

### 8.2.35 Zweihandschaltung – Kategorie 4 – PL e (Beispiel 35)

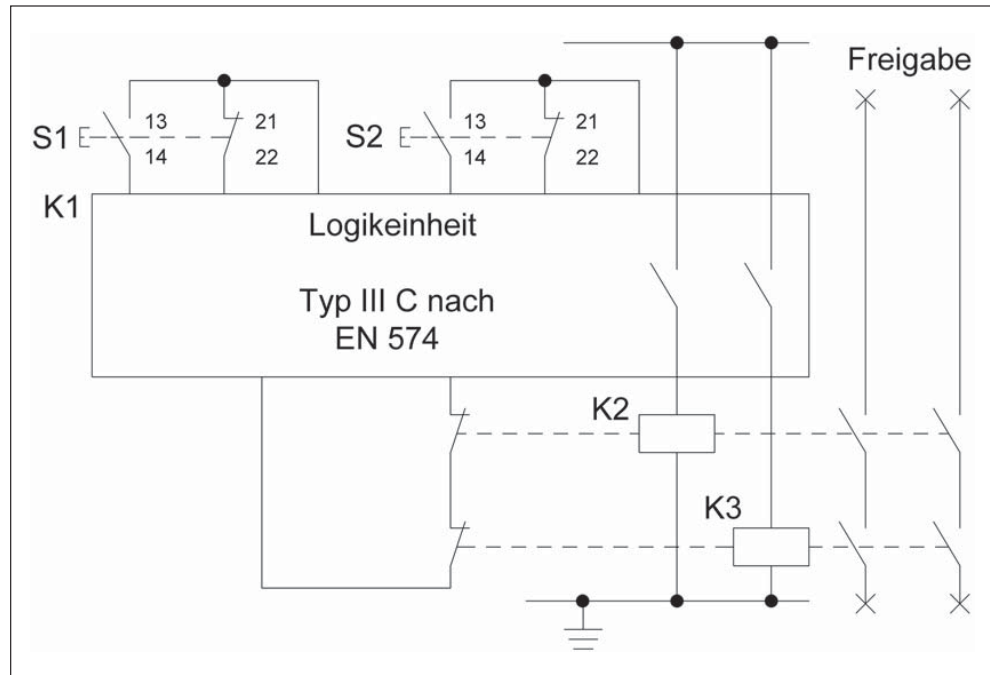


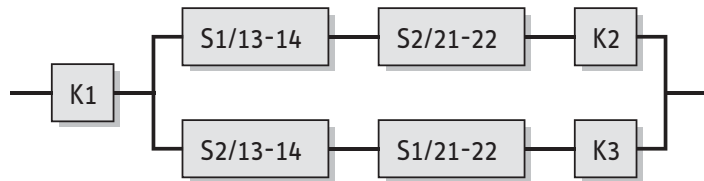
Abbildung 8.56:  
Zweihandschaltung,  
Signalverarbeitung  
durch eine Logikeinheit  
mit nachgeschalteten  
Hilfsschützen

#### Sicherheitsfunktion

- Ortsbindung der Hände des Bedieners außerhalb des Gefährdungsbereiches während einer gefahrbringenden Bewegung: Beim Loslassen mindestens eines der beiden Taster S1/S2 wird die Freigabe aufgehoben und solange blockiert, bis beide Taster entlastet und erneut synchron betätigt werden.

#### Funktionsbeschreibung

- Die Logikeinheit K1 überwacht die Betätigung der Stellteile (Taster) S1 und S2. Nur wenn beide aus dem entlasteten Zustand synchron (d.h. innerhalb einer festgelegten Zeitvorgabe) betätigt werden, ziehen die Hilfsschütze K2 und K3 an und die Freigabe erfolgt. Beim Loslassen mindestens eines der Taster S1/S2 heben K2/K3 die Freigabe auf.
- Durch K2 und K3 erfolgt eine Kontaktvervielfachung/Lastanpassung. Die eigentliche Verhinderung der gefahrbringenden Bewegung, z.B. durch Trennung der elektrischen oder hydraulischen Energie, ist anwendungsabhängig und hier nicht dargestellt.
- Störungen im Betätigungsmechanismus werden durch Verwendung von zwei prinzipverschiedenen Kontakten (Öffner-Schließer-Kombination) in S1/S2 weitestgehend erkannt. Hinsichtlich mechanischer Fehler kann für diese Anwendung ein Fehlerausschluss bzgl. des Nichtöffnens des Öffnerkontakts erfolgen, wenn die Taster DIN EN 60947-5-1 entsprechen.
- Fehler in S1/S2 und in K2/K3 (mit Öffnerkontakten im Rückführkreis) werden in K1 erkannt und führen zum dauerhaften Abschalten über K2 und K3. Alle Einzelfehler werden bei oder vor der nächsten Anforderung der Sicherheitsfunktion erkannt.
- Eine häufige Betätigung der elektromechanischen Elemente sorgt für eine ausreichend hohe Testrate (Dynamisierung).



#### Konstruktive Merkmale

- Grundlegende und bewährte Sicherheitsprinzipien sowie die Anforderungen der Kategorie B sind eingehalten. Schutzbeschaltungen (z.B. Kontaktabsicherung) wie in Abschnitt 8.1 beschrieben sind vorgesehen.
- Die Stellteile S1 und S2 der Zweihandschaltung entsprechen DIN EN 60947-5-1.
- Fehler in den Anschlussleitungen von S1 und S2 werden in der Logikeinheit erkannt. Wäre dies nicht möglich, so müssten die Bedingungen für einen Fehlerausschluss für Leitungskurzschlüsse nach DIN EN ISO 13849-2, Tabelle D.4, eingehalten werden. Wegen der geringen Ströme werden Taster mit Goldauflage empfohlen.
- Zum Anbau der Taster und zu Maßnahmen zur Vermeidung von versehentlicher Betätigung und von Umgehen siehe DIN EN 574, Abschnitt 8. Der Abstand zum Gefährdungsbereich muss ausreichend groß sein.
- Die Logikeinheit K1 entspricht Typ III C gemäß DIN EN 574 mit Selbstüberwachung und Erkennung interner Fehler. K1 ist ein geprüftes Sicherheitsbauteil für den Einsatz in Kategorie 4 und PL e.
- K2 und K3 besitzen zur Rücklesung zwangsgeführte Öffnerkontakte.

#### Bemerkung

- Anwendung z.B. an mechanischen Pressen (DIN EN 692)

#### Berechnung der Ausfallwahrscheinlichkeit

- K1 wird als Subsystem mit einer Ausfallwahrscheinlichkeit von  $2,47 \cdot 10^{-8}$ /Stunde [G] betrachtet. Der übrige Steuerungsteil wird zu einem Subsystem der Kategorie 4 zusammengefasst, dessen Ausfallwahrscheinlichkeit im Folgenden berechnet wird.
- Da S1 und S2 unabhängig voneinander beim Loslassen eine Abschaltung auslösen müssen, sind sie logisch in Reihe geschaltet. Dazu wurde je ein Schließerkontakt 13-14 und ein Öffnerkontakt 21-22 einem Steuerungskanal zugeordnet. Das sicherheitsgerichtete Blockdiagramm unterscheidet sich hier deutlich vom funktionalen Schaltplan. Wenn Zuverlässigkeitsdaten nur für die Taster insgesamt (Betätigungsmechanik plus Öffner- und Schließerkontakt) verfügbar sind, können die Ausfallwerte der Taster als Abschätzung zur sicheren Seite für die Ausfallwerte der Kontakte (plus Betätigungsmechanik) herangezogen werden.
- $MTTF_d$ : Für S1 und S2 werden wegen des durch K1 erzeugten definierten Steuerstroms (niedrige Last, mechanische Lebensdauer der Kontakte ist bestimmend)  $B_{10d}$ -Werte von je 20 000 000 Schaltspielen [H] angenommen. Da K2 und K3 ebenfalls Steuerströme schalten, gelten für K2 und K3  $B_{10d}$ -Werte von je 20 000 000 Zyklen [N]. Bei 240 Arbeitstagen, 8 Arbeitsstunden und 20 Sekunden Zykluszeit ist für diese Komponenten  $n_{op} = 345\,600$  Zyklen/Jahr und  $MTTF_d = 579$  Jahre. Bei höheren Anforderungen (längere Arbeitszeit oder kürzere Zykluszeit) sind unter Umständen für K2/K3 höhere, durch den Hersteller abgesicherte  $B_{10d}$ -Werte erforderlich. Insgesamt ergibt sich ein  $MTTF_d$ -Wert pro Kanal von 193 Jahren, gekürzt auf 100 Jahre („hoch“).
- $DC_{avg}$ :  $DC = 99\%$  für S1 und S2 ergibt sich durch die direkte Überwachung mithilfe der Öffner-Schließer-Kombinationen in K1.  $DC = 99\%$  für K2 und K3 gründet sich auf dem Rücklesen der zwangsgeführten Öffnerkontakte im Rückführkreis von K1. Die hohe Betätigungsdynamik in der Anwendung führt zu einer effektiven Testung. Durch Mittelung ergibt sich damit ein  $DC_{avg}$  von 99 % („hoch“).
- Ausreichende Maßnahmen gegen Ausfälle infolge gemeinsamer Ursache (70 Punkte): Trennung (15), FMEA (5), Schutz gegen Überspannung usw. (15) und Umgebungsbedingungen (25 + 10)
- Die Kombination der Steuerungselemente entspricht Kategorie 4 mit hoher  $MTTF_d$  pro Kanal (100 Jahre) und hohem  $DC_{avg}$  (99 %). Für die Kombination von S1, S2, K2 und K3 ergibt sich eine mittlere Wahrscheinlichkeit gefährlicher Ausfälle von  $2,47 \cdot 10^{-8}$ /Stunde. Wird ein Wert von  $2,47 \cdot 10^{-8}$ /Stunde [G] für K1 hinzuaddiert, so ergibt sich eine mittlere Wahrscheinlichkeit gefährlicher Ausfälle von  $4,94 \cdot 10^{-8}$ /Stunde. Dies entspricht PL e. Unter Umständen ist zur Komplettierung der Sicherheitsfunktion zusätzlich die Ausfallwahrscheinlichkeit nachgeordneter Leistungselemente zu addieren.

## Weiterführende Literatur

- DIN EN 574: Sicherheit von Maschinen – Zweihandschaltungen – Funktionelle Aspekte – Gestaltungsleitsätze (02.97). Beuth, Berlin 1997
- Recommendation for Use. Hrsg.: Vertikalgruppe 11 (VG 11) im europäischen Erfahrungsaustausch notifizierter Prüfstellen [europa.eu.int/comm/enterprise/mechan\\_equipment/machinery/vertical\\_rfu.pdf](http://europa.eu.int/comm/enterprise/mechan_equipment/machinery/vertical_rfu.pdf). CNB/M/11.033/R/E Rev 05, S. 252, April 2006

The screenshot displays the BGIA software interface. On the left, a project tree shows the structure of a safety system, including components like 'PR 35 Zweihandschaltung', 'SB Logikeinheit K1', and 'SB Taster S1 und S2 mit Hilfsschützen'. Below the tree, a table provides parameters for the selected component, 'Ortsbindung der Hände des Bedieners außerhalb des Gefahrenbereichs'.

On the right, the 'Subsystem' window shows two channels, 'Kanal 1' and 'Kanal 2'. Each channel has a table listing its components and their parameters.

Name	DC [%]	MTTFd [a]
• BL Schließkontakt des Tasters S1	99 (High)	578,7 (-)
• BL Öffnerkontakt des Tasters S2	99 (High)	578,7 (-)
• BL Hilfsschütz K2	99 (High)	578,7 (-)

Name	DC [%]	MTTFd [a]
• BL Schließkontakt des Tasters S2	99 (High)	578,7 (-)
• BL Öffnerkontakt des Tasters S1	99 (High)	578,7 (-)
• BL Hilfsschütz K3	99 (High)	578,7 (-)

Below the channel tables, a table provides parameters for the selected component, 'Taster S1 und S2 mit Hilfsschützen K2 und K3'.

Parameter	Value
PLr	e
PL	e
PFH [1/h]	4,94E-8
MTTFd [a]	100 (High)
DCavg [%]	99 (High)
CCF	70 (erfüllt)

Abbildung 8.57:  
PL-Bestimmung mithilfe  
von SISTEMA