

# Validierungshilfe für Zulieferer nach ISO 13849-2:2012

Stand: 11. Mai 2021

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>ALLGEMEINES</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>MECHANISCHE SYSTEME (ISO 13849-2:2012, ANHANG A)</b> .....	<b>4</b>
2.1	WIE SOLLTE BESTÄTIGT WERDEN? .....	4
2.1.1	Bestätigungen über Tabelle: .....	4
2.1.2	Formblatt für mechanischer Systeme nach ISO 13849-2:2012, Anhang A .....	4
<b>3</b>	<b>PNEUMATISCHE SYSTEME (ISO 13849-2:2012, ANHANG B)</b> .....	<b>5</b>
3.1	WIE SOLLTE BESTÄTIGT WERDEN? .....	5
3.1.1	Generelle Bestätigung der ISO 13849-2:2012, Anhangs B .....	5
3.1.2	Bestätigungen über Tabelle: .....	5
3.1.3	Formblatt für pneumatische Systeme nach ISO 13849-2:2012, Anhang B .....	5
<b>4</b>	<b>HYDRAULISCHE SYSTEME (ISO 13849-2:2012, ANHANG C)</b> .....	<b>6</b>
4.1	WIE SOLLTE BESTÄTIGT WERDEN? .....	6
4.1.1	Generelle Bestätigung der ISO 13849-2:2012, Anhangs C .....	6
4.1.2	Bestätigungen über Tabelle: .....	6
4.1.3	Formblatt für hydraulische Systeme nach ISO 13849-2:2012, Anhang C .....	6
<b>5</b>	<b>ELEKTRISCHE SYSTEME (ISO 13849-2:2012, ANHANG D)</b> .....	<b>7</b>
5.1	WIE SOLLTE BESTÄTIGT WERDEN? .....	7
5.1.1	Generelle Bestätigung der ISO 13849-2:2012, Anhangs D .....	7
5.1.2	Bestätigungen über Tabelle: .....	7
5.1.3	Formblatt für elektrische Systeme nach ISO 13849-2:2012, Anhang D .....	7
<b>6</b>	<b>ANHÄNGE</b> .....	<b>8</b>
6.1	ANHANG A: FORMBLATT FÜR MECHANISCHER SYSTEME NACH ISO 13849-2:2012, ANHANG A .....	8
6.1.1	Tabelle A.1 — Grundlegende Sicherheitsprinzipien .....	8
6.1.2	Tabelle A.2 — Bewährte Sicherheitsprinzipien .....	9
6.1.3	Tabelle A.3 — Bewährte Bauteile .....	9
6.1.4	Tabelle A.4 — Mechanische Geräte, Bauteile und Elemente (z. B. Nocken, Stößel, Kette, Kupplung, Bremse, Welle, Schraube, Stift, Führung, Lager) .....	10
6.1.5	Tabelle A.5 — Schraubendruckfedern .....	10
6.2	ANHANG B: FORMBLATT FÜR PNEUMATISCHER SYSTEME NACH ISO 13849-2:2012, ANHANG B .....	11
6.2.1	Tabelle B.1 — Grundlegende Sicherheitsprinzipien .....	11
6.2.2	Tabelle B.2 — Bewährte Sicherheitsprinzipien .....	11
6.2.3	Tabelle B.3 — Fehler und Fehlerausschlüsse — Wegeventile .....	12
6.2.4	Tabelle B.4 — Fehler und Fehlerausschlüsse — Absperrventile/ Rückschlagventile/Schnellentlüftungsventile/Wechselventile usw. 13	13
6.2.5	Tabelle B.5 — Fehler und Fehlerausschlüsse — Stromregelventile .....	13
6.2.6	Tabelle B.6 — Fehler und Fehlerausschlüsse — Druckventile .....	13
6.2.7	Tabelle B.7 — Fehler und Fehlerausschlüsse — Rohrleitungen .....	14
6.2.8	Tabelle B.8 — Fehler und Fehlerausschlüsse — Schlauchleitungen .....	14
6.2.9	Tabelle B.9 — Fehler und Fehlerausschlüsse — Verbindungselemente .....	14
6.2.10	Tabelle B.10 — Fehler und Fehlerausschlüsse — Druckübersetzer und Druckmittelumrichter .....	15
6.2.11	Tabelle B.11 — Fehler und Fehlerausschlüsse — Filter .....	15
6.2.12	Tabelle B.12 — Fehler und Fehlerausschlüsse — Öler .....	15
6.2.13	Tabelle B.13 — Fehler und Fehlerausschlüsse — Schalldämpfer .....	15
6.2.14	Tabelle B.14 — Fehler und Fehlerausschlüsse — Energiespeicher und Druckbehälter .....	16
6.2.15	Tabelle B.15 — Fehler und Fehlerausschlüsse — Sensoren .....	16
6.2.16	Tabelle B.16 — Fehler und Fehlerausschlüsse — Informationsverarbeitung — Verknüpfungsglieder .....	16
6.2.17	Tabelle B.17 — Fehler und Fehlerausschlüsse — Informationsverarbeitung — Verzögerungsglieder .....	16

6.2.18	Tabelle B.18 — Fehler und Fehlerausschlüsse — Informationsverarbeitung — Umformer .....	16
<b>6.3</b>	<b>ANHANG C: FORMBLATT FÜR HYDRAULISCHER SYSTEME NACH ISO 13849-2:2012, ANHANG C .....</b>	<b>17</b>
6.3.1	Tabelle C.1 — Grundlegende Sicherheitsprinzipien .....	17
6.3.2	Tabelle C.2 — Bewährte Sicherheitsprinzipien .....	17
6.3.3	Tabelle C.3 — Fehler und Fehlerausschlüsse — Wegeventile .....	18
6.3.4	Tabelle C.4 — Fehler und Fehlerausschlüsse — Absperr-(Abschalt)-ventile, Rückschlagventile, Wechselventile usw. ....	19
6.3.5	Tabelle C.5 — Fehler und Fehlerausschlüsse — Stromventile .....	19
6.3.6	Tabelle C.6 — Fehler und Fehlerausschlüsse — Druckventile .....	20
6.3.7	Tabelle C.7 — Fehler und Fehlerausschlüsse — Rohrleitungen aus Metall .....	20
6.3.8	Tabelle C.8 — Fehler und Fehlerausschlüsse — Schlauchleitungen .....	20
6.3.9	Tabelle C.9 — Fehler und Fehlerausschlüsse — Verbindungselemente .....	21
6.3.10	Tabelle C.10 — Fehler und Fehlerausschlüsse — Filter .....	21
6.3.11	Tabelle C.11 — Fehler und Fehlerausschlüsse — Energiespeicher .....	21
6.3.12	Tabelle C.12 — Fehler und Fehlerausschlüsse — Sensoren .....	22
<b>6.4</b>	<b>ANHANG D: FORMBLATT FÜR ELEKTRISCHER SYSTEME NACH ISO 13849-2:2012, ANHANG D .....</b>	<b>23</b>
6.4.1	Tabelle D.1 — Grundlegende Sicherheitsprinzipien .....	23
6.4.2	Tabelle D.2 — Bewährte Sicherheitsprinzipien .....	24
6.4.3	Tabelle D.3 — Bewährte Bauteile .....	25
6.4.4	Tabelle D.4 — Fehler und Fehlerausschlüsse — Leitungen/Kabel .....	26
6.4.5	Tabelle D.5 — Fehler und Fehlerausschlüsse — Leiterplatten/ bestückte Leiterplatten .....	26
6.4.6	Tabelle D.6 — Fehler und Fehlerausschlüsse — Klemmstellen .....	26
6.4.7	Tabelle D.7 — Fehler und Fehlerausschlüsse — Mehrpolige Steckverbindungen .....	26
6.4.8	Tabelle D.8 — Fehler und Fehlerausschlüsse — Schalter — Elektromechanische Positionsschalter, Handschalter .....	27
6.4.9	Tabelle D.9 — Fehler und Fehlerausschlüsse — Schalter — Elektromechanische Einrichtungen .....	27
6.4.10	Tabelle D.10 — Fehler und Fehlerausschlüsse — Schalter — Näherungsschalter .....	28
6.4.11	Tabelle D.11 — Fehler und Fehlerausschlüsse — Elektromagnetische Ventile .....	28
6.4.12	Tabelle D.12 — Fehler und Fehlerausschlüsse — Einzelne elektrische Bauteile — Transformatoren .....	28
6.4.13	Tabelle D.13 — Fehler und Fehlerausschlüsse — Einzelne elektrische Bauteile — Induktivitäten .....	29
6.4.14	Tabelle D.14 — Fehler und Fehlerausschlüsse — Einzelne elektrische Bauteile — Widerstände .....	29
6.4.15	Tabelle D.15 — Fehler und Fehlerausschlüsse — Einzelne elektrische Bauteile — Widerstandsnetzwerke .....	29
6.4.16	Tabelle D.16 — Fehler und Fehlerausschlüsse — Einzelne elektrische Bauteile — Potentiometer .....	30
6.4.17	Tabelle D.17 — Fehler und Fehlerausschlüsse — Einzelne elektrische Bauteile — Kondensatoren .....	30
6.4.18	Tabelle D.18 — Fehler und Fehlerausschlüsse — Elektronische Bauteile — Diskrete Halbleiter .....	30
6.4.19	Tabelle D.19 — Fehler und Fehlerausschlüsse — Elektronische Bauteile — Optokoppler .....	31
6.4.20	Tabelle D.20 — Fehler und Fehlerausschlüsse — Elektronische Bauteile — Nicht programmierbare integrierte Schaltkreise .....	31
6.4.21	Tabelle D.21 — Fehler und Fehlerausschlüsse — Elektronische Bauteile — Programmierbare und/oder komplexe integrierte Schaltkreise .....	32

Bei Rückfragen steht der VDW-Arbeitskreis „Sicherheitstechnik“ zur Verfügung, Kontakt:

Heinrich Mödden

Tel. 069-756081-13

Email: [h.moedden@vdw.de](mailto:h.moedden@vdw.de)

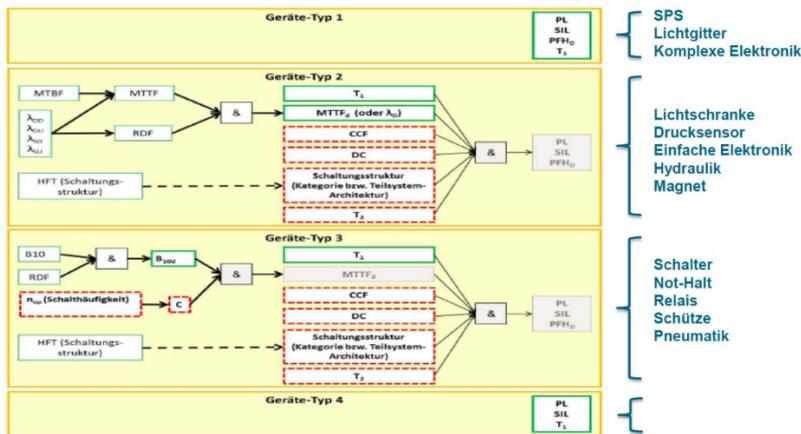
# 1 ALLGEMEINES

Um den Validierungsprozess der Werkzeugmaschinenhersteller normkonform zur ISO 13849, Teile 1 und 2 durchzuführen, ist es notwendig, von Lieferanten bzw. Zulieferern diverse sicherheitsrelevante Unterlagen, Bauteil-/Systemkennwerte und Fehlerausschlüsse zu erhalten. Siehe ISO13849-1:2015 Anhang C, sowie ISO 13849 Kapitel 4, Validierungsverfahren.

Besonders wichtig sind hier Bestätigungen der Anhänge A-D der ISO 13849-2:2012, sowie Sicherheitstechnische Kennwerte die vollständig vorliegen müssen.

- z.B. Performance-Level + Kategorie und PFH Wert – eine Angabe allein reicht nicht.
- B10, B10d, MTBF, MTTF, MTTFd je nach Bauteiltyp.

Siehe dazu VDMA Blatt 66413:



Zusätzlich werden klare aussagekräftige Informationen für die Umgebungsbedingungen, Beschreibungen von Fehlanwendungen, Vorgaben an die Gesamtkonstruktion benötigt. Beschreibungen des Bauteils/Systems in der zugehörigen Dokumentation dürfen den bestimmungsgemäßen Einsatz der Komponente in einer Werkzeugmaschine nicht einschränken.

„Reinraumbedingungen“ wie z.B. kein Staub, kein Rauch, keine Feuchtigkeit oder kein Dampf können in der Regel nicht eingehalten werden. Benötigt wird eine schriftliche Bestätigung, dass diese Komponente in Werkzeugmaschinen eingesetzt werden darf.

Wartungsintervalle sind ebenfalls anzugeben, z.B. falls eine Feder Sicherheitsfunktionen erfüllt, müssen Prüfintervalle vorgegeben sein. Eine Feder kann brechen, die Federkraft kann sich verändern. Ist eine bewährte Feder verbaut?

Die Umsetzung der grundlegenden Sicherheitsprinzipen (bis einschliesslich Kategorie B nach ISO 13849-1:2015, Kap. 6.2.3), sowie die Umsetzung der grundlegenden und bewährten Sicherheitsprinzipen nach ISO 13849-2:2012 muss (ab Kategorie 1 nach ISO 13849-1:2015, Kap. 6.2.4) mindestens bestätigt werden, andernfalls ist das Bauteil/System nicht einsetzbar. Siehe dazu auch Berechnungstool „Sistema“ => Anforderung an die Kategorie.

## 2 MECHANISCHE SYSTEME (ISO 13849-2:2012, ANHANG A)

### 2.1 Wie sollte bestätigt werden?

Zusätzlich bzw. ergänzend zu „Kapitel 1 Allgemeines“ kann die Bestätigung wie in den folgenden Kapiteln dargestellt durchgeführt werden.

#### Textvorschlag:

Hiermit bestätigen wir für das Bauteil/System vollumfänglich den Anhang A der ISO 13849-2:2012. Genügt das Bauteil/System auch noch anderen Anhängen, so sind diese ebenfalls zu bestätigen. Die Parameter, Begrenzungen, Umgebungsbedingungen, Kennwerte etc. sind in einem separatem beigelegten Datenblatt/Dokumentation definiert.

#### 2.1.1 Bestätigungen über Tabelle:

Anhang	Technik	Tabelle(n)							
		Liste grundlegender Sicherheitsprinzipien		Liste bewährter Sicherheitsprinzipien		Liste bewährter Bauteile		Fehlerlisten und Fehlerausschlüsse	
			bestätigt: - JA (☑) - Nein (☒) - nicht relevant (-)		bestätigt: - JA (☑) - Nein (☒) - nicht relevant (-)		bestätigt: - JA (☑) - Nein (☒) - nicht relevant (-)		bestätigt: - JA (☑) - Nein (☒) - nicht relevant (-)
A	Mechanisch	A.1		A.2		A.3		A.4, A.5	
B	Pneumatisch	B.1		B.2		—*		B.3 bis B.18	
C	Hydraulisch	C.1		C.2		—*		C.3 bis C.12	
D	Elektrisch (enthält)	D.1		D.2		D.3		D.4 bis D.21	

\* Ventile können auch vom Hersteller als bewährte Bauteile deklariert werden, die Umgebungsbedingungen sind anzugeben.

#### 2.1.2 Formblatt für mechanischer Systeme nach ISO 13849-2:2012, Anhang A

Falls weder eine vollumfängliche, noch eine Bestätigung über die Tabelle vorliegt müssen über nachfolgendes Formblatt die Einzelpunkte bestätigt werden.

Siehe Anhang A.

### 3 PNEUMATISCHE SYSTEME (ISO 13849-2:2012, ANHANG B)

#### 3.1 Wie sollte bestätigt werden?

Zusätzlich bzw. ergänzend zu „Kapitel 1 Allgemeines“ kann die Bestätigung wie in den folgenden Kapiteln dargestellt durchgeführt werden.

##### 3.1.1 Generelle Bestätigung der ISO 13849-2:2012, Anhangs B

###### Textvorschlag:

Hiermit bestätigen wir für das Bauteil/System vollumfänglich den Anhang B der ISO 13849-2:2012. Genügt das Bauteil/System auch noch anderen Anhängen, so sind diese ebenfalls zu bestätigen. Die Parameter, Begrenzungen, Umgebungsbedingungen, Kennwerte etc. sind in einem separatem beigelegten Datenblatt/Dokumentation definiert.

##### 3.1.2 Bestätigungen über Tabelle:

Anhang	Technik	Tabelle(n)							
		Liste grundlegender Sicherheitsprinzipien		Liste bewährter Sicherheitsprinzipien		Liste bewährter Bauteile		Fehlerlisten und Fehlerausschlüsse	
			bestätigt: - JA (☑) - Nein (☒) - nicht relevant (-)		bestätigt: - JA (☑) - Nein (☒) - nicht relevant (-)		bestätigt: - JA (☑) - Nein (☒) - nicht relevant (-)		bestätigt: - JA (☑) - Nein (☒) - nicht relevant (-)
A	Mechanisch	A.1		A.2		A.3		A.4, A.5	
B	Pneumatisch	B.1		B.2		—*		B.3 bis B.18	
C	Hydraulisch	C.1		C.2		—*		C.3 bis C.12	
D	Elektrisch (enthält)	D.1		D.2		D.3		D.4 bis D.21	

\* Ventile können auch vom Hersteller als bewährte Bauteile deklariert werden, die Umgebungsbedingungen sind anzugeben.

##### 3.1.3 Formblatt für pneumatische Systeme nach ISO 13849-2:2012, Anhang B

Falls weder eine vollumfängliche, noch eine Bestätigung über die Tabelle vorliegt müssen über nachfolgendes Formblatt die Einzelpunkte bestätigen werden. Siehe Anhang B.

## 4 HYDRAULISCHE SYSTEME (ISO 13849-2:2012, ANHANG C)

### 4.1 Wie sollte bestätigt werden?

Zusätzlich bzw. ergänzend zu „Kapitel 1 Allgemeines“ kann die Bestätigung wie in den folgenden Kapiteln dargestellt durchgeführt werden.

#### 4.1.1 Generelle Bestätigung der ISO 13849-2:2012, Anhangs C

##### Textvorschlag:

Hiermit bestätigen wir für das Bauteil/System vollumfänglich den Anhang C der ISO 13849-2:2012. Genügt das Bauteil/System auch noch anderen Anhängen so sind diese ebenfalls zu bestätigen. Die Parameter, Begrenzungen, Umgebungsbedingungen, Kennwerte etc. sind in einem separatem beigelegten Datenblatt/Dokumentation definiert.

#### 4.1.2 Bestätigungen über Tabelle:

Anhang	Technik	Tabelle(n)							
		Liste grundlegender Sicherheitsprinzipien		Liste bewährter Sicherheitsprinzipien		Liste bewährter Bauteile		Fehlerlisten und Fehlerausschlüsse	
			bestätigt: - JA (☑) - Nein (☒) - nicht relevant (-)		bestätigt: - JA (☑) - Nein (☒) - nicht relevant (-)		bestätigt: - JA (☑) - Nein (☒) - nicht relevant (-)		bestätigt: - JA (☑) - Nein (☒) - nicht relevant (-)
A	Mechanisch	A.1		A.2		A.3		A.4, A.5	
B	Pneumatisch	B.1		B.2		—*		B.3 bis B.18	
C	Hydraulisch	C.1		C.2		—*		C.3 bis C.12	
D	Elektrisch (enthält)	D.1		D.2		D.3		D.4 bis D.21	

\* Ventile können auch vom Hersteller als bewährte Bauteile deklariert werden, die Umgebungsbedingungen sind anzugeben.

#### 4.1.3 Formblatt für hydraulische Systeme nach ISO 13849-2:2012, Anhang C

Falls weder eine vollumfängliche, noch eine Bestätigung über die Tabelle vorliegt müssen über nachfolgendes Formblatt die Einzelpunkte bestätigen werden.  
Siehe Anhang C.

## 5 ELEKTRISCHE SYSTEME (ISO 13849-2:2012, ANHANG D)

➤ Falls EMV Richtlinie nicht angegeben wird, schriftlich bestätigen lassen.

### 5.1 Wie sollte bestätigt werden?

Zusätzlich bzw. ergänzend zu „Kapitel 1 Allgemeines“ kann die Bestätigung wie in den folgenden Kapiteln dargestellt durchgeführt werden.

#### 5.1.1 Generelle Bestätigung der ISO 13849-2:2012, Anhangs D

##### Textvorschlag:

Hiermit bestätigen wir für das Bauteil/System vollumfänglich den Anhang D der ISO 13849-2:2012. Genügt das Bauteil/System auch noch anderen Anhängen so sind diese ebenfalls zu bestätigen. Die Parameter, Begrenzungen, Umgebungsbedingungen, Kennwerte etc. sind in einem separatem beigelegten Datenblatt/Dokumentation definiert.

#### 5.1.2 Bestätigungen über Tabelle:

Anhang	Technik	Tabelle(n)							
		Liste grundlegender Sicherheitsprinzipien		Liste bewährter Sicherheitsprinzipien		Liste bewährter Bauteile		Fehlerlisten und Fehlerausschlüsse	
			bestätigt: - JA ( <input type="checkbox"/> ) - Nein ( <input type="checkbox"/> ) - nicht relevant (-)		bestätigt: - JA ( <input type="checkbox"/> ) - Nein ( <input type="checkbox"/> ) - nicht relevant (-)		bestätigt: - JA ( <input type="checkbox"/> ) - Nein ( <input type="checkbox"/> ) - nicht relevant (-)		bestätigt: - JA ( <input type="checkbox"/> ) - Nein ( <input type="checkbox"/> ) - nicht relevant (-)
A	Mechanisch	A.1		A.2		A.3		A.4, A.5	
B	Pneumatisch	B.1		B.2		—*		B.3 bis B.18	
C	Hydraulisch	C.1		C.2		—*		C.3 bis C.12	
D	Elektrisch (enthält)	D.1		D.2		D.3		D.4 bis D.21	

\* Ventile können auch vom Hersteller als bewährte Bauteile deklariert werden, die Umgebungsbedingungen sind anzugeben.

#### 5.1.3 Formblatt für elektrische Systeme nach ISO 13849-2:2012, Anhang D

Falls weder eine vollumfängliche, noch eine Bestätigung über die Tabelle vorliegt müssen über nachfolgendes Formblatt die Einzelpunkte bestätigen werden.

Siehe Anhang D.

## 6 ANHÄNGE

### 6.1 Anhang A: Formblatt für mechanischer Systeme nach ISO 13849-2:2012, Anhang A

#### 6.1.1 Tabelle A.1 — Grundlegende Sicherheitsprinzipien

Grundlegendes Sicherheitsprinzip	Bestätigung (JA/NEIN), bei JA sind wenn erforderlich Parameter, Begrenzungen, Umgebungsbedingungen, Kennwerte, etc. anzugeben, bei NEIN Grund mit anführen
Anwendung geeigneter Werkstoffe und angemessener Herstellungsverfahren	
ordnungsgemäße Dimensionierung und Formgebung	
geeignete Auswahl, Kombination, Anordnungen, Zusammenbau und Einbau der Bauteile / des Systems	
Anwendung des Prinzips der Energietrennung	
geeignete Befestigung	
Begrenzung der Erzeugung und/oder Übertragung der Kraft und ähnlicher Parameter	
Begrenzung des Bereichs der Umgebungsparameter	
Begrenzung der Geschwindigkeit und ähnlicher Parameter	
geeignete Reaktionszeit	
Schutz gegen unerwarteten Anlauf	
Vereinfachung	
Trennung	
geeignete Schmierung	
geeigneter Schutz gegen Eindringen von Flüssigkeiten und Staub	

### 6.1.2 Tabelle A.2 — Bewährte Sicherheitsprinzipien

Bewährtes Sicherheitsprinzip	Bestätigung (JA/NEIN), bei JA sind wenn erforderlich Parameter, Begrenzungen, Umgebungsbedingungen, Kennwerte, etc. anzugeben, bei NEIN Grund mit anführen
Anwendung sorgfältig ausgewählter Werkstoffe und Herstellungsverfahren	
Anwendung von Bauteilen mit festgelegtem Ausfallverhalten	
Überdimensionierung/Sicherheitsfaktor	
Gesicherte Position	
erhöhte AUS-Kraft	
Sorgfältige(r) Auswahl, Kombination, Anordnung, Zusammenbau und Einbau von Bauteilen/Systemen für die jeweilige Anwendung	
sorgfältige Auswahl der Befestigungsart für die jeweilige Anwendung	
positive mechanisch zwangsläufige Wirkung	
Vervielfachung von Teilen	
Anwendung bewährter Federn (siehe auch Tabelle A.3)	
reduzierter Bereich der Kraft und ähnlicher Parameter	
reduzierter Bereich der Geschwindigkeit und ähnlicher Parameter	
reduzierter Bereich der Umgebungsparameter	
reduzierter Bereich der Reaktionszeit, Hysteresebegrenzung	

### 6.1.3 Tabelle A.3 — Bewährte Bauteile

Bewährtes Bauteil	Bestätigung (JA/NEIN), bei JA sind wenn erforderlich Parameter, Begrenzungen, Umgebungsbedingungen, Kennwerte, etc. anzugeben, bei NEIN Grund mit anführen
Schraube	
Feder	
Nocken	
Scherstift	

**6.1.4 Tabelle A.4 — Mechanische Geräte, Bauteile und Elemente (z. B. Nocken, Stößel, Kette, Kupplung, Bremse, Welle, Schraube, Stift, Führung, Lager)**

Betrachteter Fehler	Fehlerausschluss Bestätigung (JA/NEIN), bei NEIN Grund mit anführen
Verschleiß/Korrosion	
nicht Festziehen/Lösen	
Bruch	
Verformung durch Überbeanspruchung	
Steifheit/Hängenbleiben	

**6.1.5 Tabelle A.5 — Schraubendruckfedern**

Betrachteter Fehler	Fehlerausschluss Bestätigung (JA/NEIN), bei NEIN Grund mit anführen
Verschleiß/Korrosion	
Verringerung der Kraft durch bleibende Verformung und Bruch	
Bruch	
Steifheit/Hängenbleiben	
Lösen	
Verformung durch Überbeanspruchung	

## 6.2 Anhang B: Formblatt für pneumatischer Systeme nach ISO 13849-2:2012, Anhang B

### 6.2.1 Tabelle B.1 — Grundlegende Sicherheitsprinzipien

Grundlegendes Sicherheitsprinzip	Bestätigung (JA/NEIN), bei JA sind wenn erforderlich Parameter, Begrenzungen, Umgebungsbedingungen, Kennwerte, etc. anzugeben, bei NEIN Grund mit anführen
Anwendung geeigneter Werkstoffe und Herstellungsverfahren	
Richtige Dimensionierung und Formgebung	
Geeignete Auswahl, Kombination, Anordnung, Zusammenbau und Einbau der Bauteile / des Systems	
Anwendung des Prinzips der Energietrennung	
Geeignete Befestigung	
Druckbegrenzung	
Begrenzung/Verringerung der Geschwindigkeit	
ausreichende Maßnahmen zur Vermeidung von Verunreinigung des Fluids	
geeigneter Schaltzeitbereich	
Beständigkeit gegen Umgebungsbedingungen	
Schutz gegen unerwarteten Anlauf	
Vereinfachung	
geeigneter Temperaturbereich	
Trennung	

### 6.2.2 Tabelle B.2 — Bewährte Sicherheitsprinzipien

Bewährtes Sicherheitsprinzip	Bestätigung (JA/NEIN), bei JA sind wenn erforderlich Parameter, Begrenzungen, Umgebungsbedingungen, Kennwerte, etc. anzugeben, bei NEIN Grund mit anführen
Überdimensionierung/Sicherheitsfaktor	
gesicherte Position	
erhöhte AUS-Kraft	

durch den Lastdruck schließendes Ventil	
mechanisch zwangläufige Wirkung	
Vervielfachung von Teilen	
Anwendung bewährter Federn	
Begrenzung/Verringerung der Geschwindigkeit durch einen Widerstand zum Erreichen eines festgelegten Volumenstroms	
Begrenzung/Verringerung der Kraft	
geeigneter Bereich für die Betriebsbedingungen	
geeignetes Vermeiden einer Verunreinigung des Fluids	
ausreichend große positive Überdeckung in Schieberventilen	
Hysteresebegrenzung	

### 6.2.3 Tabelle B.3 — Fehler und Fehlerausschlüsse — Wegeventile

Betrachteter Fehler	Fehlerausschluss Bestätigung (JA/NEIN), bei NEIN Grund mit anführen
Veränderung der Schaltzeiten	
Nichtschalten (Hängenbleiben in der End- oder Nulllage) oder nicht vollständiges Schalten (Hängenbleiben in einer beliebigen Zwischenstellung)	
selbsttätige Veränderung der Ausgangs-Schaltstellung (ohne Eingangssignal)	
Leckage	
Veränderung des Leckagevolumenstroms über eine lange Einsatzdauer	
Bersten des Ventilgehäuses oder Bruch des/der bewegten Bauteils/Bauteile sowie Bruch der Befestigungs- oder Gehäuseschrauben	
bei Servo- und Proportionalventilen: Pneumatische Fehler, die unkontrolliertes Verhalten bewirken	

### 6.2.4 Tabelle B.4 — Fehler und Fehlerausschlüsse — Absperrventile/ Rückschlagventile/Schnellentlüftungsventile/Wechselventile usw.

Betrachteter Fehler	Fehlerausschluss Bestätigung (JA/NEIN), bei NEIN Grund mit anführen
Veränderung der Schaltzeiten	
Nichtöffnen, nicht vollständiges Öffnen, Nichtschließen oder nicht vollständiges Schließen (Hängenbleiben in einer Endlage oder in einer beliebigen Zwischenstellung)	
selbsttätige Veränderung der Ausgangs-Schaltstellung (ohne Eingangssignal)	
für Wechselventile: gleichzeitiger Verschluss beider Eingangsanschlüsse	
Leckage	
Veränderung des Leckagevolumenstroms über eine lange Einsatzdauer	
Bersten des Ventilgehäuses oder Bruch des/der bewegten Bauteils/Bauteile sowie Bruch der Befestigungs- oder Gehäuseschrauben	

### 6.2.5 Tabelle B.5 — Fehler und Fehlerausschlüsse — Stromregelventile

Betrachteter Fehler	Fehlerausschluss Bestätigung (JA/NEIN), bei NEIN Grund mit anführen
Veränderung des Volumenstroms ohne Veränderung der Verstelleinrichtung	
Veränderung des Volumenstroms bei nicht einstellbaren, kreisförmigen Blenden und Düsen	
bei Proportionalstromventilen: Veränderung des Volumenstroms durch unbeabsichtigte Veränderung des Einstellwertes	
selbsttätige Veränderung der Verstelleinrichtung	
unbeabsichtigtes Lösen (Herausdrehen) des Stellteils / der Stellteile der Verstelleinrichtung	
Bersten des Ventilgehäuses oder Bruch des/der bewegten Bauteils/Bauteile sowie Bruch der Befestigungs- oder Gehäuseschrauben	

### 6.2.6 Tabelle B.6 — Fehler und Fehlerausschlüsse — Druckventile

Betrachteter Fehler	Fehlerausschluss Bestätigung (JA/NEIN), bei NEIN Grund mit anführen
Nichtöffnen oder nicht ausreichendes Öffnen bei Überschreiten des Einstelldruckes (Hängenbleiben oder Schwergängigkeit des bewegten Bauteils)	
Nichtschließen oder nicht vollständiges Schließen bei Unterschreiten des Einstelldruckes (Hängenbleiben oder Schwergängigkeit des bewegten Bauteils)	
Veränderung des Druck-Regelverhaltens ohne Veränderung der Verstelleinrichtung	
bei Proportional-Druckventilen: Veränderung des Druck-Regelverhaltens durch unbeabsichtigte Veränderung des Einstellwertes	

selbsttätige Veränderung der Verstelleinrichtung	
unbeabsichtigtes Herausdrehen des Stelleils der Verstelleinrichtung	
Leckage	
Veränderung des Leckage-Volumenstroms über eine lange Einsatzdauer	
Bersten des Ventilgehäuses oder Bruch des/der bewegten Bauteils/Bauteile sowie Bruch der Befestigungs- oder Gehäuseschrauben	

### 6.2.7 Tabelle B.7 — Fehler und Fehlerausschlüsse — Rohrleitungen

Betrachteter Fehler	Fehlerausschluss Bestätigung (JA/NEIN), bei NEIN Grund mit anführen
Bersten und Leckage	
Fehler am Verbindungselement (z. B. Abreißen/Ausreißen, Leckage)	
Zusetzen (Verstopfen)	
Abknicken von Kunststoffrohren mit geringer Nennweite	

### 6.2.8 Tabelle B.8 — Fehler und Fehlerausschlüsse — Schlauchleitungen

Betrachteter Fehler	Fehlerausschluss Bestätigung (JA/NEIN), bei NEIN Grund mit anführen
Bersten, Ausreißen aus / Abreißen an der Einbindung und Leckage	
Zusetzen (Verstopfen)	

### 6.2.9 Tabelle B.9 — Fehler und Fehlerausschlüsse — Verbindungselemente

Betrachteter Fehler	Fehlerausschluss Bestätigung (JA/NEIN), bei NEIN Grund mit anführen
Bersten, Schraubenbruch oder Ausreißen von Gewinden	
Leckage (Verlust der Dichtwirkung)	
Zusetzen (Verstopfen)	

### 6.2.10 Tabelle B.10 — Fehler und Fehlerausschlüsse — Druckübersetzer und Druckmittelumrichter

Betrachteter Fehler	Fehlerausschluss Bestätigung (JA/NEIN), bei NEIN Grund mit anführen
Verlust oder Veränderung der Luft-/Öl-Dichtwirkung der Druckräume	
Bersten der Druckräume sowie Bruch von Befestigungs- oder Deckelschrauben	

### 6.2.11 Tabelle B.11 — Fehler und Fehlerausschlüsse — Filter

Betrachteter Fehler	Fehlerausschluss Bestätigung (JA/NEIN), bei NEIN Grund mit anführen
Zusetzen/Verstopfen des Filterelements	
Bruch oder teilweiser Bruch des Filterelements	
Ausfall der Filterzustands-Anzeigeeinrichtung oder Überwachungseinrichtung	
Bersten des Filtergehäuses oder Bruch der Deckel- oder Verbindungselemente	

### 6.2.12 Tabelle B.12 — Fehler und Fehlerausschlüsse — Öler

Betrachteter Fehler	Fehlerausschluss Bestätigung (JA/NEIN), bei NEIN Grund mit anführen
Veränderung des Einstellwertes (Ölvolumen je Zeiteinheit) ohne Veränderung der Verstelleinrichtung	
selbsttätige Veränderung der Verstelleinrichtung	
unbeabsichtigtes Herausdrehen des Stellteils / der Verstelleinrichtung	
Bersten des Gehäuses oder Bruch der Deckel-, Befestigungs- oder Verbindungselemente	

### 6.2.13 Tabelle B.13 — Fehler und Fehlerausschlüsse — Schalldämpfer

Betrachteter Fehler	Fehlerausschluss Bestätigung (JA/NEIN), bei NEIN Grund mit anführen
Zusetzen (Verstopfen) des Schalldämpfers	

### 6.2.14 Tabelle B.14 — Fehler und Fehlerausschlüsse — Energiespeicher und Druckbehälter

Betrachteter Fehler	Fehlerausschluss Bestätigung (JA/NEIN), bei NEIN Grund mit anführen
Bruch/Bersten des Energiespeichers/ Druckbehälters oder der Verbindungselemente oder Ausreißen der Gewinde von Befestigungsschrauben	

### 6.2.15 Tabelle B.15 — Fehler und Fehlerausschlüsse — Sensoren

Betrachteter Fehler	Fehlerausschluss Bestätigung (JA/NEIN), bei NEIN Grund mit anführen
fehlerhafter Sensor (siehe Bemerkung)	
Veränderung der Erfassungs- oder Ausgabeigenschaften	

### 6.2.16 Tabelle B.16 — Fehler und Fehlerausschlüsse — Informationsverarbeitung — Verknüpfungsglieder

Betrachteter Fehler	Fehlerausschluss Bestätigung (JA/NEIN), bei NEIN Grund mit anführen
fehlerhaftes Verknüpfungsglied (z. B. UND-Glied, ODER-Glied, Speicherglied) durch z. B. Veränderung der Schaltzeiten, Nichtschalten oder unvollständiges Schalten	

### 6.2.17 Tabelle B.17 — Fehler und Fehlerausschlüsse — Informationsverarbeitung — Verzögerungsglieder

Betrachteter Fehler	Fehlerausschluss Bestätigung (JA/NEIN), bei NEIN Grund mit anführen
fehlerhaftes Verzögerungsglied (z. B. pneumatische und pneumatisch/mechanische Zeit- und Zählglieder)	
Veränderung der Erfassungs- oder Ausgabeigenschaften	
Bersten des Gehäuses oder Bruch der Deckel- oder Befestigungselemente	

### 6.2.18 Tabelle B.18 — Fehler und Fehlerausschlüsse — Informationsverarbeitung — Umformer

Betrachteter Fehler	Fehlerausschluss Bestätigung (JA/NEIN), bei NEIN Grund mit anführen
fehlerhafter Umformer	
Veränderung der Erfassungs- oder Ausgabeigenschaften	
Bersten des Gehäuses oder Bruch der Deckel- oder Befestigungselemente	

## 6.3 Anhang C: Formblatt für hydraulischer Systeme nach ISO 13849-2:2012, Anhang C

### 6.3.1 Tabelle C.1 — Grundlegende Sicherheitsprinzipien

Grundlegendes Sicherheitsprinzip	Bestätigung (JA/NEIN), bei NEIN Grund mit anführen
Anwendung geeigneter Werkstoffe und Herstellungsverfahren	
richtige Dimensionierung und Formgebung	
geeignete(r) Auswahl, Kombination, Anordnungen, Zusammenbau und Einbau der Bauteile / des Systems	
Anwendung des Prinzips der Energietrennung	
geeignete Befestigung	
Druckbegrenzung	
Begrenzung/Verringerung der Geschwindigkeit	
ausreichende Maßnahmen zur Vermeidung von Verunreinigung des Fluids	
geeigneter Schaltzeitbereich	
Beständigkeit gegen Umgebungsbedingungen	
Vereinfachung	
geeigneter Temperaturbereich	
Trennung	

### 6.3.2 Tabelle C.2 — Bewährte Sicherheitsprinzipien

Bewährtes Sicherheitsprinzip	Bestätigung (JA/NEIN), bei NEIN Grund mit anführen
Überdimensionierung/Sicherheitsfaktor	
gesicherte Position	
erhöhte AUS-Kraft	
durch den Lastdruck schließendes Ventil	
mechanisch zwangläufige Wirkung	

Vervielfachung von Teilen	
Anwendung bewährter Federn	
Begrenzung/Verringerung der Geschwindigkeit durch einen Widerstand gegen einen festgelegten Volumenstrom	
Begrenzung/Verringerung der Kraft	
geeigneter Bereich für die Betriebsbedingungen	
Überwachung des Zustands des Fluids	
ausreichend große positive Überdeckung in Kolbenschieberventilen	
Hysteresebegrenzung	

### 6.3.3 Tabelle C.3 — Fehler und Fehlerausschlüsse — Wegeventile

Betrachteter Fehler	Fehlerausschluss Bestätigung (JA/NEIN), bei NEIN Grund mit anführen
Veränderung der Schaltzeiten	
Nichtschalten (Hängenbleiben in einer End- oder Nulllage) oder nicht vollständiges Schalten (Hängenbleiben in einer beliebigen Zwischenstellung)	
Selbsttätige Veränderung der Ausgangs-Schaltstellung (ohne Eingangssignal)	
Leckage	
Veränderung des Leckagevolumenstroms nach einer langen Einsatzdauer	
Bersten des Ventilgehäuses oder Bruch des/der bewegten Bauteils/Bauteile sowie Bruch der Befestigungs- oder Gehäuseschrauben	
bei Servo- und Proportionalventilen: Hydraulische Fehler, die unkontrolliertes Verhalten bewirken	

### 6.3.4 Tabelle C.4 — Fehler und Fehlerausschlüsse — Absperr-(Abschalt)-ventile, Rückschlagventile, Wechselventile usw.

Betrachteter Fehler	Fehlerausschluss Bestätigung (JA/NEIN), bei NEIN Grund mit anführen
Veränderung der Schaltzeiten	
Nichtöffnen, nicht vollständiges Öffnen, Nichtschließen oder nicht vollständiges Schließen (Hängenbleiben in einer Endlage oder in einer beliebigen Zwischenstellung)	
selbsttätige Veränderung der Ausgangs-Schaltstellung (ohne Eingangssignal)	
für Wechselventile: gleichzeitiger Verschluss beider Eingangsanschlüsse	
Leckage	
Veränderung des Leckagevolumenstroms über eine lange Einsatzdauer	
Bersten des Ventilgehäuses oder Bruch des/der bewegten Bauteils/Bauteile sowie Bruch der Befestigungs- oder Gehäuseschrauben	

### 6.3.5 Tabelle C.5 — Fehler und Fehlerausschlüsse — Stromventile

Betrachteter Fehler	Fehlerausschluss Bestätigung (JA/NEIN), bei NEIN Grund mit anführen
Veränderung des Volumenstroms ohne Veränderung der Verstelleinrichtung	
Veränderung des Volumenstroms bei nicht einstellbaren kreisförmigen Blenden und Düsen	
bei Proportionalstromventilen: Veränderung des Volumenstroms durch unbeabsichtigte Veränderung des Einstellwertes	
selbsttätige Veränderung der Verstelleinrichtung	
unbeabsichtigtes Lösen (Herausdrehen) des Stellteils / der Stellteile der Verstelleinrichtung	
Bersten des Ventilgehäuses oder Bruch des/der bewegten Bauteils/Bauteile sowie Bruch der Befestigungs- oder Gehäuseschrauben	

### 6.3.6 Tabelle C.6 — Fehler und Fehlerausschlüsse — Druckventile

Betrachteter Fehler	Fehlerausschluss Bestätigung (JA/NEIN), bei NEIN Grund mit anführen
Nichtöffnen oder nicht ausreichendes Öffnen (weg- und zeitmäßig) bei Überschreiten des Einstelldruckes (Hängenbleiben oder Schwergängigkeit des bewegten Bauteils)	
Nichtschließen oder nicht vollständiges Schließen (weg- und zeitmäßig) bei Unterschreiten des Einstelldruckes (Hängenbleiben oder Schwergängigkeit des bewegten Bauteils)	
Veränderung des Druck-Regelverhaltens ohne Veränderung der Verstelleinrichtung	
bei Proportional-Druckventilen: Veränderung des Druck-Regelverhaltens durch unbeabsichtigte Veränderung des Einstellwertes	
selbsttätige Veränderung der Verstelleinrichtung	
unbeabsichtigtes Herausdrehen des Stellteils der Verstelleinrichtung	
Leckage	
Veränderung des Leckage-Volumenstroms über eine lange Einsatzdauer	
Bersten des Ventilgehäuses oder Bruch des/der bewegten Bauteils/Bauteile sowie Bruch der Befestigungs- oder Gehäuseschrauben	

### 6.3.7 Tabelle C.7 — Fehler und Fehlerausschlüsse — Rohrleitungen aus Metall

Betrachteter Fehler	Fehlerausschluss Bestätigung (JA/NEIN), bei NEIN Grund mit anführen
Bersten und Leckage	
Fehler am Verbindungselement (z. B. Abreißen/Ausreißen, Leckage)	
Zusetzen (Verstopfen)	

### 6.3.8 Tabelle C.8 — Fehler und Fehlerausschlüsse — Schlauchleitungen

Betrachteter Fehler	Fehlerausschluss Bestätigung (JA/NEIN), bei NEIN Grund mit anführen
Bersten, Ausreißen aus / Abreißen an der Einbindung und Leckage	
Zusetzen (Verstopfen)	

### 6.3.9 Tabelle C.9 — Fehler und Fehlerausschlüsse — Verbindungselemente

Betrachteter Fehler	Fehlerausschluss Bestätigung (JA/NEIN), bei NEIN Grund mit anführen
Bersten, Schraubenbruch oder Ausreißen von Gewinden	
Leckage (Verlust der Dichtwirkung)	
Zusetzen (Verstopfen)	

### 6.3.10 Tabelle C.10 — Fehler und Fehlerausschlüsse — Filter

Betrachteter Fehler	Fehlerausschluss Bestätigung (JA/NEIN), bei NEIN Grund mit anführen
Zusetzen/Verstopfen des Filterelements	
Bruch des Filterelements	
Ausfall des Bypassventils	
Ausfall der Verschmutzungs-Anzeigeeinrichtung oder -Überwachungseinrichtung	
Bersten des Filtergehäuses oder Bruch der Deckel- oder Verbindungselemente	

### 6.3.11 Tabelle C.11 — Fehler und Fehlerausschlüsse — Energiespeicher

Betrachteter Fehler	Fehlerausschluss Bestätigung (JA/NEIN), bei NEIN Grund mit anführen
Bruch/Bersten des Energiespeicher-Behälters oder der Verbindungselemente oder der Deckelschrauben sowie Ausreißen der Schraubengewinde	
Leckage am Trennglied zwischen Gas und Druckflüssigkeit	
Ausfall/Bruch des Trenngliedes zwischen Gas und Druckflüssigkeit	
Ausfalls des Füllventils auf der Gasseite	

### 6.3.12 Tabelle C.12 — Fehler und Fehlerausschlüsse — Sensoren

Betrachteter Fehler	Fehlerausschluss Bestätigung (JA/NEIN), bei NEIN Grund mit anführen
fehlerhafter Sensor (siehe Bemerkung in ISO 13849-2)	
Veränderung der Erfassungs- oder Ausgabeigenschaften	

## 6.4 Anhang D: Formblatt für elektrischer Systeme nach ISO 13849-2:2012, Anhang D

### 6.4.1 Tabelle D.1 — Grundlegende Sicherheitsprinzipien

Grundlegendes Sicherheitsprinzip	Bestätigung (JA/NEIN), bei JA sind wenn erforderlich Parameter, Begrenzungen, Umgebungsbedingungen, Kennwerte, etc. anzugeben, bei NEIN Grund mit anführen
Anwendung geeigneter Werkstoffe und Herstellungsverfahren	
richtige Dimensionierung und Formgebung	
Geeignete(r) Auswahl, Kombination, Anordnungen, Zusammenbau und Einbau der Bauteile/des Systems	
richtige Schutzleiterverbindung	
Isolationsüberwachung	
Anwendung des Prinzips der Energietrennung	
Unterdrückung von Spannungsspitzen	
Verringerung der Ansprechzeit	
Verträglichkeit	
Beständigkeit gegen Umgebungsbeanspruchungen	
sichere Befestigung der Eingabegeräte	
Schutz gegen unerwarteten Anlauf	
Schutz des Steuerstromkreises	
aufeinander folgendes Schalten bei Stromkreisen mit Reihenanschlüssen redundanter Signale	

## 6.4.2 Tabelle D.2 — Bewährte Sicherheitsprinzipien

Bewährtes Sicherheitsprinzip	Bestätigung (JA/NEIN), bei JA sind wenn erforderlich Parameter, Begrenzungen, Umgebungsbedingungen, Kennwerte, etc. anzugeben, bei NEIN Grund mit anführen
mechanisch zwangsläufig verbundene Kontakte	
Fehlervermeidung in Kabeln	
Abstände zwischen elektrischen Leitern	
Energiebegrenzung	
Begrenzung elektrischer Parameter	
Vermeidung undefinierter Zustände	
Zwangsläufiger Betätigungsmodus	
Zustandsausrichtung bei Ausfällen	
gerichteter Ausfall	
Überdimensionierung	
Verringerung von Fehlermöglichkeiten	
Geichgewicht zwischen Komplexität/ Vereinfachung	

### 6.4.3 Tabelle D.3 — Bewährte Bauteile

Bewährtes Bauteile	Bestätigung (JA/NEIN), bei JA sind wenn erforderlich Parameter, Begrenzungen, Umgebungsbedingungen, Kennwerte, etc. anzugeben, bei NEIN Grund mit anführen
Schalter mit zwangsläufiger Betätigung (direktöffnend), z. B.: — Tastschalter; — Positionsschalter; — nockenbetätigte Wahlschalter, z. B. zur Auswahl der Betriebsart	
Not-Aus-Einrichtung	
Sicherung	
Leistungsschalter	
Lastschalter, Trennschalter	
Fehlerstromschutzeinrichtung/RCD (Residual current device)	
Hauptschütz	
Betätigungs- und Schutzschalteinrichtung oder -gerät (Control and protective switching device (CPS))	
Hilfsschütz (z. B. Relais)	
Relais	
Transformator	
Kabel	
Stecker und Steckdose	
Temperaturschalter	
Druckschalter	
elektromagnetisches Ventil	

#### 6.4.4 Tabelle D.4 — Fehler und Fehlerausschlüsse — Leitungen/Kabel

Betrachteter Fehler	Fehlerausschluss Bestätigung (JA/NEIN), bei NEIN Grund mit anführen
Kurzschluss zwischen zwei beliebigen Leitern	
Kurzschluss zwischen einem beliebigen Leiter und einem ungeschützten leitenden Teil oder der Erde oder einer Schutzleiterverbindung	
Unterbrechung eines Leiters	

#### 6.4.5 Tabelle D.5 — Fehler und Fehlerausschlüsse — Leiterplatten/ bestückte Leiterplatten

Betrachteter Fehler	Fehlerausschluss Bestätigung (JA/NEIN), bei NEIN Grund mit anführen
Kurzschluss zwischen benachbarten Klemmen	
Unterbrechung einzelner Klemmen	

#### 6.4.6 Tabelle D.6 — Fehler und Fehlerausschlüsse — Klemmstellen

Betrachteter Fehler	Fehlerausschluss Bestätigung (JA/NEIN), bei NEIN Grund mit anführen
Kurzschluss zwischen benachbarten Klemmen	
Unterbrechung einzelner Klemmen	

#### 6.4.7 Tabelle D.7 — Fehler und Fehlerausschlüsse — Mehrpolige Steckverbindungen

Betrachteter Fehler	Fehlerausschluss Bestätigung (JA/NEIN), bei NEIN Grund mit anführen
Kurzschluss zwischen zwei beliebigen benachbarten Steckerstiften	
vertauschter oder unrichtig eingesteckter Stift, wenn keine mechanische Möglichkeit zur Verhinderung vorgesehen ist	
Kurzschluss zwischen einem beliebigen Leiter (siehe Bemerkung) und der Erde oder einem leitenden Teil oder dem Schutzleiter	
Unterbrechung einzelner Steckerstifte	

### 6.4.8 Tabelle D.8 — Fehler und Fehlerausschlüsse — Schalter — Elektromechanische Positionsschalter, Handschalter

(z. B. Tastschalter, Rücksetzschalter, DIP-Schalter, magnetisch betätigte Kontakte, Reedschalter, Druckschalter, Temperaturschalter)

Betrachteter Fehler	Fehlerausschluss Bestätigung (JA/NEIN), bei NEIN Grund mit anführen
Nichtschließen von Kontakten	
Nichtöffnen von Kontakten	
Kurzschluss von benachbarten Kontakten, die voneinander isoliert sind	
gleichzeitiger Kurzschluss zwischen den drei Klemmen von Wechselkontakten	

### 6.4.9 Tabelle D.9 — Fehler und Fehlerausschlüsse — Schalter — Elektromechanische Einrichtungen

(z. B. Relais, Schütze)

Betrachteter Fehler	Fehlerausschluss Bestätigung (JA/NEIN), bei NEIN Grund mit anführen
alle Kontakte bleiben unter Spannung, wenn die Spule abgeschaltet ist (z. B. durch einen mechanischen Fehler)	
alle Kontakte bleiben abgeschaltet, wenn Energie ansteht (z. B. durch einen mechanischen Fehler, Unterbrechung der Spule)	
Nichtöffnen von Kontakten	
Nichtschließen von Kontakten	
gleichzeitiger Kurzschluss zwischen den drei Klemmen eines Wechselkontaktes	
Kurzschluss zwischen zwei Kontakten untereinander und/oder zwischen Kontakten und Wicklung	

#### 6.4.10 Tabelle D.10 — Fehler und Fehlerausschlüsse — Schalter — Näherungsschalter

Betrachteter Fehler	Fehlerausschluss Bestätigung (JA/NEIN), bei NEIN Grund mit anführen
Ausgang dauernd niederohmig	
Ausgang dauernd hochohmig	
Spannungsversorgung unterbrochen	
Nichtbetätigen des Schalters infolge eines mechanischen Ausfalls	
Kurzschluss zwischen den drei Anschlüssen eines Wechselkontaktes	

#### 6.4.11 Tabelle D.11 — Fehler und Fehlerausschlüsse — Elektromagnetische Ventile

Betrachteter Fehler	Fehlerausschluss Bestätigung (JA/NEIN), bei NEIN Grund mit anführen
Ausgang dauernd niederohmig	
Ausgang dauernd hochohmig	

#### 6.4.12 Tabelle D.12 — Fehler und Fehlerausschlüsse — Einzelne elektrische Bauteile — Transformatoren

Betrachteter Fehler	Fehlerausschluss Bestätigung (JA/NEIN), bei NEIN Grund mit anführen
Unterbrechung einer Wicklung	
Kurzschluss zwischen verschiedenen Wicklungen	
Kurzschluss in einer Wicklung	
Veränderung des wirksamen Windungsverhältnisses	

**6.4.13 Tabelle D.13 — Fehler und Fehlerausschlüsse — Einzelne elektrische Bauteile — Induktivitäten**

Betrachteter Fehler	Fehlerausschluss Bestätigung (JA/NEIN), bei NEIN Grund mit anführen
Unterbrechung	
Kurzschluss	
zufällige Veränderung des Wertes $0,5 L_N < L < L_N + \text{Abweichung}$ , wobei $L_N$ der Nennwert der Induktivität ist	

**6.4.14 Tabelle D.14 — Fehler und Fehlerausschlüsse — Einzelne elektrische Bauteile — Widerstände**

Betrachteter Fehler	Fehlerausschluss Bestätigung (JA/NEIN), bei NEIN Grund mit anführen
Kurzschluss	
Zufällige Veränderung des Wertes $0,5 R_N < R < 2 R_N$ , wobei $R_N$ der Nennwert des Widerstandes ist	

**6.4.15 Tabelle D.15 — Fehler und Fehlerausschlüsse — Einzelne elektrische Bauteile — Widerstandsnetzwerke**

Betrachteter Fehler	Fehlerausschluss Bestätigung (JA/NEIN), bei NEIN Grund mit anführen
Unterbrechung	
Kurzschluss zwischen zwei beliebigen Anschlüssen	
Kurzschluss zwischen beliebigen Anschlüssen	
Zufällige Veränderung des Wertes $0,5 R_N < R < 2 R_N$ , wobei $R_N$ der Nennwert des Widerstandes ist	

#### 6.4.16 Tabelle D.16 — Fehler und Fehlerausschlüsse — Einzelne elektrische Bauteile — Potentiometer

Betrachteter Fehler	Fehlerausschluss Bestätigung (JA/NEIN), bei NEIN Grund mit anführen
Unterbrechung eines einzelnen Anschlusses	
Kurzschluss zwischen allen Anschlüssen	
Kurzschluss zwischen zwei beliebigen Anschlüssen	
Zufällige Veränderung des Wertes $0,5 RP < R < 2 RP$ , wobei RP der Nennwert des Widerstandes ist	

#### 6.4.17 Tabelle D.17 — Fehler und Fehlerausschlüsse — Einzelne elektrische Bauteile — Kondensatoren

Betrachteter Fehler	Fehlerausschluss Bestätigung (JA/NEIN), bei NEIN Grund mit anführen
Unterbrechung	
Kurzschluss	
Zufällige Veränderung des Wertes $0,5 CN < C < CN$ Abweichung, wobei CN der Nennwert der Kapazität des Kondensators ist	
Veränderung des Wertes $\tan \delta$	

#### 6.4.18 Tabelle D.18 — Fehler und Fehlerausschlüsse — Elektronische Bauteile — Diskrete Halbleiter

(z. B. Dioden, Zener-Dioden, Transistoren, Triacs, Thyristoren, Spannungsregler, Quarzkristall, Fototransistoren, leuchtmitternde Dioden [LEDs])

Betrachteter Fehler	Fehlerausschluss Bestätigung (JA/NEIN), bei NEIN Grund mit anführen
Unterbrechung eines Anschlusses	
Kurzschluss zwischen zwei beliebigen Anschlüssen	
Kurzschluss gleichzeitig zwischen allen Anschlüssen	
Veränderung von Kenndaten	

### 6.4.19 Tabelle D.19 — Fehler und Fehlerausschlüsse — Elektronische Bauteile — Optokoppler

Betrachteter Fehler	Fehlerausschluss Bestätigung (JA/NEIN), bei NEIN Grund mit anführen
Unterbrechung eines einzelnen Anschlusses	
Kurzschluss zwischen zwei beliebigen eingangsseitigen Anschlüssen	
Kurzschluss zwischen zwei beliebigen ausgangsseitigen Anschlüssen	
Kurzschluss zwischen zwei beliebigen Anschlüssen des Ein- und Ausgangs	

### 6.4.20 Tabelle D.20 — Fehler und Fehlerausschlüsse — Elektronische Bauteile — Nicht programmierbare integrierte Schaltkreise

Betrachteter Fehler	Fehlerausschluss Bestätigung (JA/NEIN), bei NEIN Grund mit anführen
Unterbrechung eines einzelnen Anschlusses	
Kurzschluss zwischen zwei beliebigen Anschlüssen	
Stuck-At-Fehler (d. h. Kurzschluss zu 1 und 0 bei isoliertem Eingang oder unterbrochenem Ausgang). Statisches „0“- und „1“-Signal an allen Ein- und Ausgängen, einzeln oder gleichzeitig	
Störschwingung der Ausgänge	
Veränderung von Kennwerten, (z. B. Eingangs-/Ausgangsspannung analoger Geräte)	

### 6.4.21 Tabelle D.21 — Fehler und Fehlerausschlüsse — Elektronische Bauteile — Programmierbare und/oder komplexe integrierte Schaltkreise

Betrachteter Fehler	Fehlerausschluss Bestätigung (JA/NEIN), bei NEIN Grund mit anführen
Fehler in allen Teilen der Funktion oder in einem Teil der Funktion einschließlich Software-Fehler	
Unterbrechung eines einzelnen Anschlusses	
Kurzschluss zwischen zwei beliebigen Anschlüssen	
Stück-At-Fehler (d. h. Kurzschluss zu 1 und 0 bei isoliertem Eingang oder unterbrochenem Ausgang). Statisches „0“- und „1“-Signal an allen Ein- und Ausgängen, einzeln oder gleichzeitig	
Störschwingung der Ausgänge	
Veränderung von Kennwerten, z. B. Eingangs-/Ausgangsspannung analoger Geräte	
unerkannte Fehler in der Hardware, die wegen der Komplexität des IC nicht entdeckt werden	