for SIL2 and SIL1 within 1 second.

NOTE 3 Current technologies and implementations of diagnostic measures in general allow smaller time intervals.

For electromechanical components, such as relays and contactors, failures can't be detected without being operated. Therefore:

- for SIL3 electromechanical components shall be operated at least once in a month;
- for SIL2 and 1 electromechanical components shall be operated at least once in a year.

For SIL2 and SIL3 a dangerous soft-error failure rate  $\lambda_{D\_Soft}$  of 500 FIT/Mbit shall be considered additionally to the component's failure rate for any safety related variable information storage (e.g. memory, CPU timer and I/O registers, etc.)

#### A.2 Techniques and measures for failure avoidance and detection

Table A.1 — Common measures to avoid and detect failures – Hardware design

| Object   | Measure                                  | Description of measure   | Informative reference<br>IEC 61508-7:2010 |
|--|--|--|---|
| Component selection                                | Over-dimensioning of hardware components | See 4.17 and other standards calling for the use of this standard (e.g. ISO 8100-1:2023, 4.11.2.3.2 and 4.11.2.4.2). | A.2.8                                     |
| I/O units and interfaces incl. communication links | Safeguarding of the safe state           | During start-up, power failure or reset the defined safe state of the safety function(s) shall be ensured.           | ....                                      |

**Table A.1 (continued)**

| Object   | Measure  | Description of measure   | Informative reference IEC 61508-7:2010 |
|--|--|--|--|
| <b>Variable memory ranges in programmable electronic systems</b> | Technology to be used                                | Only memories built up by solid state elements shall be used. No memories with electro-mechanical operated elements (e.g. hard disks) shall be used.   | ---                                    |
|  | Method of failure detection                          | Variable data memory shall be tested with the applicable test measure (see Table B.7)<br><br>— during start-up; the transition into normal operation mode shall only be performed if the test has been performed successfully,<br><br>— periodically at runtime.                             | A.5                                    |
|  | Safeguarding of safety related data on remote access | Direct remote access to variable memory ranges is only allowed by a safety related function which ensures safety integrity   | --                                     |
| <b>Invariable memory ranges</b>                                  | Failure detection of invariable memory ranges        | Program code memory as well as fixed data memory shall be tested with the applicable test measure (see Table B.6)<br><br>— during start-up; the transition into normal operation mode shall only be performed if the test has been performed successfully,<br><br>— periodically at runtime. | A.4.2                                  |
| <b>Invariable memory ranges (continued)</b>                      | Protection against modification of program code      | Program code shall be stored and sealed in a way that no undetected modification can be performed on site, either by the SIL-rated circuit itself or by an external device.  |  |

**Table A.2 — Common measures to avoid and detect failures - Software design**

| Object           | Measure                                | Description of measure   | Informative reference IEC 61508-7:2010 |
|------------------|--|--|--|
| <b>Structure</b> | Program structure:<br>— Modularisation | — A software function (or equivalently, subprogram) shall have a single well-defined task or function to fulfil.<br><br>— Connections between software functions shall be limited and strictly defined.<br><br>— Software functions shall communicate with other software functions via their interfaces only.<br><br>— All software function interfaces shall be fully documented.<br><br>— Any software function's interface shall contain only those parameters necessary for its function. | B.3.4<br>C.2.9                         |

Table A.2 (continued)

| Object            | Measure  | Description of measure  | Informative reference IEC 61508-7:2010 |
|-------------------|--|---|--|
|                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>— Structured programming</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>— The software function's interface is limited to 8 input and 2 output parameters.</li> <li>— Each function is functionally isolated by its interfaces and local variables.</li> <li>— Global or common variables shall be well structured, access shall be controlled and their use shall be justified in each instance.</li> <li>— Each function shall have only one entry, one normal exit, and may have one separate failure exit.</li> <li>— Only one statement per line of code</li> <li>— Function- and variable names shall have a meaningful name</li> <li>— Modules are decoupled by its interfaces and all interactions are explicit.</li> <li>— No branch conditions with more than three conditions</li> <li>— No unconditional jumps (goto) in higher level language</li> <li>— No complex calculations as the basis of branching and loop decisions</li> <li>— No assignments within conditions</li> <li>— Each case statement of a switch-case structure shall have a break; deviations shall be justified in each instance</li> <li>— Well documented source code.</li> </ul> <p>For further rules to be applied see Table A.18</p> | C.2.7                                  |
| <b>Interrupts</b> | Predictable behaviour of the software.                                     | <p>Application driven interrupts shall be limited to three interrupt sources. No use of nested interrupts except it has been demonstrated that all possible sequences of interrupts do not harm the safety function(s).</p> <p>Traps (e.g. division by zero, access violation, etc.) and hardware interrupts used for communication purposes (e.g. CAN, UART) are not considered as an application interrupt.</p> <p>For each interrupt source a defined behaviour shall be implemented.</p>  | C.2.6.5                                |
| <b>Power down</b> | Ensure consistency of safety related data on power off.                    | Saving of persistent data for safety related functions shall not be delayed until power down.   | ---                                    |

**Table A.2 (continued)**

| Object                             | Measure   | Description of measure   | Informative reference<br>IEC 61508-7:2010  |                    |
|------------------------------------|---|--|--|--------------------|
| <b>Memory management</b>           | Safeguarding against memory shortage and bottlenecks of resources during runtime. | — No dynamic allocation of memory resources.   | C.2.6.3  |                    |
|                                    |   | — All memory resources shall be allocated at start-up.   | C.5.4  |                    |
|                                    |   | — Stack(s) shall be monitored against overrun and underrun.  | C.2.6.7  |                    |
|                                    |   | — No recursive programming allowed.  |  |                    |
| <b>Program</b>                     | Suitable programming language.  | Use of C with subset and coding standard, and use of static analysis tool(s) covering the following aspects:<br>— Boundary check<br>— Control flow analysis (instruction coverage for architectures I + II, branch coverage for architecture III)<br><br>Note Assembler shall be used only in a limited scope, e.g. startup, run-time critical code sections, run-time background tests. | C.2.6.2<br><br>C.4.1<br>C.4.5  |                    |
|                                    |   | Safeguarding of response time.   | — Cyclic behaviour, with guaranteed maximum cycle time or time-triggered architecture.<br>— Iteration loops shorter than response time (for example by limiting number of loops or checking execution time).   | C.3.11             |
|                                    |   | Safeguarding of unintended modification of variable data memory.   | — Indexed access of arrays<br>— Pointer access only if array boundary checks are performed.<br>— No function calls via a pointer to a function, except assigned at startup and not being modified during runtime.  | C.2.6.6            |
|                                    |   | Safeguarding against unexpected program faults.  | Defined handling of exceptions (for example division by zero, overflow, variable range checking etc.) which forces the system into a defined safe state.<br><br>Plausibility checks on data (for example input patterns, input ranges, and internal data). | C.2.5<br><br>C.3.1 |
| <b>Bus system and I/O handling</b> | Static system architecture.   | No change of logical architecture during runtime   |  |                    |

**Table A.3 — Common measures for the design and implementation process**

| Measure  | Description of measure | Informative reference<br>IEC 61508-7:2010 |
|--|------------------------|---|
| Documentation of the functional, environmental and interface aspects of the application.   |                        | B.1.1                                     |
|  |                        | B.1.2                                     |
|  |                        | A.14                                      |
| NOTES:   |                        |   |
| PFD <sub>Src</sub> : Probability of a dangerous failure on demand (Valid for a request of the safety function less than once a year) |                        |   |
| PFH <sub>Src</sub> : Probability of a dangerous failure per hour (Valid for a request of the safety function more than once a year)  |                        |   |

Table A.3 (continued)

| Measure  | Description of measure  | Informative reference<br>IEC 61508-7:2010  |
|--|---|--|
| Documentation of the requirements specification including the safety requirements  |   |  |
| — Structured specification   | <ul style="list-style-type: none"> <li>— Creation of (sub-)requirements</li> <li>— Description of the interfaces</li> <li>— Consistency checks</li> </ul>   | B.2.1  |
| — Semiformal methods   | Use of at least one of the measures as applicable <ul style="list-style-type: none"> <li>— Logic/function block diagrams</li> <li>— Sequence diagrams</li> <li>— Finite state machines/state transition diagrams</li> <li>— Decision/truth tables</li> </ul> as applicable in order to systematically partition and document the system.  | B.2.3<br>C.2.1   |
| Reviews of all specifications.   |   | B.2.6  |
| Design documentation as required in 4.6.1  | and additionally: <ul style="list-style-type: none"> <li>— function description including system architecture and hardware/software interaction</li> <li>— software documentation including function and program flow description.</li> </ul>   | B.2.3<br>B.3.2<br>B.3.4<br>C.5.9   |
| Design review reports.   |   | B.3.7<br>B.3.8<br>C.5.16   |
| Performing a safety analysis in the form of a failure mode effect and diagnostic analysis (FMEDA).                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>— Consideration of failures, internal (component failures) and external (via interfaces)</li> <li>— Application of the valid failure modes</li> <li>— Definition of the planned measures for failure detection and control (c.f. Table A.4 to A.13)</li> <li>— Assignment of component failure rates (<math>\lambda_D</math>)</li> </ul> | B.6.6  |
| Manufacturer's test specifications and test reports:   | <ul style="list-style-type: none"> <li>— static code check, branch code coverage (C1), module testing,</li> <li>— hardware/software integration and fault insertion testing,</li> <li>— system testing in a real lift application</li> <li>— testing of relevant system configurations.</li> </ul>  | B.5.1<br>B.5.2<br>B.5.3<br>B.6.4<br>B.6.8<br>B.6.9<br>B.6.10<br>C.4.7<br>C.5.2<br>C.5.4<br>C.5.8 |
| NOTES:   |   |  |
| PFH <sub>Src</sub> : Probability of a dangerous failure on demand (Valid for a request of the safety function less than once a year) |   |  |
| PFH <sub>Src</sub> : Probability of a dangerous failure per hour (Valid for a request of the safety function more than once a year)  |   |  |

Normen-Download-Beuth-VFA-Interliff-e. V.-KdNr. 6363432-ID.x2-JRH0FdMdASn3QE-yLsVAXoJwW5SSNnBKvIqQ2j-2024-01-24 10:55:15

**Table A.3 (continued)**

| Measure   | Description of measure   | Informative reference<br>IEC 61508-7:2010 |
|---|--|---|
| Manufacturer's test specifications and test reports about environmental testing incl. EMC.                                    | See 4.6.3 and other standards calling for the use of this standard (e.g. ISO 8100-1:2023, 4.10.1.1.1).   | B.6.1<br>B.6.2                            |
| Documentation about installation, configuration, operation, maintenance and testing incl. the limits for intended use.        | This information has to be documented in a manual, provided together with the SIL-rated circuit (See standards calling for the use of this standard (e.g. ISO 8100-1:2023, 6.2))   | B.4                                       |
| Design modification.  | Repeat and update all relevant measures based on an impact analysis describing the effects of the modification on the existing SIL-rated circuit.  | C.5.23<br>C.5.25                          |
| Implementation of requirements tracking for the development life cycle phase of the SIL-rated circuit.                        |  | C.2.11                                    |
| Implementation of a version control for hardware and software and allowed combinations.                                       | The versions having been tested and being part of the SIL-rated circuit shall be identified.   | C.5.24                                    |
| Determination and calculation of the safety-related parameters (response time, $PFH_{Src}$ , $PFD_{Src}$ ).                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>— For the response time of a safety function see other standards calling for the use of this standard (e.g. ISO 8100-1:2023, 4.11.2.1.6)</li> <li>— For details about <math>PFH_{Src}</math>, <math>PFD_{Src}</math> calculation see Table A.16</li> <li>— For the time interval to detect a failure by online diagnostics see A.1</li> </ul> |   |
| NOTES:  |  |   |
| $PFD_{Src}$ : Probability of a dangerous failure on demand (Valid for a request of the safety function less than once a year) |  |   |
| $PFH_{Src}$ : Probability of a dangerous failure per hour (Valid for a request of the safety function more than once a year)  |  |   |

### A.3 Techniques and measures for failure detection and control during operation

**Table A.4 — Structure**

| Requirement  | SIL | Measure  | Description of measure   | Informative reference<br>IEC 61508-7:2010 |
|--|-----|--|--|---|
| The structure shall be such that random failures are detected. | 1   | One channel structure with self-test               | <p>Even though the structure consists of a single channel, a redundant shutdown path shall be provided to ensure a safe shutdown either by the processing unit itself or by the watchdog.</p> <p>The hardware is built using standard techniques which do not take any special safety requirements into account.</p> <p>See Table A.15, for designated architecture for SIL1</p>                               | Electric safety circuit:<br>A.1.1         |
|  | 2   | One channel with self-test and external monitoring | <p>At least two independent shut down paths are needed so that a shut-down can be caused either by the processing unit itself or by the monitoring unit.</p> <p>A one channel structure with self-test and monitoring consists of a separate hardware monitoring unit which, independent of the application, periodically receives test data from the system which might result from self-test procedures.</p> |   |

Normen-Download-Beuth-VFA-Interliff.e.V.-KdNr.6363432-ID.x2-JRH0FdMdsn3QE-yLsvAXoJw5SSNnBkvIqQ2j-2024-01-24 10:55:15

Table A.4 (continued)

| Requirement | SIL | Measure                              | Description of measure  | Informative reference<br>IEC 61508-7:2010 |
|-------------|-----|--------------------------------------|---|---|
|             |     |                                      | Additional special hardware facilities support self-test functions for failure detection. For example, this could be a hardware unit which cyclically monitors the output for a certain bit pattern according to the watch-dog principle.<br><br>See Table A.15, for designated architecture for SIL2   | A.3.3                                     |
|             | 3   | Two channels or more with comparison | Two-channel safety related design consists of two independent and feedback-free functional units. This allows the specified functions to be processed independently in each channel. For a two-channel SIL-rated circuit exclusively designed for the function of one safety device the design of the channels may be identical in terms of hardware and software. In the case of a two-channel SIL-rated circuit used for complex solutions (e.g. combinations of several safety functions) and where the processes or conditions are not definitely verifiable, diversity for hardware and software should be considered.<br><br>The structure includes a function which compares internal signals (e.g. bus comparison) and/or output signals which are relevant to safety functions in order to aid failure detection.<br><br>At least two independent shut down paths are needed so that a shut-down can be caused either by the channels themselves or by the comparator. The comparison itself also shall be subject to the failure recognition.<br><br>See Table A.15, for designated architecture for SIL3 | A.2.5                                     |

Table A.5 — Processing Units

| Requirement  | SIL | Measure  | Description of measure   | Informative reference<br>IEC 61508-7:2010 |
|--|-----|--|--|---|
| Failures in processing units, which can lead to incorrect results, shall be detected.  | 1   | Self-test by software  | All the functions of the processing unit, which are used in the safety related application, shall be tested cyclically. These tests can be combined with the test of the sub-components, e.g. memories, I/O's etc.<br><br>The failure detection is realised entirely by additional software functions which perform self-tests using at least two complementary data patterns (for example 55hex and AAhex). | A.3.1                                     |
|  | 2   | Software self-test supported by hardware for one-channel structure | Additional special hardware facilities support self-test functions to detect failure. For example, this could be a hardware unit which cyclically monitors the output of a certain bit pattern according to the watch-dog principle.   | A.3.3                                     |
|  |     | Self-test by software  | The failure detection is realised entirely by additional software functions which perform self-tests using a data pattern (for example walking-bit pattern) which tests the physical storage (data and address registers) and the instruction decoder.   | A.3.2                                     |
| <p>NOTES:</p> <p>A measure for a SIL3 can be used also for SIL2 and SIL1; a measure for a SIL2 can also be used also for SIL1.</p> <p>If more than one measure is indicated for a specific architecture, the measures are equivalent alternatives.</p> |     |  |  |   |

**Table A.5 (continued)**

| Requirement  | SIL | Measure   | Description of measure   | Informative reference<br>IEC 61508-7:2010 |
|--|-----|---|--|---|
|  | 3   | Reciprocal comparison by software for two-channel structure | Two processing units exchange data (input state(s), output state(s), program sequence information, diagnostic test results) reciprocally. A comparison of the data is carried out using software in each unit. | A.3.5                                     |
| <p>NOTES:</p> <p>A measure for a SIL3 can be used also for SIL2 and SIL1; a measure for a SIL2 can also be used also for SIL1.</p> <p>If more than one measure is indicated for a specific architecture, the measures are equivalent alternatives.</p> |     |   |  |   |

**Table A.6 — Invariable Memory Ranges**

| Requirement  | SIL   | Measure                                       | Description of measure   | Informative reference<br>IEC 61508-7:2010 |
|--|-------|---|--|---|
| Incorrect information modification shall be detected.  | 1 + 2 | Block safety with CRC                         | This procedure calculates a 32-bit signature using a cyclic redundancy check (CRC-32) algorithm. It is the "signature" of the memory block and is stored non-volatile during production. The signature is re-computed in later tests and compared with the one already stored. | A.4.4 (32-bit)                            |
|  |       | Word saving with multi-bit redundancy         | Every word of memory is extended by several redundant bits to produce a modified Hamming code with a Hamming distance of at least 4. Every time a word is read, checking of the redundant bits can determine whether or not a corruption has taken place.                      | A.4.1                                     |
|  | 3     | Block safety procedure with block replication | The memory is split up into two memory ranges. The second memory range contains the inverted information of the first memory range. The first memory range is periodically compared with the second one.   | A.4.5                                     |
|  |       | Block safety with CRC                         | This procedure calculates a 32-bit signature using a cyclic redundancy check (CRC-32) algorithm. It is the "signature" of the memory block and is stored non-volatile during production. The signature is re-computed in later tests and compared with the one already stored. | A.4.4 (32-bit)                            |
| <p>NOTES:</p> <p>A measure for a SIL3 can be used also for SIL2 and SIL1; a measure for a SIL2 can also be used also for SIL1.</p> <p>If more than one measure is indicated for a specific architecture, the measures are equivalent alternatives.</p> |       |   |  |   |

Table A.7 — Variable Memory Ranges

| Requirement  | SIL   | Measure  | Description of measure  | Informative reference IEC 61508-7:2010 |
|--|---|--|---|--|
| Global failures during addressing, writing, storing and reading shall be detected.   | 1 + 2   | Word-saving with multi-bit redundancy  | Every word of memory is extended by several redundant bits to produce a modified Hamming code with a Hamming distance of at least 4. Every time a word is read, checking of the redundant bits can determine whether or not a corruption has taken place  | A.5.6                                  |
|  |   | Check via test pattern against static or dynamic faults  | The memory range to be tested is initialised by a uniform byte stream. The first byte is then inverted and the remaining memory area is inspected to ensure that the remaining byte stream is correct. After this, the first byte is re-inverted to return it to its original value, and the whole procedure is repeated for the next byte. A second run of the "wandering byte model" is carried out with an inverse byte stream pre-assignment.   | A.5.2                                  |
|  | 3   | Inspection checks  | <p>In the RAM test "galpat", the memory is first initialized uniformly (i.e. all zeros or all ones). The first bit of the memory to be tested is then inverted and all the remaining bits of the memory are inspected to ensure that their contents are correct. After every read access to one of the remaining bytes, the inverted bit is also checked. This procedure is repeated for each bit in the memory. A second run is carried out with the opposite initialisation.</p> <p>The "transparent galpat" test is a variation of the above procedure: Instead of initialising all bits of the memory, the existing memory content is left unchanged and CRC signatures are used for failure detection. The first bit of the memory is selected, and the CRC signature S1 of all remaining bytes of the memory is calculated. The bit to be tested is then inverted and the CRC signature S2 of all the remaining bytes is recalculated. (After every read access to one of the remaining bytes, the byte with the inverted bit is also checked.) CRC signature S2 is compared with CRC signature S1. The bit under test is re-inverted to re-establish the original contents, and the CRC signature S3 of all the remaining bytes is re-calculated and compared with CRC signature S1. All other bits of the memory are tested in the same manner.</p> <p>In order not to impact response time negatively, this test can be executed in slices.</p> <p>If time consumption is too long for an acceptable start-up period, the RAM test method March C- transparent symmetric test as an alternative method at start-up is acceptable. In this case and where the cycle time for a full execution of the "transparent galpat" is longer than the expected operation time (operation in shifts) the galpat test needs to be resumed at power-up from that point where it has been stopped at power-down.</p> | A.5.3                                  |
|  | Block safety procedure with block replication | The memory is split up into two memory ranges. The second memory range contains the inverted information of the first memory range. The first memory range is periodically compared with the second one. | A.5.7   |  |
| Detection of Soft Errors   | 2 + 3   | Block safety procedure with block replication  | The memory is split up into two memory ranges. The second memory range contains the inverted information of the first memory range. Whenever a content of the first memory range is used, the integrity of that content is checked by comparison with the inverted content of the second memory range.  | A.5.7                                  |
| <p>NOTES:</p> <p>A measure for a SIL3 can be used also for SIL2 and SIL1; a measure for a SIL2 can also be used also for SIL1.</p> <p>If more than one measure is indicated for a specific architecture, the measures are equivalent alternatives.</p> <p>For block safety with CRC a CRC-16 may be applied up to a max. memory block size of 1024 Bytes, otherwise a CRC-32 shall be applied.</p> |   |  |   |  |

**Table A.7 (continued)**

| Requirement | SIL | Measure                               | Description of measure  | Informative reference IEC 61508-7:2010 |
|-------------|-----|---------------------------------------|---|--|
|             |     | Block safety with CRC                 | This procedure calculates a signature using a cyclic redundancy check (CRC) algorithm of the memory block to be protected, whenever the content is modified. It is the "signature" of the memory block and is stored separately. Whenever a content of the protected memory block is used, its integrity is checked by re-computing the signature and comparing it with the one already stored. | A.4.4                                  |
|             | 3   | Cross comparison between two channels | Safety-relevant data is exchanged between the two channels and compared.  |  |

NOTES:

A measure for a SIL3 can be used also for SIL2 and SIL1; a measure for a SIL2 can also be used also for SIL1.

If more than one measure is indicated for a specific architecture, the measures are equivalent alternatives.

For block safety with CRC a CRC-16 may be applied up to a max. memory block size of 1024 Bytes, otherwise a CRC-32 shall be applied.

**Table A.8 — I/O Units and Interfaces**

| Requirement   | SIL       | Measure                       | Description of measure   | Informative reference IEC 61508-7:2010 |
|---|-----------|-------------------------------|--|--|
| Static failures and cross talk on I/O lines as well as random and systematic failures in the data flow shall be detected. | 1 + 2 + 3 | Test pattern                  | By applying a test pattern – superimposed to the I/O-signal – the quasi-static I/O is being made dynamic in order to allow failure detection (e.g. stuck.at).<br><br>For a single digital I/O-signal simple pulses are sufficient.<br><br>For more than one digital I/O-signal the pulses shall be separated in time in order to be able to detect cross-talk.<br><br>For analogue I/O-signals the test patterns (test values) shall cover the whole analogue range in adequate steps with respect to the required accuracy. | A.6.1                                  |
|   |           | Multi-channel parallel input  | Use of two or more redundant inputs in order to detect random failures based on comparison (voting) of the input signal levels and/or their temporal behaviour.<br><br>This measure is only effective if the input signals change during the diagnostic test interval and signal separation against short circuit between the parallel inputs is ensured.  | A.6.5                                  |
|   |           | Multi-channel parallel output | Use of two or more redundant outputs in order to detect random failures based on comparison (voting) of the output signal levels and/or their temporal behaviour.<br><br>This measure is only effective if the output signals change during the diagnostic test interval and signal separation against short circuit between the parallel outputs is ensured.  | A.6.3                                  |
|   |           | Monitored output              | Use of an independent input signal derived from the output signal in order to detect random failures based on comparison of the input signal level and the expected output signal level and/or their temporal behaviour.<br><br>This measure is only effective if the output signal changes during the diagnostic test interval and signal separation against short circuit between the output and input signal is ensured.  | A.6.4                                  |

NOTES:

A measure for a SIL3 can be used also for SIL2 and SIL1; a measure for a SIL2 can also be used also for SIL1.

If more than one measure is indicated for a specific architecture, the measures are equivalent alternatives.

**Table A.9 — On-board Safety Related Data Communication Links of SIL-rated circuits**

| Requirement  | SIL | Measure                       | Description of measure   | Informative reference<br>IEC 61508-7:2010 |
|--|-----|-------------------------------|--|---|
| Detect failures caused by a defect in the information transfer in 1:n on-board / back-plane communication links  | 1   | One-bit hardware redundancy   | Parallel or serial byte oriented (8-bit) communication using a parity bit for failure detection  | A.7.1                                     |
|  | 2   | Multi-bit hardware redundancy | Parallel or serial (multi-)byte (n x 8-bit) oriented communication using more than one bit for failure detection providing a Hamming Distance at least 4.  | A.7.2                                     |
|  | 3   | Transmission redundancy       | Serial (multi-)byte (n x 8-bit) oriented communication.<br>Each transmission consists of two transmission cycles. In the first transmission cycle the information is transmitted non-inverted while in the second transmission cycle the same information is transmitted bit-inverted. | A.7.5                                     |
|  |     | Information redundancy        | Serial (multi-)byte (n x 8-bit) oriented communication<br>The transmission uses a cyclic redundancy check (CRC) algorithm for failure detection.   | A.7.6                                     |
| <p>NOTES:</p> <p>A measure for a SIL3 can be used also for SIL2 and SIL1; a measure for a SIL2 can also be used also for SIL1.</p> <p>If more than one measure is indicated for a specific architecture, the measures are equivalent alternatives.</p> |     |                               |  |   |

**Table A.10 — Clock**

| Requirement  | SIL | Measure   | Description of measure  | Informative reference<br>IEC 61508-7:2010 |
|--|-----|---|---|---|
| Failures in clock generation for processing units like frequency modification or break down shall be detected.   | 1   | Watchdog with separate time base without time-window                | Timing elements with a separate time base (for example watch-dog timer) externally to the unit being monitored. The timing elements are periodically triggered to monitor the unit's behaviour and the plausibility of the program sequence. It is important that the triggering points are correctly placed in the program. The timing elements are not triggered at a fixed period, but a maximum time-out interval is specified. | A.9.1                                     |
|  | 2   | Watchdog with separate time base and time-window                    | Timing elements with a separate time base (for example watch-dog timer) externally to the unit being monitored. The timing elements are periodically triggered to monitor the unit's behaviour and the plausibility of the program sequence. It is important that the triggering points are correctly placed in the program. A lower and upper time-out limit is given.   | A.9.2                                     |
|  | 3   | Combination of temporal and logical monitoring of program sequences | This facility, monitoring the program sequence, is retriggered only if the sequence of the program sections is executed within the response time.<br>See also Table B.5, measure 'Reciprocal comparison by software for two-channel structure'.   | A.9.4                                     |
| <p>NOTES:</p> <p>A measure for a SIL3 can be used also for SIL2 and SIL1; a measure for a SIL2 can also be used also for SIL1.</p> <p>If more than one measure is indicated for a specific architecture, the measures are equivalent alternatives.</p> |     |   |   |   |

**Table A.11 — Program Sequence**

| Requirement   | SIL          | Measure  | Description of measure  | Informative reference<br>IEC 61508-7:2010 |
|---|--------------|--|---|---|
| Wrong program sequence and inappropriate execution time of the safety related functions shall be detected.  | 1 + 2<br>+ 3 | Combination of timing and logical monitoring of program sequence | Use of an independent temporal facility (for example a watch-dog timer with separate time base) which is monitoring the program execution. This facility shall be re-triggered only if all functions required performing the safety function(s) and all diagnostic functions are executed correctly with respect to sequence by at least one checkpoint per function.<br><br>Note: The temporal facility shall not be triggered by an interrupt procedure except in combination with other program sequence conditions. | A.9.4                                     |
| NOTES:<br>A measure for a SIL3 can be used also for SIL2 and SIL1; a measure for a SIL2 can also be used also for SIL1.<br>If more than one measure is indicated for a specific architecture, the measures are equivalent alternatives. |              |  |   |   |

**Table A.12 — Power Supply**

| Requirement   | SIL          | Measure  | Description of measure  | Informative reference<br>IEC 61508-7:2010 |
|---|--------------|--|---|---|
| A voltage outside the specified operating voltage range shall be detected   | 1 + 2<br>+ 3 | Voltage control (secondary) with safety shut-off | To monitor the secondary voltages and initiate a safe condition if the voltage is not in its specified range. | A.8.2                                     |
| NOTES:<br>A measure for a SIL3 can be used also for SIL2 and SIL1; a measure for a SIL2 can also be used also for SIL1, however the target $DC_{Src}$ shall be applied.<br>If more than one measure is indicated for a specific architecture, the measures are equivalent alternatives. |              |  |   |   |

**Table A.13 — Inter-board Safety Related Data Communication Links of SIL-rated circuits**

| Requirement   | SIL | Measure                  | Description of measure  | Informative reference<br>IEC 61784-3:2021 |
|---|-----|--------------------------|---|---|
| Structure   |     |                          | Any communication shall be based on a point-to-point request-response or time-stamped principle.<br><br>The components shall have a direct interconnection  |   |
| Failure detection of failures caused by a defect in the information transfer between the SIL-rated components   |     |                          |   |   |
| — Corruption  |     | Data integrity assurance | The transmitted message, consisting of the safety related information, the sequence number resp. time-stamp and the connection authentication information (if applicable) shall be protected using a cyclic redundancy check (CRC) algorithm for failure detection. | 5.3.2 + 5.4.7                             |
| — Unintended repetition   |     | Sequence number          | A 16-bit sequence number is integrated into each message being transmitted. The sequence number is incremented for every message and checked by the receiver against continuity. After the full range of the 16-bit is reached, the sequence number re-starts.      | 5.3.3 + 5.4.2                             |
| — Incorrect sequence  |     | Sequence number          |   | 5.3.4 + 5.4.2                             |
| — Loss  |     | Sequence number          |   | 5.3.5 + 5.4.2                             |
| — Insertion   |     | Sequence number          |   | 5.3.7 + 5.4.2                             |
| NOTES:<br>PFD <sub>Src</sub> : Probability of a dangerous failure on demand (Valid for a request of the safety function less than once a year) of the SIL-rated circuit<br>PFH <sub>Src</sub> : Probability of a dangerous failure per hour (Valid for a request of the safety function more than once a year) of the SIL-rated circuit |     |                          |   |   |

Table A.13 (continued)

| Requirement   | SIL | Measure                                     | Description of measure   | Informative reference IEC 61784-3:2021 |
|---|-----|---|--|--|
| — Unacceptable delay  |     | Time expectation                            | Time-stamped principle:<br>The receiver checks that at least one communication cycle is performed successfully and the received time-stamp does not exceed a predetermined expectation with a deviation which shall be smaller than the response time in case of failure, so that in case of a violation, the SIL-rated component transitions into safe state within the response time in case of failure.<br><br>Request-response principle:<br>The transmitter checks that at least one successful request-response communication cycle is performed successfully and does not exceed a predetermined time interval which shall be smaller than the response time in case of failure, so that in case of a violation, the SIL-rated component transitions into safe state within the response time in case of failure. | 5.3.6 + 5.4.3<br><br>5.3.6 + 5.4.4     |
| — Masquerade  |     | Different data protection                   | If the communication link is also used for non-safety related (NSR) communication, the safety related (SR) message shall have a different length than the NSR message. If the NSR communication is using a CRC, the CRC of the SR communication shall use a different CRC.<br><br>CRC of the SR shall be different than the CRC of the communication link. Example Ethernet communication link SR shall not use same CRC as used for Ethernet link.  | 5.3.8 + 5.4.9                          |
| — Addressing  |     | Connection authentication                   | Messages may have a unique source and/or destination identifier that describes the logical address of the safety related participant.  | 5.3.9 + 5.4.5                          |
| Black channel   | 1   | $\lambda_{S_{rc1}} \leq 1 * 10^{-7} h^{-1}$ | Residual error rate $\lambda_{S_{rc1}}$ of any logical connection of each safety function.   | 5.8                                    |
|   | 2   | $\lambda_{S_{rc1}} \leq 1 * 10^{-8} h^{-1}$ | In case of dual channel communication (physical or time redundant) the logical connection's residual error rates $\lambda_{S_{rc1}}$ of the associated safety function can be multiplied.<br><br>For the determination of the application specific residual error rate of a SIL-rated communication link see Table A.17  |  |
|   | 3   | $\lambda_{S_{rc1}} \leq 1 * 10^{-9} h^{-1}$ |  |  |
| NOTES:  |     |   |  |  |
| PFD <sub>Src</sub> : Probability of a dangerous failure on demand (Valid for a request of the safety function less than once a year) of the SIL-rated circuit |     |   |  |  |
| PFH <sub>Src</sub> : Probability of a dangerous failure per hour (Valid for a request of the safety function more than once a year) of the SIL-rated circuit  |     |   |  |  |

## A.4 Functional Safety Management

Table A.14 — Functional Safety Management Measures

| Measure                      | Description of measures   | Informative reference IEC 61508-1:2010 |
|------------------------------|---|--|
| Quality measurement measures |   |  |
| — Project description        | — Name(s) of the product(s)<br>— Objective of the project<br>— What does/do the product(s) intend to achieve  | 7.2,<br>7.3                            |
| — Project organization       | — Description of roles, responsibilities and functions involved in the project for internal and external organizations<br>— Project related organizational chart of internal and external organizations involved in the project | 6.2.1                                  |
| — Roles                      | — List of all persons involved in the project with their roles  | 6.2.1,<br>6.2.3                        |
| — Competencies               | — Documented evidence about competence of the assigned persons performing the assigned task(s) and about the use of tools based on training(s) and experience.  | 6.2.13,<br>6.2.14,<br>6.2.15           |

**Table A.14 (continued)**

| Measure                           | Description of measures   | Informative reference IEC 61508-1:2010 |
|-----------------------------------|---|--|
| — Responsibilities                | — Assignment of responsibilities regarding creation and verification of work products   | 6.2.1,<br>6.2.3                        |
| — Communication                   | — Documentation how and by which means the members of the project and how the involved organizations of the project communicate with each other regularly   | 6.2.2,<br>6.2.4                        |
| — Information exchange and access | — How is ensured that all members of the project have access to the actual (same) database  | 6.2.2,<br>6.2.4                        |
| Modifications                     | — The development activities shall be tailored with respect to the planned modifications, based on an impact analysis   | 6.2.8                                  |
| Configuration Management          | — All parts (HW and SW) building the product shall be clearly determinable; in case of configurable systems, compatibility between system components shall be identified.   | 6.2.10                                 |
| Suppliers                         | — Suppliers shall have a proper quality management system (e.g. ISO 9001).  | 6.2.17                                 |
| Lifecycle                         | — Relevant life cycle phase with respect to the verification of an SIL-rated circuit is the development phase of the SIL-rated circuit.<br><br>— Nevertheless the product/user documentation shall cover the risks of subsequent phases such as production, installation, operation, maintenance and decommissioning.   | 6.2.18                                 |
| Functional Safety Assessment      | — Assessment of the functional safety is performed by an independent body.  | 8                                      |
| Verification                      | — Planning and execution of verification activities independent from the creator.   | 7.18                                   |
| Tools                             | — Listing of all tools and its versions generating any output which goes directly into the product or which are being used to test or verify the design or executable code of the product.<br><br>For these tools<br>— a bug list shall be available,<br>— an evidence of about 2 years of increased confidence from use shall exist,<br>— the version of a tool shall not be changed unless justified. | B.3.5<br>C.4.4                         |

A.5 Designated architectures and calculation formulas

Table A.15 — Designated architectures

| Requirement  | SIL | Architecture   |
|--|-----|--|
| The structure shall be such that the required Safe Failure Fraction will be achieved in line with the applicable failure detection and control measures as required by Tables A.5 to A.12. | 1   |  |
|  | 2   |  |
|  | 3   |  |
| Notes:   |     | S, S1, S2: Input device, e.g. sensor<br>L, L1, L2: Logic<br>O, O1, O2: Output device, e.g. relay (safety function)<br>im: Interconnecting means<br>m: Monitoring<br>c: Cross monitoring<br>WD: Watchdog<br>OWD: Output of WD (shut-down only, not safety function)<br>TMU: Test and monitoring unit<br>OTMU: Output of TMU (shut-down only, not safety function) |

Normen-Download-Beuth-VFA-Interliff.e.V.-KdNr.6363432-ID.x2-JRH0FdMdsn3QE-yLsvAXoJoW5SNnBKvIqQ2J-2024-01-24 10:55:15

**TableA.16 — Calculation of safety-related parameters**

| Requirement   | SIL | Formula  |
|---|-----|--|
| Sufficiently low probability of a dangerous failure on demand ( $PF_{D_{Src}}$ ) and probability of a dangerous failure per hour ( $PF_{H_{Src}}$ ) | 1   | $PF_{D_{Src_{SLO}}} = 0,25 \lambda_D T_1 \frac{1}{2}$ $PF_{H_{Src_{SLO}}} = 0,5 \lambda_D$   |
|   | 2   | $PF_{D_{Src_{SLO}}} = 0,1 \lambda_D T_1$ $PF_{H_{Src_{SLO}}} = 0,2 \lambda_D$  |
|   | 3   | Sensor subsystem:<br>$PF_{D_{Src_S}} = 0,0027 (\lambda_D T_1)^2 + 0,005 \lambda_D T_1$ $PF_{H_{Src_S}} = 0,081 \lambda_D^2 T_1 + 0,01 \lambda_D$ Logic subsystem:<br>$PF_{D_{Src_{LO}}} = 0,003 (\lambda_D T_1)^2 + 0,0025 \lambda_D T_1$ $PF_{H_{Src_{LO}}} = 0,0903 \lambda_D^2 T_1 + 0,005 \lambda_D$ Sum:<br>$PF_{D_{Src_{SLO}}} = PF_{D_{Src_S}} + PF_{D_{Src_{LO}}}$ $PF_{H_{Src_{SLO}}} = PF_{H_{Src_S}} + PF_{H_{Src_{LO}}}$ |

NOTES:

PF<sub>D</sub>: Probability of a dangerous failure on demand (Valid for a request of the safety function less than once a year)

PF<sub>H</sub>: Probability of a dangerous failure per hour (Valid for a request of the safety function more than once a year)

Src\_SLO: SIL-rated circuit's sensor or logic+output

Src\_S: SIL-rated circuit's sensor

Src\_LO: SIL-rated circuit's logic+output

T<sub>1</sub>: Proof test interval; for the value see other standards calling for the use of this standard (e.g.ISO 8100-1:2023, 4.11.2.4.3)

The formulas for SIL1 and SIL2 are applicable for the SIL-rated circuit's sensor part as well as for the SIL-rated circuit's logic part including its output elements

For SIL3 individual formulas are to be applied to the SIL-rated circuit's sensor part (Src\_S), and the SIL-rated circuit's logic part (Src\_L) including its output elements

The formulas for SIL3 assume an architecture consisting of two identical channels

For the component failure rates preferably manufacturer's failure rates shall be used, or if not available IEC 61709:2017 shall be used

For SIL1 and SIL2  $\lambda_D$  is derived – dependent on the formula being applied, by adding all component's  $\lambda_D$  identified by the FMEDA (see Table B.3) either of the sensor plus the logic (Src\_SL) or, on the one hand for the sensor (Src\_S) and on the other hand for the logic (Src\_LO)

For SIL3  $\lambda_D$  is derived – dependent on the formula being applied, by adding the individual  $\lambda_D$  of all components identified by the FMEDA (see Table B.3) in the considered part of the Src (Src\_SLO, Src\_S, Src\_LO)

NOTE WD / OWD / MTU / OMTU have not been included in the calculation of PF<sub>H</sub>/PF<sub>D</sub>, but all other measures apply.

Table A.17 — Calculation of the residual error rate of a SIL-rated communication link

| Requirement  | SIL       | Formula                      | Value to be achieved for the SIL-rated communication link  |
|--|-----------|------------------------------|--|
| Sufficiently low residual error rate of the SIL-rated communication link   | 1 + 2 + 3 | $\lambda_{Srcl} = 2^{-r} vm$ | SIL1: $\lambda_{Srcl} \leq 1*10^{-7} h^{-1}$<br>SIL2: $\lambda_{Srcl} \leq 1*10^{-8} h^{-1}$<br>SIL3: $\lambda_{Srcl} \leq 1*10^{-9} h^{-1}$ |
| NOTES:<br>$\lambda_{Srcl}$ : Residual error rate per hour of the SIL-rated communication link with respect to the bit error probability<br>r: number of bits of the proper CRC polynomial<br>v: Maximum sample rate of messages per hour<br>m: Maximum number of logical connections for the safety function<br>A proper CRC shall be used. A CRC polynomial can be considered to be proper when both the most significant bit and the least significant bit are always '1'. |           |                              |  |

Table A.18 — List of practices and rules of structured programming

| Measure  | Ob-<br>li-<br>ga-<br>tion | Description of measure   | Informative<br>reference<br>IPA/SEC ESCR 3.0 |
|--|---------------------------|--|--|
| <b>Reliability 1: Initialize areas and use them by taking their sizes into consideration.</b>  |                           |  |  |
| Use areas after initial-<br>izing them.  | M                         | Automatic variables shall be initialized at the time of declaration, or the initial values shall be assigned just before using them.   | R1.1.1                                       |
|  |                           | const variables shall be initialized at the time of declaration.   | R1.1.2                                       |
| Describe initializa-<br>tions without excess or<br>deficiency  | M                         | Arrays with specified number of elements shall be initialized with values that match the number of the elements.   | R1.2.1                                       |
|  |                           | Initialization of enumeration type (enum type) members shall be by either: not specifying any constants; specifying all the constants; or specifying only the first member.  | R1.2.2                                       |
| Pay attention to the<br>range of the area point-<br>ed by a pointer.   | HR                        | (1) Integer addition to or subtraction from (including ++ and --) pointers shall not be made; Array format with [ ] shall be used for references and assignments to the allocated area.<br><br>(2) Integer addition to or subtraction from (including ++ and --) pointers shall be made only when the pointer points to the array and the result must be pointing within the range of the array. | R1.3.1                                       |
|  | M                         | Subtraction between pointers shall only be applied to pointers that address elements of the same array.  | R1.3.2                                       |
|  | M                         | Comparison between pointers shall be used only when the two point-ers are both pointing at either the elements in the same array or the members of the same structure.   | R1.3.3                                       |
|  | M                         | The restrict type qualifier shall not be used.   | R1.3.4                                       |
| <b>Reliability 2: Use data by taking their ranges, sizes and internal representations into consideration.</b>  |                           |  |  |
| Make comparisons that<br>do not depend on inter-<br>nal representations.   | M                         | Floating-point expressions shall not be used to perform equality or inequality comparisons.  | R2.1.1                                       |
|  | M                         | Floating-point variable shall not be used as a loop counter.   | R2.1.2                                       |
|  | HR                        | memcmp shall not be used to compare structures and unions.   | R2.1.3                                       |
| NOTES:<br>Obligation:<br>M: The technique or measure is required (mandatory);<br>HR: The technique or measure is highly recommended. If this technique or measure is not used then the rationale behind not using it shall be detailed;<br>Rules which can be selected from several alternatives are indicated in column 'Description of measure' with brackets, e.g.(1), (2)<br>Specific rules that need to be defined for each project or rules that need to be prescribed in a document are enclosed by « » |                           |  |  |

**Table A.18 (continued)**

| Measure   | Ob-<br>li-<br>ga-<br>tion | Description of measure   | Informative<br>reference<br>IPA/SEC ESCR 3.0 |
|---|---------------------------|--|--|
| When values such as logical values are defined as a range, do not make a judgment by finding whether or not a value is equivalent to any particular value (representative value) within this range.   | HR                        | Comparison with a value defined as true shall not be made in expressions that examine true or false.   | R2.2.1                                       |
| Use the same data type to perform operations or comparisons.  | M                         | Unsigned integer constant expressions shall be described within the range that can be represented with the result type.  | R2.3.1                                       |
|   | M                         | When using conditional operator (? : operator), the logical expression shall be enclosed in parentheses ( ) and both return values shall be the same type.   | R2.3.2                                       |
|   | M                         | Loop counters and variables used for comparison of loop iteration conditions shall be the same type.   | R2.3.3                                       |
| Describe code by taking operation precision into consideration.   | HR                        | When the type of an operation and the type of the destination to which the operation result is assigned (assignment destination) are different, the operation shall be performed after casting them to the type of expected operation precision.   | R2.4.1                                       |
|   | HR                        | When performing arithmetic operations or comparisons of expressions mixed with signed and unsigned, an explicit cast to the expected type shall be performed.  | R2.4.2                                       |
| Do not use operations that have the risk of information loss.   | M                         | When performing assignments (=operation, actual arguments passing of function calls, function return) or operations to data types that may cause information loss, they shall be first confirmed that there are no problems, and a cast shall be described to explicitly state that they are problem-free.   | R2.5.1                                       |
|   | M                         | Unary operator '-' shall not be used in unsigned expressions.  | R2.5.2                                       |
|   | M                         | When ones' complement (~) or left shift (<<) is applied to unsigned char or unsigned short type data, an explicit cast to the type of the operation result shall be performed.   | R2.5.3                                       |
|   | HR                        | The right-hand side of a shift operator shall be zero or more, and less than the bit width of the left-hand side.  | R2.5.4                                       |
| Use types that can represent the target data.   | M                         | (1) The types used for bit fields shall only be signed int or unsigned int. If a bit field of 1-bit width is required, unsigned int type shall be used, and not the signed int type.<br>(2) The types used for bit fields shall be signed int, unsigned int or _Bool. If a bit field of 1 bit width is required, unsigned int type or _Bool type shall be used.<br>(3) The types used for bit fields shall be signed int, unsigned int, _Bool, or those allowed by the compiler that are either enum or the type that specifies signed or unsigned. If a bit field of 1-bit width is required, the type that specifies unsigned or _Bool type shall be used. | R2.6.1                                       |
|   | M                         | Data used as bit sequences shall be defined with unsigned type, and not with the signed type.  | R2.6.2                                       |
| <p>NOTES:</p> <p>Obligation:</p> <p>M: The technique or measure is required (mandatory);</p> <p>HR: The technique or measure is highly recommended. If this technique or measure is not used then the rationale behind not using it shall be detailed;</p> <p>Rules which can be selected from several alternatives are indicated in column 'Description of measure' with brackets, e.g.(1), (2)</p> <p>Specific rules that need to be defined for each project or rules that need to be prescribed in a document are enclosed by 《 》</p> |                           |  |  |

Normen-Download-Beuth-VFA-Interliff.e.V.-KdNr:6363432-ID.x2-JRH0FdMdASn3QE-yLsvAXoJoW55NnBKvIqQ2j-2024-01-24 10:55:15

Table A.18 (continued)

| Measure  | Ob-<br>li-<br>ga-<br>tion | Description of measure  | Informative<br>reference<br>IPA/SEC ESCR 3.0 |
|--|---------------------------|---|--|
| Pay attention to pointer types.  | M                         | (1) Pointer type shall not be converted to other pointer type or integer type, and vice versa, with the exception of mutual conversion between "pointer to data" type and "pointer to void*" type.<br>(2) Pointer type shall not be converted to other pointer type or integer type with less data width than that of the pointer type, with the exception of mutual conversion between "pointer to data" type and "pointer to void*" type.<br>(3) Pointer type shall not be converted to other pointer type or integer type with less data width than that of the pointer type, with the exception of mutual conversion between "pointer to data" type and "pointer to other data" type, and between "pointer to data" type and "pointer to void*" type. | R2.7.1                                       |
|  | M                         | A cast shall not be performed that removes any const or volatile qualification from the type addressed by a pointer.  | R2.7.2                                       |
|  | M                         | Comparison to check whether a pointer is negative or not shall not be performed.  | R2.7.3                                       |
| Write in a way that will enable the compiler to check that there are no conflicting declarations, usages and definitions.                              | M                         | Functions with no parameters shall be declared with a void type parameter.  | R2.8.1                                       |
|  | M                         | (1) Functions shall not be defined with a variable number of arguments<br>(2) When using functions with a variable number of arguments, «they shall be used after documenting the intended behaviors based on the compiler used.»   | R2.8.2                                       |
|  | M                         | One prototype declaration shall be made at one place from where it can be referenced by both the function calls and function definition.  | R2.8.3                                       |
| <b>Reliability 3: Write in a way that ensures intended behavior.</b>   |                           |   |  |
| Write in a way that is conscious of area size.   | HR                        | (1) In an extern declaration of an array, the number of elements shall always be specified.<br>(2) In an extern declaration of an array, the number of elements shall always be specified, except for extern declarations of arrays that correspond to the array definition that includes initialization and has omitted the number of elements.  | R3.1.1                                       |
|  | M                         | Iteration conditions for a loop to sequentially access array elements shall include the decision to whether the access is within the range of the array or not.   | R3.1.2                                       |
|  | M                         | The size of the array initialized with a designated initializer shall be clearly indicated.   | R3.1.3                                       |
|  | M                         | Variable length array type shall not be used.   | R3.1.4                                       |
|  | M                         | (1) sizeof operator shall not be applied to pointer-type variable.<br>(2) sizeof operator shall not be applied to array-type argument.  | R3.1.5                                       |
| Prevent operations that may cause runtime error from falling into error cases.   | M                         | Operations shall be performed after confirming that the right-hand side expression of division or remainder operation is not 0.   | R3.2.1                                       |
|  | M                         | Destination pointed by a pointer shall be referenced to after checking that the pointer is not the null pointer.  | R3.2.2                                       |
| Check the interface restrictions when a function is called.  | M                         | If a function returns error information, then that error information shall be tested.   | R3.3.1                                       |
|  | M                         | The function shall check if there are constraints on parameters before starting to process.   | R3.3.2                                       |
| NOTES:   |                           |   |  |
| Obligation:  |                           |   |  |
| M: The technique or measure is required (mandatory);   |                           |   |  |
| HR: The technique or measure is highly recommended. If this technique or measure is not used then the rationale behind not using it shall be detailed; |                           |   |  |
| Rules which can be selected from several alternatives are indicated in column 'Description of measure' with brackets, e.g.(1), (2)                     |                           |   |  |
| Specific rules that need to be defined for each project or rules that need to be prescribed in a document are enclosed by « »                          |                           |   |  |

**Table A.18 (continued)**

| Measure   | Ob-<br>li-<br>ga-<br>tion | Description of measure   | Informative<br>reference<br>IPA/SEC ESCR 3.0 |
|---|---------------------------|--|--|
| Do not perform recur-<br>sive calls.  | M                         | Functions shall not call themselves, either directly or indirectly.  | R3.4.1                                       |
| Pay attention to<br>branch conditions and<br>describe how to handle<br>cases that do not follow<br>the predefined condi-<br>tions when they occur.  | M                         | «The else clause shall be written at the end of an if-else if statement. If it is known that the else condition does not normally occur, the description of the else clause shall be either one of the following:<br><br>(i) An exception handling process shall be written in the else clause.<br>(ii) A comment specified by the project shall be written in the else clause.»         | R3.5.1                                       |
|   | M                         | «The default clause shall be written at the end of a switch statement. If it is known that the default condition does not normally occur, the description of the default clause shall be either one of the followings.<br>«(i) An exception handling process shall be written in the default clause.<br>(ii) A comment specifi d by the project shall be written in the default clause.» | R3.5.2                                       |
|   | HR                        | Equality operators (==) or inequality operators (!=) shall not be used for comparisons of loop counters. (<=, >=, <, or > shall be used.)  | R3.5.3                                       |
| Pay attention to the<br>order of evaluation.  | M                         | Variables whose values are changed in an expression shall not be referred to or modified in the same expression.   | R3.6.1                                       |
|   | M                         | Function calls with side effects and volatile variables shall not be described more than once in a sequence of actual arguments or binary operation expressions.   | R3.6.2                                       |
|   | HR                        | sizeof operator shall not be used in expressions that have side effect.  | R3.6.3                                       |
| Be careful with how to<br>access the shared data<br>in programs that use<br>threads or signals.   | M                         | For concurrent processing, volatile shall not be used as synchroniza-<br>tion primitive.   | R.3.11.1                                     |
|   | M                         | The bit fields that may be allocated in the same<br>memory space shall not be accessed by multiple<br>threads or shall be exclusively controlled properly.   | R.3.11.2                                     |
| <b>Maintainability1: Keep in mind that others will read the program</b>   |                           |  |  |
| Do not leave unused<br>descriptions.  | HR                        | Unused functions, variables, parameters, typedefs, tags, labels or<br>macros shall not be declared (defined).  | M1.1.1                                       |
|   | HR                        | Sections of code should not be “commented out”.  | M1.1.2                                       |
| Do not writing confus-<br>ingly.  | HR                        | (1) Only one variable shall be declared in one declaration statement<br>(avoid multiple declarations.)<br>(2) Automatic variables of the same type used for the similar purposes<br>may be declared in one declaration statement, but variables with ini-<br>tialization and variables without initialization shall not be mixed.  | M1.2.1                                       |
|   | M                         | Suffixes shall be added to constant descriptions that can use them to<br>indicate appropriate types. Only an uppercase letter “L” shall be used<br>for a suffix indicating a long type integer constant.   | M1.2.2                                       |
| Do not write in an un-<br>conventional style.   | HR                        | Expressions evaluating to true or false shall not be described in switch<br>(expression).  | M1.3.1                                       |
|   | M                         | The case labels and default label in a switch statement shall be de-<br>scribed only in the compound statement (excluding nested compound<br>statements) within the body of the switch statement.  | M1.3.2                                       |
|   | M                         | The types shall be explicitly described for definitions and declarations<br>of functions and variables.  | M1.3.3                                       |
| <p>NOTES:</p> <p>Obligation:</p> <p>M: The technique or measure is required (mandatory);</p> <p>HR: The technique or measure is highly recommended. If this technique or measure is not used then the rationale behind not using it shall be detailed;</p> <p>Rules which can be selected from several alternatives are indicated in column ‘Description of measure’ with brackets, e.g.(1), (2)</p> <p>Specific rules that need to be defined for each project or rules that need to be prescribed in a document are enclosed by « »</p> |                           |  |  |

Normen-Download-Beuth-VFA-Interliff-e.-V.-KdNr.6363432-ID.x2-JRHOFdMdASn3QE-yL5vAXoJw5SSNnBKvIqQ2j-2024-01-24 10:55:15

Table A.18 (continued)

| Measure  | Ob-<br>li-<br>ga-<br>tion | Description of measure   | Informative<br>reference<br>IPA/SEC ESCR 3.0 |
|--|---------------------------|--|--|
| Write in a style that clearly specifies the operator precedence.   | M                         | Expressions described at the right hand and left hand of && and    operations shall be either simple variables or expressions enclosed with ( ). However, if only && operations or only    operations are successively combined, it is not necessary to enclose each && and    expression with ( ).  | M1.4.1                                       |
|  | M                         | «Usage of parentheses to explicitly indicate operator precedence shall be defined.»  | M1.4.2                                       |
| Explicitly describe the operations that are likely to cause misunderstanding when they are omitted.  | M                         | A function identifier (function name) shall only be used with either a preceding "&", or with a parenthesized parameter list, which may be empty.  | M1.5.1                                       |
| Use one area for one purpose.  | M                         | Variables shall be prepared for each purpose.  | M1.6.1                                       |
|  | HR                        | (1) Unions shall not be used.<br>(2) If unions are used, the same members that are assigned values shall be referenced.  | M1.6.2                                       |
| Do not reuse names.  | HR                        | The rules below shall be followed for name uniqueness.<br>1. An identifier declared in an inner scope shall not hide an identifier declared in an outer scope.<br>2. A typedef name shall be a unique identifier.<br>3. A tag name shall be a unique identifier.<br>4. Identifiers that define objects or functions with external linkage shall be unique.<br>5. Identifiers that define objects or functions with internal linkage should be unique.<br>6. No identifier in one name space should have the same spelling as an identifier in another name space, with the exception of structure member and union member names. | M1.7.1                                       |
|  | M                         | Names for functions, variables and macros in the standard library shall not be redefined or reused. In addition, those macro names shall not be undefined.   | M1.7.2                                       |
|  | M                         | Names (variables) that start with an underscore shall not be defined.  | M1.7.3                                       |
| Do not use language specifications that are likely to cause misunderstanding.  | HR                        | The right-hand operand of a logical && or    operator shall not contain side effects.  | M1.8.1                                       |
|  | HR                        | C macros shall only expand to a braced initializer, a constant, a parenthesised expression, a type qualifier, a storage class specifier, or a do-while-zero construct.   | M1.8.2                                       |
|  | M                         | #line shall not be used, unless it is automatically generated by a tool.   | M1.8.3                                       |
|  | M                         | Sequences of three or more characters starting with ?? and alternative tokens shall not be used.   | M1.8.4                                       |
|  | M                         | A sequence starting with zero (0) that is two or more digits long shall not be used as a constant.   | M1.8.5                                       |
| When writing in an unconventional style, explicitly state its intention.   | HR                        | If statements that do nothing need to be intentionally described, comments or empty macros shall be used to make them noticeable.  | M1.9.1                                       |
|  | HR                        | «The unified style of writing infinite loops shall be defined.»  | M1.9.2                                       |
| Do not embed magic numbers.  | HR                        | A meaningful constant shall be used after defining it as a macro.  | M1.10.1                                      |
| NOTES:   |                           |  |  |
| Obligation:  |                           |  |  |
| M: The technique or measure is required (mandatory);   |                           |  |  |
| HR: The technique or measure is highly recommended. If this technique or measure is not used then the rationale behind not using it shall be detailed; |                           |  |  |
| Rules which can be selected from several alternatives are indicated in column 'Description of measure' with brackets, e.g.(1), (2)                     |                           |  |  |
| Specific rules that need to be defined for each project or rules that need to be prescribed in a document are enclosed by « »                          |                           |  |  |

**Table A.18 (continued)**

| Measure   | Ob-<br>li-<br>ga-<br>tion | Description of measure  | Informative<br>reference<br>IPA/SEC ESCR 3.0 |
|---|---------------------------|---|--|
| Explicitly state the area attributes  | M                         | Read-only areas shall be declared as const type.  | M1.11.1                                      |
|   | M                         | Areas that may be updated by other execution units shall be declared as volatile.   | M1.11.2                                      |
| Correctly describe the statements even if they are not compiled.  | HR                        | Correct code shall be described even if it is going to be deleted by the preprocessor.  | M1.12.1                                      |
|   |                           | <b>Maintainability2: Write in a style that can prevent modification errors.</b>   |  |
| Clarify the grouping of structured data and blocks.   | M                         | If arrays and structures are initialized with values other than 0, their structural form shall be indicated by using braces '{ }'. Data shall be described without any omission, except when all values are 0.  | M2.1.1                                       |
|   | HR                        | The body of if, else if, else, while, do, for, and switch statements shall be enclosed into blocks.   | M2.1.2                                       |
| Localize access ranges and related data.  | M                         | Variables used only in one function shall be declared within the function.  | M2.2.1                                       |
|   | M                         | Variables accessed by several functions defined in the same file shall be declared with static in the file scope..  | M2.2.2                                       |
|   | M                         | Functions that are called only by functions defined in the same file shall be static.   | M2.2.3                                       |
|   | HR                        | enum shall be used rather than #define when defining related constants.   | M2.2.4                                       |
| <b>Maintainability3: Write programs simply.</b>   |                           |   |  |
| Do structured programming.  | HR                        | For any iteration statement, there shall be at most one break statement used for loop termination.  | M3.1.1                                       |
|   | HR                        | (1)The goto statement shall not be used.<br>(2) When using a goto statement, the destination to jump to shall be the label declared after the goto statement that is in the same block or within the block enclosing the goto statement.  | M3.1.2                                       |
|   | M                         | (1) Each case clause and default clause in a switch statement shall always end with a break statement.<br>(2) If the case clause or default clause in a switch statement is not going to be ended with a break statement, «a project-specific comment shall be defined» and that comment shall instead be inserted. | M3.1.4                                       |
|   | M                         | (1) A function shall end with one return statement.<br>(2) A return statement to return in the middle of processing shall be written only in case of recovery from abnormality.   | M3.1.5                                       |
| One statement should have one side effect.  | HR                        | (1) Comma expressions shall not be used.<br>(2) Comma expressions shall not be used, other than in expressions for initializing or updating in for statements.  | M3.2.1                                       |
|   | M                         | Multiple assignments shall not be written in one statement, except when the same value is assigned to multiple variables.   | M3.2.2                                       |
| <p>NOTES:</p> <p>Obligation:</p> <p>M: The technique or measure is required (mandatory);</p> <p>HR: The technique or measure is highly recommended. If this technique or measure is not used then the rationale behind not using it shall be detailed;</p> <p>Rules which can be selected from several alternatives are indicated in column 'Description of measure' with brackets, e.g.(1), (2)</p> <p>Specific rules that need to be defined for each project or rules that need to be prescribed in a document are enclosed by « »</p> |                           |   |  |

Table A.18 (continued)

| Measure  | Ob-<br>li-<br>ga-<br>tion | Description of measure  | Informative<br>reference<br>IPA/SEC ESCR 3.0 |
|--|---------------------------|---|--|
| Separately describe expressions with different purposes.   | M                         | The three expressions of a for statement shall be concerned only with loop control.   | M3.3.1                                       |
|  | M                         | Numeric variables being used within a for loop for iteration counting shall not be modified in the body of the loop.  | M3.3.2                                       |
|  | M                         | (1) Assignment operators shall not be used in expressions to examine true or false.<br>(2) Assignment operators shall not be used in expressions to examine true or false, except for conventionally used notations.  | M3.3.3                                       |
| Do not use complicated pointer operations.   | M                         | Three or more pointer indirections shall not be used.   | M3.4.1                                       |
| <b>Maintainability: Write in a unified style.</b>  |                           |   |  |
| Unify the coding styles.   | HR                        | «Conventions regarding the style of using, such as, the braces '{ }', indentation and space shall be defined.»  | M4.1.1                                       |
| Unify the style of writing comments.   | HR                        | «Convention regarding the style of writing file header comments, function header comments, end of line comments, block comments and copyright shall be defined.»  | M4.2.1                                       |
| Unify the naming conventions.  | HR                        | «Convention for naming external variables and internal variables shall be defined.»   | M4.3.1                                       |
|  | HR                        | «Convention for naming files shall be defined.»   | M4.3.2                                       |
| Unify the contents to be described in a file and the order of describing them.   | HR                        | «The descriptive contents of header files (declarations, definitions, etc) and the order they are described in shall be defined.»   | M4.4.1                                       |
| Unify the contents to be described in a file and the order of describing them.   | HR                        | «The descriptive contents of source files (declarations, definitions, etc) and the order they are described in shall be defined.»   | M4.4.2                                       |
|  | HR                        | To use or define external variables or functions (except for functions used only in the file), the header file describing their declarations shall be included.   | M4.4.3                                       |
|  | HR                        | External variables shall not be defined in multiple locations.  | M4.4.4                                       |
|  | HR                        | Variable definitions or function definitions shall not be described in a header file.   | M4.4.5                                       |
|  | M                         | Header files shall be descriptively capable of handling redundant inclusions. «The descriptive method to achieve this capability shall be defined.»   | M4.4.6                                       |
| Unify the style of writing declarations.   | HR                        | (1) In a function prototype declaration, all the parameters shall not be named (types only.)<br>(2) In a function prototype declaration, all the parameters shall be named. In addition, the types of the parameters, their names and the type of the return value shall be literally the same as those of the function definition. | M4.5.1                                       |
|  | HR                        | Structure tags and variables shall be declared separately.  | M4.5.2                                       |
| Unify the style of writing null pointers.  | M                         | NULL shall be used for the null pointer. NULL shall not be used for anything other than the null pointer.   | M4.6.1                                       |
| <p>NOTES:</p> <p>Obligation:</p> <p>M: The technique or measure is required (mandatory);</p> <p>HR: The technique or measure is highly recommended. If this technique or measure is not used then the rationale behind not using it shall be detailed;</p> <p>Rules which can be selected from several alternatives are indicated in column 'Description of measure' with brackets, e.g. (1), (2)</p> <p>Specific rules that need to be defined for each project or rules that need to be prescribed in a document are enclosed by « »</p> |                           |   |  |

**Table A.18 (continued)**

| Measure   | Ob-<br>li-<br>ga-<br>tion | Description of measure   | Informative<br>reference<br>IPA/SEC ESCR 3.0 |
|---|---------------------------|--|--|
| Unify the style of writing preprocessor directives.   | M                         | The body and parameters of a macro that includes operators shall be enclosed with parentheses ( ).   | M4.7.1                                       |
|   | HR                        | #else, #elif or #endif that correspond to #ifdef, #ifndef or #if shall be described in the same file, and «their correspondence relationship shall be clearly stated with a comment defined in the project» .            | M4.7.2                                       |
|   | HR                        | defined(macro_name) or defined macro_name shall be used to check whether the macro name has already been defined by #if or #elif.  | M4.7.3                                       |
|   | M                         | Macros shall not be #define'd or #undef'd within a block.  | M4.7.5                                       |
|   | HR                        | #undef shall not be used.  | M4.7.6                                       |
|   | HR                        | Controlling expression of #if or #elif preprocessing directive shall be evaluated as 0 or 1.   | M4.7.7                                       |
| <b>Maintainability5: Write in a style that makes testing easy.</b>  |                           |  |  |
| Write in a style that makes it easy to investigate the causes of problems when they occur.  | HR                        | «The rules for writing the code for setting debug options and for recording logs in release modules shall be defined.»   | M5.1.1                                       |
|   | HR                        | (1) The # and ## preprocessor operators should not be used.<br>(2) A macro parameter immediately following a # operator shall not immediately be followed by a ## operator.  | M5.1.2                                       |
|   | HR                        | Function shall be used rather than using function-like macro.  | M5.1.3                                       |
| Be careful when using dynamic memory allocations.   | M                         | Dynamic memory shall not be used.  | M5.2.1                                       |
| <b>Portability 1: Write in a style that is not dependent on the compiler.</b>   |                           |  |  |
| Do not use functionalities that are advanced features or implementation-defined.  | HR                        | (1) Functionalities not specified in the language standard shall not be used.<br>(2) If functionalities not specified in the language standard are used, «the functionalities used and their usage shall be documented.» | P1.1.1                                       |
|   | M                         | «All usage of implementation-defined behavior shall be documented.»  | P1.1.2                                       |
|   | M                         | To use a program written in another language, «its interface shall be documented and its usage shall be defined.»  | P1.1.3                                       |
| Use only the characters and escape sequences defined in the language standard.  | M                         | To use characters other than those defined in the language standard for writing a program, the compiler specifications shall be confirmed, and «their usage shall be defined.»   | P1.2.1                                       |
|   | HR                        | Only escape sequences defined in the language standard shall be used.  | P1.2.2                                       |
| <p>NOTES:</p> <p>Obligation:</p> <p>M: The technique or measure is required (mandatory);</p> <p>HR: The technique or measure is highly recommended. If this technique or measure is not used then the rationale behind not using it shall be detailed;</p> <p>Rules which can be selected from several alternatives are indicated in column 'Description of measure' with brackets, e.g.(1), (2)</p> <p>Specific rules that need to be defined for each project or rules that need to be prescribed in a document are enclosed by « »</p> |                           |  |  |

Table A.18 (continued)

| Measure   | Ob-<br>li-<br>ga-<br>tion | Description of measure   | Informative<br>reference<br>IPA/SEC ESCR 3.0 |
|---|---------------------------|--|--|
| Confirm and document data type representations, behavioral specifications of advanced functionalities and implementation-dependent parts.   | M                         | Simple char type (that does not specify the signedness) shall be used only for storing character values.<br>If a process that depends on signedness (implementation-defined) is required, unsigned char or signed char that specifies its signedness shall be used.<br>Note: use <stdint.h> header and types   | P1.3.1                                       |
|   | HR                        | The members of an enumeration type (enum) shall be defined with values that can be represented as int type.  | P1.3.2                                       |
|   | HR                        | (1) Bit fields shall not be used.<br>(2) bit fields shall not be used for data whose bit positions are meaningful.<br>(3) «If it is being relied upon, the implementation-defined behavior and packing of bit fields shall be documented.»   | P1.3.3                                       |
| For source file inclusion, confirm the implementation-dependent parts and write in a style that is not implementation-dependent.  | M                         | The #include directive shall be followed by either a <file- name> or "filename" sequence.  | P1.4.1                                       |
|   | HR                        | « The usage of <> format and "" format for #include file specification shall be defined.»  | P1.4.2                                       |
|   | M                         | Characters ‘ \, “, /*, // and : shall not be used for file specification in #include.  | P1.4.3                                       |
| Write in a style that does not depend on the environment used for compiling.  | M                         | The absolute path shall not be written for #include file specification.  | P1.5.1                                       |
|   | HR                        | sizeof shall be used to determine the size of a type or variable.  | P1.5.2                                       |
| <b>Portability 2: Localize the code that has a problem with portability.</b>  |                           |  |  |
| Localize the code that has a problem with portability.  | HR                        | When assembly language programs are called from C language, «how to localize such parts shall be defined», such as, by expressing them as functions or inline functions of C language that contain only inline assembly language code or describing them using macros.   | P2.1.1                                       |
|   | HR                        | (1) The basic types (char, int, long, long long, float, double and long double) shall not be used. Instead, the types defined by typedef shall be used. «The types defined by typedef that are used in the project shall be defined.»<br>(2) When using any of the basic types (char, int, long, long long, float, double and long double) in a form that is dependent on its size, the type defined by typedef for each of these basic types shall be used. «The types defined by typedef that are used in the project shall be defined.» | P2.1.3                                       |
| <p>NOTES:</p> <p>Obligation:</p> <p>M: The technique or measure is required (mandatory);</p> <p>HR: The technique or measure is highly recommended. If this technique or measure is not used then the rationale behind not using it shall be detailed;</p> <p>Rules which can be selected from several alternatives are indicated in column 'Description of measure' with brackets, e.g.(1), (2)</p> <p>Specific rules that need to be defined for each project or rules that need to be prescribed in a document are enclosed by « »</p> |                           |  |  |

Normen-Download-Beuth-VFA-Interliff.e.V.-KdNr.6363432-ID.x2-JRH0FmASn3QE-yLsvAXoJwW5SSNnBKvIqQJ-2024-01-24 10:55:15

## Annex B (informative)

### Example for calculation of guide rails

#### B.1 General

**B.1.1** The following example is used to explain the calculation of the guide rails, based on a lift with guide rails which extend to the pit floor and a single acting safety gear.

**B.1.2** The following symbols for the dimensions in the lift are used with a Cartesian coordinates system for all possible geometrical cases:

|              |  |
|--------------|--|
| $C$          | is the car centre;   |
| $D_x$        | is the car dimension in X-direction, car depth;  |
| $D_y$        | is the car dimension in Y-direction, car width;  |
| $h$          | is the distance between car guide shoes;   |
| $l$          | is the distance between brackets;  |
| $P$          | are the masses of the empty car and components supported by the car, i.e. part of travelling cable, compensating ropes/chains (if any), etc. in kilograms; |
| $Q$          | is the rated load in kilograms;  |
| $S$          | is the car suspension;   |
| $x_C, y_C$   | is the position of the car centre (C) in relation to the guide rail cross coordinates;   |
| $x_p, y_i$   | is the position of the car door, $i = 1, 2, 3$ or $4$ ;  |
| $x_p, y_p$   | is the position of the car mass (P) in relation to the guide rail cross coordinates;   |
| $x_Q, y_Q$   | is the position of the rated load (Q) in relation to the guide rail cross coordinates;   |
| $x_S, y_S$   | is the position of the suspension (S) in relation to the guide rail cross coordinates;   |
| $1, 2, 3, 4$ | is the centre of the car door 1, 2, 3 or 4;  |
| —→           | is the direction of loading.   |

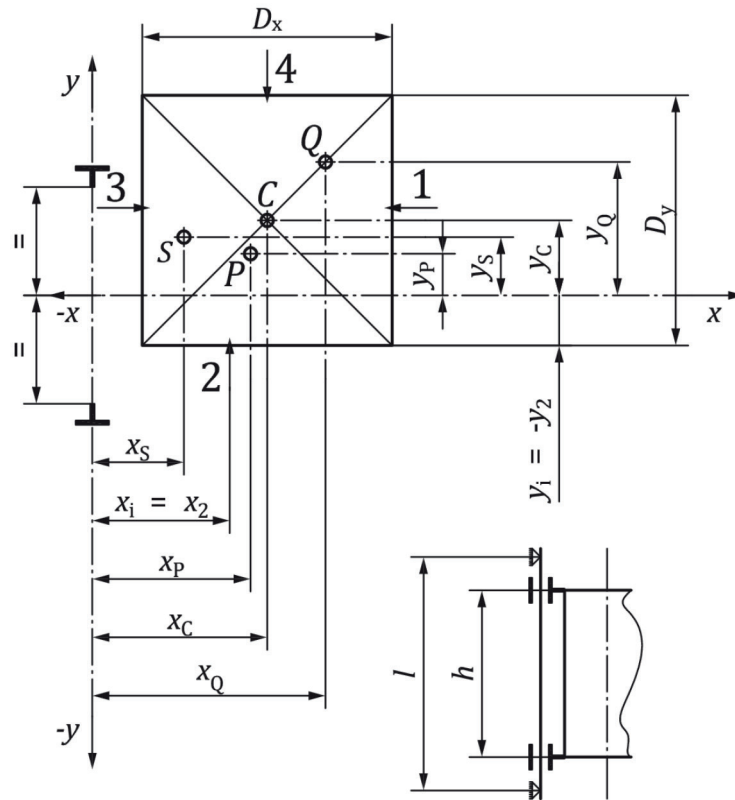


Figure B.1 — Load distribution in lift car — General case

**B.1.3** The following symbols are used in Formulae (B.1) to (B.30), see B.2 and Figure B.1:

- A is the cross-sectional area of a guide rail in square millimetres;
- c is the width of the connecting part of the foot to the blade in millimetres;
- $\delta_{perm}$  is the maximum permissible deflection in millimetres;
- $\delta_x$  is the deflection in the X-axis in millimetres;
- $\delta_y$  is the deflection in the Y-axis in millimetres;
- $\delta_{str-x}$  is the deflection of the fixings (brackets, separation beams) in the X-axis in millimetres;
- $\delta_{str-y}$  is the deflection of the fixings (brackets, separation beams) in the Y-axis in millimetres;
- E is the modulus of elasticity in newtons per square millimetre;
- $F_{aux}$  is the force in a guide rail due to auxiliary equipment in newtons;
- $F_p$  is the push through forces of all brackets at one guide rail (due to normal settling of the building or shrinkage of concrete) in newtons;
- $F_s$  is the vertical force acting on the car sill due to loading and unloading, in newtons;
- $F_v$  is the vertical force on a guide rail of the car, counterweight or balancing weight in newtons;
- $F_x$  is the supporting force in the X-axis in newtons;
- $F_y$  is the supporting force in the Y-axis in newtons;

- $g_n$  is the standard acceleration of free fall in metres per square second;
- $I_x$  is the second moment of area related to the X-axis in fourth power millimetres;
- $I_y$  is the second moment of area related to the Y-axis in fourth power millimetres;
- $k_1$  is the impact factor for the type of safety gear used;
- $k_2$  is the impact factor for the running condition;
- $k_3$  is the impact factor for auxiliary parts and other operational scenarios;
- $M_g$  is the mass of one line of guide rails in kilograms;
- $M_m$  is the bending moment in newtons millimetres;
- $M_x$  is the bending moment related to the X-axis, in newtons millimetres;
- $M_y$  is the bending moment related to the Y-axis, in newtons millimetres;
- $n$  is the number of guide rails;
- $\sigma$  is the combined stress in newtons per square millimetre;
- $\sigma_k$  is the buckling stress in newtons per square millimetre;
- $\sigma_m$  is the bending stress in newtons per square millimetre;
- $\sigma_F$  is the local flange bending stress in newtons per square millimetre;
- $\sigma_{perm}$  is the permissible stress in newtons per square millimetre;
- $\sigma_x$  is the bending stress related to the X-axis in newtons per square millimetre;
- $\sigma_y$  is the bending stress related to the Y-axis in newtons per square millimetre;
- $W_x$  is the modulus of cross sectional area related to the X-axis in cubic millimetres;
- $W_y$  is the modulus of cross sectional area related to the Y-axis in cubic millimetres;
- $\omega$  is the omega value.

## B.2 General configuration for lifts with safety gear

### B.2.1 Safety gear operation

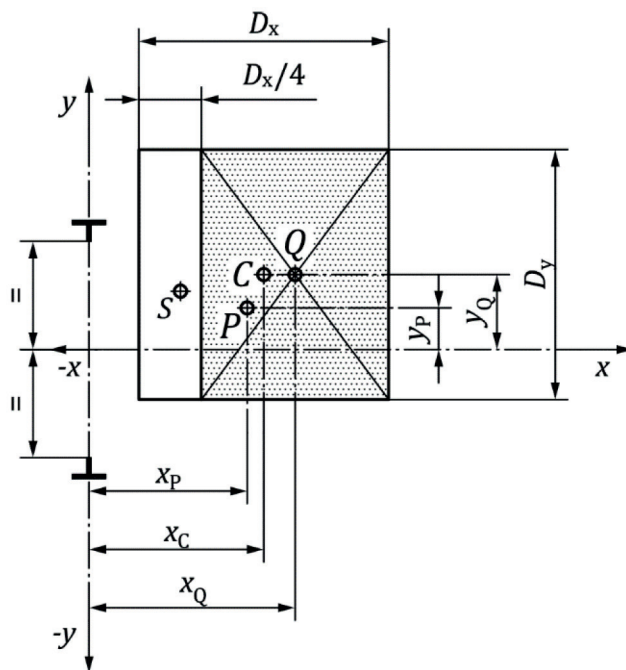
#### B.2.1.1 Bending stress

- a) Bending stress relative to the Y-axis of the guide rail due to guiding force:

$$F_x = \frac{k_1 \cdot g_n \cdot (Q \cdot x_Q + P \cdot x_P)}{n \cdot h}, \quad M_y = \frac{3 \cdot F_x \cdot l}{16}, \quad \sigma_y = \frac{M_y}{W_y} \tag{B.1}$$

- b) Bending stress relative to the X-axis of the guide rail due to guiding force:

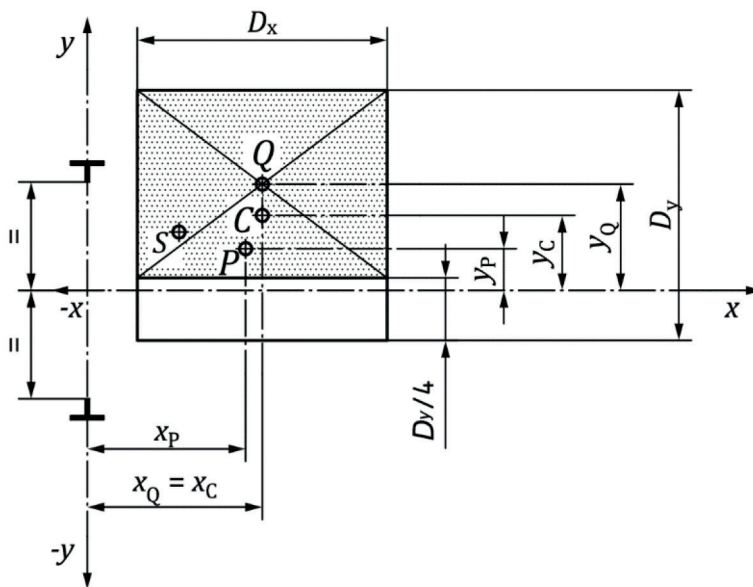
$$F_y = \frac{k_1 \cdot g_n \cdot (Q \cdot y_Q + P \cdot y_P)}{\frac{n}{2} \cdot h}, \quad M_x = \frac{3 \cdot F_y \cdot l}{16}, \quad \sigma_x = \frac{M_x}{W_x} \tag{B.2}$$



NOTE 1  $x_Q = x_C + D_x/8$ .

NOTE 2  $y_Q = y_C$ .

Figure B.2 — Safety gear operation — Load distribution in lift car — Case 1 relative to X-axis



NOTE 1  $x_Q = x_C$ .

NOTE 2  $y_Q = y_C + D_y/8$ .

Figure B.3 — Safety gear operation — Load distribution in lift car — Case 2 relative to Y-axis

### B.2.1.2 Buckling

$$F_v = \frac{k_1 \cdot g_n \cdot (P + Q)}{n} + M_g \cdot g_n + F_p \quad (\text{B.3})$$

$$\sigma_k = \frac{(F_v + k_3 \cdot F_{aux}) \cdot \omega}{A} \quad (\text{B.4})$$

### B.2.1.3 Combined stress

These formulae apply to both load distribution cases 1 and 2, see B.2.1.1. If  $\sigma_{perm} < \sigma$ , 4.10.2.2 applies.

Combined bending

$$\sigma = \sigma_m = \sigma_x + \sigma_y \leq \sigma_{perm} \quad (\text{B.5})$$

Combined bending and compression

$$\sigma = \sigma_m + \frac{F_v + k_3 \cdot F_{aux}}{A} \leq \sigma_{perm} \quad (\text{B.6})$$

Combined bending and buckling

$$\sigma = \sigma_k + 0,9 \cdot \sigma_m \leq \sigma_{perm} \quad (\text{B.7})$$

### B.2.1.4 Flange bending

These formulae apply to both load distribution cases 1 and 2, see B.2.1.1.

$$\sigma_F = \frac{1,85 \cdot F_x}{c^2} \leq \sigma_{perm}, \text{ or} \quad (\text{B.8})$$

$$\sigma_F = \frac{6 \cdot F_x \cdot (h_1 - b - f)}{c^2 \cdot [l + 2 \cdot (h_1 - f)]} \leq \sigma_{perm} \quad (\text{B.9})$$

### B.2.1.5 Deflections

These formulae apply to both load distribution cases 1 and 2, see B.2.1.1.

$$\delta_x = 0,7 \frac{F_x \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_y} + \delta_{str-x} \leq \delta_{perm} \quad (\text{B.10})$$

$$\delta_y = 0,7 \frac{F_y \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_x} + \delta_{str-y} \leq \delta_{perm} \quad (\text{B.11})$$

## B.2.2 Running

### B.2.2.1 Bending stress

a) Bending stress relative to the Y-axis of the guide rail due to guiding force:

$$F_x = \frac{k_2 \cdot g_n \cdot [Q \cdot (x_Q - x_S) + P \cdot (x_P - x_S)]}{n \cdot h}, \quad M_y = \frac{3 \cdot F_x \cdot l}{16}, \quad \sigma_y = \frac{M_y}{W_y} \quad (\text{B.12})$$

b) Bending stress relative to the X-axis of the guide rail due to guiding force:

$$F_y = \frac{k_2 \cdot g_n \cdot [Q \cdot (y_Q - y_S) + P \cdot (y_p - y_s)]}{\frac{n}{2} \cdot h}, \quad M_x = \frac{3 \cdot F_y \cdot l}{16}, \quad \sigma_x = \frac{M_x}{W_x} \quad (\text{B.13})$$

Load distribution:

Case 1 relative to the X-axis (see Figure B.2).

Case 2 relative to the Y-axis (see Figure B.3).

### B.2.2.2 Buckling Stress

$$F_v = M_g \cdot g_n + F_p \quad (\text{B.14})$$

$$\sigma_k = \frac{(F_v + k_3 \cdot F_{aux}) \cdot \omega}{A} \quad (\text{B.15})$$

### B.2.2.3 Combined stress

These formulae apply to both load distribution cases 1 and 2, see B.2.2.1. If  $\sigma_{perm} < \sigma$ , 4.10.2.2 applies.

Combined bending

$$\sigma_m = \sigma_x + \sigma_y \leq \sigma_{perm} \quad (\text{B.16})$$

Combined bending and compression

$$\sigma = \sigma_m + \frac{F_v + k_3 \cdot F_{aux}}{A} \leq \sigma_{perm} \quad (\text{B.17})$$

Combined bending and buckling

$$\sigma = \sigma_k + 0,9 \cdot \sigma_m \leq \sigma_{perm} \quad (\text{B.18})$$

### B.2.2.4 Flange bending

These formulae apply to both load distribution cases 1 and 2, see B.2.1.1.

$$\sigma_F = \frac{1,85 \cdot F_x}{c^2} \leq \sigma_{perm}, \text{ or} \quad (\text{B.19})$$

$$\sigma_F = \frac{6 \cdot F_x \cdot (h_1 - b - f)}{c^2 \cdot [l + 2 \cdot (h_1 - f)]} \leq \sigma_{perm} \quad (\text{B.20})$$

### B.2.2.5 Deflection

These figures apply to both load distribution cases 1 and 2, see B.2.1.1.

$$\delta_x = 0,7 \frac{F_x \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_y} + \delta_{str-x} \leq \delta_{perm} \quad (\text{B.21})$$

$$\delta_y = 0,7 \frac{F_y \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_x} + \delta_{str-y} \leq \delta_{perm} \quad (\text{B.22})$$

### B.2.3 Loading and unloading

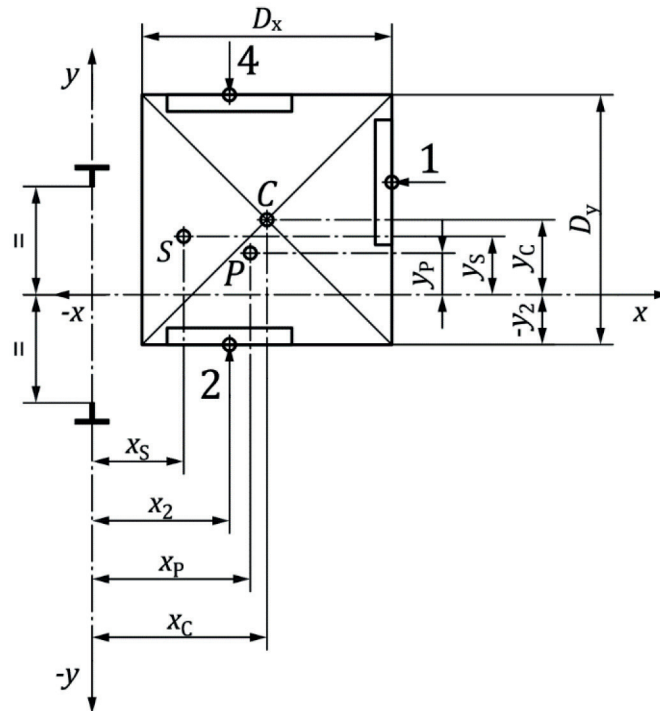


Figure B.4 — Load distribution

#### B.2.3.1 Bending stress

a) Bending stress relative to the Y-axis of the guide rail due to guiding force:

$$F_x = \frac{g_n \cdot P \cdot (x_P - x_S) + F_S \cdot (x_i - x_S)}{n \cdot h}, \quad M_y = \frac{3 \cdot F_x \cdot l}{16}, \quad \sigma_y = \frac{M_y}{W_y} \quad (\text{B.23})$$

b) Bending stress relative to the X-axis of the guide rail due to guiding force:

$$F_y = \frac{g_n \cdot P \cdot (y_P - y_S) + F_S \cdot (y_i - y_S)}{\frac{n}{2} \cdot h}, \quad M_x = \frac{3 \cdot F_y \cdot l}{16}, \quad \sigma_x = \frac{M_x}{W_x} \quad (\text{B.24})$$

#### B.2.3.2 Buckling

$$F_v = M_g \cdot g_n + F_p \quad (\text{B.25})$$

$$\sigma_k = \frac{(F_v + k_3 \cdot F_{aux}) \cdot \omega}{A} \quad (\text{B.26})$$

#### B.2.3.3 Combined stress

If  $\sigma_{perm} < \sigma$ , 4.10.2.2 applies.

Combined bending

$$\sigma = \sigma_m = \sigma_x + \sigma_y \leq \sigma_{perm} \quad (\text{B.27})$$

Combined bending and compression

$$\sigma = \sigma_m + \frac{F_v + k_3 \cdot F_{aux}}{A} \leq \sigma_{perm} \quad (\text{B.28})$$

Combined bending and buckling

$$\sigma = \sigma_k + 0,9 \cdot \sigma_m \leq \sigma_{perm} \quad (\text{B.29})$$

#### B.2.3.4 Flange bending

$$\sigma_F = \frac{1,85 \cdot F_x}{c^2} \leq \sigma_{perm}, \text{ or} \quad (\text{B.30})$$

$$\sigma_F = \frac{6 \cdot F_x \cdot (h_1 - b - f)}{c^2 \cdot [l + 2 \cdot (h_1 - f)]} \leq \sigma_{perm} \quad (\text{B.31})$$

#### B.2.3.5 Deflections

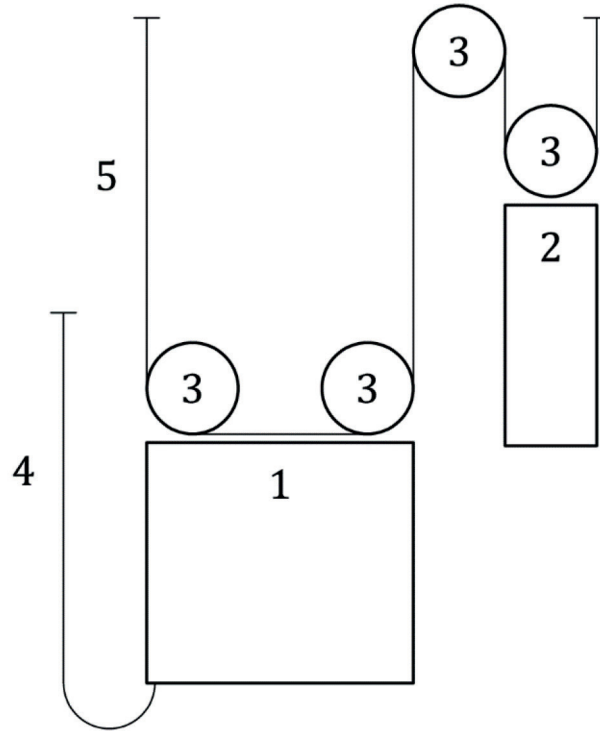
$$\delta_x = 0,7 \frac{F_x \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_y} + \delta_{str-x} \leq \delta_{perm} \quad (\text{B.32})$$

$$\delta_y = 0,7 \frac{F_y \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_x} + \delta_{str-y} \leq \delta_{perm} \quad (\text{B.33})$$

## Annex C (informative)

### Calculation of traction — Example

For the example according to Figure C.1 Formulae (C.1) to (C.8) apply.



#### Key

- 1 car
- 2 counterweight
- 3 pulley
- 4 travelling cable
- 5 suspension means

Figure C.1 — Example 2:1, no compensation means

Car loading condition

Car loaded with 125 % rated load at lowest landing, no friction considered.

$$T_1 = \frac{(P + 1,25 \cdot Q)}{2} \cdot g_n + M_{SRcar} \cdot g_n \quad (C.1)$$

$$T_2 = \frac{M_{cwt}}{2} \cdot g_n \quad (C.2)$$

Emergency braking condition

Minimum friction due to pulleys and guiding force assumed

a) Car loaded with rated load at lowest landing

$$T_1 = \frac{(P+Q)}{2} \cdot (g_n + a) + M_{SRcar} (g_n + 2 \cdot a) + \left[ \frac{m_{Pcar\_1} \cdot \left(\frac{v_{P\_1}}{v}\right)^2 \cdot a}{r} \right] + \left[ \frac{m_{Pcar\_2} \cdot \left(\frac{v_{P\_2}}{v}\right)^2 \cdot a}{r} \right] - \frac{FR_{car}}{2} \quad (C.3)$$

$$T_2 = \frac{Mcwt}{2} \cdot (g_n - a) - \left[ \frac{m_{Pcwt\_1} \cdot \left(\frac{v_{P\_1}}{v}\right)^2 \cdot a}{r} \right] + \frac{FR_{cwt}}{2} \quad (C.4)$$

b) Empty car at highest landing

$$T_1 = \frac{Mcwt}{2} \cdot (g_n + a) + M_{SRcwt} (g_n + 2 \cdot a) + \left[ \frac{m_{Pcwt\_1} \cdot \left(\frac{v_{P\_1}}{v}\right)^2 \cdot a}{r} \right] - \frac{FR_{ctw}}{2} \quad (C.5)$$

$$T_2 = \frac{(P + M_{Trav})}{2} \cdot (g_n - a) - \left[ \frac{m_{Pcar\_1} \cdot \left(\frac{v_{P\_1}}{v}\right)^2 \cdot a}{r} \right] - \left[ \frac{m_{Pcar\_2} \cdot \left(\frac{v_{P\_2}}{v}\right)^2 \cdot a}{r} \right] + \frac{FR_{car}}{2} \quad (C.6)$$

Counterweight stalled condition

Empty car at highest position, no friction considered.

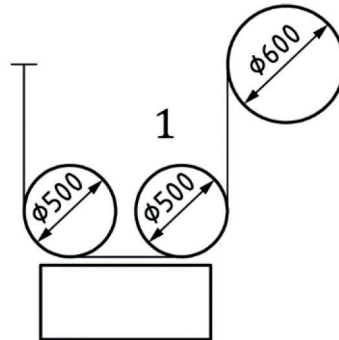
$$T_1 = \frac{(P + M_{Trav})}{2} \cdot g_n \quad (C.7)$$

$$T_2 = M_{SRcwt} \cdot g_n \quad (C.8)$$

## Annex D (informative)

### Equivalent number of pulleys, $N_{equiv}$ — Examples

NOTE For suspension means other than steel wire ropes in steel/cast iron traction sheaves these examples are not applicable



**Key**

1 car side

Figure D.1 — 2 to 1 roping — V grooves

$$\begin{aligned} \gamma &= 40^\circ \\ N_{equiv(t)} &= 10 \text{ (according to Table 1)} \\ K_p &= (600 / 500)^4 = 2,07 \\ N_{equiv(p)} &= 2,07 \times (2 + 0) = 4,14 \\ N_{equiv} &= 10 + 4,14 = 14,14 \end{aligned}$$

NOTE No reversed bend because of moving pulley.

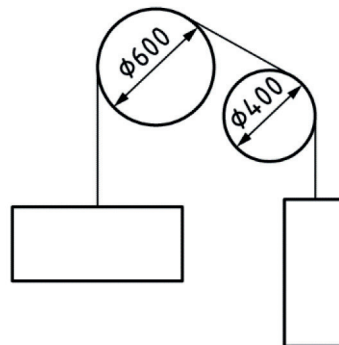


Figure D.2 — 1 to 1 roping — Undercut U grooves

$$\begin{aligned} \beta &= 90^\circ \\ N_{equiv(t)} &= 5 \text{ (according to Table 1)} \\ K_p &= (600 / 400)^4 = 5,06 \\ N_{equiv(p)} &= 5,06 \times (1 + 0) = 5,06 \\ N_{equiv} &= 5 + 5,06 = 10,06 \end{aligned}$$

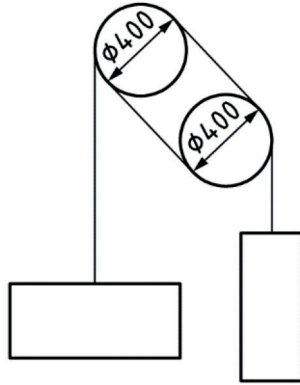


Figure D.3 — 1 to 1 roping (double wrap) — U grooves

$$\begin{aligned} N_{equiv(t)} &= 1 + 1 = 2 \\ K_p &= 1 \\ N_{equiv(p)} &= 1 \times (1 + 1) = 2 \\ N_{equiv} &= 2 + 2 = 4 \end{aligned}$$

NOTE The rope passes traction sheave and secondary sheave 2 times.

## **Annex E** **(informative)**

### **Relationship between ISO 8100-20 and ISO 8100-2**

The requirements of this document are not intended to prevent the use of systems, methods, devices or components of equivalent or superior safety, strength, effectiveness, durability, etc. to those prescribed by this document, provided that the equivalency of the system, method, device, or component can be verified. ISO 8100-20 and national implementations should be consulted for further information.

## Annex ZA (informative)

### Relationship between this European Standard and the essential requirements of Directive 2014/33/EU aimed to be covered

This European Standard has been prepared under a Commission’s standardization request “M/549 C(2016) 5884 final” to provide one voluntary means of conforming to requirements of Directive 2014/33/EU of the European Parliament and of the Council of 26 February 2014 on the harmonisation of the laws of the Member States relating to lifts and safety components for lifts (recast).

Once this standard is cited in the Official Journal of the European Union under that Directive, compliance with the normative clauses of this standard given in Table ZA.1 and Table ZA.2 confers, within the limits of the scope of this standard, a presumption of conformity with the corresponding essential requirements of that Directive, and associated EFTA regulations.

**Table ZA.1 — Correspondence between this European Standard and Annex I of Directive 2014/33/EU**

| Essential health and safety requirements of Annex I to Directive 2014/33/EU | Clause(s)/sub-clause(s) of this EN                       | Remarks/Notes  |
|---|--|--|
| 1.1   | See below Table ZA.2                                     | Referring to the application of Directive 2006/42/EC |
| 6.1   | 4.2.3, 4.3.5, 4.4.3, 4.5.4, 4.6.4, 4.7.5, 4.8.5, 4.9.1.6 |  |

**Table ZA.2 — Correspondence between this European Standard and Annex I of Directive 2006/42/EC**

| Essential health and safety requirements of Annex I to Directive 2006/42/EC | Clause(s)/sub-clause(s) of this EN | Remarks/Notes |
|---|------------------------------------|---------------|
| 1.1.2 (a)   | 4, 5, 6                            |               |
| 1.1.2 (c)   | 4, 5, 6                            |               |

**WARNING 1** Presumption of conformity stays valid only as long as a reference to this European Standard is maintained in the list published in the Official Journal of the European Union. Users of this standard should consult frequently the latest list published in the Official Journal of the European Union.

**WARNING 2** Other Union legislation may be applicable to the product(s) falling within the scope of this standard.

## Bibliography

- [1] ISO 8100-20:2018, *Lifts for the transport of persons and goods — Part 20: Global essential safety requirements (GESRs)*
- [2] ISO 13849-2:2012, *Safety of machinery — Safety-related parts of control systems — Part 2: Validation*
- [3] ISO/TS 8100-3:2019, *Lifts for the transport of persons and goods — Part 3: Requirements from other Standards (ASME A17.1/CSA B44 and JIS A 4307-1/JIS A 4307-2) not included in ISO 8100-1 or ISO 8100-2*
- [4] IEC 61508-1:2010, *Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems — Part 1: General requirements*
- [5] IEC 61784-3:2021, *Industrial communication networks - Profiles - Part 3: Functional safety fieldbuses - General rules and profile definitions*
- [6] IEC 61508-7:2010, *Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety related systems — Part 7: Overview of techniques and measures*
- [7] IPA/SEC ESCR 3.0, *Embedded System development Coding Reference guide [C Language Edition]*