

### 8.2.25 Pneumatische Ventilsteuerung (Subsystem) – Kategorie 3 – PL e (für PL-d-Sicherheitsfunktionen) (Beispiel 25)

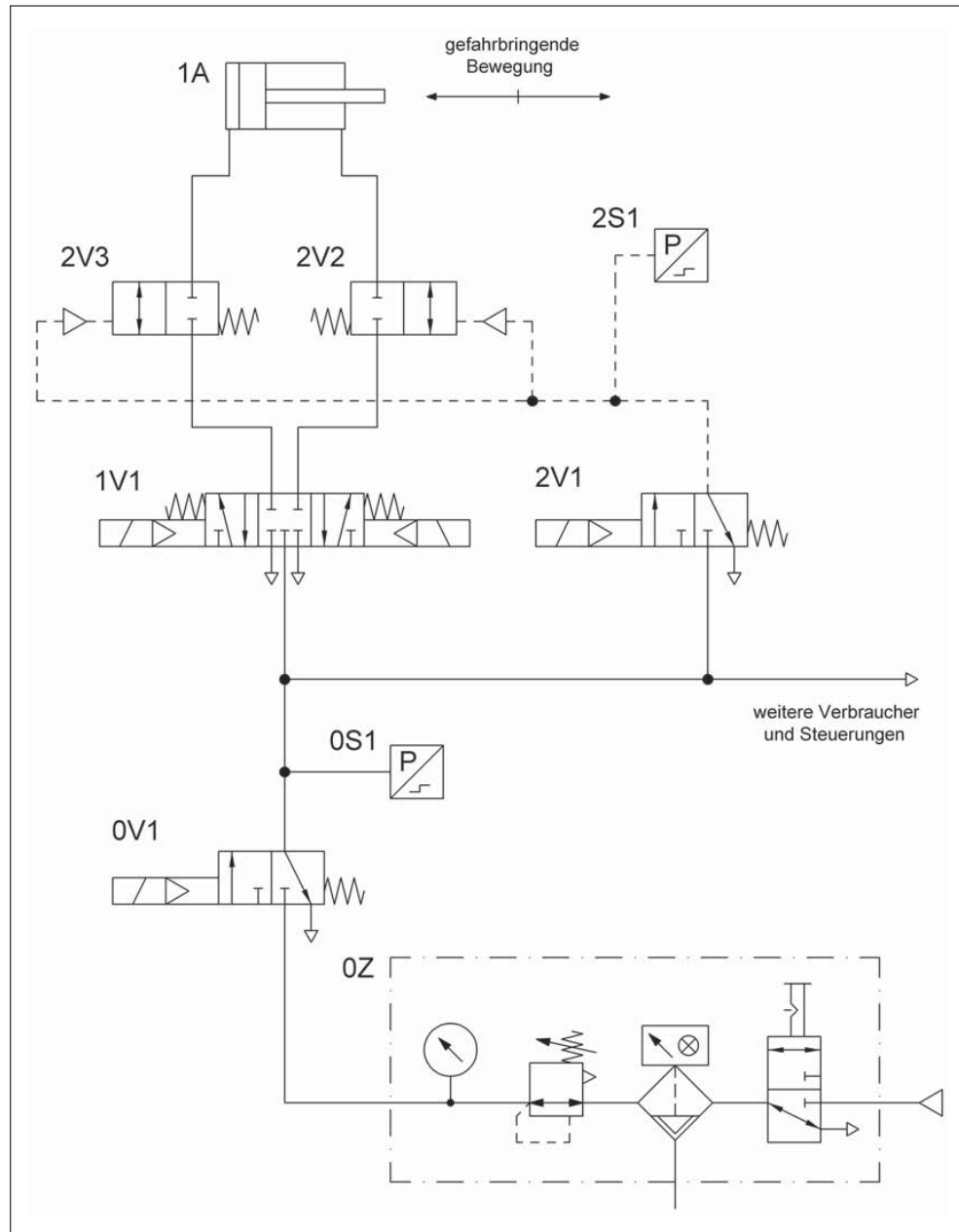
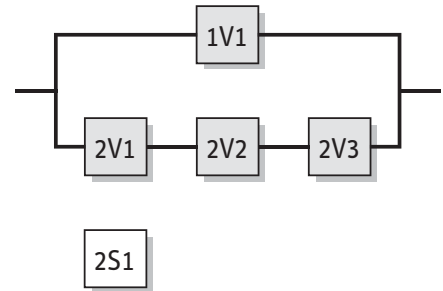


Abbildung 8.44:  
Getestete pneumatische  
Ventile zur redundanten  
Steuerung von gefahr-  
bringenden Bewegungen

#### 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 Wegeventile gesteuert. Ein Stillsetzen kann entweder durch das Wegeventil 1V1 oder durch die Wegeventile 2V2 und 2V3 erfolgen. Letztere werden durch das Steuerventil 2V1 angesteuert.
- Der alleinige Ausfall eines der genannten Ventile führt nicht zum Verlust der Sicherheitsfunktion.
- Alle Wegeventile werden zyklisch im Prozess angesteuert.
- Die Funktion des Steuerventils 2V1 wird durch einen Druckschalter 2S1 überwacht. An den nicht überwachten Ventilen werden einige Fehler im Arbeitsprozess erkannt. Die Ventile 2V2 und 2V3 sollten eine Stellungsüberwachung aufweisen oder – da diese noch nicht Stand der Technik ist – es muss eine regelmäßige Überprüfung der Funktion durchgeführt werden. Die Anhäufung unentdeckter Fehler kann zum Verlust der Sicherheitsfunktion 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 Sperrventile 2V2 und 2V3 sind möglichst im Zylinder eingeschraubt und vorgesteuert über das Ventil 2V1.
- Die sicherheitsgerichtete Schaltstellung wird jeweils durch Wegnahme des Steuersignals erreicht.
- Die Signalverarbeitung der Drucküberwachung 2S1 erfolgt z.B. in einer einkanaligen SPS.

#### Berechnung der Ausfallwahrscheinlichkeit

- $MTTF_d$ : Für die Ventile 1V1 und 2V1 werden  $B_{10d}$ -Werte von 40 000 000 Zyklen [G] angenommen. Für die Ventile 2V2 und 2V3 werden  $B_{10d}$ -Werte von 60 000 000 Zyklen [G] angenommen. Bei 240 Arbeitstagen, 16 Arbeitsstunden und 10 Sekunden Zykluszeit ist  $n_{op} = 1\,382\,400$  Zyklen/Jahr. Damit beträgt die  $MTTF_d$  für 1V1 und 2V1 289 Jahre und für 2V2 und 2V3 434 Jahre. Nach Kürzen beider Kanäle auf 100 Jahre ergibt sich ein symmetrisierter  $MTTF_d$ -Wert pro Kanal von 100 Jahren („hoch“).
- $DC_{avg}$ :  $DC = 99\%$  für 2V1 ergibt sich aus der Drucküberwachung des Steuersignals für die Sperrventile.  $DC = 60\%$  für 1V1 ergibt sich aus der Fehlererkennung über den Prozess und  $DC = 60\%$  für 2V2 bzw. 2V3 aus der regelmäßigen Überprüfung der Funktion. Durch Mittelung ergibt sich damit ein  $DC_{avg}$  von 71 % („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  $MTTF_d$  (100 Jahre) und niedrigem  $DC_{avg}$  (71 %). Damit ergibt sich eine mittlere Wahrscheinlichkeit gefährlicher Ausfälle von  $7,86 \cdot 10^{-8}$ /Stunde. Dies entspricht PL e. Nach Hinzufügen weiterer sicherheitsbezogener Steuerungsteile als Subsysteme zur Vervollständigung der Sicherheitsfunktion wird der PL in der Regel geringer.