

Definition

Sicherheits-Teilfunktion Pneumatik

PUS – Vermeidung unerwarteter Anlauf für bistabile Ventile



Unser Aufwand – Ihr Vorteil

Unser Aufwand für die Erstellung dieses Dokuments
und Ihr eingesparter Zeitaufwand 6 h
Für Sie kostenlos.

Titel Sicherheits-Teilfunktionen Pneumatik - Definition
Version 1.50
Dokumentennummer 100405
Originalsprache Deutsch
Autor Festo
Datum 24.07.2026

Rechtliche Hinweise

Im Folgenden ist mit „Festo“ die „Festo SE & Co. KG“ bezeichnet.

Dieses Dokument ist unverbindlich. Dieses Dokument stellt einen möglichen Lösungsansatz für einen beispielhaften Einsatzfall dar und erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit, insbesondere hinsichtlich Konfiguration und Ausstattung sowie jeglicher Eventualitäten für Ihren konkreten Einsatzfall. Dieses Dokument ist keine kundenspezifische Lösung, sondern soll lediglich Hilfestellung bei typischen Aufgabenstellungen bieten.

Die in diesem Dokument genannten Werte sind teilweise Annahmen und Abschätzungen, die eine detaillierte Betrachtung unter Zuhilfenahme der ISO 13849, IEC 61508, IEC 62061 und/oder IEC 61511 nicht ersetzen.

Die tatsächlich erreichbaren Kennwerte (insbesondere PL, PFH_D, Kategorie, DC, MTTF_D, CCF, SIL, HFT, PFH, PFD) hängen von den eingesetzten Komponenten sowie ihren Einsatzbedingungen in der konkreten Applikation ab.

Dieses Dokument enthebt Sie nicht von der Pflicht, eine Risikobeurteilung und eine Validierung Ihrer spezifischen Anwendung vorzunehmen und die Einhaltung sämtlicher Vorgaben, insbesondere der Maschinenrichtlinie 2006/42/EG (bis 20.1.2027 anzuwenden) bzw. Maschinenverordnung (EU) 2023/1230 (ab 20.01.2027 anzuwenden), selbst sicherzustellen. Sie als Anwender tragen für Ihren konkreten Einsatzfall und für den sachgemäßen Betrieb der beschriebenen Produkte in diesem Zusammenhang selbst die Verantwortung. Festo lehnt jede Haftung für Schäden ab, die durch die Anwendung von gegebenenfalls falschen bzw.

unzureichenden Informationen oder aufgrund fehlender Informationen in diesen Unterlagen entstehen. Dies gilt ebenfalls für Defekte, die durch unsachgemäße Behandlung von Geräten und Baugruppen entstehen. Für Schäden, die durch die Nichteinhaltung der Vorgaben der Maschinenrichtlinie 2006/42/EG (bis 20.1.2027 anzuwenden) bzw. Maschinenverordnung (EU) 2023/1230 (ab 20.01.2027 anzuwenden) entstehen, wird ebenfalls jede Haftung, mit Ausnahme von Vorsatz oder grobe Fahrlässigkeit seitens Festo, abgelehnt.

Die Informationen dieses Dokuments gelten keinesfalls als Ersatz für die Bedienungsanleitung der jeweiligen Hersteller sowie der Konstruktion und Prüfung der jeweils eigenen Anwendung durch den Benutzer. Die jeweiligen Bedienungsanleitungen der Produkte von Festo sind unter www.festo.com zu finden. Der Benutzer dieses Dokuments muss selbst sicherstellen, dass jede Funktion, die hier beschrieben ist, auch in seiner Anwendung ordnungsgemäß funktioniert. Der Benutzer bleibt auch durch das Studium dieses Dokuments sowie durch die Nutzung der darin genannten Angaben allein verantwortlich für die eigene Anwendung.

Im Übrigen gelten die Regelungen bzgl. Haftung aus den Liefer-, Zahlungs- und Softwarenutzungsbedingungen von Festo, welche Sie unter www.festo.com finden. Diese lassen wir Ihnen auf Anforderung gerne zukommen. Dieses Dokument ist nur geeignet für Personen mit ausreichender Fachkompetenz für Maschinensicherheit und funktionaler Sicherheit auf Basis der ISO 12100, ISO 13849, IEC 61508, IEC 62061 und IEC 61511. Zusätzlich sind die folgenden Qualifikationen im Projektteam erforderlich:

- Fachkraft in der Pneumatik
- Fachkraft in der Elektrotechnik
- Fachkraft für die Programmierung von Steuerungen und Sicherheitsschaltgeräten

Urheberrechtshinweis

Diese Unterlagen sind geistiges Eigentum von Festo, der auch das ausschließliche Urheberrecht daran zusteht. Eine inhaltliche Änderung, die Vervielfältigung oder der Nachdruck dieser Unterlagen sowie deren Weitergabe an Dritte ist nur mit der ausdrücklichen schriftlichen Erlaubnis von Festo gestattet.

Festo behält sich das Recht vor, dieses Dokument vollständig oder teilweise zu ändern. Alle Marken- und Produktnamen sind Warenzeichen oder eingetragene Warenzeichen der jeweiligen Inhaber.

© Festo SE & Co. KG, D - 73734 Esslingen, 2023, 2024, 2026

Internet: <https://www.festo.com>

Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeines.....	4
1.1	Ziel des Dokuments	4
1.2	Allgemeine Hinweise	4
2	PUS – Vermeidung unerwarteter Anlauf (engl. Prevention Unexpected Start-up) für bistabile Ventile	5
3	Verweise auf Beispielsschaltungen	9
4	Verwendete Literatur	10
4.1	Zitierte Unterlagen von Festo.....	10
4.2	Normen	10
4.3	Rechtsvorschriften.....	10
5	Informationen über das Dokument	11
5.1	Allgemeine Angaben	11
5.2	Revisionshistorie	11
5.3	Genehmigung/Freigabe des Dokuments	11
5.4	Gültigkeitsdauer	11

1 Allgemeines

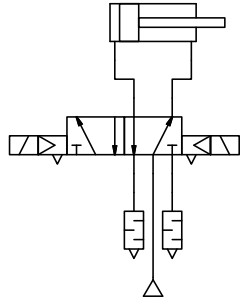
1.1 Ziel des Dokuments

- In diesem Dokument wird die Sicherheits-Teilfunktion „Vermeidung unerwarteter Anlauf (PUS)“ für pneumatische Schaltungen definiert und deren sicheren Zustand festgelegt. Für die praktische Umsetzung werden anschließend zusätzliche Hinweise angegeben, die anwendungsabhängig beachtet werden sollten.
- Für die möglichen Diagnosemaßnahmen nach ISO 13849-1, Tabelle E.1, werden zusätzliche Angaben gemacht, wie ein bestimmter Diagnosedeckungsgrad in einem Kanal dieser Sicherheitsfunktionen erreicht werden kann. Wie diese Diagnosedeckungsgrade in 2-kanaligen Schaltungen umgesetzt werden können, wird auf die Safety Application Notes im Support Portal verwiesen, siehe auch Abschnitt → „3. Verweise auf Beispielschaltungen“.

1.2 Allgemeine Hinweise

- Die angegebenen Schaltungen sind Prinzipschaltungen, die auf Grund der Übersichtlichkeit und Umfang nicht vollständig sein können. Sie sind Empfehlungen, die andere Möglichkeiten nicht ausschließen.
- Die verwendeten Abkürzungen für die Sicherheits-Teilfunktionen basieren auf die Definitionen in der VDMA 24584 für die Pneumatik.
- Die elektrische Beschaltung wurde in diesem Dokument nicht berücksichtigt.

2 PUS – Vermeidung unerwarteter Anlauf (engl. Prevention Unexpected Start-up) für bistabile Ventile

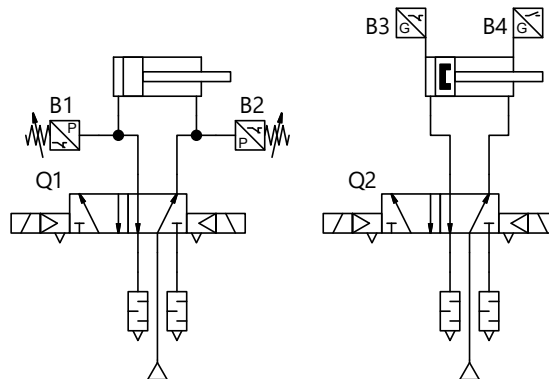
Abkürzung	PUS
Bezeichnung	Vermeidung unerwarteter Anlauf für bistabile Ventile Engl. Prevention of Unexpected Startup for bistable valves
Symbol	
Prinzip-Schaltung	
Reaktion bei Anforderung	Die Sicherheits-Teilfunktion PUS verhindert, dass das Schaltelement eines Ventils seine aktuelle Position verlässt, so dass die Volumenstrompfade durch das Ventil beibehalten werden. Wichtige Hinweise • Normalerweise wird die Sicherheits-Teilfunktion PUS <u>nach</u> dem Stoppen einer gefährlichen Bewegung durch eine andere Sicherheits-Teilfunktion bzw. <u>nach</u> dem sicheren Abschalten einer gefährlichen Maschinenfunktion bewertet. • Für bistabile Ventile ist keine Definition einer Stoppfunktion möglich, da verschiedene relevante Sicherheitsprinzipien nicht eingehalten werden können. Daher kann bei bistabilen Ventilen nur die Sicherheits-Teilfunktion PUS bewertet werden.
Sicherer Zustand	Das Schaltelement des Ventils bleibt in seiner Position, so dass die Volumenstrompfade durch das Ventil beibehalten werden.
Warnhinweise	 Achtung Durch verschiedene externe Einflüsse auf das Schaltelement eines Ventils können Kräfte wirken, die zu einer Bewegung des Schaltelements führen können. Bei Ausführung der Sicherheits-Teilfunktion PUS sind zu berücksichtigen: • Vibrationen und Stöße; • Massenträgheitsmoment auf das Schaltelement durch Bewegungen; • Externe Magnetfelder; • Druckluft/Vakuum an Entlüftungs- und Atmungsbohrungen bei Vorsteuerventilen und Hauptstufen;

	- Durchströmung der Hauptstufe mit Druckluft durch, z.B. manuelle Bewegung des pneumatischen Antriebs. Achtung - Bei bistabilen 5/2-Ventilen ist eine Kammer des pneumatischen Antriebs mit der Druckluftversorgung verbunden. Beim Einschalten der Druckluftversorgung kann es zu einer Gefährdung durch eine unerwartete Bewegung kommen. Es ist anwendungsbezogen zu bewerten, ob zusätzliche Maßnahmen zur Absicherung der Druckversorgung, z.B. durch ein Druckaufbauventil, erforderlich sind. Achtung - Bei bistabilen 5/2-Ventilen ist eine Kammer des pneumatischen Antriebs mit der Druckluftversorgung verbunden. Bei bistabilen Ventilen kann es beim Ausschalten bzw. Ausfall der Druckluftversorgung zu einer Gefährdung durch eine unerwartete Bewegung kommen. Es ist anwendungsbezogen zu bewerten, ob zusätzliche Maßnahmen zur Absicherung der Druckversorgung, z.B. durch ein Rückschlagventil, erforderlich sind.
Hinweise	- Bei Ventilen ist zu beachten, dass durch verschiedene externe und interne Einflüsse auf das Schaltelement Kräfte wirken können, die zu einer Bewegung des Schaltelements führen können. - Vom Ventilhersteller sind zu bewerten: - Durchströmung der Hauptstufe mit Druckluft mit maximalem möglichem Druckabfall am Ventil; - Veränderung des tribologischen Systems im Ventil über die Lebensdauer und den Einfluss auf das Schaltverhalten; - Verhalten des Schaltelements beim Ausfall der Feder in der Ruhestellung bzw. letzten Schaltstellung des Ventils. Hat ein Ventilhersteller diese Punkte in Worst-Case-Szenarien bewertet, ohne dass es zu einer Bewegung des Schaltelements kam, kann dieser den Fehlerausschluss „selbsttätige Veränderung der Ausgangs-Schaltstellung (ohne Eingangssignal) der Hauptstufe“ nach ISO 13849-2, Tabelle B.3, bestätigen. - Vom Maschinenhersteller zu bewerten - Vibrationen und Stöße; - Massenträgheitsmoment auf das Schaltelement durch Bewegungen; - Externe Magnetfelder; - Druckluft/Vakuum an Entlüftungs- und Atmungsbohrungen bei Vorsteuerventilen und Hauptstufen; - Durchströmung der Hauptstufe mit Druckluft durch, z.B. manuelle Bewegung des pneumatischen Antriebs. - Die zur Umsetzung der Sicherheits-Teilfunktion verwendeten Ventile sollten eines der folgenden Konstruktionsmerkmale aufweisen: - Fehlerausschluss „selbsttätige Veränderung der Ausgangs-Schaltstellung (ohne Eingangssignal) der Hauptstufe“ durch den Ventilhersteller (bevorzugte Maßnahme bei bistabilen Ventilen) - Eine Raste an der Hauptstufe des Ventils (weitere mögliche Maßnahme bei bistabilen Ventilen). - Für die Umsetzung der Sicherheits-Teilfunktion PUS können folgende schaltungstechnische Maßnahmen in einem Kanal möglich sein (siehe → „3 Verweise auf Beispielsschaltungen“):

	○ Elektrische Abschaltung der Ventilmagnete. ○ Abschaltung der Arbeitsdruckversorgung ○ Abschaltung der Steuerdruckversorgung, wenn der Fehlerausschluss „selbsttätige Veränderung der Ausgangs-Schaltstellung (ohne Eingangssignal) der Hauptstufe“ nach ISO 13849-2, Tabelle B.3 des Ventilherstellers vorliegt. • Nach Ausführung der Sicherheits-Teilfunktion PUS ist ein pneumatischer Antrieb bei vorhandenem Arbeitsdruck nicht frei beweglich. Wird die Versorgung des Arbeitsdrucks unterbrochen und entlüftet, kann der pneumatische Antrieb frei beweglich sein. • Nach Ausführung der Sicherheits-Teilfunktion PUS kann eine nachfolgende pneumatische Anlage mit Druck beaufschlagt sein. • Wird ein bistabiles Ventil während der Anforderung von PUS nicht angesteuert, befindet sich das Ventil in seiner letzten Schaltstellung und der pneumatische Antrieb in der entsprechenden Endlage bzw. die nachfolgende pneumatische Anlage verbleibt in ihrem aktuellen Zustand. Wurde das Ventil während der Anforderung von PUS angesteuert ist die Position des Ventils und des pneumatischen Antriebs bzw. der nachfolgenden pneumatische Anlage nicht bestimmt. • Diese Sicherheits-Teilfunktion entspricht PUS nach VDMA 24584.
--	---

Diagnosedeckungsgrad DC=90%

Um bei der Sicherheits-Teilfunktion PUS einen Diagnosedeckungsgrad von DC=90% zu erreichen, kann das Schaltelement des Wegeventils indirekt überwacht werden (Abschätzung nach DIN EN ISO 13849-1, Tabelle E.1). Bei Wegeventilen gibt es zwei Möglichkeiten zur Umsetzung:



- Überwachung des Drucks am Ausgang des Wegeventils Q1 durch Druckschalter B1, B2

An den Ausgängen eines Wegeventils lässt sich der ohne bzw. mit Druck beaufschlagte Zustand mit Druckschaltern B1, B2 überwachen.

Beim Ausgang ohne Druck wird ein möglichst geringer Schaltdruck am Druckschalter eingestellt (Empfehlung $\leq 0,5$ bar bei pneumatischen Antrieben).

Beim Ausgang mit Druck wird ein ausreichend hoher Schaltdruck am Druckschalter eingestellt (Druck, der zum Halten der Last bzw. zum Aufrechterhalten des sicheren Zustands der Maschinenfunktion erforderlich ist, > 2 bar).

Die Drücke sollten so gewählt werden, dass sich in der Anwendung keine gefährliche Bewegung ergibt bzw. keine gefährliche Maschinenfunktion ausgelöst wird.

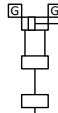
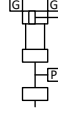
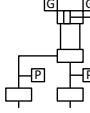
- Überwachung der Endlage des pneumatischen Antriebs durch Endschalter B3, B4
Die Endlagen des pneumatischen Antriebs werden überwacht. Befindet sich der Antrieb in einer Endlage und bewegt sich aus der Endlage, kann angenommen werden, dass das Ventil geschaltet hat.
Bei dieser Diagnose wird sich der pneumatische Antrieb bei einem Fehler bewegen. Diese Bewegung darf ab Kategorie 2 keine Gefährdung verursachen.

Hinweis

- Die Anwendung dieser Diagnosemaßnahmen in Schaltungen ab Kategorie 2 wird auf die Application Notes in ➔ „3 Verweise auf Beispielsschaltungen“ verwiesen.

3 Verweise auf Beispielsschaltungen

Im Support Portal sind Safety Application Notes mit einer möglichen Bewertung auf Basis ISO 13849 für Grundsaltungen mit unterschiedlichen Ventilfunktionen verfügbar.

PUS	Kanal 1: Ventilfunktion Überwachung	Kanal 2: Ventilfunktion Überwachung	Struktur	Link
bis zu Kategorie 1, bis zu PL c	5/2-bistabil	-		➔ 100416
bis zu Kategorie 2, bis zu PL d	5/2 bistabil Endschalter Antrieb	Arbeitsdruck: 3/2-geschlossen		➔ 100588
bis zu Kategorie 3, bis zu PL e	5/2-bistabil Endschalter Antrieb	Arbeitsdruck: 3/2-geschlossen Druckschalter		➔ 100418
bis zu Kategorie 3, bis zu PL e	5/2-bistabil Endschalter Antrieb	Arbeitsdruck: 3/2-geschlossen Druckschalter		➔ 100419
bis zu Kategorie 3, bis zu PL d		Steuerdruck: 3/2-geschlossen Druckschalter		

4 Verwendete Literatur

4.1 Zitierte Unterlagen von Festo

- [1] [100416](#) Schaltung Sicherheits-Teilfunktion Pneumatik PUS, bis zu Kat. 1, bis zu PL c
- [2] [100418](#) Schaltung Sicherheits-Teilfunktion Pneumatik PUS, Arbeitsdruck: bis zu Kat. 3, bis zu PL e
- [3] [100419](#) Schaltung Sicherheits-Teilfunktion Pneumatik PUS, Arbeitsdruck: bis zu Kat. 3, bis zu PL e; Steuerdruck: bis zu Kat. 3, bis zu PL d
- [4] [100588](#) Schaltung Sicherheits-Teilfunktion Pneumatik PUS, Arbeitsdruck: bis zu Kat. 2, bis zu PL d

4.2 Normen

- [5] DIN EN ISO 4414:2011-04 - Fluidtechnik - Allgemeine Regeln und sicherheitstechnische Anforderungen an Pneumatikanlagen und deren Bauteile (ISO 4414:2010); Deutsche Fassung EN ISO 4414:2010
- [6] ISO 5598:2020-01 - Fluidtechnik - Vokabular
- [7] DIN EN ISO 12100:2011-03 - Sicherheit von Maschinen - Allgemeine Gestaltungsleitsätze - Risikobeurteilung und Risikominderung (ISO 12100:2010); Deutsche Fassung EN ISO 12100:2010
- [8] DIN EN ISO 13849-1:2023-12 – Sicherheit von Maschinen - Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen - Teil 1: Allgemeine Gestaltungsleitsätze (ISO 13849-1:2023); Deutsche Fassung EN ISO 13849-1:2023
- [9] DIN EN ISO 13849-2:2013-02 - Sicherheit von Maschinen - Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen - Teil 2: Validierung (ISO 13849-2:2012); Deutsche Fassung EN ISO 13849-2:2012
- [10] ISO 19973-1:2015-08 - Pneumatik - Bewertung der Zuverlässigkeit von Bauteilen durch Prüfung - Teil 1: Allgemeine Verfahren
- [11] VDMA 24584:2022-06 - Sicherheitsfunktionen geregelter und nicht geregelter (fluid-) mechanischer Systeme.
- [12] DIN EN 61508:2011-02 - Funktionale Sicherheit sicherheitsbezogener elektrischer/elektronischer/programmierbarer elektronischer Systeme (IEC 61508:2010); Deutsche Fassung EN 61508:2010
- [13] DIN EN 61508-4:2011-02 - Funktionale Sicherheit sicherheitsbezogener elektrischer/elektronischer/programmierbarer elektronischer Systeme - Teil 4: Begriffe und Abkürzungen (IEC 61508-4:2010); Deutsche Fassung EN 61508-4:2010
- [14] DIN EN 61511-1:2019-02 - Funktionale Sicherheit - PLT-Sicherheitseinrichtungen für die Prozessindustrie (IEC 61511:2016); Deutsche Fassung EN 61511-1:2017
- [15] DIN EN IEC 62061:2023-02 - Sicherheit von Maschinen - Funktionale Sicherheit sicherheitsbezogener Steuerungssysteme (IEC 62061:2021); Deutsche Fassung EN IEC 62061:2021

4.3 Rechtsvorschriften

- [16] Maschinenrichtlinie: Richtlinie 2006/42/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Mai 2006 über Maschinen und zur Änderung der Richtlinie 95/16/EG (Neufassung)
- [17] Maschinenverordnung: Verordnung (EU) 2023/1230 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 14. Juni 2023 über Maschinen und zur Aufhebung der Richtlinie 2006/42/EG des Europäischen Parlaments und des Rates und der Richtlinie 73/361/EWG des Rates

5 Informationen über das Dokument

5.1 Allgemeine Angaben

Dokumentennummer	100405
Sicherheits-Teilfunktion	Definition
	PUS – Vermeidung unerwarteter Anlauf für bistabile Ventile

5.2 Revisionshistorie

Vers.	Datum	Bearb.	Kapitel	Beschreibung der Änderung/Auswirkung
1.10	08.03.2023	JKHL	Alle	Erstellung des Dokuments
1.20	24.7.2023	JKHL	2	Hinweise zur Implementierung angepasst
			Letzte Seite	Ergänzung Kontaktmöglichkeiten
1.30	07.09.2023	JKHL	5, 6	Aktualisierung der Links ins Support Portal und der Normen
1.50	24.07.2026	JKHL	3, 4	Aktualisierung Symbol PUS und der Links, Update Links Application Notes
1.50	24.07.2026	JKHL	3	Aktualisierung der Liste mit Beispielschaltungen
			4.3	Ergänzung der Maschinenverordnung (EU) 2023/1230

5.3 Genehmigung/Freigabe des Dokuments

Rolle	Unterschrift
Freigabe	

5.4 Gültigkeitsdauer

Das Dokument ist bis 24.07.2031 gültig oder bis eines der verwendeten Dokumente oder die erforderliche relevante Grundlage geändert wird.



Haben Sie Fragen zu dieser Application Note?

Sie können uns gerne Ihre Fragen über das Kontaktformular zukommen lassen.



Suchen Sie Safety Application Notes mit Lösungsbeispielen für die wichtigsten Sicherheits-Teilfunktionen in der Pneumatik?

Im Support Portal erweitern wir regelmäßig unsere Sammlung mit Dokumenten.



Wollen Sie sich einen Gesamtüberblick zur Maschinen- und Anlagesicherheit verschaffen?

In unserem Leitfaden haben wir Informationen zur Maschinensicherheit und funktionalen Sicherheit zusammengestellt.

Leitfaden herunterladen.



Benötigen Sie weitere Unterstützung?

Wir bieten auch Dienstleistungen für Maschinensicherheit an

- Risikobeurteilung
- Sicherheitskonzept
- Schaltungsentwicklung
- Verifizierung / Validierung



Angebot können Sie gerne über das Kontaktformular einholen.

Benötigen Sie Schulungen oder eine Weiterbildung?

Bei Festo Didactic finden Sie Schulungen zur Maschinensicherheit, zur Funktionalen Sicherheit und zum Thema CE-Kennzeichnung.



Angebot für Schulung oder Workshop anfragen.