

Impulsventile in sicherheitsbezogenen Anwendungen. Ein Beispiel.

FESTO

Kurzfassung: Aufgrund ihres bistabilen Verhaltens stellen Impulsventile in bestimmten Anwendungen den Anwender vor scheinbar schwer zu lösende Aufgaben. Im vorliegenden Anwendungsbeispiel soll gezeigt werden, wie unter Berücksichtigung der verschiedenen Betriebszustände und Betriebszustandsübergänge systematisch eine Lösung erarbeitet werden kann. Als ein sinnvoller Ansatz zur Lösungsfindung erscheint der Weg über die Betrachtung der unterschiedlichen Gefährdungen bei den unterschiedlichen Betriebszuständen der Maschine. Diese erfordern zeitlich aufeinanderfolgende, unterschiedliche Reaktionen der Sicherheitsschaltung zur Umsetzung der erforderlichen Schutzmaßnahmen.

TR-300003

Datum
26.02.2018

Vorwort

Die Veröffentlichung des Beitrags „Impulsventile in sicherheitsbezogenen Anwendungen“ in Technischen Report TR-300002 wurde von industriellen Anwendern und Forschungsinstituten gleichermaßen begrüßt. Mit einem Verweis auf solche Beiträge gelingt es Anwendern unserer Komponenten und auch den Betreiber von Maschinen wesentliche offene Punkte bei der sicherheitsbezogenen Validierung transparent klären zu können.

Ersteller
TP-S

Im Hinblick auf eine differenzierte ingenieur-wissenschaftliche Darlegung hatten wir auf ausführliche, praxisorientierte Anwendungsbeispiele verzichtet. Diese Lücke mit diesem ergänzenden Beispiel zu schließen – und damit dem Wunsch vieler Leser zu folgen - ist Ziel des vorliegenden Technischen Report TR-300003.

Version
2.0

1 Impulsventile in Standardschaltungen

Auch in nicht sicherheitsbezogenen Anwendungen oder Standardschaltungen wie in Bild 1 muss eine wesentliche Eigenschaft dieser Ventile beachtet werden. Eine einmal eingeleitete Bewegung des Antriebs kann auch durch das Abschalten der elektrischen betätigten Vorstufe des Impulsventils nicht mehr gestoppt oder umgekehrt werden. Der Lösungsansatz, dass Impulsventil umzusteuern zeigt sich bei näherem Hinsehen als nicht oder schwierig umsetzbar. Zudem widerspricht diese Verfahrensweise einem wichtigen Sicherheitsprinzip - der Einnahme des sicheren Zustandes durch Energieabschaltung [1-3].

Damit wäre die zweite wesentliche Eigenschaft von Impulsventilen beschrieben: eine einmal erreichte Schaltstellung bleibt erhalten und es bedarf erneuter Energiezufuhr¹ um diese zu verlassen.

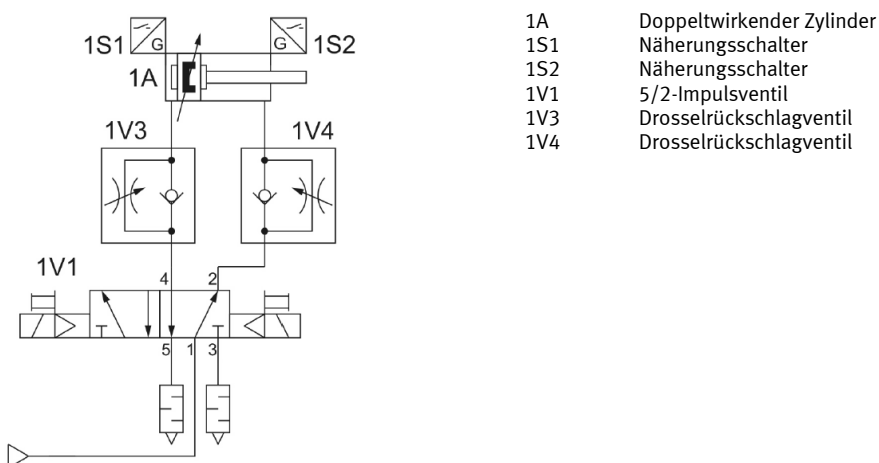


Bild 1: Standardschaltung für einen doppelwirkenden Zylinder

2 Auftretende Zusatzanforderung

Die tägliche Praxis zeigt, dass mit dem Fortschreiten der Projektbearbeitung und dem Durchlauf eines Projektes durch die einzelnen Abteilungen eines Unternehmens die Anforderungen an ein System Stück für Stück zutage treten. Diese Tatsache erklärt auch die laufend wechselnden Aufgabenstellungen bei der Umsetzung von technischen Lösungen. Oft kommt als finale Forderung – mit hoher Wahrscheinlichkeit erst bei Abnahme der Maschine durch den Kunden – die Forderung nach einem Betrieb mit geöffneten trennenden Schutzeinrichtungen. Neben diesen permanenten Änderungen kommen die laufzeitbedingten Verzögerungen und Überschneidungen bei Entscheidungen und Statusaussagen erschwerend hinzu.

Ein erfolgversprechender Ansatz zu Beherrschung dieser Aufgabe ist die Betrachtung der zeitlichen Abfolge der einzelnen Betriebszustände und Betriebsarten der Maschine. Ausgehend von der schematischen Darstellung in Bild 2, lässt sich recht schnell die zeitliche Abfolge der Betriebsarten der Maschine bestimmen. Ist diese Abfolge erst einmal bekannt, dann ist die zeitliche Abfolge der auftretenden Gefährdungen ebenfalls schnell bestimmbar. Damit wäre der erste wichtige Schritt zur Bestimmung der

¹ Der Geltungsbereich der Aussage bezieht sich auf die Einhaltung der zulässigen Betriebsbedingungen.

Sicherheitsfunktionen getan - diese sind nichts anderes als die Antwort auf die auftretenden Gefährdungen.

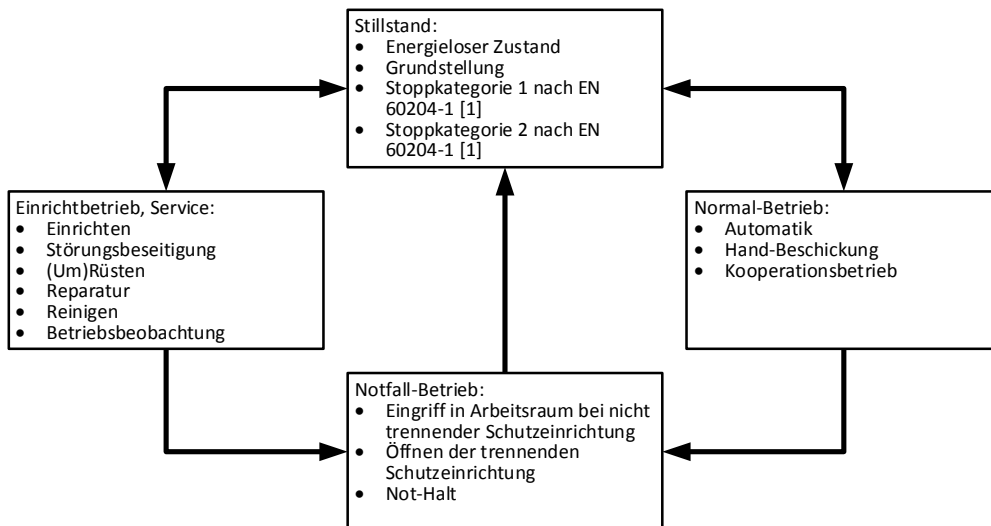


Bild 2: Abfolge von Betriebsarten bzw. Betriebszuständen an einer Maschine²

Unabhängig von der konkreten Gefährdungssituation an der zu betrachtenden Anlage hat man in der Pneumatik mit hoher Wahrscheinlichkeit bestimmte, immer wiederkehrende Gefährdungen:

- durch schlagartige Bewegungen bei Belüftung eines druckfreien Systems,
- durch schlagartiges Energiefreisetzen (Sprünge durch schlagartiges Losbrechen) bei Bewegungshemmungen,
- durch zusätzliche Exposition bei Montage- und Instandsetzungsarbeiten³,
- durch unerwarteten Anlauf⁴,
- durch undefinierte Zustände beim Druckfreischalten und bei Druckbeaufschlagung.

3 Einbeziehung der Wartungseinheit

Im Allgemeinen wird jede pneumatische Anlage aus einer Wartungseinheit gespeist [4]. Daher erscheint es angebracht, diese bei den sicherheitstechnischen Überlegungen mit einzubeziehen. Bild 3 zeigt die in Abschnitt 1 eingeführte Standardschaltung ergänzt um eine Wartungseinheit OZ.

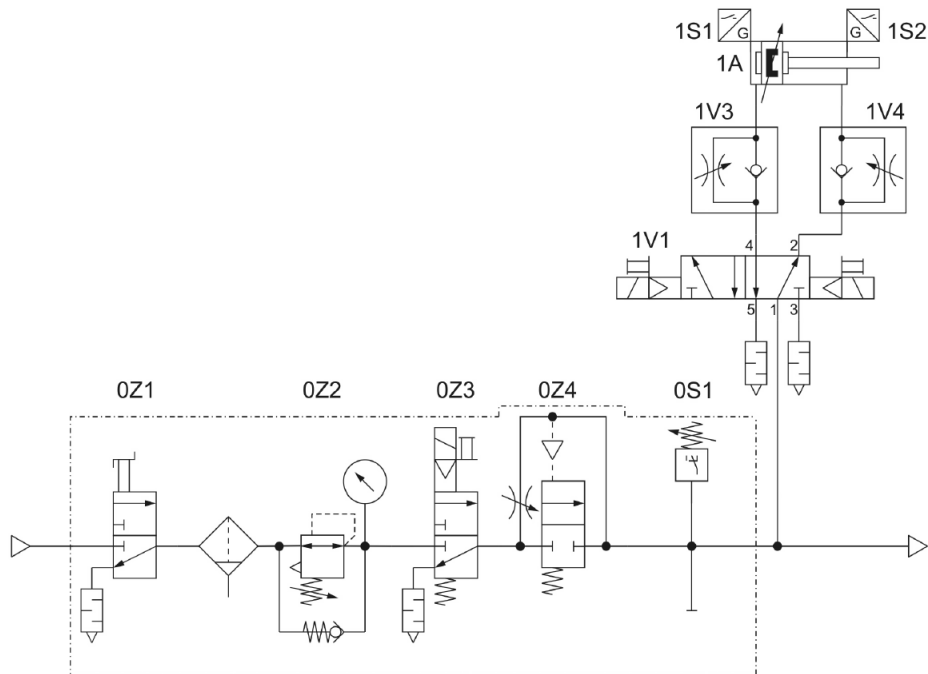
Werden mit der Standardschaltung aus Abschnitt 1 pneumatische Antriebe angesteuert, die einerseits ihre einmal eingenommene Endlage beibehalten und andererseits bei Bewegungshemmungen druckfrei geschaltet werden, ist dies durch Einbeziehen des Ventils OZ3 der Wartungseinheit möglich. Entscheidet man sich für diese Lösung, gilt es zu prüfen, ob das „Druckfreischalten“⁵ aller Schaltungsteile zulässig ist. Die zulässigen Schaltspielzahlen der Ventile in der Wartungseinheit stellen eine weitere Restriktion dar.

² Die Darstellung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

³ Diese Gefährdung ist allgemein und nicht nur auf die Pneumatik beschränkt.

⁴ Diese Gefährdung ist ebenfalls allgemein und nicht nur auf die Pneumatik beschränkt.

⁵ Beim Druckfreischalten gibt es zu bedenken, dass diese Maßnahme nur bei Antrieben angewendet werden kann, die über keinen Totpunkt, Raststellung oder eine Klemmung verfügen.



OZ1	Einschaltventil	1A	Doppeltwirkender Zylinder
OZ2	Druckregler mit Anzeige und Filter	1S1	Näherungsschalter
OZ3	Entlüftungsventil	1S2	Näherungsschalter
OZ4	Druckaufbauventil (Soft-Start)	1V1	5/2-Impulsventil
OS1	Druckschalter	1V3	Drosselrückschlagventil
		1V4	Drosselrückschlagventil

Bild 3: Schaltung aus Bild 1 mit Wartungseinheit zum Druckfreischalten des Systems

Werden die Forderungen der Maschinenrichtlinie 2006/42/EG umgesetzt, dann sind Störungen in der Energieversorgung bei der Projektierung ebenfalls mit zu betrachten. Damit ergeben sich automatisch zwei weitere, willkürlich erzwungene Zustandswechsel:

- Druckfreies System → druckbeaufschlagtes System (Notwendigkeit der Wiederaufnahme der Produktion).
- Druckbeaufschlagtes System → druckfreies System (meist willensunabhängig und nicht beeinflussbar).

Die Gefährdungen beim Belüften des Systems (schlagartige Bewegungen) werden durch das Ventil OZ4 für den langsamen Druckaufbau verhindert. Bedingt durch die Tatsache, dass Antriebe im entlüfteten Zustand keine definierten Antriebskräfte aufweisen, können diese Antriebe dann im druckfreien Zustand beliebige Stellungen durch die auf sie einwirkenden Kräfte einnehmen⁶:

- Schwerkraft,
- Prozesskräfte,
- Rückstellkräfte von Stoßdämpfern,
- Manuelle Eingriffe zum Freiräumen, Reinigen usw.

⁶ Diese Aussage bezieht sich auf Antriebe, bei denen keine besonderen Maßnahmen zur Blockierung vorgenommen wurden (Bremsen/Klemmungen, Kniehebel etc.).

Weiterhin wird oft vergessen, dass auch beim „Druckfreischalten“ eines Antriebs zeitlich veränderliche Antriebskräfte entstehen können. Bedingt ist dieses Verhalten durch die unterschiedlichen Volumina und den Strömungswiderständen an beiden Anschlüssen.

Beim Belüften der pneumatischen Anlage bzw. Einschalten der Druckluftversorgung verbergen sich weitere Gefährdungen, die aus Nichtbeachtung technischer Gegebenheiten resultieren können. Sollen vorgesteuerte Ventile vor dem Ansteigen des Drucks in eine bestimmte Schaltstellung geschaltet werden (um diese Antriebe gezielt in eine Richtung zu fahren), dann kommt es bei Anwendung der Schaltung nach Bild 3 möglicherweise trotzdem zu gefährlichen Bewegungen. Die Ursache dafür ist der Mindestschaltedruck bei vorgesteuerten Ventilen. Diese schalten erst ab einem bestimmten Druck von Ruhestellung in die geschaltete Stellung bzw. wechseln ihre Schaltstellung. Damit ist die Schutzmaßnahme „Langsambelüftung“ in ihrer Funktion zumindest teilweise aufgehoben. Eine mögliche Lösung stellt die Modifikation der Schaltung entsprechend Bild 4 dar.

Für die Umsetzung der Funktion Druckfreischalten ist das Verhalten von OZ4 zu beachten. Genauso, wie ab einem bestimmten Umschaltedruck das Ventil in die geschaltete Stellung wechselt, wird es bei einem bestimmten Druck wieder in die Ruhestellung zurückschalten. Damit muss das in der Anlage verbliebene Restvolumen über die Drossel in OZ4 entlüften. Das Druck-Zeit-Diagramm in Bild 5 zeigt den daraus resultieren verzögerten Druckabbau (durchgezogene Linie) und die Entlüftungszeit t_E der pneumatischen Anlage.

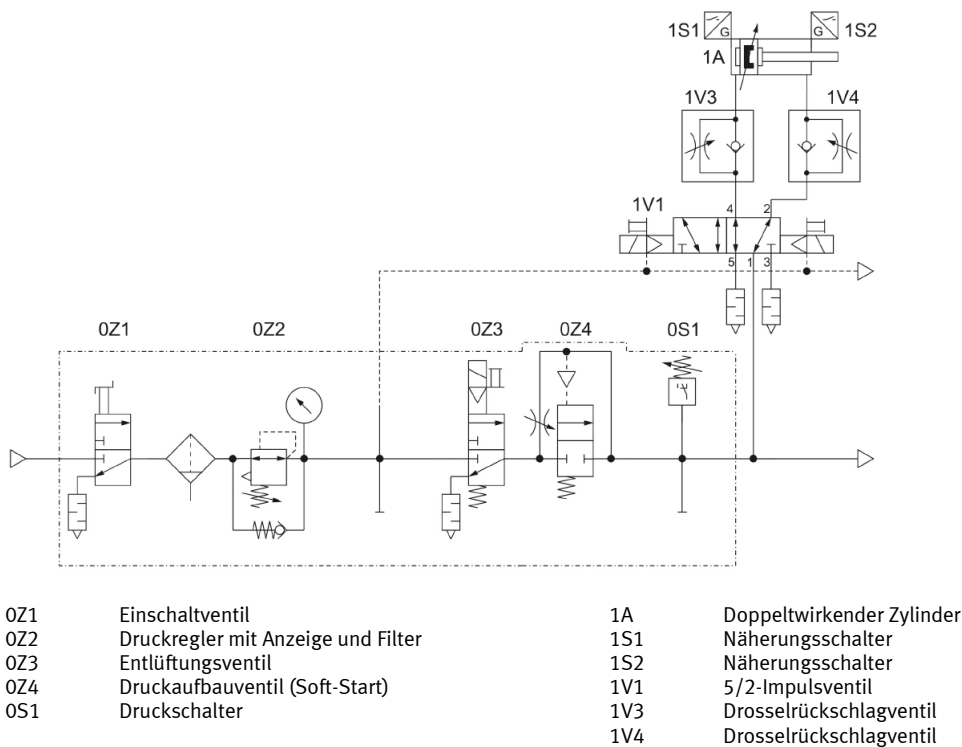
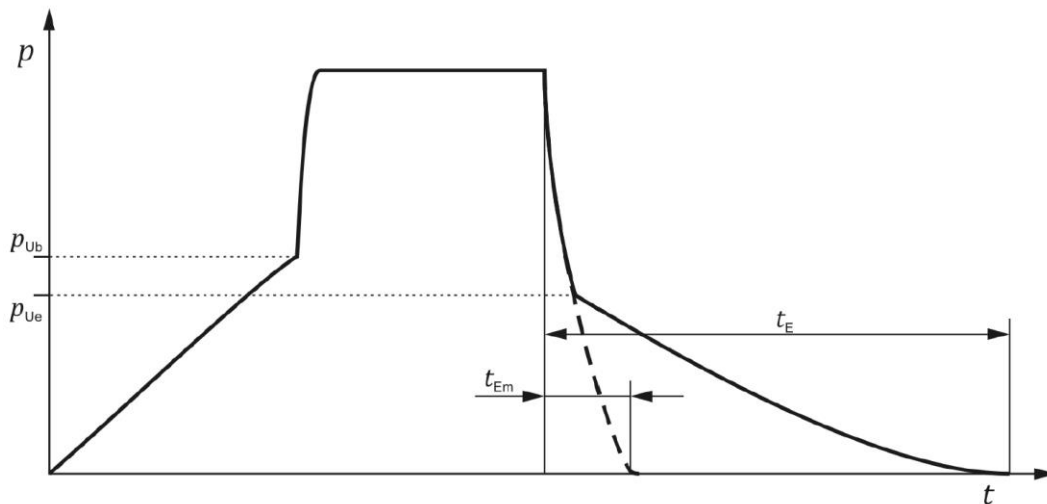


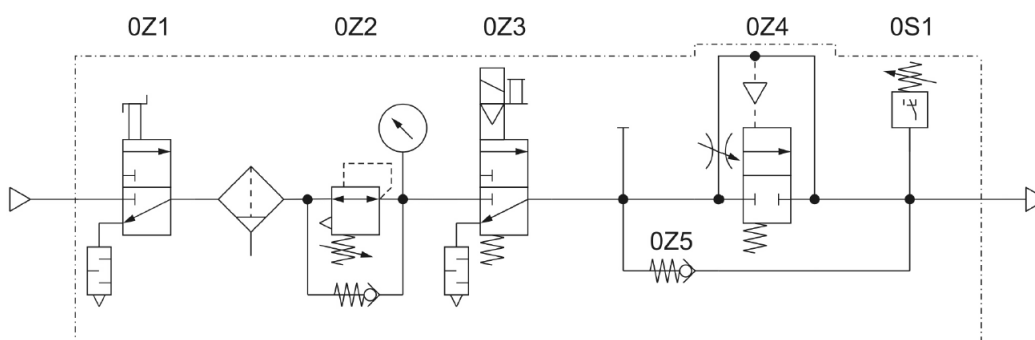
Bild 4 Standardschaltung mit Wartungseinheit zum Druckfreischalten des Systems mit der Zusatzfunktion, die Arbeitsventile beliebig schalten zu können



p_{Ub} = Umschaltzeitpunkt bei Belüftung
 p_{Ue} = Umschaltzeitpunkt bei Druckfreischalten
 t_E = Entlüftungszeit der Anlage
 t_{Em} = Entlüftungszeit der Anlage bei Modifikation der Wartungseinheit entsprechend Bild 6

Bild 5 Druckverlauf in der Anlage bei Einsatz eines Ventils zum langsamen Druckaufbau

Die Problemstellung einer langen Entlüftungszeit t_E kann durch eine leichte Modifikation der Wartungseinheit entsprechend Bild 6 gelöst werden. Das Ventil OZ4 wird um das Rückschlagventil OZ5 ergänzt. Durch diesen „Bypass“ zur Umgehung der Drossel beim Druckfreischalten wird eine signifikant verkürzte Entlüftungszeit t_{Em} und schneller Druckabbau (gestrichelte Linie) erreicht.



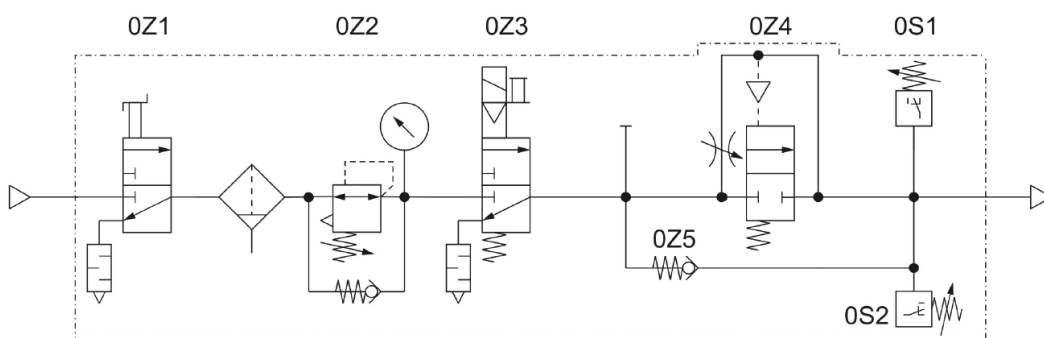
OZ1	Einschaltventil	OZ4	Druckaufbauventil (Soft-Start)
OZ2	Druckregler mit Anzeige und Filter	OZ5	Rückschlagventil mit Feder
OZ3	Entlüftungsventil	OS1	Druckschalter

Bild 6: Modifizierte Wartungseinheit zur Reduktion der Entlüftungszeit

Wird die Wartungseinheit in die Sicherheitskonzept mit einbezogen, lohnt es sich (unabhängig von den eventuell umzusetzenden Kategorien der einzelnen Steuerschaltung) Gedanken über Maßnahmen zur Fehlererkennung zu machen.

Oft werden Druckschalter (OS1, Bild 6) eingesetzt, um den anliegenden Betriebsdruck zu erkennen. Für eine weiterreichende Fehlererkennung reicht dieser eine Schalter nicht aus. Kombiniert man hingegen diesen Schalter mit einem weiteren Druckschalter (OS2, Bild 7) zur Auswertung des unteren Druckbereiches (Signalwechsel bei 0,2 bis 0,3bar), können durch Auswertung der zeitlichen Abfolge der Schaltsignale beider Druckschalter wesentlich mehr Informationen gewonnen werden:

- Rückschlüsse zur ordnungsgemäßen Funktion beider Druckschalter,
- Rückschlüsse auf den Erhalt der eingestellten Schaltepunkte,
- Rückschlüsse auf korrektes Zurückschalten von OZ4 in die Ruhestellung (Auswertung Signalwechsel an OS2 relativ zu OS1),
- Erkennung von zu hoch eingestellten Betriebsdrücken (oberhalb des zulässigen Betriebsdruckes).
- Erkennung des Erreichens eines ungefährlichen Druckniveaus,
- Rückschlüsse auf den Zustand des Schalldämpfers an OZ3.



OZ1	Einschaltventil	OZ5	Rückschlagventil mit Feder
OZ2	Druckregler mit Anzeige und Filter	OS1	Druckschalter
OZ3	Entlüftungsventil	OS2	Druckschalter
OZ4	Druckaufbauventil (Soft-Start)		

Bild 7: Wartungseinheit mit zusätzlichem Druckschalter zur Erfassung des unteren Druckbereiches

4 Vermeidung von unerwartetem Anlauf in Kategorie 3

Die Vermeidung von unerwartetem Anlauf [5; 6] ist bei vorgesteuerten Ventilen relativ einfach umsetzbar. Durch das separate Schalten der Steuerluft dieser Ventile kann ein zweiter Steuerkanal für eine vorgesehene Architektur der Kategorie 3 [3] relativ einfach geschaffen werden. Die pneumatische Schaltung in Bild 8 hat allerdings den Nachteil, dass das Ventil 1V2 dem Ventil 1V1 logisch direkt zugeordnet ist und nicht für andere Funktionen mitverwendet werden kann. Wird die Schaltung so verändert, dass das Steuerluftschaltventil permanent mit Druckluft versorgt wird, können Zusatzfunktionen für andere Zustände und Zustandsübergänge genutzt werden (Bild 9).

Zum Beispiel ist die unter Punkt 3 beschriebene Restriktion des Nichtschaltens der Ventile vor dem Belüften der Anlage nicht mehr gegeben. Daher können vor Ansteuern des Ventils OZ3 alle Arbeitsventile (1V1 und weitere Ventile) gezielt in eine bestimmte Schaltstellung gebracht werden.

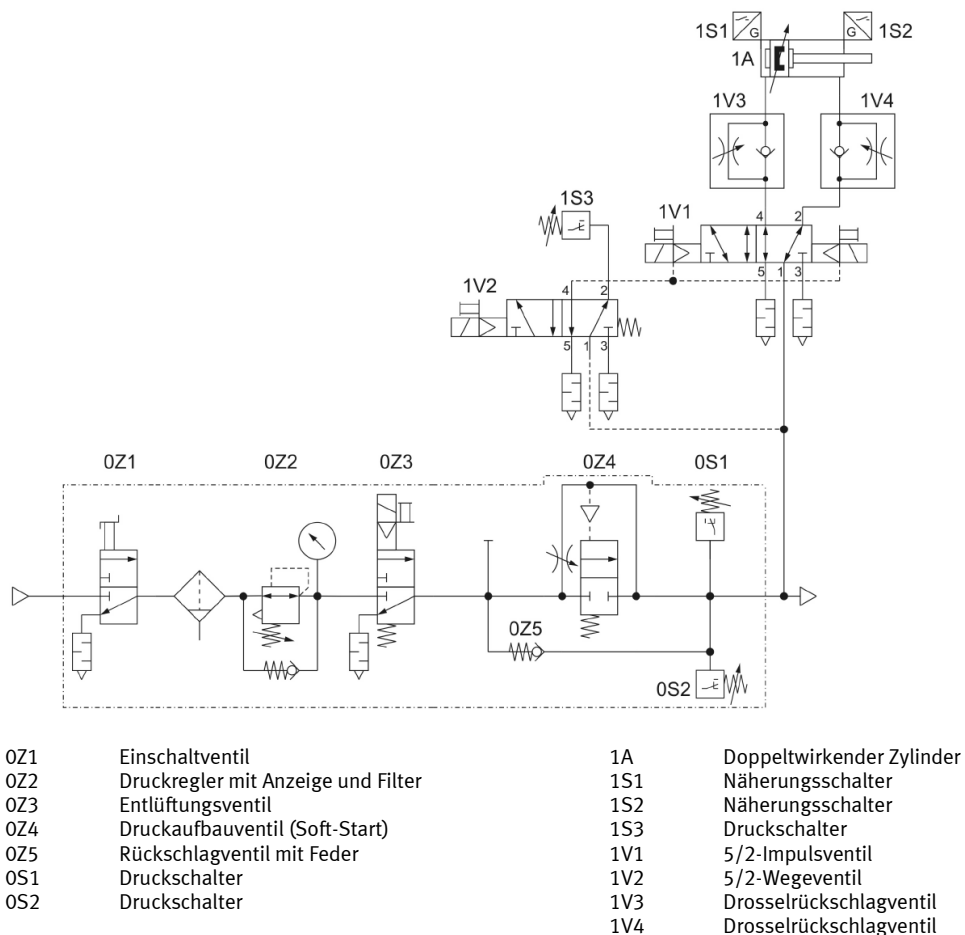
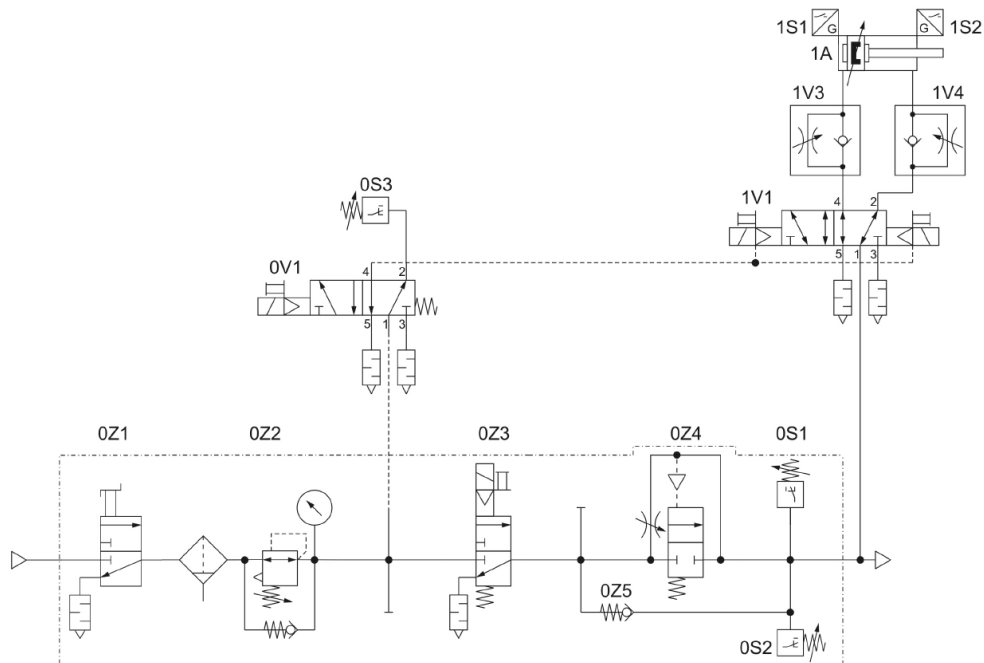


Bild 8: Aufbau einer zweikanaligen Steuerkette für den Schutz gegen unerwarteten Anlauf

Sind Maßnahmen zur Druckerhaltung (Spannkraftsicherung, Lagesicherung usw.) erforderlich, kann mit der Lösung nach Bild 9 nicht mehr gearbeitet werden. Eine Druckerhaltungsfunktion kollidiert immer mit einer Druckfreischaltungsfunktion. Der einzige Weg zur Lösung⁷ dieses Widerspruchs (eine grundlegende Änderung der Mechanik einmal nicht betrachtet) besteht in der Zustandsumschaltung der Schaltung.

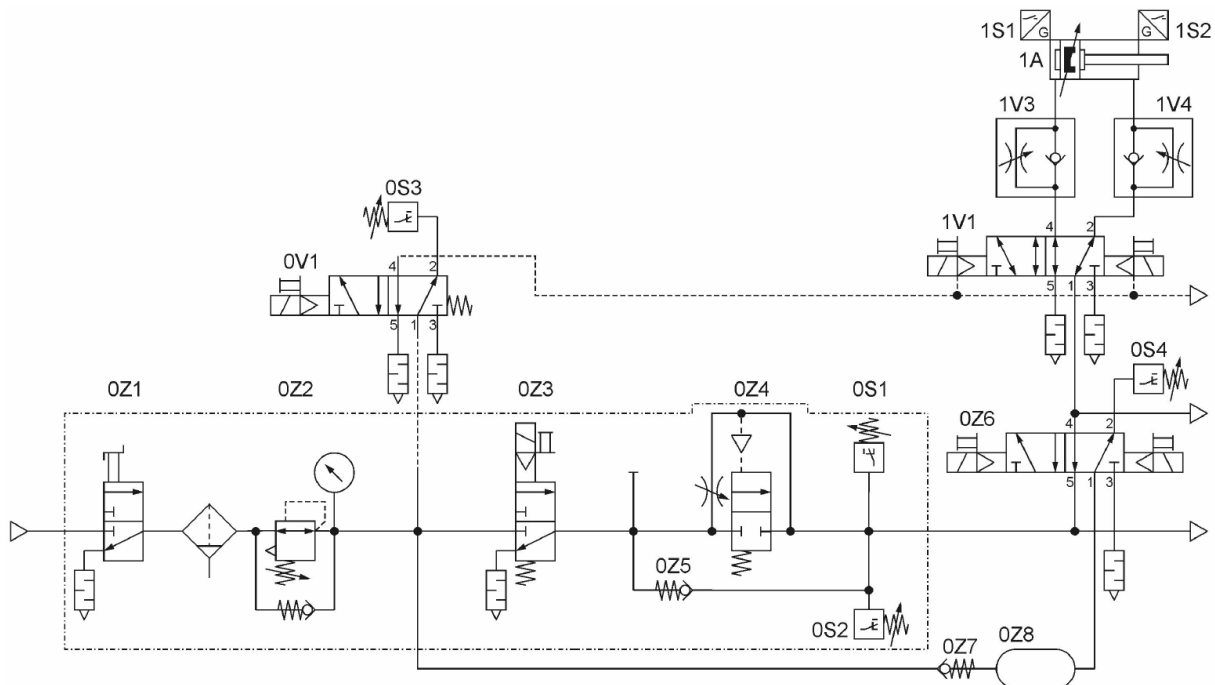
⁷ Die Lösung basiert auf der Annahme, dass Druckluft für den erforderlichen Zeitraum zur Verfügung gestellt wird.



OZ1	Einschaltventil	OV1	5/2-Wegeventil
OZ2	Druckregler mit Anzeige und Filter	1A	Doppeltwirkender Zylinder
OZ3	Entlüftungsventil	1S1	Näherungsschalter
OZ4	Druckaufbauventil (Soft-Start)	1S2	Näherungsschalter
OZ5	Rückschlagventil mit Feder	1V1	5/2-Impulsventil
OS1	Druckschalter	1V3	Drosselrückschlagventil
OS2	Druckschalter	1V4	Drosselrückschlagventil
OS3	Druckschalter		

Bild 9: Aufbau einer zweikanaligen Steuerkette für den Schutz gegen unerwarteten Anlauf mit einem permanent mit Druck versorgtem Steuerluftschaltventil

Damit schafft man die Möglichkeit, dass diese sich bei Anforderung der Element-Sicherheitsfunktion(en) unterschiedlich verhält (Bild 10). Erreicht der Antrieb seine Endlage, wird der Antrieb durch Umschalten von OZ6 auch beim Druckfreischalten der Anlage weiterhin mit Druckluft versorgt. Das Niveau der Funktion „Sichere Druckluftversorgung“ bestimmt die Maßnahmen vor OZ6 zur Verhinderung ungewollter Zustandswechsel.



OZ1	Einschaltventil	OS3	Druckschalter
OZ2	Druckregler mit Anzeige und Filter	OS4	Druckschalter
OZ3	Entlüftungsventil	1A	Doppeltwirkender Zylinder
OZ4	Druckaufbauventil (Soft-Start)	1S1	Näherungsschalter
OZ5	Rückschlagventil mit Feder	1S2	Näherungsschalter
OZ6	5/2-Impulsventil	1V1	5/2-Impulsventil
OZ7	Rückschlagventil mit Feder	1V3	Drosselrückschlagventil
OZ8	Luftbehälter	1V4	Drosselrückschlagventil
OS1	Druckschalter		
OS2	Druckschalter		

Bild 10: Steuerkette mit Zustandsumschaltung

5 Zustandsabhängige Reaktionen

Soll sich eine Steuerkette bei Anforderung der Sicherheitsfunktion beim Zustandsübergang von A nach B anders als beim Zustandsübergang von B nach A verhalten, sind zusätzliche steuerungstechnische Maßnahmen⁸ erforderlich. Auch hier besteht der einzige Weg zur Lösung in einer Zustandsumschaltung der Steuerkette. Bild 11 zeigt ein Beispiel für die Ansteuerung eines Spanners⁹:

- während der Schließbewegung soll der Spanner bei Anforderung der Sicherheitsfunktion „Schutz vor gefährlichen Bewegungen“ (z.B. durch Eingriff in das Lichtgitter) öffnen,
- der einmal geschlossene Spanner soll bei Anforderung der gleichen Sicherheitsfunktion geschlossen bleiben.

⁸ Der Weg einer grundlegenden Änderung der Mechanik wird hier nicht weiter betrachtet.

⁹ Spanner sind Antriebe mit Kniehebelsystem, wie sie z.B. im Karosseriebau verwendet werden.

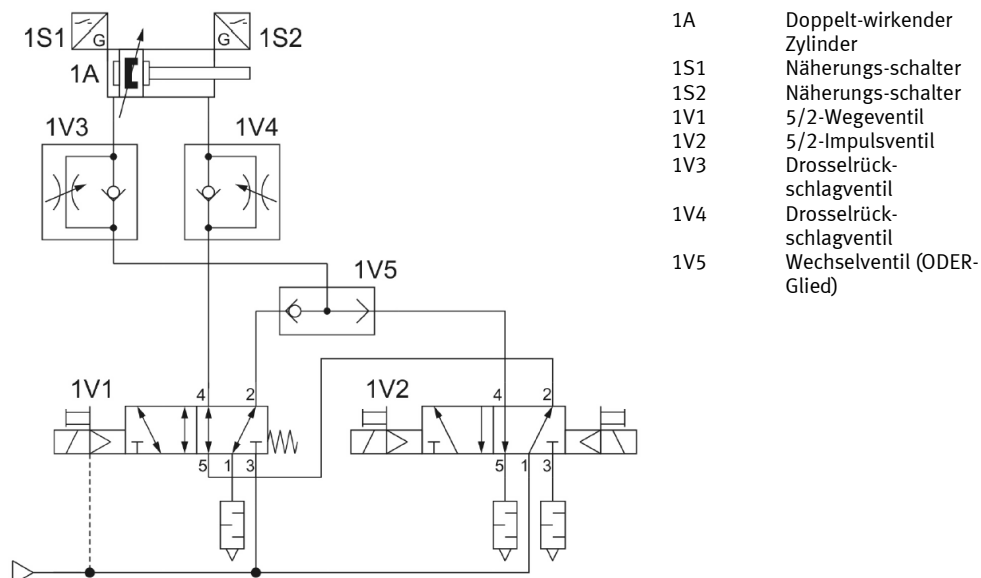


Bild 11: Spanner mit Ansteuerung durch ein monostabiles 5/ 2-Ventil und ein Impulsventil

Für den erfahrenen Pneumatiker ist an dieser Stelle das zusätzlich erforderliche UND-Glied durch die Verschaltung der Ventile untereinander erkennbar. Die elegante Umsetzung derartiger Schaltungen setzt sehr flexibel einsetzbare Ventilträgersysteme voraus.

Die Vermeidung von unerwarteten Anlauf in einem hohen Niveau (gemeint sind risikomindernde Maßnahmen, die eine zweikanalige Struktur erfordern)¹⁰ ist wiederum leicht durch Schalten der Steuerluft entsprechend Bild 8/ 9 zu realisieren.

Werden ähnliche Anforderungen an die Risikominderung der Ausfahrbewegung wie an die Risikominderung zum Schutz gegen unerwarteten Anlauf gestellt, hat das weitergehende Auswirkungen auf die Schaltung. Soll eine Risikominderung bei der Ausfahrbewegung des Zylinders erreicht werden, bieten sich 2 Möglichkeiten¹¹ an:

- Reversieren der Bewegung oder
- Fahren mit reduziertem Druck.

Das zweikanalige Reversieren der Bewegung mit nur einem (Standard-)Ventil¹² ist nicht realisierbar. Der Aufwand würde demzufolge ansteigen. Das Ausfahren mit reduziertem Druck entspräche zwar dem Primat der konstruktiven Maßnahmen zur Schaffung von Sicherheit. Es würde an sich auch umsetzbar sein, kollidiert dann aber wiederum mit der möglicherweise auftretenden Forderung „Halten der Endlage mit voller Kraft“. Diese ganzen Anforderungen umgesetzt, ergäbe eine Schaltung entsprechend Bild 12.

¹⁰ Die Möglichkeiten der Kategorie 2 werden bewusst nicht angesprochen bzw. genutzt, da diese Kategorie wegen ihrer Anforderungen bei Anwendungen in der Mechanik besonderer Aufmerksamkeit bedarf.

¹¹ Das Stoppen wird in diesem Beispiel nicht weiter betrachtet; nicht steuerungstechnische Maßnahmen (trennende Schutzeinrichtungen) werden ebenfalls nicht weiter betrachtet.

¹² Das Reversieren der Bewegung bleibt einkanalig – es hängt letztendlich an der Rückstellfunktion des Schaltelementes in die Mittelstellung durch die Feder.

Wie man sieht, ergibt sich eine relativ komplexe Schaltung. Aufgrund des Aufwandes und des ungewohnten Anblicks stellt sich dem Leser möglicherweise die Frage, ob hier nicht zu viel „hineingelegt“ wurde. Wenn man sich aber einmal vorstellt, dass die Tür (bewegliche trennende Schutzeinrichtung) einer Maschinenverkleidung (feststehende trennende Schutzeinrichtung) durch den Zylinder 1A angetrieben werden soll, wird man sehr schnell feststellen, dass es genau diese Anforderungen in ihrer Reihenfolge sind:

- wenn die Tür offen ist, soll sie nicht von allein Schließen,
- greift eine Person während des Schließens in den Bewegungsraum der Tür, darf eine bestimmte Quetschkraft nicht überschritten werden und die Tür soll wieder öffnen, ist die Tür geschlossen, muss sie unter Kraft geschlossen bleiben und darf sich nicht von allein öffnen,

die es mit den entsprechenden Sicherheitsfunktionen umzusetzen gilt:

- Schließbewegung mit reduzierter Kraft - umgesetzt durch 1V6 in Kombination mit 1V7 in Kombination mit Schutz gegen unerwarteten Anlauf für das Ventil 1V2 in Verbindung mit 1V5
- Umschalten in den Modus „Tür unter Druck geschlossen halten“ durch (temporäre) Ansteuerung von 1V2 und 1V5 bei Erreichen der unteren Endlage,
- Verbleiben in der geschlossenen Stellung durch die Funktion „Tür unter Druck geschlossen halten“ in Verbindung mit dem Schutz gegen unerwarteten Anlauf durch Nichtansteuern von 1 V2 und 1V5, Türöffnen bei Freigabe von der Maschinensteuerung durch Ansteuern von 1V2 und 1V5.

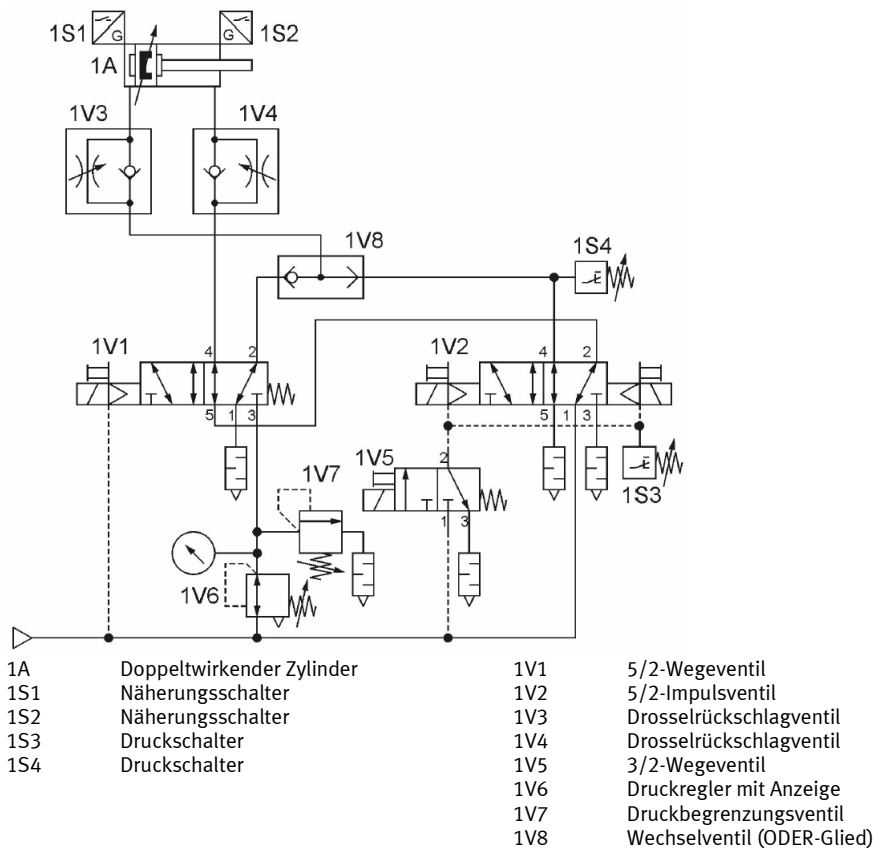


Bild 12: Ansteuerung eines Antriebs mit einem monostabilen 5/ 2-Ventil und einem Impulsventil mit den zusätzlichen Anforderungen: Ausfahren mit reduziertem Druck und Schutz gegen unerwarteten Anlauf

6 Zusammenfassung

Anforderungen aus den verschiedenen Betriebszuständen und Zustandsübergängen führen mitunter dazu, dass zusätzliche schaltungstechnische Maßnahmen ergriffen werden müssen. Da alle Änderungen nicht rückwirkungsfrei sind, empfiehlt es sich im Sinne einer systematischen Lösungsentwicklung, anfangs alle Zustände und Zustandsübergänge zu ermitteln und in der Reihenfolge ihres Auftretens zu ordnen. Anhand dieser Aufstellung lässt sich das Anforderungsprofil an die Schaltung definieren und auf dieser Basis eine Lösung schaffen, die alle Anforderungen erfüllt. Betrachtet man die sich aus den Anforderungen ergebenden konträren Forderungen an das Verhalten der Schaltung, kommt man um eine Zustandsumschaltung nicht umhin. Richtig eingesetzt, sind Impulsventile an dieser Stelle eine elegante und mitunter sogar die einzige Lösung.

7 Literatur

- [1] Norm DIN EN 60204-1:2006 - Sicherheit von Maschinen – Elektrische Ausrüstung von Maschinen - Teil 1: All/gemeine Anforderungen
- [2] Norm DIN EN ISO 12100:2011 - Sicherheit von Maschinen -Allgemeine Gestaltungsleitsätze - Risikobeurteilung und Risikominderung
- [3] Norm DIN EN ISO 13849-1:2008 - Sicherheit von Maschinen - Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen - Teil 1: Allgemeine Gestaltungsleitsätze
- [4] Norm DIN EN ISO 4414:2011 - Fluidtechnik - Allgemeine Regeln und sicherheitstechnische Anforderungen an Pneumatikanlagen und deren Bauteile
- [5] Norm DIN EN 1037:2008 - Sicherheit von Maschinen - Vermeidung von unerwartetem Anlauf
- [6] Norm ISO 14118: 2000 - Safety of machinery- Prevention of unexpected start-up

Impressum

Herausgeber:
Festo AG & Co. KG
www.festo.com

Redaktion:
Jürgen Kühnle
Portfolio Management
TP-S
Ruiter Straße 82
73734 Esslingen
Deutschland
Telefon +49 (0)711 347-4468
Telefax +49 (0)711 347-54-4468
juergen.kuehnle@festo.com

Impulsventile in sicherheitsbezogenen Anwendungen. Ein Beispiel., TR-300003, 2.0

Die Bearbeitung dieses Reports wurde am 26.02.2018 abgeschlossen

© Copyright: Alle Rechte, auch die der Übersetzung in fremde Sprachen, bleiben der Festo AG & Co. KG vorbehalten. Kein Teil dieser Publikation darf ohne schriftliche Genehmigung der Festo AG & Co. KG in irgendeiner Form reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden. Diejenigen Bezeichnungen von in der Publikation genannten Erzeugnissen, die zugleich eingetragene Warenzeichen sind, wurden nicht besonders kenntlich gemacht. Es kann daher aus dem Fehlen des Zeichens ® nicht geschlossen werden, dass die Bezeichnung ein freier Warename ist. Ebenso wenig ist zu entnehmen, ob Patente oder Gebrauchsmusterschutz vorliegen.