IMI
Precision Engineering

IMI-Vertriebspartner:
Euromatic®
STEUER- UND REGELTECHNIK

Tel. 0 40 / 713001 0

www.Euromatic.com

info@euromatic.com

Engineering GREAT Solutions

Anwendungen für Pressen-/Antriebstechnik

- Mechanische Pressen
- Servopressen
- Spindelpressen
- Walzenvorschübe

IMI NORGREN
IMI BUSCHJOST
IMI FAS
IMI HERION
IMI MAXSEAL

Euromatic GmbH Steuer- und Regeltechnik · Im Hegen 11 · D-22113 Oststeinbek · Tel.: +49 (0)40 713001 0 · Fax: +49 (0)40 713001 6100 · info@euromatic.com

info@euromatic.com
www.Euromatic.com
Tel. 0 40 / 713001 0

Funktionale Sicherheit in Kürze

Maschinenrichtlinie 2006/42/EG und DIN EN ISO 13849 Teil 1 und Teil 2

Mit Stichtag 29.12.2009 löste die neue Maschinenrichtlinie 2006/42/EG die vorherige Maschinenrichtlinie 98/37/EG ab und fixiert grundlegende Anforderungen an die Sicherheit von Maschinen im Europäischen Binnenmarkt. Lediglich solche Maschinen, die den Forderungen der Maschinerichtlinie entsprechen, dürfen auf dem europäischen Markt in Verkehr gebracht werden. Zu berücksichtigen sind hier sowohl neue Maschinen als auch Maschinen aus dem Bestand, die bedeutende bzw. erhebliche Veränderungen oder Modifikationen erfahren oder einer anderen Nutzung zugeführt werden. Entsprechend nach Maßgabe der Maschinenrichtlinie geprüfte und den Vorgaben entsprechende Maschinen müssen mit CE-Kennzeichen, Konformitätserklärung und den erforderlichen Anwenderinformationen versehen werden. Die harmonisierte Norm DIN EN ISO 13849 (Typ B Norm) assistiert der Maschinenrichtlinie bei der technischen Umsetzung der Forderung sicherer und zuverlässiger Steuerungen. Sie gibt allgemeine wichtige Leitsätze hinsichtlich der Gestaltung und der Beurteilung von sicherheitsbezogenen Teilen einer Steuerung, Steuerungsarchitektur sowie Qualität der Risikominderung und legt Validierungsverfahren für die Sicherheitsfunktionen, Kategorien und Performance Level von sicherheitsbezogenen Teilen von Steuerungen fest.

Tel. 0 40 / 713001 0
info@euromatic.com

Sicherheit und Risikobeurteilung

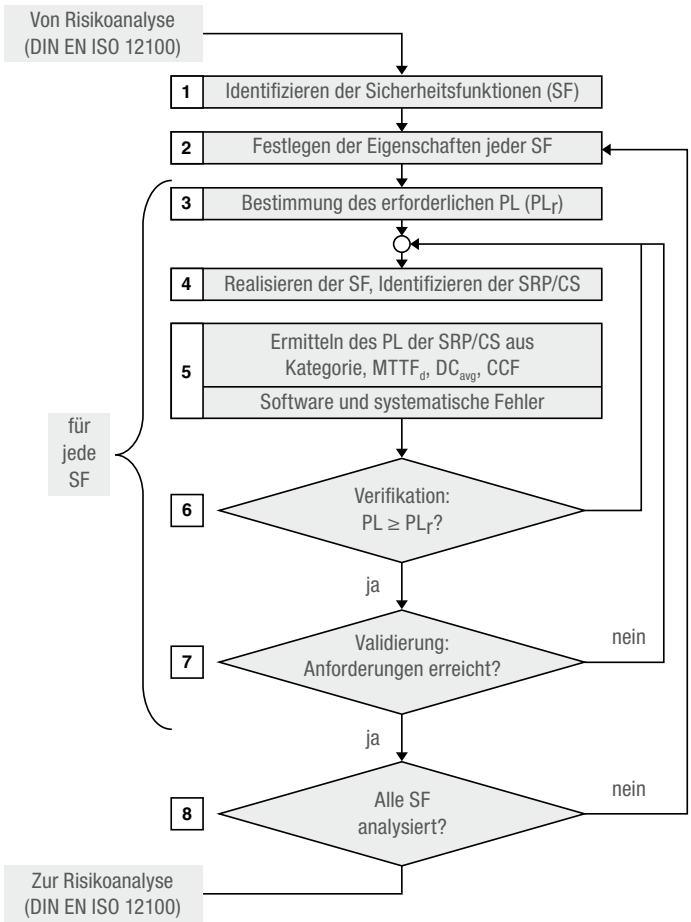
Eine Maschine sollte auf Basis Ihrer Grundkonstruktion heraus bereits implizit Sicherheit so weit als möglich gewähren. Jede darüber hinaus noch bestehende potenzielle Gefährdung muss über entsprechende Schutzeinrichtungen bzw. -maßnahmen, z. B. einer pneumatischen Sicherheitssteuerung, in ihrem Risiko reduziert/minimiert werden. Auf unvermeidbare Restrisiken muss in der entsprechend notwendigen Dokumentation hingewiesen werden. Eine umfassende und normgerechte Risikobeurteilung steht damit am Anfang des Prozesses zur Beurteilung der Maschinensicherheit.

Identifizierung der Sicherheitsfunktion

Für eine aus der Risikoanalyse ermittelte gefahrbringende Bewegung muss eine entsprechend der Gefährdung entgegenwirkende Sicherheitsfunktion definiert und vorgegeben werden. Nur nach genauer Definition der eigentlichen Sicherheitsfunktion können die entsprechenden Subsysteme der Sicherheitssteuerungen adäquat ausgeführt und ausgelegt werden.

- Sicheres Entlüften eines Systems
- Anhalten einer gefahrbringenden Bewegung
- Anhalten und Blockieren einer gefahrbringenden Bewegung
- Reversieren einer gefahrbringenden Bewegung
- Schutz gegen unbeabsichtigten Anlauf u. v. m.

Iterativer Prozess zur Gestaltung der sicherheitsbezogenen Teile von Steuerungen

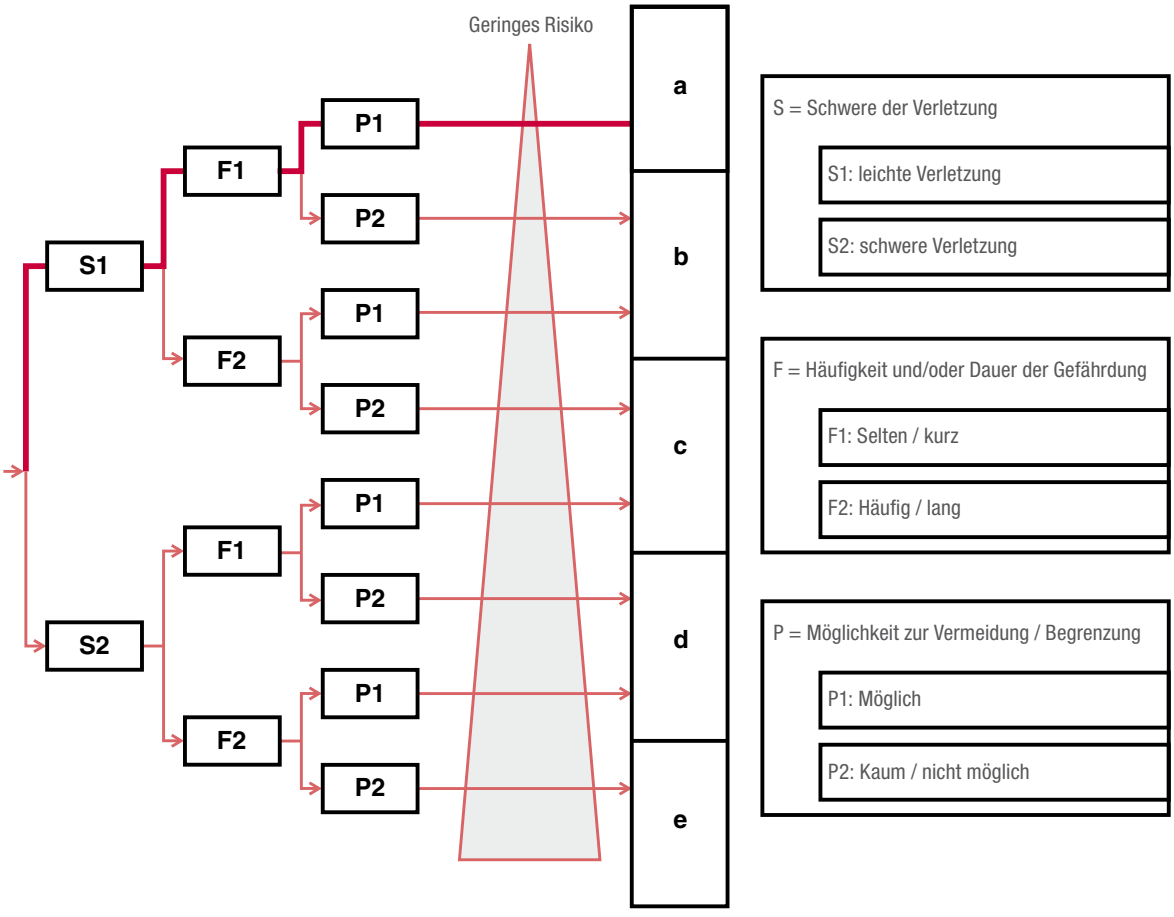


Tel. 0 40 / 713001 0

Bestimmung des erforderlichen Performance Levels

Der Performance Level ist ein Maß für die Qualität der Risikoreduzierung und muss für jede Sicherheitsfunktion separat ermittelt werden. Innerhalb einer Maschine mit unterschiedlichen Sicherheitsfunktionen und unterschiedlichen Gefährdungspotenzialen können unterschiedlich erforderliche Performance Level notwendig sein. Die entscheidenden drei Kriterien zur Ermittlung des für die jeweilige potenzielle Gefahrenstelle erforderlichen Performance Levels lauten:

- Wie schwerwiegend wäre eine potenzielle Verletzung?
- Wie häufig kommen Mitarbeiter mit der potenziellen Gefahrenstelle in Kontakt?
- Welche Möglichkeit hat man im kritischen Fall, der Gefahr zu entkommen/sie zu vermeiden?



Risikograph zur Ermittlung des erforderlichen Performance Levels

Beispiel:

S1 = Leichte Verletzung

F1 = Bediener kommt nur selten/kurz mit der Gefahrenstelle in Berührung

P1 = Es ist praktisch möglich, der Gefahr beim Auftreten rechtzeitig auszuweichen

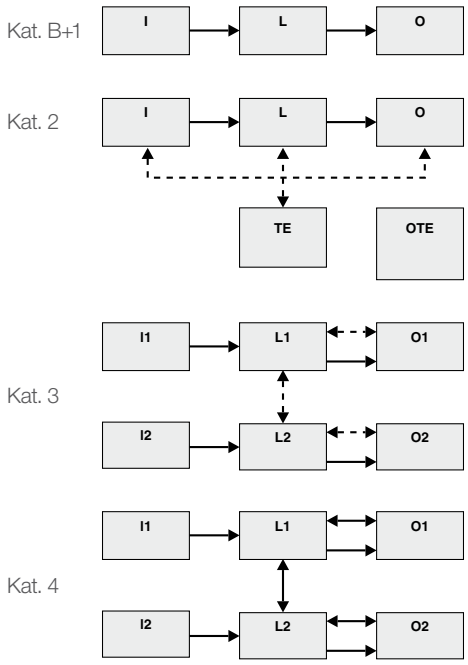
info@euromatic.com

info@euromatic.com

Auswahl der Kategorien

Die in der DIN EN ISO 13849 dargelegten 5 unterschiedlichen Kategorien (B, 1, 2, 3, 4) beschreiben die jeweilige Architektur der Sicherheitssteuerung und somit die Widerstandsfähigkeit und das Verhalten im Falle eines Fehlers.

- Kategorie B: Einkanalige, nicht redundante Sicherheitssteuerung. Ein einzelner Fehler führt zum Verlust der Sicherheitsfunktion.
- Kategorie 1: Wie Kategorie B, jedoch höherer Fehlerwiderstand durch Nutzung bewährter Bauteile.
- Kategorie 2: Sicherheitssteuerung mit zusätzlichem Testkanal und zyklischem Testen der Sicherheitsfunktion mit geeigneten Testraten. Fehler zwischen den Testphasen sind nicht ausgeschlossen und können zum Verlust der Sicherheitsfunktion führen.
- Kategorie 3: Zweikanalige, redundante Sicherheitssteuerung. Ein einzelner Fehler führt nicht zum Verlust der Sicherheitsfunktion.
- Kategorie 4: Zweikanalige, redundante Sicherheitssteuerung. Ein einzelner oder die Anhäufung von Fehlern führt nicht zum Verlust der Sicherheitsfunktion.

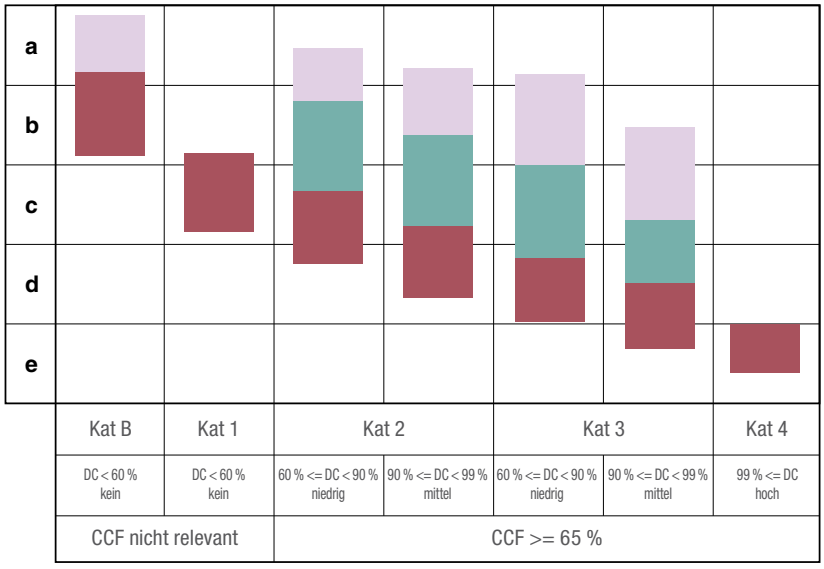


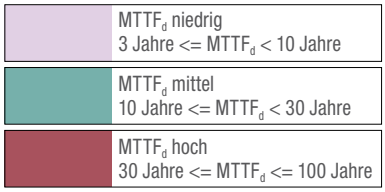
I = Eingang (z. B. Türschalter)
L = Logik (z. B. Sicherheitsrelais)
O= Ausgang (z. B. Pneumatikventil)

Bestimmung des Performance Levels PL

Vereinfachte Bestimmung des Performance Levels anhand des Balkendiagramms in Abhängigkeit:

- der gewählten Steuerungsarchitektur (Kategorie)
- des $MTTF_d$-Wertes
- des Diagnosedeckungsgrads
- und der CCF-Bewertung





Tel. 0 40 / 713001 0

Euromatic GmbH Steuer- und Regeltechnik · Im Hegen 11 · D-22113 Oststeinbek · Tel.: +49 (0)40 713001 0 · Fax: +49 (0)40 713001 6100 · info@euromatic.com

B10/MTTF$_d$ als Basiskennwerte zur Ermittlung des Performance Levels

Entsprechend der Anforderungen an eine Sicherheitssteuerung und in Abhängigkeit der notwendigen Sicherheitsfunktionen müssen geeignete Einzelkomponenten ausgewählt und in einer entsprechenden Steuerungsarchitektur implementiert werden. Norgren bietet dazu eine sehr breite Produktpalette von Bauteilen an und unterstützt bei der richtigen Auswahl der Komponenten zusammen mit der Bereitstellung notwendiger Kennwerte als Basis zur Berechnung des erreichten Performance Levels. Basis zur Berechnung und Ermittlung des erreichten Performance Levels einer Sicherheitssteuerung sind die B10$_d$/MTTF$_d$-Kennwerte der für die Sicherheitsfunktion relevanten Einzelkomponenten.

- B10$_d$: Mittlere Zahl von Schaltspielen bzw. Schaltzyklen, nach der bis zu 10 % der betrachteten Einheiten gefährlich ausgefallen sind.
- MTTF$_d$: Mittlere Betriebsdauer, nach der bis zu 10 % der betrachteten Einheiten gefährlich ausgefallen sind. Für pneumatische und elektropneumatische Komponenten errechnet sich der MTTF$_d$-Wert aus dem B10$_d$-Wert und der Anzahl der in der Anwendung maximal möglichen Schaltzyklen.

$$MTTF_d = \frac{B10_d}{0{,}1 \cdot n_{op}}$$

$$n_{op} = \frac{d_{op} \cdot h_{op}}{t_{Zyklus}} \; 3\,600 \; \frac{s}{h}$$

h_{op} = ist die mittlere Betriebszeit in Stunden je Tag

d_{op} = ist die mittlere Betriebszeit in Tagen je Jahr

t_{Zyklus} = ist die mittlere Zeit zwischen dem Beginn zweier aufeinander folgender Zyklen des Bauteils (z. B. Schalten eines Ventils) in Sekunden je Zyklus.

Elektronische Bauteile altern nicht über Schaltzyklen, sondern über die Zeit. Daher werden die MTTF$_d$-Werte nicht über B10$_d$ ermittelt, sondern müssen vom Lieferanten zur Verfügung gestellt werden.

Aufteilung der MTTF$_d$-Werte in 3 Klassen.

Klasseneinteilung der MTTF$_d$ jedes Kanals

MTTF$_d$ für jeden Kanal	
Bezeichnung	**Bereich**
nicht angemessen	0 Jahre ≤ MTTF$_d$ < 3 Jahre
niedrig	3 Jahre ≤ MTTF$_d$ < 10 Jahre
mittel	10 Jahre ≤ MTTF$_d$ < 30 Jahre
hoch	30 Jahre ≤ MTTF$_d$ ≤ 100 Jahre
nicht zulässig	100 Jahre < MTTF$_d$

Errechnete Werte >100 Jahre gehen in weitergehende Berechnungen nur mit maximal 100 Jahre ein. MTTF$_d$ Werte kleiner 3 Jahre sind aus sicherheitstechnischem Aspekt nicht anwendbar.

Berechnung MTTF$_d$ gesamt eines einzelnen Kanals

$$\frac{1}{MTTF_d} = \sum_{i=1}^{N} \frac{1}{MTTF_{di}} = \sum_{j=1}^{N} \frac{nj}{MTTF_{dj}}$$

Berechnung MTTF$_d$ gesamt zweier Kanäle (redundantes Gesamtsystem)

$$MTTF_d = \frac{2}{3}\left[MTTF_{dC1} + MTTF_{dC2} - \frac{1}{\frac{1}{MTTF_{dC1}} + \frac{1}{MTTF_{dC2}}}\right]$$

Wobei MTTF$_{dC1}$ und MTTF$_{dC2}$ Werte für die beiden einzelnen Kanäle sind.

DC- Diagnosedeckungsgrad

Maß für die Effektivität der Diagnose = Verhältnis der Ausfallrate der bemerkten gefährlichen Ausfälle zur Ausfallrate der gesamten gefährlichen Ausfälle.

Für höherrangige Steuerungsarchitekturen (2 bis 4) muss eine entsprechende Fehlerdetektion in der Steuerung implementiert sein, deren Effektivität durch den Diagnosedeckungsgrad ausgedrückt wird. Der Wert des Diagnosedeckungsgrads ist abhängig von der jeweils ausgewählten Maßnahme zur Fehlerdetektion und muss mindestens 60 % betragen. Die oberste Kategorie 4 beispielsweise schreibt für die gesamte Sicherheitssteuerung zwingend einen Diagnosedeckungsgrad von 99 % vor.

Einteilung des Diagnosedeckungsgrads

DC (Diagnosedeckungsgrad)	
Bezeichnung	**Bereich**
kein	DC < 60 %
niedrig	60 % ≤ DC < 90 %
mittel	90 % ≤ DC < 99 %
hoch	99 % ≤ DC

Beispiele der Bewertung des Diagnosedeckungsgrads

Eingabeeinheit	
Maßnahme	**DC**
Zyklischer Testimpuls durch dynamische Änderung der Eingangssignale	90 %
Plausibilitätsprüfung, z. B. Verwendung der Schließer- und Öffnerkontakte von zwangsgeführten Relais	99 %
Kreuzvergleich von Eingangssignalen ohne dynamischem Test	0 % bis 99 %, abhängig davon, wie oft ein Signalwechsel durch die Anwendung erfolgt
Kreuzvergleich von Eingangssignalen mit dynamischem Test, wenn Kurzschlüsse nicht bemerkt werden können (bei Mehrfach-Ein-/Ausgängen)	90 %
Kreuzvergleich von Eingangssignalen mit unmittelbarem und Zwischenergebnissen in der Logik (L) und zeitlich und logische Programmlaufüberwachung und Erkennung statischer Ausfälle und Kurzschlüsse (bei Mehrfach-Ein/Ausgängen)	99 %
Indirekte Überwachung (z. B. Überwachung durch Druckschalter, elektrische Positionsüberwachung von Antriebselementen)	90 % bis 99 %, abhängig von der Anwendung
Direkte Überwachung (z. B. elektrische Stellungsüberwachung der Steuerungsventile, Überwachung elektromechanischer Einheiten durch Zwangsführung)	99 %
Fehlererkennung durch den Prozess	0 % bis 99 %, abhängig von der Anwendung; diese Maßnahme ist allein nicht ausreichend für den erforderlichen Performance Level "e"!
Überwachung einiger Merkmale des Sensors (Ansprechzeit, der Bereich analoger Signale, z. B. elektrischer Widerstand, Kapazität)	60 %

Innerhalb einer Sicherheitssteuerung können in Bezug auf die für die Sicherheitsbetrachtung relevanten Bauteile verschiedene Maßnahmen zur Fehlerdetektion vorgesehen werden.

Berechnung des Diagnosedeckungsgrads einer gesamten Sicherheitssteuerung

$$DC_{avg} = \frac{\frac{DC_1}{MTTF_{d1}} + \frac{DC_2}{MTTF_{d2}} + \cdots + \frac{DC_N}{MTTF_{dN}}}{\frac{1}{MTTF_{d1}} + \frac{1}{MTTF_{d2}} + \cdots + \frac{1}{MTTF_{dN}}}$$

CCF – Fehler gemeinsamer Ursache

Zur Bewertung der Robustheit einer zweikanaligen Sicherheitssteuerung müssen auch Möglichkeiten von Ausfällen gemeinsamer Ursache betrachtet werden. Der CCF wird nach bestimmten Kriterien und damit verbundenem Punktesystem quantifiziert und muss zum Erreichen der Anforderungen mindestens eine Punktzahl von >=65 erreichen.

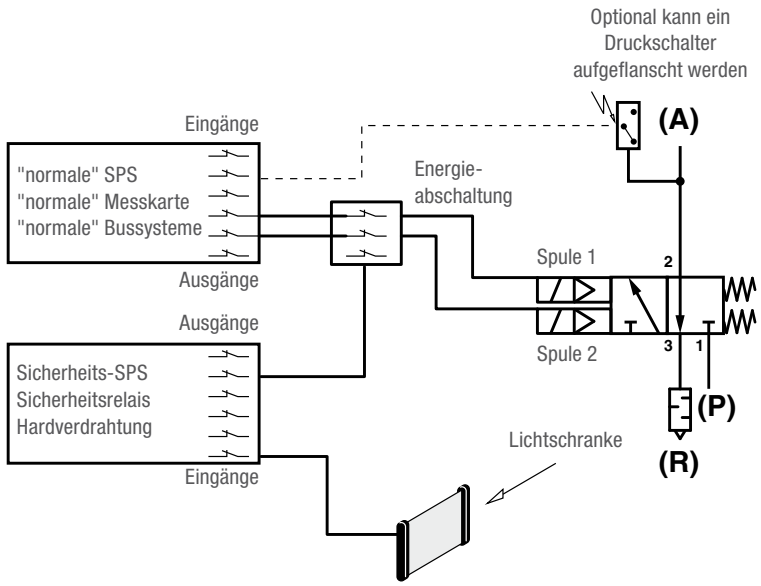
Ein potenzieller Fehler gemeinsamer Ursache kann z. B. durch eine inkorrekte vorgeschaltete Druckluftaufbereitung verursacht werden. Wird die Druckluft nicht entsprechend vorgefiltert, können unter Umständen Ventile zweier redundanter Kanäle gleichzeitig erheblich verschmutzen und möglicherweise aus diesem Grunde gleichzeitig ausfallen. Zur Prävention ist eine adäquate und effektive Druckluftaufbereitung vorzusehen.

Maßnahme gegen CCF	Punktezahl
Trennung / Abtrennung	
> Physikalische Trennung zwischen den Signalpfaden > Trennung der Verdrahtung / Verrohrung ausreichende Luft - und Kriechstrecken	15
Diversität	
> Unterschiedliche Technologien / Gestaltung Der erste Kanal mit SPS, der zweite Kanal fest verdrahtet, Art der Initiierung, Druck, Entfernung - Web, digital oder analog, Ventile unterschiedlicher Hersteller	20
Entwurf / Anwendung / Erfahrung	
> Schutz gegen Überdruck, Überstrom, Überspannung	15
> Verwendung bewährter Bauteile	5
Beurteilung / Analyse (FMEA)	
Sind die Ergebnisse einer Ausfallart und Effektanalyse berücksichtigt worden, um Ausfälle infolge gemeinsamer Ursache der Entwicklung zu vermeiden?	5
Kompetenz / Ausbildung	
Sind Konstrukteure / Monteure geschult worden, um die Gründe und Auswirkungen von Ausfällen infolge gemeinsamer Ursache zu erkennen?	5
Umgebung	
> Schutz vor Verunreinigung und elektromagnetischer Beeinflussung gegen CCF in Übereinstimmung mit den entsprechenden Normen > z. B. ISO 4413 und EN ISO 4414 > Filterung des Druckmediums, Verhinderung von Schmutzeintrag > Entwässerung von Druckluft, z. B. Übereinstimmung mit den Anforderungen des Herstellers	25
Andere Einflüsse	
Wurden alle Anforderungen hinsichtlich Unempfindlichkeit gegenüber allen relevanten Umgebungsbedingungen wie Temperatur, Schock, Vibration, Feuchte berücksichtigt?	10
Gesamt	
Mind. 65 Punkte u. max. erreichbar 100	

Steuerungskette eines Sicherheitssystems

Eine komplette Sicherheitskette besteht aus drei Subsystemen mit jeweils eigenständiger Funktion

- Subsystem 1: Eingang
  Erfassung der Information
  z. B.: Lichtschranke, Endschalter, Hand-Notausschalter usw.
- Subsystem 2: Logik
  Verarbeitung der Information zur Einleitung der notwendigen Sicherheitsfunktion z. B.:
  Sicherheits-SPS, Sicherheitsrelais usw.
- Subsystem 3: Ausgang
  z. B.: Elektropneumatische Ventile usw.



Euromatic®
STEUER- UND REGELTECHNIK

EUROMATIC GmbH
IM HEGEN 11
DE-22113 OSTSTEINBEK

TEL. +49 (0)40 713001 0
FAX +49 (0)40 713001 6100
WEB www. euromatic.com
MAIL info@ euromatic.com

ZERTIFIKAT

Mit dieser Urkunde zertifizieren wir das Unternehmen

Euromatic GmbH

als STRATEGISCHEN PARTNER für

NORGREN

führendes Unternehmen der pneumatischen Steuerungs- und Antriebstechnik

Sascha Hackstein
Geschäftsführer Vertrieb

Markus Kretschmer
Verkaufsleiter Handel

01.12.2008
Datum

» WIR SIND NORGREN.
... your success, our passion.

Norgren, Buschjost, FAS, Herion und Maxseal sind eingetragene Warenzeichen der IMI Precision Engineering-Unternehmen. Änderungen vorbehalten

z8414BR de/04/17

Einige Bilder sind von ‚Shutterstock.com' lizenziert!

Engineering GREAT Solutions

IMI NORGREN
IMI BUSCHJOST
IMI FAS
IMI HERION
IMI MAXSEAL

Rechtliche Hinweise
Die in unserer Broschüre enthaltenen Informationen zum Thema Sicherheitstechnik dienen lediglich der Hilfestellung und wurden mit größtmöglicher Sorgfalt erstellt. Bitte beachten Sie darüber hinaus die Einhaltung von Richtlinien und Normen. Soweit wir hier Richtlinien und Normen aufgeführt haben, können wir nicht garantieren, dass diese vollständig sind.

Dargestellte Lösungen, abgebildete Baugruppen, Produktzusammenstellungen/ -anordnungen sind ausnahmslos als Anwendungsbeispiele für die entsprechenden Produkte/ Baugruppen zu verstehen. Sofern Sie einen konkreten Anwendungsfall haben, setzen Sie sich mit uns in Verbindung. Wir bieten kundenspezifische Lösungen an.

Beachten Sie jedoch, dass Sie als Kunde (Anwender) selbst Verantwortung für die Beachtung und Überprüfung der Richtlinien, Normen und Gesetze bei der Konstruktion, Herstellung und Produktinformation im Hinblick auf die gewünschte Anwendung tragen. Unsere Broschüre richtet sich daher an Fachleute. Wir übernehmen daher weder eine Gewähr noch sonstige Haftung für die durch den Kunden (Anwender) für seinen eigenen spezifischen Anwendungsbereich erarbeitete Lösung.

IMI Precision Engineering