

### 8.2.14 Pneumatische Ventilsteuerung (Subsystem) – Kategorie 3 – PL d (Beispiel 14)

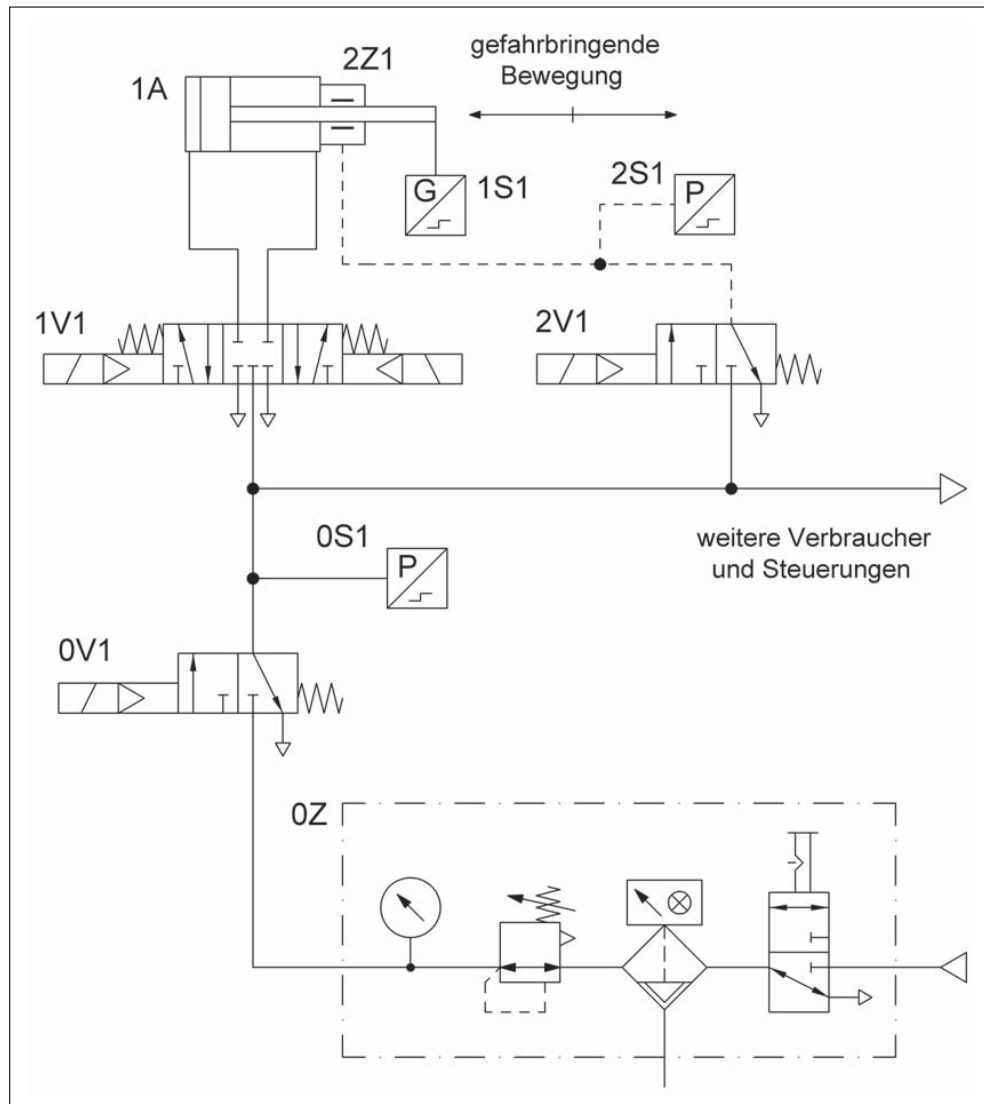


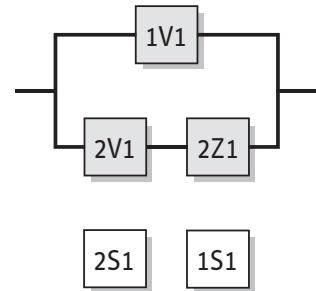
Abbildung 8.25:  
Getestete pneumatische  
Ventile zur redundanten  
Steuerung von gefahr-  
bringenden Bewegungen

#### Sicherheitsfunktionen

- Sicherheitsbezogene Stoppfunktion: Stillsetzen der gefahrbringenden Bewegung und Verhinderung des ungewollten Anlaufs aus der Ruhelage
- Hier ist nur der pneumatische Steuerungsteil als Subsystem gezeigt. Für die komplette Sicherheitsfunktion sind weitere sicherheitsbezogene Steuerungsteile (z.B. Schutzeinrichtungen und elektrische Logik) als Subsysteme hinzuzufügen.

#### Funktionsbeschreibung

- Gefahrbringende Bewegungen werden redundant durch ein Wegeventil 1V1 und eine Bremse 2Z1 an der Kolbenstange gesteuert bzw. stillgesetzt. Die Bremse 2Z1 wird durch ein Steuerventil 2V1 angesteuert.
- Der einzelne Ausfall eines der genannten Ventile oder der Bremse führt nicht zum Verlust der Sicherheitsfunktion.
- Wegeventil und Bremse werden im Prozess zyklisch angesteuert.



- Die Funktion des Steuerventils 2V1 wird durch einen Druckschalter 2S1 überwacht. An dem nicht überwachten Ventil 1V1 und der nicht überwachten Bremse 2Z1 werden einige Fehler im Arbeitsprozess erkannt. Zusätzlich wird der Nachlaufweg (Weg-/Zeitverhalten) beim Bremsvorgang (dynamisch) oder/und bei Start der Maschine (statisch) mithilfe eines Wegmesssystems 1S1 an der Kolbenstange überwacht. Die Anhäufung unentdeckter Fehler kann zum Verlust der Sicherheitsfunktion führen.
- Es erfolgt eine zwangsweise Testung der Sicherheitsfunktion in geeigneten Zeitabständen, z.B. mindestens alle 8 Arbeitsstunden.
- Durch den Ausfall der Bremse darf die Testfunktion nicht beeinträchtigt werden. Ein Ausfall der Testfunktion darf nicht zum Ausfall der Bremse führen.
- Kann durch eingesperrte Druckluft eine weitere Gefährdung auftreten, sind weitere Maßnahmen erforderlich.

#### Konstruktive Merkmale

- Grundlegende und bewährte Sicherheitsprinzipien sowie die Anforderungen der Kategorie B sind eingehalten.
- Das Wegeventil 1V1 hat eine Sperr-Mittelstellung mit ausreichender positiver Überdeckung und Federzentrierung.
- Die sicherheitsgerichtete Schaltstellung wird jeweils durch Wegnahme des Steuersignals erreicht.
- Die Signalverarbeitung der Drucküberwachung 2S1 und des Wegmesssystems 1S1 erfolgt z.B. in der vorgeschalteten elektrischen Logik.

#### Berechnung der Ausfallwahrscheinlichkeit

- $MTTF_d$ : Für die Wegeventile 1V1 und 2V1 werden  $B_{10d}$ -Werte von 40 000 000 Zyklen [G] angenommen. Bei 240 Arbeitstagen, 16 Arbeitsstunden und 10 Sekunden Zykluszeit ist  $n_{op} = 1\,382\,400$  Zyklen/Jahr. Für 1V1 und 2V1 ergibt sich damit eine  $MTTF_d = 289$  Jahre. Für die mechanische Bremse an der Kolbenstange 2Z1 wird ein  $B_{10d}$ -Wert von 5 000 000 Schaltspielen [H] eingesetzt. Das ergibt für die mechanische Bremse  $MTTF_d = 36$  Jahre. Insgesamt ergibt sich ein symmetrisierter  $MTTF_d$ -Wert pro Kanal von 71 Jahren („hoch“).
- $DC_{avg}$ :  $DC = 99\%$  für das Ventil 2V1 ergibt sich aus der Drucküberwachung des Steuersignals für die Bremse.  $DC = 60\%$  für das Ventil 1V1 aus der Fehlererkennung über den Prozess.  $DC = 75\%$  für 2Z1 folgt aus einer Anlaufprüfung der mechanischen Bremse. Durch Mittelung ergibt sich damit ein  $DC_{avg}$  von  $75\%$  („niedrig“).
- Ausreichende Maßnahmen gegen Ausfälle infolge gemeinsamer Ursache (85 Punkte): Trennung (15), Diversität (20), Schutz gegen Überspannung usw. (15) und Umgebungsbedingungen (25 + 10)
- Die Kombination der pneumatischen Steuerungselemente entspricht Kategorie 3 mit hoher  $MTTF_d$  pro Kanal (71 Jahre) und niedrigem  $DC_{avg}$  (75 %). Damit ergibt sich eine mittlere Wahrscheinlichkeit gefährlicher Ausfälle von  $1,21 \cdot 10^{-7}$ /Stunde. Dies entspricht PL d. Nach Hinzufügen weiterer sicherheitsbezogener Steuerungsteile als Subsysteme zur Vervollständigung der Sicherheitsfunktion wird der PL unter Umständen geringer.
- Die verschleißbehaftete Bremse 2Z1 sollte nach jeweils ca. drei Jahren ( $T_{10d}$ ) ausgetauscht werden.