



IFA

Institut für Arbeitsschutz der
Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung
Prüf- und Zertifizierungsstelle im DGUV Test

Grundsätze für die Prüfung und Zertifizierung von kontaktbehaftet abgeschalteten elektro-hydraulischen Stetig-Wegeventilen für sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen

Stand 10.2024

Prüfgrundsatz
GS-IFA-M12

Institut für Arbeitsschutz der DGUV
Prüf- und Zertifizierungsstelle im DGUV Test
Alte Heerstr. 111
53757 Sankt Augustin

Wir prüfen für Sie. Mit Sicherheit.

GS-IFA-M12

Inhaltsverzeichnis

0	Vorbemerkung – Änderungen zur vorherigen Version	3
1	Allgemeines.....	3
1.1	Anwendungsbereich	3
1.2	Prüfgrundlagen	4
1.3	Gültigkeit	6
2	Begriffe	7
2.1	Steuerung	7
2.2	Ventile	7
2.3	Charakteristische Elemente und Zustände	8
2.4	Betätigung	9
2.5	Kennzeichnende Merkmale	9
3	Anforderungen und Prüfung	9
3.1	Allgemeines	9
3.2	Hydraulischer Teil	11
3.3	Elektrisch/elektronischer Teil	15
3.4	Klimatische Bedingungen	18
3.5	Mechanische Festigkeit	20
3.6	Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)	22
3.7	Benutzerinformation/Dokumentation	23
4	Örtliche und sachliche Zuständigkeit	24
5	Ablauf des Prüf- und Zertifizierungsverfahrens	24
5.1	Einleitung des Prüfverfahrens	24
5.2	Prüfantrag und einzureichende Unterlagen	24
5.3	Angebot und Vertrag	25
5.4	Durchführung der Prüfung	25
5.5	Prüfbericht	26
5.6	Nachprüfung	26
5.7	Zertifikat für das geprüfte Baumuster	26
6	Kontrollmaßnahmen	26
7	Prüfgebühren	26

0 Vorbemerkung – Änderungen zur vorherigen Version

Änderung aufgrund einer neuen Vorlage sowie Aktualisierung der Ausgabedaten einiger Normen.

1 Allgemeines

Dieser Prüfgrundsatz wurde im Institut für Arbeitsschutz – IFA erarbeitet. Er beschreibt die Anforderungen für die Prüfung und Zertifizierung von kontaktbehaftet abgeschalteten elektro-hydraulischen Stetig-Wegeventilen, die in sicherheitsbezogenen Teilen von Steuerungen eingesetzt werden.

Herstellern und Anwendern solcher Ventile wird hiermit eine Grundlage für eine sicherheitsgerichtete Prüfung an die Hand gegeben bzw. die Möglichkeit eröffnet, eine derartige Prüfung durchführen zu lassen.

Die hier beschriebenen Stetig-Wegeventile werden zur Beeinflussung von Richtung und Größe von Volumenströmen eingesetzt. Sie bestimmen daher auch insbesondere Anlauf und Anhalten von hydraulischen Antrieben. Wenn die von hydraulischen Antrieben erzeugten Bewegungen Gefahr bringend sind, werden die Stetig-Wegeventile, welche diese Bewegungen steuern, in einem sicherheitsbezogenen Teil der Steuerung eingesetzt. Die Sicherheitsfunktion der Steuerung wird z. B. durch Ansprechen einer Schutzeinrichtung ausgelöst. Durch die sicherheitsbezogenen Teile der Steuerung in der hydraulischen Steuerung, also hier durch die Stetig-Wegeventile, wird der Maschine dann das Erreichen eines sicheren Zustandes ermöglicht.

Um begründet beurteilen zu können, ob ein Stetig-Wegeventil in sicherheitsbezogenen Teilen von Steuerungen eingesetzt werden kann, müssen ihre sicherheitstechnischen Eigenschaften bekannt sein. Diese festzustellen, ist Aufgabe des vorliegenden Prüfgrundsatzes.

1.1 Anwendungsbereich

Dieser Prüfgrundsatz gilt für die Prüfung und Zertifizierung von **elektro-hydraulischen Stetig-Wegeventilen**, die in **sicherheitsbezogenen Teilen von Steuerungen** eingesetzt werden, bei denen die Versorgungsspannung der elektro-mechanischen Wandler des Ventils selbst oder einer adäquaten Einrichtung **kontaktbehaftet abgeschaltet** wird.

Dieser Prüfgrundsatz betrifft ausschließlich sicherheitsrelevante Eigenschaften dieser Ventile wie z. B. die Einnahme einer definierten Schaltstellung nach Abschalten der Steuerenergie.

In dem hier vorliegenden Prüfgrundsatz sind ventilspezifische und allgemein gültige Anforderungen enthalten. Die in Absatz 1.2 „Prüfgrundlagen“ aufgeführten Normen/Normentwürfe, Prüfgrundsätze und Arbeitsblätter sind, wo zutreffend, auszugsweise angewendet, bzw. es wird auf diese Bezug genommen.

Hinweis zum praktischen Einsatz:

Auch beim Einsatz von erfolgreich geprüften Stetig-Wegeventilen (Bauteilanforderungen erfüllt) müssen zusätzlich die steuerungstechnischen Anforderungen des jeweils gewählten Performancelevels/der jeweils gewählten Kategorie nach DIN EN ISO 13849-1 und ggf. zutreffender Produktnormen (Typ-C-Normen für bestimmte Maschinen) erfüllt werden.

Darüber hinaus sind für hydraulische Anlagen und deren Bauteile grundsätzlich die Anforderungen der DIN EN ISO 4413 zu beachten.

1.2 Prüfgrundlagen

1.2.1 Hydraulik

- DIN EN ISO 12100:2011-03, Sicherheit von Maschinen – Allgemeine Gestaltungsleitsätze - Risikobeurteilung und Risikominderung.
- DIN EN ISO 4413:2011-04, Fluidtechnik - Allgemeine Regeln und sicherheitstechnische Anforderungen an Hydraulikanlagen und deren Bauteile.
- DIN EN ISO 13732-1:2008-12, Ergonomie der thermischen Umgebung – Bewertungsverfahren für menschliche Reaktionen bei Kontakt mit Oberflächen – Teil 1: Heiße Oberflächen
- DIN EN ISO 13849-1:2023-12, Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen – Teil 1: Allgemeine Gestaltungsleitsätze
- DIN EN ISO 13849-2:2013-02, Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen – Teil 2: Validierung
- IFA-Report 2/2017: Funktionale Sicherheit von Maschinensteuerungen – Anwendung der DIN EN ISO 13849

informativ:

- Liste für sicherheitstechnische Prüfung von Maschinen – Hydraulische Ausrüstung – Sicherheitstechnisches Informations- und Arbeitsblatt. IFA-Handbuch 310 214; Lfg. 2/14, XII/2014.
- DIN 51524:2017-06, Druckflüssigkeiten – Hydrauliköle, Mindestanforderungen Teil 1: Hydrauliköle HL, Teil 2: Hydrauliköle HLP
- ISO 4406:2021-01, Hydraulic fluid power - Fluids - Method for coding the level of contamination by solid particles
- DIN EN 13906-1:2013-11, Zylindrische Schraubendruckfedern aus runden Drähten und Stäben – Teil 1: Berechnung und Konstruktion
- DIN EN 15800:2009-03, Zylindrische Schraubenfedern aus runden Drähten – Gütevorschriften für kaltgeformte Druckfedern

- DIN EN 10270-1: 2024-06, Stahldraht für Federn - Teil 1: Patentiert gezogener unlegierter Federstahldraht
- DIN EN 10270-2: 2012-01, Stahldraht für Federn - Teil 2: Ölschlussvergüteter Federstahldraht
- DIN EN ISO 6931-1:2020-11, Nichtrostende Stähle für Federn - Teil 1: Draht
- DIN ISO 1219-1, -2, Fluidtechnik – Grafische Symbole und Schaltpläne Teil 1:2019-01, Grafische Symbole Teil 2:2019-01, Schaltpläne.
- DIN 24311:1992-09, Fluidtechnik – Hydraulische Stetigventile – Begriffe, Zeichen, Einheiten

1.2.2 Elektrik/Elektronik

- DIN EN 60204-1:2019-06, Sicherheit von Maschinen – Elektrische Ausrüstung von Maschinen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen
- DIN EN 61439-1:2021-10, Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen - Teil 1: Allgemeine Festlegungen.
- DIN VDE 0100-410:2018-10, Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 4-41: Schutzmaßnahmen – Schutz gegen elektrischen Schlag
- DIN EN 60664-1:2022-07, Isolationskoordination für elektrische Betriebsmittel in Niederspannungsanlagen – Teil 1: Grundsätze, Anforderungen und Prüfungen
- DIN VDE 0580:2011-11, Elektromagnetische Geräte – allgemeine Bestimmungen
- DIN EN 60445:2023-02, Grund- und Sicherheitsregeln für die Mensch-Maschine-Schnittstelle - Kennzeichnung von Anschlüssen elektrischer Betriebsmittel, angeschlossenen Leiterenden und Leitern.
- DIN EN 60529:2014-09, Schutzarten durch Gehäuse (IP-Code)

informativ:

- Liste für die sicherheitstechnische Prüfung von Maschinen – Elektrische Ausrüstung – IFA Handbuch 310 212; 01/2020
- DIN EN 60947-5-1:2022-04, Niederspannungs-Schaltgeräte; Teil 5-1: Steuergeräte und Schaltelemente; Hauptabschnitt 1: Elektromechanische Steuergeräte

1.2.3 Klimatische Bedingungen – Mechanische Festigkeit – Elektromagnetische Verträglichkeit

- DIN EN 60721-3-3:2020-05, Klassifizierung von Umweltbedingungen – Teil 3: Klassen von Umwelteinflussgrößen und deren Grenzwerte; Hauptabschnitt 3: Ortsfester Einsatz, wettergeschützt.
- DIN EN 60068-2-1:2008-01, Umgebungseinflüsse - Teil 2-1: Prüfverfahren – Prüfung A: Kälte
- DIN EN 60068-2-2:2008-05, Umgebungseinflüsse - Teil 2-2: Prüfverfahren – Prüfung B: Trockene Wärme
- DIN EN 60068-2-6:2008-10, Umgebungseinflüsse - Teil 2-6: Prüfverfahren – Prüfung Fc: Schwingen (sinusförmig)
- DIN EN 60068-2-27:2010-02, Umgebungseinflüsse - Teil 2-27: Prüfverfahren – Prüfung Ea und Leitfaden: Schocken
- DIN EN 60068-2-78:2014-02, Umweltprüfungen - Teil 2-78: Prüfungen; Prüfung Cab: Feuchte Wärme, konstant
- DIN EN 61000-4-2:2009-12, Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 4-2: Prüf- und Messverfahren - Prüfung der Störfestigkeit gegen die Entladung statischer Elektrizität
- DIN EN 61000-4-3:2021-11, Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) - Teil 4-3: Prüf- und Messverfahren - Prüfung der Störfestigkeit gegen hochfrequente elektromagnetische Felder
- DIN EN 61000-4-4:2013-04, Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) - Teil 4-4: Prüf- und Messverfahren - Prüfung der Störfestigkeit gegen schnelle transiente elektrische Störgrößen/Burst
- DIN EN 61000-4-5:2019-03, Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) - Teil 4-5: Prüf- und Messverfahren - Prüfung der Störfestigkeit gegen Stoßspannungen
- DIN EN 61000-4-6:2014-08, Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) - Teil 4-6: Prüf- und Messverfahren – Störfestigkeit gegen leitungsgeführte Störgrößen, induziert durch hochfrequente Felder
- DIN EN 61000-4-11:2021-10, Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) - Teil 4-11: Prüf- und Messverfahren - Prüfungen der Störfestigkeit gegen Spannungseinbrüche, Kurzzeitunterbrechungen und Spannungsschwankungen

1.3 Gültigkeit

Dieser Prüfgrundsatz gilt ab dem 01.10.2024.

2 Begriffe

2.1 Steuerung

2.1.1 Sicherheitsbezogener Teil einer Steuerung: Teil oder ein untergeordneter Teil einer Steuerung, der auf Eingangssignale anspricht und sicherheitsbezogene Ausgangssignale erzeugt.

2.1.2 Kategorie: Einteilung der sicherheitsbezogenen Teile einer Steuerung in Bezug auf ihre Widerstandsfähigkeit gegen Fehler und ihr Verhalten im Fehlerfall, die auf Grund der strukturellen Anordnung der Teile und/oder deren Zuverlässigkeit erreicht wird.

2.1.3 Sicherheit von Steuerungen: Fähigkeit von sicherheitsbezogenen Teilen einer Steuerung, ihre Sicherheitsfunktion(en) für einen gegebenen Zeitraum entsprechend der für sie festgelegten Kategorie auszuführen.

2.1.4 Sicherheitsfunktionen von Steuerungen: Durch ein Eingangssignal ausgelöste und durch sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen verarbeitete Funktion, die der Maschine das Erreichen eines sicheren Zustandes ermöglicht.

Die Sicherheitsfunktion vermeidet, unter Berücksichtigung der vorliegenden sicherheitstechnischen Maßnahmen, eine Gefährdung von Personen sowie gegebenenfalls eine Beschädigung von Einrichtungen.

2.1.5 MTTFD: Erwartungswert der mittleren Zeit bis zum gefahrbringenden Ausfall.

2.1.6 Performance Level PL: Diskreter Level, der die Fähigkeit von sicherheitsbezogenen Teilen einer Steuerung spezifiziert, eine Sicherheitsfunktion unter vorhersehbaren Bedingungen auszuführen.

2.2 Ventile

2.2.1 Wegeventil: Gerät zur Beeinflussung eines Volumenstromes (Start, Stopp, Durchflussrichtung und ggf. Größe), geeignet zur Steuerung der Bewegung eines Antriebsgliedes in einem hydraulischen System.

Nach der Bauart wird unterschieden in

- Schieberventil
- Sitzventil.

Nach der Arbeitsweise wird unterschieden in

- schaltendes Wegeventil und
- Stetig-Wegeventil.

2.2.1.1 Schaltendes Wegeventil: Wegeventil mit binärem Schaltverhalten (mit diskreten Schaltstellungen), bei dem die jeweiligen Schaltstellungen durch Ein- bzw. Ausschalten der elektrischen Steuerenergie erreicht werden.

2.2.1.2 Stetig-Wegeventil: Stetig verstellbares Wegeventil, bei dem ein veränderliches elektrisches Eingangssignal in ein proportionales hydraulisches Ausgangssignal umgewandelt wird. Die Signalumwandlung erfolgt mittels elektro-mechanischer Wandler. Durch stetige Veränderung der elektrischen Parameter wird ein Schalt- oder Regelvorgang ausgelöst, wodurch eine Beeinflussung der Durchflussrichtung und/oder der Größe des Volumenstroms erfolgt. Je nach Bauform und Anwendung wird unterschieden in

- Proportionalventil,
- Regelventil und
- Servoventil.

Elektro-mechanische Wandler (Umformer) sind z. B. Proportionalmagnete, Linear-motoren, Torquemotoren.

Die „sichere“ Schaltstellung der hier betrachteten Stetig-Wegeventile wird meist durch kontaktbehafte Abschaltung der elektro-mechanischen Wandler erreicht. Alternativ kann diese auch durch kontaktbehafte Abschaltung einer adäquaten Einrichtung erreicht werden, welche die Wirkung der elektro-mechanischen Wandler auf die relevanten Schaltelemente des Ventils aufhebt.

Eine solche **adäquate Einrichtung** ist z. B. ein herkömmliches, elektromagnetisch betätigtes 2/2-Wegeventil zur Verbindung der Steuerflächen des Hauptkolbens bei vorgesteuerten Stetig-Wegeventilen (**Abschaltventil**, „Failsafe-Ventil“).

2.3 Charakteristische Elemente und Zustände

2.3.1 Schaltelement: Alle beweglichen Teile des Ventils, die zum Öffnen oder Sperren des Volumenstroms notwendig sind.

2.3.2 „Sichere“ Schaltstellung: Schaltstellung eines Ventils nach Abschalten der Steuerenergie, die den nicht Gefahr bringenden Zustand der zu steuernden Funktion einleitet und dann aufrecht erhält (z. B. Anhalten/Verhindern des Anlaufs einer Gefahr bringenden Bewegung).

2.3.3 Rückstellung: Verfahren der beweglichen Teile des Ventils in die „sichere“ Schaltstellung nach Abschalten der Steuerenergie. Die Rückstellung erfolgt in der Regel durch eine sicherheitstechnisch bewährte Feder (Federrückstellung).

2.3.4 Sicherheitstechnisch bewährte Feder: Feder, die auf Grund der Auslegung, Ausführung und Materialauswahl und Prüfung die bei bestimmungsgemäßem Einsatz auftretenden Beanspruchungen ohne wesentliche Formänderung („Setzen“) und ohne Bruch mit hoher Wahrscheinlichkeit auf Dauer aushält. Eine Formänderung ist nicht wesentlich, wenn die bestimmungsgemäße Funktion der Feder, bezogen auf den Einsatzfall, dadurch nicht beeinträchtigt wird.

2.3.5 Überdeckung: Axialer Abstand zwischen den feststehenden (Ringnut) und den beweglichen Steuerkanten (Ventilkolben) bei Schieberventilen.

Eine positive Überdeckung liegt vor, wenn Querschnitte eines Ventils, die die relevanten Volumenströme sperren, in der „sicheren“ Schaltstellung über einen definierten Hubbereich des Ventilkolbens geschlossen bleiben.

2.4 Betätigung

2.4.1 Elektrische Betätigungseinrichtung

Einrichtung zur Betätigung eines Ventils, die durch Änderung von elektrischen Parametern (siehe auch „Elektro-mechanische Wandler“) wirksam wird.

2.4.2 Hydraulische Betätigungseinrichtung

Einrichtung zur Betätigung eines Ventils, die durch Druckänderung in der Steuerleitung (insbesondere bei vorgesteuerten Stetigventilen) wirksam wird.

2.5 Kennzeichnende Merkmale

2.5.1 Betriebsdruck

Der vom Hersteller angegebene minimale und maximale Betriebsdruck ist der Bereich, der die diesbezügliche Verwendbarkeit des Ventils bestimmt.

2.5.2 Volumenstrom

Der vom Hersteller angegebene Volumenstrom ist der Wert, der die diesbezügliche Verwendbarkeit des Ventils bestimmt.

2.5.3 Temperatur (Umgebungs-, Druckflüssigkeitstemperatur)

Die jeweils vom Hersteller angegebene minimale und maximale Temperatur ist der Bereich, in dem die bestimmungsgemäße Funktion des Ventils gegeben ist.

2.5.4 Mechanische Lebensdauer

Die mechanische Lebensdauer kennzeichnet die Zuverlässigkeit des Ventils hinsichtlich definierter Ausfallkriterien (z. B. Schalthäufigkeit, Schaltzeit, Leckage).

2.5.5 Mechanische Festigkeit

Die mechanische Festigkeit kennzeichnet die Widerstandsfähigkeit des Ventils gegenüber mechanischen Schock- und Schwingbeanspruchungen.

3 Anforderungen und Prüfung

3.1 Allgemeines

Ein Stetig-Wegeventil zum Einsatz in allen nachstehend genannten Anwendungen muss alle im Abschnitt 4 dieser Prüfempfehlung aufgeführten Anforderungen erfüllen. Durch die entsprechenden Einzelprüfungen ist das Einhalten dieser Anforderungen nachzuweisen.

Durch die Prüfungen soll festgestellt werden, dass das geprüfte Ventil bei den vom Hersteller spezifizierten Einsatzbedingungen in sicherheitsbezogenen Teilen von Steuerungen der Kategorie B sowie der Kategorien 2¹, 3¹ und 4¹ nach DIN EN ISO 13849-1 eingesetzt werden kann.

Darüber hinaus kann bei entsprechenden Voraussetzungen festgestellt werden, dass das geprüfte Ventil ein sicherheitstechnisch bewährtes Bauteil ist und in sicherheitsbezogenen Teilen von Steuerungen der Kategorie 1 nach DIN EN ISO 13849-1 eingesetzt werden kann.

Die sicherheitsbezogene Anwendung bezieht sich insbesondere auf Gefahr bringende Bewegungen sowie auf die Beibehaltung von vorgegebenen Kennwerten (z. B. Schaltzeit, Druck, Volumenstrom, Verbleiben in der „sicheren“ Schaltstellung bei abgeschalteter Steuerenergie, Leckage - Volumenstrom²).

Für die Prüfungen gelten allgemein folgende Festlegungen:

- Die Prüfungen werden an kompletten Ventilen bei den vom Hersteller genannten Einsatzbedingungen durchgeführt.
- Wenn in den einzelnen Prüfabschnitten nichts Weiteres angegeben ist, so ist die ordnungsgemäße Funktion vor und nach jeder Einzelprüfung festzustellen.
- Sofern nichts anderes angegeben, sind die entsprechenden Prüfungen bei einer Umgebungstemperatur von +20 bis +40 °C durchzuführen.

Die ermittelten Werte dürfen von den relevanten Kennwerten, die der Hersteller angibt, wie folgt abweichen:

Druck:	±	5,0	%
Zeitkonstanten:	±	5,0	%
Temperatur:	±	5,0	K
Volumenstrom:	±	5,0	%
Weg:	±	5,0	%

- Die Bewertung der Prüfergebnisse erfolgt, wenn erforderlich, unter Berücksichtigung der vergleichbaren Ergebnisse von entsprechenden diskret schaltenden Wegeventilen (Schaltventil), ausgeführt nach dem Stand der Technik, bei denen die Versorgungsspannung der Elektromagnete unmittelbar kontaktbehaftet abgeschaltet wird.

¹ Maßnahmen zur Fehlererkennung am geprüften Ventil sind in diesen Prüfgrundsätzen nicht berücksichtigt. Diese Maßnahmen sind im Allgemeinen für Ventile, die in Steuerungen der Kategorie 4 eingesetzt werden, erforderlich. Sie können aber auch je nach Ausführung der Fehlererkennung in Kategorie 2 und abhängig von der Risikobeurteilung in Kategorie 3 erforderlich werden. In diesen Fällen müssen die Anforderungen dieser Prüfgrundsätze um entsprechende zusätzliche Anforderungen ergänzt werden.

² Der Leckage-Volumenstrom wird ausschließlich in der „sicheren“ Schaltstellung (Nullstellung, Null-Volumenstrom) gemessen. Durch gleichzeitiges Messen von pA und pB ergibt sich ein Δp für die Hauptstufe und damit ein Maß für eine eventuell eingetretene „Verstimmung“ des Systems. Die bei den jeweiligen Einzelprüfungen ermittelten Werte können jeweils miteinander sowie mit den entsprechenden Werten eines herkömmlichen Schaltventils verglichen werden.

3.2 Hydraulischer Teil

3.2.1 Konstruktiver Aufbau und Verhalten im Fehlerfall

3.2.1.1 Das Ventil muss so konzipiert sein, dass es dem für die bestimmungsgemäße Verwendung zutreffenden Stand der Technik entspricht und nach den grundlegenden sowie den zutreffenden bewährten Sicherheitsprinzipien³ ausgeführt ist.

Zum **konstruktiven Aufbau** sind insbesondere folgende Anforderungen zu nennen:

- Nach Abschalten des elektro-mechanischen Wandlers oder der adäquaten Einrichtung sowie nach Ausfall der Energieversorgung wird die „sichere“ Schaltstellung eingenommen (Ruhestromprinzip).
- Das Einnehmen der „sicheren“ Schaltstellung erfolgt durch Federkraft oder durch vergleichbar zuverlässige Bauteile oder Prinzipien.
- Das Umschalten aus der „sicheren“ Schaltstellung in eine aktive Arbeitsstellung erfolgt durch Energiezuführung.
- Änderung, Ausfall und Wiederkehr einer oder aller Energien führen nicht zu einem unkontrollierten Ventilverhalten.
- Die Rückstellfedern für die sicherheitsrelevanten Schaltelemente sind als sicherheitstechnisch bewährte Federn ausgeführt. Das bedeutet insbesondere:
 - Auslegung nach den kritischsten, auf den bestimmungsgemäßen Einsatz des Ventils bezogenen Annahmen so, dass die Beanspruchung mindestens 10 % unterhalb der Dauerfestigkeitsgrenze bezogen auf 10^7 Lastwechsel liegt. Nachweis der Dauerfestigkeit durch Berechnung oder durch 10^7 Lastwechsel im Rahmen der Prüfung der mechanischen Lebensdauer nach Abs. 4.2.4.
 - Ausführung, Herstellung und Materialauswahl nach einschlägigen Normen, z. B. Berechnung und Konstruktion nach DIN EN 13906-1; Gütegrad nach DIN EN 15800.
 - Anwendung von technischen Maßnahmen, die eine spätere Formänderung („Setzen“) ausschließen bzw. so gering halten, dass die bestimmungsgemäße Funktion der Feder nicht beeinträchtigt wird, z. B. Kugelstrahlen und/oder „Vorsetzen“.
- Der Einbau der Rückstellfedern ist gemäß den Regeln der Technik erfolgt.
- Die mechanischen Verbindungen von relevanten beweglichen Bauteilen sind formschlüssig ausgeführt.

³ Bewährte Sicherheitsprinzipien sind nicht für Ventile erforderlich, welche ausschließlich in Steuerungen der Kategorie B eingesetzt werden sollen.

- Die positive Überdeckung an den in der „sicheren“ Schaltstellung zu sperrenden Verbindungen/Anschlüssen muss unter Berücksichtigung der Umgebungs- und Betriebsbedingungen (z. B. Schock, Vibration) sowie der Toleranzen ausreichend bemessen sein.
- Das radiale Passungsspiel sowie die Materialpaarung zwischen relevanten feststehenden und beweglichen Bauteilen, z. B. zwischen Schieberkolben und Ventilgehäuse bzw. Ventildbuchse, entsprechen dem Stand der Technik.
Hinweis: Zur Bewertung des festgestellten Passungsspiels ist auch der Leckage-Volumenstrom heranzuziehen.
- Die angewendeten Prinzipien der Herstellung (konstruktiver, materialspezifischer und fertigungstechnischer Art) haben sich bezüglich der Eignung und der Zuverlässigkeit des Ventils für sicherheitsbezogene Anwendungen bewährt.⁴
- Die Zuverlässigkeit des Ventils ist vom Hersteller wie folgt nachzuweisen:
 - Erfüllung der Anforderungen nach DIN EN ISO 13849-1, Anhang C
 - Ermittlung der nominalen Lebensdauer (z. B. B₁₀-Wert)

Relevante Kriterien bei der **Fehlerbetrachtung** sind insbesondere:

- Veränderung (Verlängerung) von Schaltzeiten (durch Verschleiß, Materialermüdung, Fremdeinflüsse)
- Hängenbleiben der Schaltelemente⁵ (bewegliche Bauteile) in einer Endlage oder in beliebigen Zwischenstellungen
- selbsttätiges Verlassen der „sicheren“ Schaltstellung ohne elektrische Ansteuerung
- unkontrolliertes Steuer- bzw. Regelverhalten durch hydraulische Fehler ohne elektrische Ansteuerung
- Verschleiß von Steuerkanten
(insbesondere bei vorgesteuerten Ventilen in der Vorsteuerstufe)
- Verstopfen von Blenden und Düsen

⁴ Gilt nur für Ventile, die im Sinne der Kategorie 1 nach EN ISO 13849-1 als sicherheitstechnisch bewährte Bauteile eingesetzt werden sollen.

⁵ Ein Hängenbleiben von Schaltelementen ist umso wahrscheinlicher, je seltener sie geschaltet werden. Um die Wahrscheinlichkeit des Hängenbleibens der Schaltelemente gering zu halten, ist es erforderlich, dass bei Stetig-Wegeventilen mit zusätzlichem Abschaltventil dieses Abschaltventil, wie das Stetig-Wegeventil selbst bzw. wie ein Wegeventil mit diskreten Schaltstellungen, mindestens einmal in jedem Arbeitszyklus der Maschine geschaltet wird, auch wenn dies von der Funktion des Abschaltventils her nicht notwendig ist. Eine zu 4/3-Wege-Stetigventilen üblicher Bauart bzw. zu 4/3-Wegeventilen mit diskreten Schaltstellungen vergleichbare Fehlererkennung (Fehlererkennung durch Funktionshemmung) erfordert bei Stetig-Wegeventilen mit zusätzlichem Abschaltventil eine Fehlererkennung am Schaltventil selbst (hier ist keine Fehlererkennung durch Funktionshemmung des Gesamtventils möglich). Eine Fehlererkennung am Abschaltventil ist z. B. durch eine Testung seiner Funktion durch die Maschinensteuerung bei dem zyklischen Schaltvorgang möglich. Das zyklische Schalten und der Funktionstest des Abschaltventils müssen so erfolgen, dass bei Fehlern keine Gefährdung auftritt. Entsprechende Hinweise für den Anwender müssen im Datenblatt des Stetig-Wegeventils enthalten sein.

- Versagen von Dichtungen mit äußeren Leckagen (z. B. Steuerkanälen oder -leitungen)
- Veränderungen des Leckage-Volumenstroms
- typ- oder bauartbedingte zusätzliche Kriterien.

Während ggf. erforderlicher experimenteller Untersuchungen sind am Ventil alle Energien angeschlossen. Die Prüfparameter sind so auszuwählen, dass diese innerhalb der vom Hersteller angegebenen Bereiche jeweils zu den sicherheitstechnisch ungünstigsten Ergebnissen führen.

3.2.1.2 Es wird geprüft, ob die Anforderungen erfüllt sind. Die Prüfung erfolgt durch Beurteilung von technischen Unterlagen sowie durch Sichtprüfung und Messungen. Kritische Beurteilungsergebnisse können zusätzlich durch experimentelle Untersuchungen überprüft werden. Bewertung: Vergleich mit Schaltventil.

3.2.2 Hydraulische Ausrüstung

3.2.2.1 Die hydraulische Ausrüstung (Ausführung) des Ventils muss den allgemein anerkannten Regeln der Technik entsprechen.

Hierzu sind insbesondere folgende Anforderungen aus DIN EN ISO 4413 zu nennen:

- Es müssen Mittel vorhanden sein, die einen falschen Einbau verhindern (z. B. Zentrierstift oder unsymmetrisches Lochbild).
- Hand-Hilfsbetätigungen (wenn zulässig) sind so auszuführen, dass sie nicht unbeabsichtigt betätigt werden können (ggf. nur mit Werkzeug zu betätigen) und nicht rasten.
- Alle Einstelleinrichtungen (z. B. für Null-Abgleich und für die Einstellung von Federtellern) sind ausreichend gegen Verstellen gesichert.
- Alle Einstelleinrichtungen sind, wenn sicherheitsrelevant, gegen Herausschrauben gesichert.
- Alle Anschlussöffnungen sind in Übereinstimmung mit dem Schaltsymbol gekennzeichnet.
- Es ist ein Typenschild in dauerhafter und gut leserlicher Form mit mindestens folgenden Angaben angebracht:
 - Name und Kurzanschrift des Herstellers/Lieferanten
 - Typenbezeichnung/Produktidentifizierung
 - max. Betriebsdruck
 - Symbol nach ISO 1219-1 mit korrekter Identifizierung der Anschlüsse.
- Es muss eine angemessene Dichtheit und Widerstandsfähigkeit gegen mechanische Stöße und Umwelteinflüsse sicher gestellt sein.

3.2.2.2 Es wird geprüft, ob die vorgenannten Anforderungen erfüllt sind. Die Prüfung erfolgt durch Sichtprüfung, Messungen und Beurteilung aufgrund technischer Unterlagen.

3.2.3 Funktion⁶

3.2.3.1 Das Ventil muss so konstruiert und ausgeführt sein, dass es seine bestimmungsgemäße Funktion bezogen auf die sicherheitsrelevanten Kenngrößen/Eigenschaften bei den vom Hersteller spezifizierten Betriebs- und Umgebungsbedingungen, wie z. B. Einbaulage, Betriebsdruck bzw. -druckbereich, Druckflüssigkeit, Temperatur- und Viskositätsbereich der Druckflüssigkeit, Umgebungstemperaturbereich sowie ggf. zusätzlichen äußeren Einflüssen, erfüllt.

Während der Prüfung sind am Ventil alle Energien angeschlossen. Die Betriebsdaten sind über den gesamten vom Hersteller spezifizierten Einsatzbereich anzunehmen. Dabei sind auch die jeweils ungünstigsten Ergebnisse für die sicherheitsrelevanten Kenngrößen/Eigenschaften des zu prüfenden Ventils festzustellen und bei welchen Betriebsdaten diese auftreten. Das Ventil ist jeweils in der ungünstigsten Einbaulage zu prüfen. Der Volumenstrom, der sich bei den eingestellten Prüfbedingungen jeweils ergibt, wird in den Messprotokollen angegeben.

Zu messende sicherheitsrelevante Kenngrößen im gesamten Betriebs- und Steueröl-Druckbereich bei Standard-Prüfbedingungen:

- Schaltzeiten
- Leckagevolumenstrom
- minimaler Schaltdruck/minimale Schaltspannung
- Verbleiben in „sicherer“ Schaltstellung

Es wird geprüft, ob die Herstellerangaben eingehalten sind. Die Prüfung erfolgt durch experimentelle Untersuchungen. Bewertung: Vergleich mit Schaltventil.

3.2.4 Hydraulisch-mechanische Lebensdauer und Druckfestigkeit

3.2.4.1 Das Ventil muss so konstruiert und ausgeführt sein, dass es während und nach einer Lebensdauer-Belastung sowie nach anschließender Druckbeanspruchung bestimmungsgemäß funktioniert und seine sicherheitsrelevanten Kenngrößen beibehält. Darüber hinaus muss das Ventil (Ventilkörper einschließlich aller druckbelasteten Anbauteile, Anschlussplatte und aller Befestigungs- und Verbindungsschrauben) eine ausreichende Festigkeit gegenüber den auftretenden Drücken aufweisen. Eine bleibende Verformung, ein Bruch sowie eine messbare äußere Leckage dürfen während und nach den genannten Beanspruchungen nicht auftreten.

⁶ In diesem Abschnitt 4.2.3 wird insbesondere die Funktion bei Standard-Prüfbedingungen, also bei vom Hersteller empfohlenen Bedingungen geprüft. Die Funktion bei min. zu. Temperaturen und max. zul. Viskosität der Druckflüssigkeit wird in Abs. 4.4.3 „Kälte“, die Funktion bei max. zul. Temperaturen und min. zul. Viskosität der Druckflüssigkeit wird in Abs. 4.4.1 „Wärme“ geprüft. In Abs. 4.4.1 wird auch das Verbleiben in der „sicheren“ Schaltstellung geprüft.

Die mechanische Lebensdauer-Belastung enthält folgende Anforderungen:

- 10^7 Schaltspielen in jeder Betätigungsrichtung bei maximalem Hub und möglichst bei maximal zulässigem Betriebsdruck.
- Dauerbeschaltung von 4 Stunden nach Ablauf der Schaltspielbelastung beim 1,3fachen des maximalen Betriebsdrucks.

Während der Prüfung sind am Ventil alle Energien angeschlossen. Die Betriebsdaten (außer den genannten Drücken) müssen festgelegt werden. Das Ventil ist in der ungünstigsten Einbaulage und bei Druckbeanspruchung im festigkeitsmäßig ungünstigsten Schaltzustand (a oder b) bei Standard-Prüfbedingungen zu prüfen.

3.2.4.2 Es wird geprüft, ob die vorgenannten Anforderungen erfüllt sind. Die Prüfung erfolgt durch experimentelle Untersuchungen. Die nach der Lebensdauerbelastung und nach der Druckprüfung ermittelten sicherheitsrelevanten Kenngrößen werden mit den entsprechenden vor der Prüfung sowie mit den in Abs. 4.2.3 dieses Prüfgrundsatzes ermittelten Kenngrößen/Eigenschaften verglichen.

3.3 Elektrisch/elektronischer Teil

3.3.1 Steuerungskonzept und Verhalten im Fehlerfall

3.3.1.1 Die Abschaltung der elektro-mechanischen Wandler oder der adäquaten Einrichtung des Ventils muss unter Verwendung der grundlegenden Sicherheitsprinzipien sowie der zutreffenden bewährten Sicherheitsprinzipien⁷ so konzipiert sein, dass sie bezüglich Zuverlässigkeit und Verhalten im Fehlerfall sicherheitstechnisch gleich oder gleichwertig zu der unmittelbaren kontaktbehafteten Energieabschaltung der Elektromagnete von diskret schaltenden Wegeventilen angesehen werden kann.

Die Prüfung beinhaltet eine allgemeine Beurteilung (sicherheitstechnische Einstufung) der Ventilelektronik und die sicherheitstechnische Beurteilung der Abschaltung der elektro-mechanischen Wandler oder der adäquaten Einrichtung.

Als relevante Kriterien bei der Fehlerbetrachtung sind zu berücksichtigen:

- Fehler in der Elektronik (siehe Fehlerliste für elektrische Bauelemente) können nach Abschaltung der Versorgungsspannung der elektro-mechanischen Wandler oder der adäquaten Einrichtung keine weitere Ansteuerenergie für diese Bauteile hervorrufen.
- Restenergien in den Netzteilen werden nach erfolgter Abschaltung der elektro-mechanischen Wandler oder der adäquaten Einrichtung ausreichend schnell abgebaut und führen nicht zu unerwarteten Funktionen dieser Bauteile.

⁷ Bewährte Sicherheitsprinzipien sind nicht für Ventil erforderlich, welche ausschließlich in Steuerungen der Kategorie B eingesetzt werden soll.

- Bezüglich EMV-Einfluss nach erfolgter Abschaltung der elektro-mechanischen Wandler oder der adäquaten Einrichtung siehe Abs. 4.6 dieses Prüfgrundsatzes.
- Durch eine geeignete Leitungsführung und -verlegung ist eine Spannungsverschleppung auf die abzuschaltenden Leitungen zu der Elektronik verhindert.
- (Wenn diese Leitungen vom Anwender erstellt werden, so muss eine entsprechende Benutzerinformation vorliegen.)
- Das elektrische Eingangssignal für das Ventil wird, wenn erforderlich, wirksam begrenzt. (Wenn die Begrenzung des elektrischen Eingangssignals in der Maschinensteuerung des Ventilanwenders erfolgt, so muss eine entsprechende Benutzerinformation vorliegen.)
- Das Lösen von gesteckten Systemteilen führt zur Einnahme der „sicheren“ Schaltung des Ventils (z. B. Unterbrechung der Magnetleitung bzw. der Weggeberleitung).

3.3.1.2 Es wird geprüft, ob die vorgenannten Anforderungen erfüllt sind. Die Prüfung erfolgt durch Beurteilen von technischen Unterlagen und wenn erforderlich durch experimentelle Untersuchungen.

3.3.2 Elektrische/elektronische Ausrüstung

3.3.2.1 Die elektrische/elektronische Ausrüstung (Ausführung) des Ventils muss den allgemein anerkannten Regeln der Technik entsprechen.

Hierzu sind insbesondere folgende Anforderungen zu nennen:

Die Kriech- und Luftstrecken innerhalb eines Stromkreises sind ausreichend bemessen (EN 60664-1).

- Isolierung, Kriech- und Luftstrecken zwischen verschiedenen Stromkreisen mit unterschiedlichen Bemessungsspannungen sowie zwischen Stromkreisen und Gehäuse sind ausreichend bemessen (EN 60664-1).
- Schutz gegen elektrischen Schlag durch Stromkreise ist gegeben (DIN EN 60204-1). Dazu zählt:
 - Schutz gegen direktes Berühren (Abs. 6.2)
 - Schutz bei indirektem Berühren (Abs. 6.3)
- Die Grenzübertemperaturen für verwendete Isolierstoffe überschreiten bei Betrieb mit max. zulässiger Spannung die in Tabelle 1 angegebenen Werte um nicht mehr als 10^0 K (DIN VDE 0580, Abs. 3.3).
- Überstromschutz ist gegeben (DIN EN 60204-1, Abs. 7.2.1, 7.2.3 sowie 7.2.7. - 7.2.10.)
- Spezifizierte Bauteil-Grenztemperaturen entsprechen bei erhöhter Versorgungsspannung, linear hochgerechnet auf die max. Betriebstemperatur, den Herstellerangaben (gilt insbesondere für die elektro-mechanischen Wandler).

- Die isolierten Leitungen sind für die Bemessungsisolationsspannung des betreffenden Stromkreises ausgelegt und liegen nicht an blanken aktiven Teilen anderen Potentials oder an scharfen Kanten.
- Die Enden mehrdrähtiger Leiter sind mit Adernendhülsen in Schraub-/Klemmverbindern versehen.
- Die Klemme für den Anschluss des externen Schutzleiters befindet sich in der Nähe der zugehörigen Netzanschlussklemmen.
- Es besteht keine Verbindung zwischen Schutzleiter und Neutralleiter.
- Das Selbstlockern des Anschlusses ist verhindert (z. B. Zahnscheibe).
- Die Durchgängigkeit des Schutzleitersystems ist eingehalten, auch an metallischen Deckeln und Abdeckplatten.
- Innerhalb von Steckverbindungen ist der Schutzleiter voreilend ausgeführt.
- Leiteranschlüsse sind so gestaltet, dass die Leiter durch Schrauben oder andere gleichwertige Mittel angeschlossen werden und die erforderliche Kontaktkraft dauernd erhalten bleibt.
- Anschlussklemmen sind nur mit einem Leiter belegt, es sei denn, sie sind konstruktiv entsprechend ausgelegt.
- Ein Lösen der Klemmung/Steckverbindungen ist z. B. durch Verrasten oder Verschrauben verhindert.
- Das Typenschild enthält zusätzlich zu den in Abs. 4.2.2 dieser Prüfempfehlung festgelegten Angaben noch folgende Angaben:
 - Nennanschluss-Spannung
 - IP-Schutzart
 - Blitzsymbol 417-IEC 5036 als Warnhinweis bei gefährlichen Spannungen
 - ggf. erforderliche Warnhinweise auf Gehäusen sind in deutscher Sprache ausgeführt (DIN EN ISO 12100, Abs. 6.4.4, DIN EN 60204-1).
- Die Anschlussklemmen sind in Übereinstimmung mit den Schaltplänen gekennzeichnet:
 - Anschlüsse und Kabelverbindungen, die für Installation und Wartung erforderlich sind
 - externe Verbindungen
 - Netzanschlüsse
 - falls mehrere Spannungsversorgungen für ein Ventil: Warnhinweis vorhanden, dass vor dem Öffnen des Gehäuses alle Versorgungen abgeschaltet werden müssen.
- Der Schutzleiter ist gekennzeichnet.
- Alle Kennzeichnungen sind beständig (Reibtest).
- Die geforderte IP-Schutzart von mindestens IP 65 an Gehäusen, Steckverbindungen und Leitungsdurchführungen ist eingehalten.
- Die elektro-mechanischen Wandler sind mit einem geeigneten Schutz gegen transiente Überspannungen, entsprechend den Anforderungen an die Isolationskoordination versehen.

- Das Lösen von gesteckten Systemteilen führt zur Einnahme der „sicheren“ Schaltstellung des Ventils (z. B. bei Steckverbindungen zwischen Wegaufnehmersystem, Elektromagnetsystem, Steuergerät usw.).

Bei Vorhandensein von Klemmenkästen zusätzlich:

- Die geforderte IP-Schutzart von mindestens IP 65 ist eingehalten.
- Es ist genügend Platz vorhanden für die ständig angeordneten Klemmen und für die Kabel einschließlich einer zusätzlichen Kabellänge.
- Die Befestigungsmittel für die Abdeckung sind unverlierbar ausgeführt, z. B. Schrauben mit Sicherungsscheiben.
- Die Abdeckung ist in geeigneter Weise gegen Verlierbarkeit gesichert, z. B. durch eine Kette.
- Die Kabelanschlüsse sind mit Zugentlastung ausgeführt.

3.3.2.2 Es wird geprüft, ob die vorgenannten Anforderungen erfüllt sind. Die Prüfung erfolgt durch Besichtigung, Messung und Beurteilung von technischen Unterlagen und dem Prüfobjekt.

3.4 Klimatische Bedingungen

Die Beanspruchungen müssen in folgender Reihenfolge am selben Ventil durchgeführt werden:

- Wärme
- Feuchte
- Kälte

Der zeitliche Abstand zwischen den einzelnen Beanspruchungen darf höchstens 24 Stunden betragen.

Die Feststellung der sicherheitsrelevanten Kenngrößen erfolgt bei mindestens minimalem und maximalem Betriebs- und Steueröldruck vor und nach jeder Beanspruchung. Das Verhalten des Ventils wird in der jeweils ungünstigsten Einbaulage geprüft. Der Volumenstrom muss festgelegt werden (außer bei Feuchte).

3.4.1 Wärme

3.4.1.1 Das Ventil muss so konzipiert sein, dass es unter den vom Hersteller angegebenen diesbezüglichen Umgebungs- und Einsatzbedingungen aus dem angesteuerten Zustand nach dem Abschalten in die „sichere“ Schaltstellung zurückkehrt (Klassifizierung nach DIN EN 60721-3-3).

Das Verbleiben in der „sicheren“ Schaltstellung bei abgeschalteter Steuerenergie muss gegeben sein.

Die Grenzübertemperaturen der eingebauten Betriebsmittel dürfen die in den zutreffenden Normen angegebenen Werte nicht überschreiten. Fehlen diese Werte, so müssen die Temperaturangaben des Herstellers zu Grunde gelegt werden.

Während der Prüfung sind am Ventil alle Energien angeschlossen. Das Ventil wird bei max. zulässigem Betriebs- und Steueröldruck und max. zulässiger Temperatur der Druckflüssigkeit bei max. zulässiger Umgebungstemperatur permanent durchströmt. Nach dem Erreichen des Temperaturgleichgewichtes (Beharrungstemperatur) wird die Beanspruchung 16 Stunden fortgeführt. Die Viskosität der Druckflüssigkeit bei max. zulässiger Temperatur entspricht etwa dem min. zulässigen Wert. Zur Erfassung der Grenztemperaturen der eingebauten elektrischen/elektronischen Betriebsmittel sind entsprechende Messstellen festzulegen.

Das Ventil ist während der Prüfung mit einem isolierten Gehäuse umbaut, welches so gestaltet ist, dass die Temperatur im Gehäuse während der Prüfung innerhalb des zulässigen Toleranzbereiches der max. zulässigen Umgebungstemperatur des Ventils bleibt. Während der Beanspruchung wird das Ventil nach Festlegung geschaltet. In diesem Zeitraum wird das Verbleiben in der „sicheren“ Schaltstellung geprüft. Der Betrachtungszeitraum beträgt 10 Minuten.

3.4.1.2 Es wird geprüft, ob die vorgenannten Anforderungen erfüllt sind. Die Prüfung erfolgt durch Messung und experimentelle Untersuchung. Die Bewertung der Rückstellzeiten und der Leckage-Volumenströme erfolgen durch Vergleich mit den vorher bei Standard-Prüfbedingungen ermittelten Werten. Bei gekapselten Betriebsmitteln muss die Beurteilung der gemessenen Temperaturen unter Berücksichtigung der Innentemperatur des Einbauraumes erfolgen.

3.4.2 Feuchte

3.4.2.1 Das Ventil muss so konzipiert sein, dass seine Isolationsfestigkeit den Anforderungen nach DIN EN 60439 entspricht.

Während der Feuchte-Prüfung sind am Ventil keine Energien angeschlossen. Das Ventil befindet sich während der Beanspruchung in einer Klimakammer. Die Prüfraumbedingungen werden, beginnend vom Raumklima, auf die maximale Umgebungstemperatur nach Herstellerangabe mindestens jedoch auf $40\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ und einer relativen Luftfeuchte von

93 % ± 3 % so geändert, dass keine Betauung auftritt. Nach dem Temperaturangleich ist das Ventil 4 Tage diesen klimatischen Bedingungen auszusetzen. Zum Beanspruchungsende ist mit der Nachbehandlung nach DIN EN 60068-2-78, Abs. 9 (geregelter Nachbehandlungsbedingung) fortzufahren. Die Zeitdauer der Nachbehandlung beträgt 1 h. Die Prüfung der Isolationsfestigkeit erfolgt nach Abschluss der Nachbehandlung,

3.4.2.2 Es wird geprüft, ob die vorgenannten Anforderungen erfüllt sind. Die Prüfung erfolgt durch Messung.

3.4.3 Kälte

3.4.3.1 Das Ventil muss so konzipiert sein, dass es unter den vom Hersteller angegebenen diesbezüglichen Umgebungs- und Einsatzbedingungen aus dem angesteuerten Zustand nach dem Abschalten in die „sichere“ Schaltstellung zurückkehrt (DIN EN 60721-3-3).

Während der Prüfung sind am Ventil alle Energien angeschlossen, aber nicht eingeschaltet (Ventil in der „sicheren“ Schaltstellung). Das Ventil befindet sich während der Beanspruchung in einer Klimakammer. Die Temperatur in der Klimakammer soll der min. zulässigen Umgebungstemperatur des Ventils entsprechen. Die Beanspruchungsdauer beträgt 16 Stunden. Nach Ablauf der Beanspruchungsdauer sind alle Energien einzuschalten. Die Temperatur der Druckflüssigkeit entspricht beim Einschalten der min. zulässigen Umgebungstemperatur des Ventils. Ihre Viskosität entspricht dabei dem max. zulässigen Wert (ggf. kann diese Viskosität auch bei höherer Druckflüssigkeitstemperatur realisiert werden).

Unmittelbar nach dem Einschalten wird als sicherheitsrelevante Kenngröße bei den festgelegten Betriebs- und Steueröldrücken ermittelt:

- Rückstellzeit in die „sichere“ Schaltstellung aus jeder Betätigungsrichtung und voller Auslenkung

3.4.3.2 Es wird geprüft, ob die vorgenannte Anforderung erfüllt ist. Die Prüfung erfolgt durch experimentelle Untersuchungen. Die Bewertung der Rückstellzeiten erfolgt durch Vergleich mit den vorher bei Standard-Prüfbedingungen ermittelten Zeiten.

3.5 Mechanische Festigkeit

3.5.1 Das Ventil/die Ventilkombination muss so konstruiert und ausgeführt sein, dass es eine ausreichende Festigkeit gegen betriebsmäßig auftretende mechanische Stöße und Schwingungen aufweist.

Bei den angegebenen Beanspruchungen muss das Ventil/die Ventilkombination in der vorgegebenen Schaltstellung (z. B. in der „sicheren“ Schaltstellung, Ausgangsschaltstellung) bleiben⁸. Einstelleinrichtungen dürfen sich nicht verstellen. Die Beanspruchungen müssen in der genannten Reihenfolge am selben Ventil/ an derselben Ventilkombination durchgeführt werden.

Entsprechende Prüfungen werden nur durchgeführt, wenn auf Grund der Bauart oder Technologie Funktionsstörungen zu erwarten sind.

Das Verhalten des Ventils/der Ventilkombination wird in der jeweils ungünstigsten Achse geprüft. Zur Durchführung der Prüfung ist der Prüfling während der Beanspruchung mit der Aufspannvorrichtung oder dem Schocktisch steif zu verbinden. Während der Prüfungsdurchführung ist das Prüfobjekt mit den möglichen Energien verbunden und auf seine Funktion zu überwachen.

Die Feststellung der sicherheitsrelevanten Kenngrößen/Eigenschaften erfolgt bei mindestens drei repräsentativen Kombinationen von Betriebsdruck und Steueröldruck (z. B. max, mittel, min). Der Volumenstrom muss festgelegt werden. Die Anzahl der Achsen muss je nach konstruktiver Anordnung von Hauptventil/ Vorsteuerventil/Elektronik festgelegt werden. Die hydraulische Energie steht während der Prüfung am Ventil an. Elektrisch ist das Ventil bei allen Prüfungen nicht angeschlossen (Ventil in der „sicheren“ Schaltstellung).

Zu messende sicherheitsrelevante Kenngrößen bei den festgelegten Betriebs- und Steueröldrücken:

- a) vor und jeweils nach der Einzelprüfung:
 - Rückstellzeit in die „sichere“ Schaltstellung aus jeder Betätigungsrichtung und voller Auslenkung
 - Leckage-Volumenstrom
 - „Verstimmung des Systems“ (Δp -Messung)
- b) während jeder Einzelprüfung:
 - Verbleiben in der „sicheren“ Schaltstellung

Folgende Prüfungen sind durchzuführen:

3.5.2 Einzelschock

- Beschleunigung 30 g
- Schockdauer 18 ms
- Schockform Halbsinus
- Anzahl der Schocks 3 x in positiver, 3 x in negativer Richtung der betreffenden Achse

⁸ Fehler im hydraulisch/mechanischen Bereich des Ventils machen sich im Allgemeinen bei der jeweiligen Einzelprüfung bemerkbar. Zum Erkennen von Fehlern im elektrisch/elektronischen Bereich wird das Ventil nach jeder Einzelprüfung elektrisch angeschlossen und die o. g. sicherheitsrelevanten Kenngrößen ermittelt. Insbesondere ist in diesem Zusammenhang eine bleibende, vorher nicht vorhandene „Verstimmung“ des Systems von Bedeutung.

3.5.3 Dauerschock

- Beschleunigung 10 g
- Schockdauer 16 ms
- Schockform Halbsinus
- Schockfolge $1 - 3 \text{ s}^{-1}$
- Anzahl der Schocks 1000 ± 10

3.5.4 Schwingen

- Frequenz 5 Hz bis 200 Hz
- Amplitude 1,5 mm p-p zwischen 5 bis 57 Hz
- Beschleunigung 10 g zwischen 58 bis 200 Hz
- Änderungsgeschwindigkeit 1 Okt./min
- Anzahl der Zyklen 10 pro festgelegte Achse

3.5.5 Es wird jeweils geprüft, ob die vorgenannten Anforderungen eingehalten sind. Die Prüfung erfolgt durch Messung und experimentelle Untersuchungen.

3.6 Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)⁹

3.6.1 Verhalten des Ventils unter elektromagnetischer Störbeeinflussung

Das Ventil/die Ventilkombination muss so konzipiert sein, dass sie beim Auftreten von elektromagnetischen Störphänomenen im elektrisch abgeschalteten Zustand in der vorgegebenen Schaltstellung (z. B. in der „sicheren“ Schaltstellung, Ruhestellung) verbleibt. Im angesteuerten Zustand (Arbeitsstellung) muss das Ventil/die Ventilkombination bei elektromagnetischen Störphänomenen mit Wegnahme der Ansteuerung in die vorgegebene Schaltstellung zurückkehren. Wird unter Störeinfluss eine sichere Schaltstellung eingenommen, was in der Regel die Ruheposition ist, gilt das Bewertungskriterium DS (en: defined state) als erfüllt.

Während der Prüfung stehen alle Energien am Ventil/an der Ventilkombination an. Der Betriebsdruck wird so eingestellt, dass die ungünstigste Auswirkung auf das Bauteilverhalten zu erwarten ist. Bei einem separaten Steuerdruck ist auch hierbei die entsprechende Einstellung vorzunehmen. Die Einbaulage muss festgelegt werden.

⁹ In Abhängigkeit von der Ausführung der Abschaltung der elektro-mechanischen Wandler oder der adäquaten Einrichtung muss im Einzelfall entschieden werden, ob die EMV-Prüfung durchgeführt werden muss.

Die sicherheitsrelevanten Kenngrößen, z. B. Rückstellzeit in die „sichere“ Schaltstellung sowie das Verbleiben in der „sicheren“ Schaltstellung, sind vor und während der Prüfung nachzuweisen.

3.6.2 Prüfanforderungen zur Störfestigkeit

Die Prüfung erfolgt alternativ nach einer der beiden folgenden Normen:

- DIN EN 61000-6-7: Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) - Teil 6-7: Fachgrundnormen - Störfestigkeitsanforderungen an Geräte und Einrichtungen, die zur Durchführung von Funktionen in sicherheitsbezogenen Systemen (funktionale Sicherheit) an industriellen Standorten vorgesehen sind.
- DIN EN 61326-3-1: Elektrische Mess-, Steuer-, Regel- und Laborgeräte - EMV-Anforderungen - Teil 3-1: Störfestigkeitsanforderungen für sicherheitsbezogene Systeme und für Geräte, die für sicherheitsbezogene Funktionen vorgesehen sind (Funktionale Sicherheit) - Allgemeine industrielle Anwendungen.

Ist im Rahmen der Prüfungen ein Eingriff erforderlich oder wird der Prüfling dauerhaft beschädigt, so muss die jeweilige Prüfung nach Wiederherstellung oder Austausch des Prüflings mit dem entsprechend der Grundnorm DIN EN 61000-6-2 „Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) - Teil 6-2: Fachgrundnormen - Störfestigkeit für Industriebereiche“, nächst niedrigen Prüfpegel fortgesetzt werden.

3.7 Benutzerinformation/Dokumentation

3.7.1 Die Benutzerinformation/Dokumentation muss alle Informationen enthalten, die notwendig sind für den Einbau, die Verwendung und Wartung des Ventils.

3.7.1.1 Für das Ventil muss eine vollständige technische Dokumentation vorhanden sein. Des Weiteren muss ein Hinweis vorhanden sein, dass beim Einsatz des Ventils in sicherheitsgerichteten Teilen von Steuerungen die der dem jeweils gewählten Performancelevel/der jeweils gewählten Kategorie entsprechenden steuerungstechnischen Anforderungen nach DIN EN ISO 13849-1 beachtet werden müssen.

3.7.1.2 Die Eigenschaften des Ventils müssen detailliert aufgeführt sein, wie z. B.

- Abmessungen
- Anschlussgröße
- Einbau/Befestigung
- Schaltzeiten
- Volumenstrom
- Energieversorgung
- betriebliche Umgebungsbedingungen
- Angaben bzgl. der Zuverlässigkeit des Ventils
(Werte zur Bestimmung des $MTTF_D$ nach DIN EN ISO 13849-1, Anhang C)

3.7.1.3 Es müssen Hinweise auf die Spezifikation der Druckflüssigkeit und deren Reinheitsklassen (Verunreinigungen und Qualitätsklassen) vorhanden sein.

3.7.1.4 Allgemeiner Hinweis auf die konstruktiv bedingte Leckage bei Schieberventilen und auf die zu erwartenden Auswirkungen (z. B. Auswandern der Kolbenstange und Absinken von Lasten) auch bei Schieberventilen mit Sperr-Mittelstellung.

3.7.1.5 Es müssen Hinweise zur Inbetriebnahme vorhanden sein.

3.7.2 Es wird geprüft, ob die Angaben und Hinweise in den technischen Unterlagen enthalten sind.

4 Örtliche und sachliche Zuständigkeit

Die Prüfung und Zertifizierung wird durchgeführt vom Institut für Arbeitsschutz – IFA, Prüf- und Zertifizierungsstelle im DGUV Test; Alte Heerstr. 111, 53757 Sankt Augustin.

5 Ablauf des Prüf- und Zertifizierungsverfahrens

Die Prüfung erfolgt auf der Grundlage der „Prüf- und Zertifizierungsordnung der Prüf- und Zertifizierungsstellen im DGUV Test“ (DGUV Grundsatz 300-003) und eines Vertrages zwischen dem Antragsteller und der Prüf- und Zertifizierungsstelle.

5.1 Einleitung des Prüfverfahrens

Für die Einleitung des Prüfverfahrens werden dem Interessenten die folgenden Unterlagen zugestellt (im Internet unter www.dguv.de/ifa, Prüfung/Zertifizierung, Rubrik Formulare herunter ladbar):

- Antragsformular mit zugehöriger Anlage 1
- Prüf- und Zertifizierungsordnung (DGUV Grundsatz 300-003)
- Gebührenordnung der Prüf- und Zertifizierungsstelle

5.2 Prüfantrag und einzureichende Unterlagen

Für jedes Prüfmuster ist ein gesonderter Prüfantrag zu stellen. Dem Antrag sind folgende Unterlagen – bei fremdsprachigen Unterlagen auch in deutscher Übersetzung – beizufügen:

- Zeichnungen des Prüfobjektes und der sicherheitsrelevanten Bauteile
- Stücklisten, Datenblätter
- Schaltpläne (bei Ventilkombination)
- Betriebsanleitung

Bei Bedarf kann die Prüfstelle weitere Unterlagen anfordern.

5.3 Angebot und Vertrag

Nach Eingang der Antragsunterlagen wird entsprechend der Gebührenordnung durch die Prüf- und Zertifizierungsstelle ein Angebot unterbreitet und mit dem Prüfvertrag dem Antragsteller zugesandt (siehe unter dguv.de/ifa, Prüfung/Zertifizierung, Rubrik Formulare). Der von beiden Parteien unterschriebene Prüfvertrag gilt als Auftragserteilung und -annahme.

5.4 Durchführung der Prüfung

Es können Prüfungen an Einzelexemplaren (Einzelprüfung oder Entwicklungsprüfung) sowie Prüfungen an einem Baumuster aus der Serie durchgeführt werden.

Im Zuge der Einzelprüfung oder der Entwicklungsprüfung können auch Teilprüfungen in einem zu vereinbarenden Umfang durchgeführt werden. Für die entsprechenden Prüfungen gelten die im Prüfantrag aufgeführten Prüfanforderungen.

Wird die Durchführung einer Baumusterprüfung beantragt, ist Folgendes zu bestätigen:

- Das zur Prüfung eingereichte Baumuster wird serienmäßig hergestellt, der laufenden Produktion entnommen und unverändert zur Prüfung vorgestellt.
- Eine gleichmäßige Herstellung und Werkskontrolle sind gewährleistet.
- Jede Änderung der Ausführung – auch wenn damit eine Erhöhung der Arbeitssicherheit beabsichtigt ist – wird der Prüfstelle mitgeteilt.
- Das IFA ist berechtigt, im Interesse des Arbeitsschutzes positiv geprüfte Bauteile in zusammenfassenden Darstellungen zu veröffentlichen.

Die Prüfung erfolgt in der Regel in zwei Abschnitten (1. technische Vorprüfung, 2. Hauptprüfung/Prüfung am Objekt). Die Prüfmuster werden nach positivem Abschluss der technischen Vorprüfung angefordert. Die Prüfmuster sind der Prüfstelle kostenfrei anzuliefern. Die Prüfstelle behält sich vor, weitere Prüfmuster anzufordern.

Die Prüfungen werden gemäß den Prüfanforderungen in vorgegebener Reihenfolge durchgeführt.

5.4.1 Unteraufträge

Die Prüf- und Zertifizierungsstelle kann Bescheinigungen oder Gutachten anderer anerkannter Prüfstellen oder Sachverständiger anfordern bzw. Teilprüfungen im Unterauftrag vergeben.

5.4.2 Aufbewahrung der Prüfmuster

Die Prüf- und Zertifizierungsstelle behält sich vor, die Prüfmuster für Vergleichszwecke aufzubewahren oder vom Auftraggeber aufbewahren zu lassen.

Sofern nach der Prüfung bei der Prüfstelle eine Aufbewahrung der Prüfmuster nicht erforderlich ist, werden diese nach Freigabe 6 Wochen zur Abholung bereitgehalten. Werden die Prüfmuster innerhalb dieser Frist nicht zurückgenommen, ist die Prüf- und Zertifizierungsstelle berechtigt, die Prüfmuster auf Rechnung des Auftraggebers zurückzusenden, entgeltlich zu lagern oder verschrotten zu lassen.

5.5 Prüfbericht

Über die Ausführung des Prüfobjektes sowie über das Ergebnis der Prüfung erstellt die Prüf- und Zertifizierungsstelle einen Prüfbericht, von dem der Auftraggeber eine Ausfertigung erhält.

5.6 Nachprüfung

Sind bei der Prüfung Mängel festgestellt worden, wird eine Nachprüfung notwendig. Wenn der Antragsteller die Mängel beseitigt hat, unterrichtet er die Prüf- und Zertifizierungsstelle unter Beifügung geeigneter Unterlagen. Diese führt eine Nachprüfung der eingereichten Unterlagen und erforderlichenfalls eine Nachprüfung am Baumuster durch.

5.7 Zertifikat für das geprüfte Baumuster

Nach erfolgter Baumusterprüfung und nach Vorliegen des Prüfberichtes wird, sofern eine Zertifizierung in Auftrag gegeben wurde, im Falle einer positiven Konformitätsbewertung ein Zertifikat (DGUV Test-Prüfbescheinigung) ausgestellt.
Die Gültigkeit des Zertifikats wird auf längstens fünf Jahre befristet.

6 Kontrollmaßnahmen

Es werden Kontrollmaßnahmen nach der DGUV Test Prüf- und Zertifizierungsordnung (DGUV Grundsatz 300-003) durchgeführt. Die Kosten für die Durchführung der Kontrollmaßnahmen trägt der Auftraggeber.

7 Prüfgebühren

Die Prüfgebühren werden nach Aufwand aus dem zum Zeitpunkt der Prüfung geltenden Stundensatz berechnet.

Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA)
