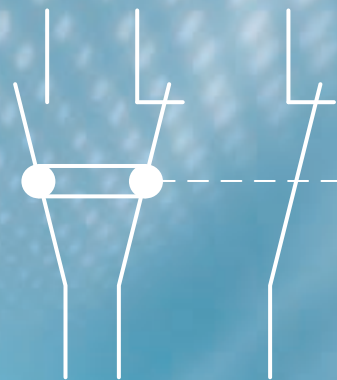


Mit mechanischen Hilfskontakten normenkonform und funktions-sicher projektieren



xStart

Das Kompletต์programm für den Motorabgang. Vom Schütz über effiziente Motorstarter bis zum geregelten Antrieb. Neue Lösungen, die auf Kommunikation setzen.

Leistungsschütze DIL

Motorschuttschalter PKZ

Motorstarter MSC

Softstarter DS, DM

Frequenzumrichter DF, DV

Rapid Link

Fachaufsatz

Dipl.-Ing. Wolfgang Esser

MOELLER

An Eaton Brand

Mit mechanischen Hilfskontakten normenkonform und funktionssicher projektieren

Neue, elektronikkompatible Hilfsschalterbausteine *DILA-XHIR11* für die Hilfsschütze *DIL A* und für die stückzahlstarken Leistungsschütze *DIL M7* bis *DIL M32* komplettieren das Produktsystem *xStart* [1]. Die neuen Hilfsschalter werden zum Anlass genommen, das Thema der Kontakt- oder Fehlschaltungssicherheit darzustellen. Der Aufsatz betrachtet zusätzlich unterschiedliche Hilfsschalterkonstruktionen unter dem Gesichtspunkt ihrer Eignung für den Einsatz in Sicherheitssteuerungen.

In Steuerstromkreisen kann es auch bei dem Einsatz hochwertiger Schaltgeräte gelegentlich zu Funktionsstörungen kommen. Diese Schwierigkeiten lassen sich durch eine problemorientierte Projektierung vermeiden. Im Aufsatz wird auf potentielle Störquellen hingewiesen und vorbeugend werden Lösungen für die Projektierung aufgezeigt. Es werden bekannte Gesetzmäßigkeiten der Zuverlässigkeit und der Sicherheit elektrischer Niederspannungs-Schaltanlagen erläutert. Der Aufsatz will diese Thematik auch für nicht elektrotechnisch vorgebildete Personen verständlich machen.

Unterschiedliche Parameter beeinflussen die Kontaktsicherheit

Vier Aspekte beeinflussen das Qualitätsniveau der Kontakt- oder Fehlschaltungssicherheit elektromechanischer Schalt- und Schutzgeräte an der Schnittstelle zu Elektroniksystemen und in Stromkreisen mit sehr kleinen Strömen und Spannungen:

- konstruktive Merkmale des Kontaktelements,
- zu schaltende Strom- und Spannungspegel,
- Projektierungsgrundsätze bei der Verschaltung mehrerer Kontaktelemente,
- und die Umgebungsbedingungen.

Die Kontaktsicherheit oder Kontaktzuverlässigkeit ist keine konstante Größe, sondern sie wird von Schaltung zu Schaltung innerhalb gewisser Toleranzen schwanken. Die Toleranzen lassen sich über die vier oben erwähnten Aspekte beeinflussen.

Die Kompetenz eines Schaltgeräteherstellers beeinflusst in erster Linie das erste Kriterium. Im Laufe der Jahre gab es unterschiedliche Lösungsansätze zur Optimierung der Kontaktsicherheit von

Hilfskontakten (Beispiele in **Tabelle 1**), die als fertige Produkte nebeneinander auf dem Markt zur Verfügung stehen. Die einzelnen Lösungen beinhalten Vor- und Nachteile. Die wichtigsten Nachteile beziehen sich auf Einschränkungen bei den später erläuterten Beziehungen zwischen verschiedenartigen Kontakten für Sicherheitsschaltungen, auf Reduktionen bei der elektrischen Belastbarkeit und auf ihre oft eingeschränkten Einsatzmöglichkeiten oder den Verzicht auf eine galvanische Trennung (wird später erläutert).

Der Begriff „Hilfskontakt“ klingt zunächst sehr simpel. Die Anforderungen an ihn sind aber sehr umfangreich und zum Teil physikalisch widersprüchlich. Die **Tabelle 2** zeigt, sehr stark vereinfacht, typische Anforderungen an Kontakte bei unterschiedlichen Produktgruppen, die über unterschiedliche Betätigungseinrichtungen verfügen. Die Art der Betätigung beeinflusst stark die erforderliche Kontakt-Konstruktion und die Reaktionsmöglichkeiten auf Fehlschaltungen.

Hilfskontakte sind häufig an der Lösung von Sicherheitsaufgaben, z.B. dem Per-

Information für Schnellleser

Selbst hoch automatisierte Maschinen und Anlagen kommen ohne elektromechanische Komponenten nicht aus, die sich durch die galvanische Trennung, hohes Sicherheitsniveau und hervorragende Leistungsfähigkeit an den Schnittstellen zu Elektronikein- und -ausgängen auszeichnen. Kontakte können unter ungünstigen Umständen gelegentlich Kontaktfehler verursachen. Da man aus wirtschaftlichen und sicherheitstechnischen Gründen von Maschinen und Anlagen eine sehr hohe Verfügbarkeit erwartet, müssen Kontaktfehler unbedingt vermieden werden. Moeller stellt verbesserte Hilfsschalter zur Verfügung, aber auch der Projektteur, der Installateur und der Betreiber können und müssen unterstützende Beiträge leisten. Die Einflussgrößen werden im Aufsatz als konstruktive Maßnahmen, Projektierungsgrundsätze und Einflüsse der Umgebung beschrieben.

sonenschutz bei gefährlichen Maschinen und Anlagen beteiligt. Daher haben sich auch verschiedene Sicherheitsnormen mit den Anforderungen an die Kontakte beschäftigt und dabei immer wieder neue Begriffe hervorgebracht, die viele Anwender verwirren. Neuere Begriffe waren immer wieder mit einer Eskalation der Anforderungen und mit einer genaueren Beschreibung der Beziehung und Abhängigkeit zwischen verschiedenartigen Kontaktarten verbunden.

Kontakte mit galvanischer Trennung für Sicherheitsfunktionen

Eines der wichtigsten Merkmale der kontaktbehafteten Schaltgeräte ist weiterhin die galvanische Trennung durch die Kontakte, die ein hohes Sicherheitsniveau, z.B. für die Personensicherheit, sicherstellen und auf der ganze Sicherheits-Philosophien basieren. Die galvanische Trennung stellt sicher, dass die abgangsseitigen, getrennten Leitungen wirklich potentialfrei sind. Im Gegensatz dazu ist beim Schalten mit Halbleitern zu beachten, das auch im ausgeschalteten Zustand

noch ein Leckstrom fließt und dass an der Ausgangsseite noch ein berührungsfährliches Potential anliegen kann. Ein zweiter, wesentlicher Unterschied zwischen mechanischen Kontakten und Halbleiter-Schaltelementen liegt im Übergangswiderstand und in der damit verbundenen Verlustleistung. Die Verlustleistung ist, bei einem gleichen Strom, am Halbleiter etwa 10-mal so hoch, wie am elektromechanischen Kontakt. Dieser Gesichtspunkt spielt bei Leistungskontakten eine wesentliche Rolle.

Kontaktarten und genormte Beziehungen zwischen Kontakten

Die nach der EG-Maschinen-Richtlinie vorgeschriebenen Risiko-Betrachtungen für Maschinen und Anlagen werden meistens von Maschinenbaufachleuten erarbeitet. Deshalb sollen hier zunächst die den Elektrofachkräften bekannten,

unterschiedlichen Kontaktarten und ihre Besonderheiten erläutert werden. Bei den Kontaktarten ist zunächst, im Sinne der Normung, zwischen Haupt- und Hilfskontakten zu unterscheiden. **Hauptkontakte** oder **Leistungskontakte** gehören zu **Leistungsschaltgeräten** (z.B. Schütze, Schutzschalter). Sie werden dimensioniert um unterschiedliche Lastarten (Motoren, Heizungen, Beleuchtung, Kondensatoren usw.) bei unterschiedlichen Leistungsdaten (Leistung, Strom, Spannung) mit ausreichend hoher Lebensdauer zu schalten. Die Anforderungen an Hauptkontakte ergeben sich aus den entsprechenden Produktnormen, zum Beispiel aus der Gruppe IEC/EN 60 947, aber auch aus Errichtungsnormen, wie der IEC/EN 60 204-1 [2].

Hilfskontakte werden auch **Hilfsschaltglieder** oder **Steuerkontakte** genannt (**Bild 1**). Sie gehören zu Hilfs- oder **Steuergeräten** (z.B. Befehlsge-

räte, Hilfsschütze, Relais). Man nutzt sie aber auch für Hilfsfunktionen an den beschriebenen Leistungsschaltgeräten. Sie werden hauptsächlich für die Signalisierung von Schalt- oder Störzuständen, für Verriegelungsschaltungen oder Folgesteuern mit niedrigen bis hohen Beanspruchungen eingesetzt.

Wer die Konstruktionsgrundsätze von Schalt- und Schutzgeräten nicht näher kennt, geht zunächst davon aus, dass die Hilfskontakte immer die gleiche Schaltstellung einnehmen wie die Hauptkontakte. Dieser nahe liegende Gedanke lässt sich leider, nicht nur in Bezug auf die Zeitgleichheit, nicht immer realisieren. So können z.B. die Hübe der Betätigungselemente, der Haupt- und der Hilfskontakte unterschiedlich lang sein, sodass sich Vorlaufwege und Nachlaufwege ergeben, die auch zu unterschiedlichen Schaltzeitpunkten führen. Spätestens, seit die Schaltgeräte in Bausteinsystemen ent-

Konstruktionsmerkmale	Technologische und ökonomische Aspekte		Wichtige Kriterien für Sicherheitsanwendungen	
	Vorteile	Nachteile	Zwangsgeführte Kontaktelemente	Spiegelkontakte
Integrierte Mikroschalter	Schalter im Schalter, führt zu einer gewissen Schutzartherhöhung, für weite Strom- und Spannungsbereiche einsetzbar	siehe rechts	unter Umständen, wenn Schließer und Öffner vorhanden sind	wahrscheinlich nein
Reedkontakte	preiswert, platzsparend	erschütterungsempfindlich, störfeldempfindlich, geringe Belastbarkeit, Kurzschlusschutz schwierig	nein	nein
Elektronische Schaltkreise	verschleißfrei, verschmutzungsunempfindlich, erschütterungsunempfindlich	teuer, versorgungsspannungsabhängig, Ausgänge häufig potenzialbehaftet, Kurzschlusschutz schwierig	nein	nein
Neue Hilfsschalter <i>DILA-XHIR11</i> von Moeller	preisgünstig, keine Einschränkungen bei der Belastbarkeit bezüglich Strom- und Spannungswerten	Für 2 Kontakte wird der Platz von 4 „normalen“ Kontakten benötigt	ja, einsetzbar innerhalb von Sicherheitsschaltungen	ja, einsetzbar innerhalb von Sicherheitsschaltungen

Tabelle 1: Verschiedene, beispielhafte Lösungsansätze für kontaktsichere Hilfsschalter mit den hauptsächlichlichen Vor- und Nachteilen. In Sicherheitsanwendungen sind heute zwangsgeführte Kontaktelemente, oder sogar Spiegelkontakte erforderlich.

Konstruktionsmerkmale und Einflüsse, die beherrscht werden müssen	Anforderungen an Hilfsschaltglieder bei den Produktgruppen			
	Hilfsschütze	Zeitrelais	Leistungsschütze	Motorschutzrelais
	DIL A	ETR 4, DIL ET	DIL M	ZB
Betätigungsart	elektromagnetisch	elektromagnetisch	elektromagnetisch	thermodynamisch
mechanische /elektrische Lebensdauer	sehr hoch	sehr hoch	sehr hoch	gering
Schalzhäufigkeit	normal bis mittel	normal bis hoch	gering bis normal	sehr gering
Kontaktkraft	mittel	gering	mittel bis hoch	sehr gering
Kontakte je Baueinheit	4, 6, 8	2 Wechsler	1 ... 8	2
Einflüsse durch das Basisgerät	sind Teil des Basisgeräts	sind Teil des Basisgeräts	Schock	Schock vom Schütz
überwiegende Beanspruchung durch die Umwelt	normal	normal	normal	normal
bevorzugter Einsatzort	Schaltschrank	Schaltschrank	Schaltschrank	Schaltschrank

wickelt, gebaut und kombiniert werden, werden Haupt- und Hilfskontakte nicht mehr von der gleichen Kontaktbrücke ein- und ausgeschaltet. Aber bereits früher haben sich bei den unveränderbaren Schaltgeräten die Kontaktwege von Hilfs- und Hauptkontakten mehr oder weniger deutlich unterscheiden, weil unterschiedliche Spannungen, Ströme und Lastarten mit unterschiedlichen Lichtbogenbeanspruchungen beherrscht werden mussten, was zwangsläufig zu unterschiedlichen, notwendigen Kontaktabständen (Trennstrecken) und Kontaktkräften führte. Die Schaltungswegunterschiede werden z.B. durch Federn ausgeglichen, mit dem Effekt, dass Hilfs- und Hauptkontakte mit einem mehr oder weniger großen zeitlichen Versatz betätigt werden.

Ein Grundprinzip der Sicherheitsschaltungen ist es, das man aus dem Schaltzustand der Hilfskontakte sicher auf den Schaltzustand der Hauptkontakte schließen will. Eigentlich will man noch mehr. Wenn ein Hilfskontakt schließt und einen Leuchtmelder einschaltet, will man daraus darauf schließen können, dass sich der zugehörige Motor

nun dreht. Beziehungsweise der Laie meint, wenn der Leuchtmelder nicht leuchtet, kann er sicher sein, dass ein Motor, den er vielleicht nicht sieht, sich nicht dreht. Diese Schlussfolgerung ist nicht zulässig und gefährlich, weil eine Reihe von Fehlern im Stromkreis möglich sind (z.B. Leitungsunterbrechungen, Leuchtmittel defekt, Hauptkontakte verschweißt usw.), die ebenfalls zu einem nicht leuchtenden Meldegerät führen. Bei besonderer Sicherheitsrelevanz müssen unter Umständen redundante Steuerstromkreise¹ aufgebaut werden oder das Betriebsmittel wird mit zusätzlichen, direkt an den Betriebsmitteln selbst wirkenden Schutzsystemen überwacht (z.B. Stillstandswächter, Drehzahlwächter).

Als früher ausschließlich elektromechanische Schaltelemente zur Verfügung standen, hat man die geringen Unterschiede bei den Schaltzeitpunkten oder Schaltungswegen bewusst schaltungstechnisch genutzt und von **vor-** oder **nach-eilenden Hilfskontakten**, oder von **Frühschließern** und **Spätöffnern**, oder von **überlappenden Kontakten** gesprochen (**Bild 2**). Diese geringen

Unterschiede, mit sehr großen Streuungen, nutzt man im Elektronikzeitalter nur noch sehr selten, sondern man arbeitet mit definierten, genauen Zeiten elektronischer Zeitrelais.

Mit den Frühschließern und Spätöffnern wurde die nächste Unterscheidung bei den Kontaktarten erwähnt. Es geht um die Art der Reaktion auf eine Betätigungsfunktion. Es gibt **Schließer-Kontakte**, die bei mechanischer oder elektromechanischer Betätigung eines Schalt- oder Schutzgerätes geschlossen werden. Sie sind im Ruhezustand des Grundgerätes offen. Im Gegensatz dazu ist der **Öffner-Kontakt** im Ruhezustand geschlossen und er wird durch die Betätigung des Grundgerätes geöffnet. Schließlich unterscheidet man nach der Dauer der Betätigung eines Kontaktes, zwischen **Dauerkontakten** und **Impulskontakten**, die schaltungstechnisch unterschiedlich verarbeitet werden. Im Sinne der im Aufsatz betrachteten Kontaktsicherheit und der Auswirkungen einer Kontaktunsicherheit, ist es noch interessant, ob sich die Wirkung eines Kontaktfehlers durch ein Wiederholen des Schaltbefehls beseitigen lässt. Ein

¹ Redundanz =

Verwendung von mehr als einem Gerät (System), damit sichergestellt ist, dass beim Ausfall eines Gerätes (Systems) ein anderes die Funktion noch erfüllt.
Begriffe: vollständige oder teilweise Redundanz, online-Redundanz, offline-Redundanz

Motorschutzschalter	Leistungsschalter	Befehls- und Meldegeräte	Positionsschalter
PKZ	NZM	RMQ 16 /22	AT
Kraftspeicher	Kraftspeicher	handbetätigt	maschinenbetätigt
hoch	mittel	mittel	sehr hoch
gering bis normal	gering	normal bis hoch	gering bis sehr hoch
gering bis normal	mittel bis hoch	gering	mittel
1... 6	2, 4, 6	1 ... 6	1, 2, 3
Schock	Schock	Wärme der Leuchtmelder	sind Teil des Basisgeräts
normal bis hoch	normal	normal bis hoch	normal bis sehr hoch
Schaltschrank, Kleingehäuse	Schaltschrank	Kleingehäuse, an Maschine	an Maschine

Tabelle 4: Hilfsschaltglieder unterschiedlicher Schalt- und Schutzgeräte werden durch die Basisgeräte und die hauptsächlichlichen Applikationen unterschiedlich beansprucht. Die groben Bewertungen dürften für die Hauptanwendungen der Geräte überwiegend zutreffen.



Bild 1: Beispiel für Schalt- und Schutzgeräte mit Haupt- oder Leistungskontakten oder / und mit Hilfskontakten

handbetätigtes Befehlsgerät lässt sich im Fehlerfall meistens einfach noch einmal betätigen. Andere Schaltbefehle erfolgen automatisiert, prozessabhängig oder von einer bestimmten Position einer Maschine abhängig. In diesen Fällen lässt sich die Kontaktgabe häufig nicht oder nur mit großem Aufwand wiederholen. Besonders unangenehm sind Kontaktfehler, die nur gelegentlich auftreten und die sich dadurch schwer lokalisieren lassen.

Für die Projektierung ist der Grundsatz wichtig, dass mit Ausnahme der Sonderausführung „überlappende Kontakte“ der Hilfsschließer und der Hilfsöffner eines Gerätes nicht gleichzeitig geschlossen sein können (normale Forderung, sichergestellt bei zwangsgeführten Kontakten). Weiter gilt, dass ein Hilfsöffner bereits öffnet, bevor der Hilfsschließer schließt (**Bild 2**). Grundsätzlich sollte so projektiert werden, dass ein Ausschaltbefehl immer Vorrang vor einem gleichzeitigen Einschaltbefehl hat. Um dies sicherzustellen, werden Befehlsgeräte für das Ein- und Ausschalten gegeneinander elektrisch verriegelt.

Funktionssicherheit der Kontakte hat wirtschaftliche und sicherheitstechnische Aspekte

Neben den leicht nachvollziehbaren wirtschaftlichen Folgen einer Verfügbarkeitsreduzierung einer Maschine oder Anlage, sind potenzielle Sicherheitsprobleme zu vermeiden [3]. Die Berufsgenossenschaften machten sich zuerst Gedanken zur persönlichen Sicherheit von Maschinenbedienern an kraftbetriebenen Pressen. Ein Meilenstein waren die so genannten „Pressensicherheitssteuerungen“. Mit diesem wichtigen Schritt der elektrischen Sicherheitstechnik an Maschinen kam es zur Definition des ersten Begriffs zur Relation zwischen unterschiedlichen Kontaktarten. Die berufsgenossenschaftliche Richtlinie ZH1/457 prägte den Begriff der „Zwangsgeführten Kontakte“, der in der Normung inzwischen ersetzt wurde, durch „Zwangsgeführte Kontaktelemente“. Auch heute, nach weit über 30 Jahren, ist die Bedeutung dieses Begriffs immer noch nicht allen Fachleuten, die sich mit Sicherheitstechnik an Maschinen beschäftigen umfassend bekannt. Die

Verwirrung wurde vergrößert, durch falsche Übersetzungen in Fremdsprachen und, ein unverzeihlicher Fehler, durch widersprüchliche Definitionen in später erschienenen Normen.

Zwangsgeführte Kontaktelemente, nach IEC/EN 60 947-5-1, Anhang L [4]: werden z.B. für die Selbstüberwachung in Maschinensteuerkreisen eingesetzt. Sie machen ausschließlich eine Aussage über das Verhältnis zwischen verschiedenartigen **Hilfskontakten an ein und demselben Hilfsschutz** (Geräte, bei denen die Betätigungskräfte intern erzeugt werden). **Es muss über die gesamte Lebensdauer ausgeschlossen sein, dass Kombinationen aus n Hilfsschließern und m Hilfsöffnern am gleichen Gerät gleichzeitig geschlossen sein können.**

Ein kritischer Aspekt ist dabei eine mögliche Schiefstellung der Kontaktbrücke (**Bild 3**), wenn ein außen liegender Kontakt verschleißt. In den Normenausschüssen gab es lange Diskussionen, ob der geforderte Mindestabstand zwischen den Kontakten gemessen oder durch eine Stoßspannungsprüfung nachgewiesen werden muss. Der derzeitige Normenstand sieht eine Stoßspannungsprüfung an „künstlich verschweißten“ Geräten vor.

Ein Hilfsschutz kann gleichzeitig mehrere Gruppen von zwangsgeführten Kontakten, sowie zusätzlich die später beschriebenen Spiegel- oder Mirror-Kontakte besitzen. Eine Zwangsführung muss im Stromlaufplan durch eine parallele Doppellinie, die ausgefüllte Kreise auf jedem Symbol des zwangsgeführten Kontaktes verbindet, dargestellt werden. Ein Beispiel aus der Norm ist in **Bild 4** angegeben. Eine Herstellerangabe auf dem Gerät ist nicht ganz eindeutig, weil ein Gerät unter Umständen sowohl zwangsgeführte, wie auch nicht zwangsgeführte Kontaktelemente besitzen darf, daher werden Angaben zur Zwangsführung vorzugsweise im Katalog des Herstellers gemacht.

Schaltgeräte mit externer Betätigung (z.B. Drucktaster, Positionsschalter) können nach der Norm keine zwangsgeführten Kontakte besitzen, weil sie keine auf einen Höchstwert begrenz-

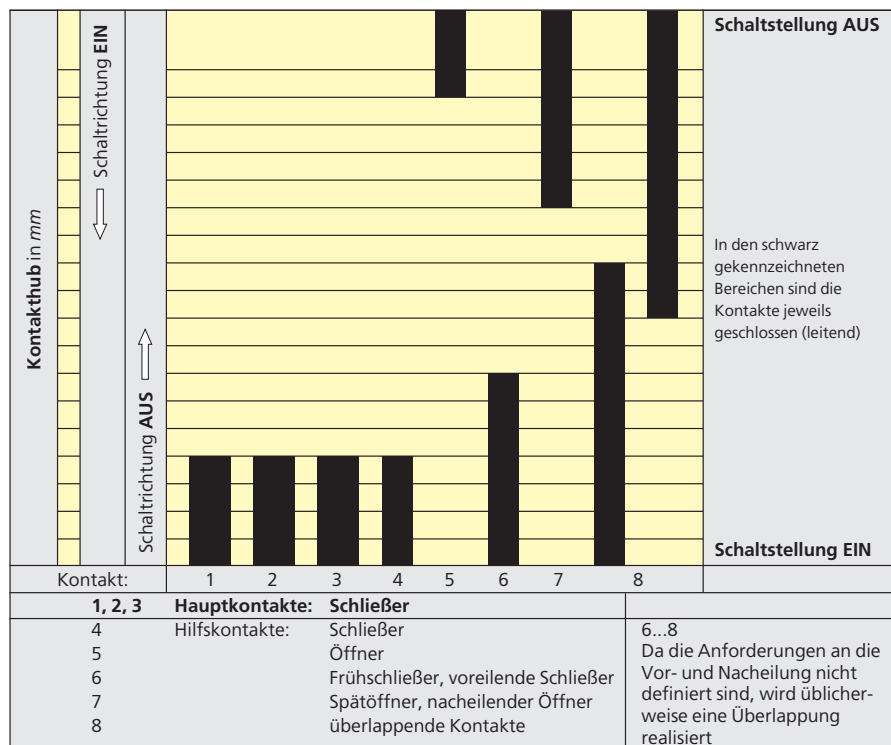


Bild 2: Kontaktwege-Diagramm zur Darstellung der Relationen bei der Betätigung unterschiedlicher Kontakte eines Schaltgeräts. Grundsätzlich öffnen normale Öffner bevor normale Schließer schließen. Frühschließer, Spätöffner und überlappende Kontakte werden heute nur noch in Sonderfällen eingesetzt.

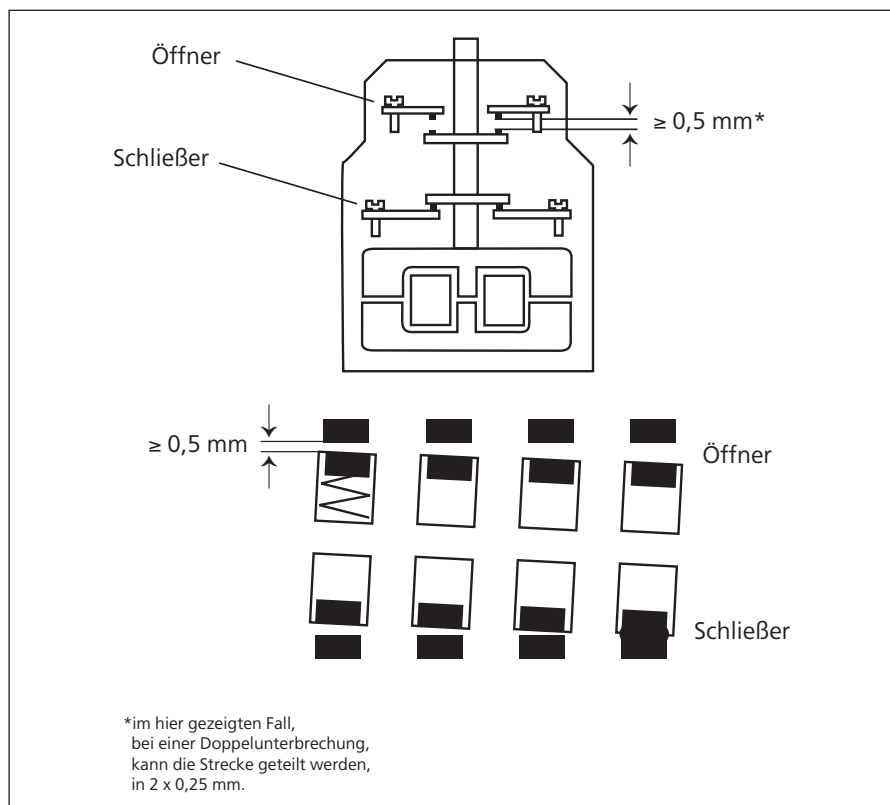


Bild 3: Wenn bei einem Schütz z.B. der rechts außen liegende Schließerkontakt verschweißt, kann sich die Kontaktbrücke des ausgeschalteten Schützes etwas schief stellen. Bei „zwangsgeführten Kontakten“ wird verlangt, dass in diesem Fall die Öffner nicht schliessen dürfen, sondern, dass über die gesamte Lebensdauer des Schützes ein Kontaktabstand von mindestens 0,5 mm erhalten bleibt. Verschiedene Sicherheitsschaltungen basieren auf der Voraussetzung, das Öffner und Schließer eines Schützes niemals gleichzeitig geschlossen sein können.

te Betätigungskraft besitzen. Mit einer großen Betätigungskraft könnte man wohl jeden Kontakt verbiegen und erreichen, dass Öffner und Schließer gleichzeitig geschlossen sind. Bei derartigen Geräten kann es höchstens **Hilfsstromschalter mit Zwangsöffnung** nach IEC/EN 60 947-5-1, Anhang K [4], geben. Dieser Begriff bedeutet, dass ein „verschweißter“ Kontakt durch eine ausreichend große Kraft aufgebrochen werden kann. Dies setzt voraus, dass die Kraftübertragung zwischen Betätigungselement und Kontakt direkt und ohne elastische Elemente erfolgt (typisch: Befehlsgerät NOT-AUS).

Die Schaltgeräte-Hersteller trugen zur Verunsicherung der Anwender bei. Während die Normen den Begriff der **Zwangsführung ausschließlich bei Hilfsschützen** kannten, wurde in der Werbung auch von „Zwangsgeführten Kontakten“ bei Leistungsschützen gesprochen. Dies lag zunächst daran,

dass Hilfsschütze und kleine Leistungsschütze (< 3 ... 4 kW) weitgehend baugleich waren und sich in erster Linie durch die genormten Anschlussbezeichnungen unterschieden. Die Werbung bewirkte, dass die Anwender auch für das Verhältnis zwischen Hauptstromschließer und Hilfsöffner unberechtigtweise von „Zwangsgeführten Kontakten“ sprachen. Bei kleinen Schützen ist das faktisch zutreffend, bei größeren Leistungsschützen sind die Unterschiede zwischen den Kontaktkräften bei

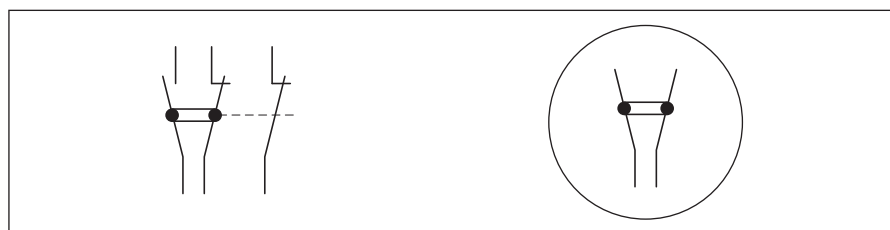


Bild 4: Links: Beispiel für die normgerechte Darstellung von zwangsgeführten Schließer- und Öffnerkontakten und einem nicht zwangsgeführten Öffner-Kontakt in einem Schaltplan. Rechts: Beispiel für eine mögliche Kennzeichnung auf dem Gerät, für Geräte, die auch zwangsgeführte Kontakte enthalten.

Haupt- und Hilfskontakten aber so groß, dass die Bedingungen für die Zwangsführung nicht mehr sichergestellt werden können. Auch hier könnte es im Fehlerfall zu unerwünschten Deformationen kommen. **Der Begriff „Zwangsgeführte Kontaktelemente“ sagt nach der Norm nichts über die Gleichheit der Schaltstellung bei Haupt- und Hilfskontakten aus, sondern bezieht sich ausschließlich auf die Hilfskontakte.**

Zwangsgeführte Kontakte sind also hilfreich für eine sichere Verschaltung der Logikfunktionen innerhalb von Sicherheitsschaltungen (sichere Beziehung von Hilfskontakten untereinander). Sie erfüllen aber nicht die vorher beschriebene Erwartungshaltung der Anwender, eine Aussage über den Schaltzustand oder eine Fehlfunktion der Hauptkontakte zu machen. Hier gab es, bedingt durch die unterschiedlichen Kräfteverhältnisse zwischen Haupt- und Hilfskontakten, über eine längere Zeit Diskussionen über die Definition einer „unvollständigen Zwangsführung“ oder über eine „Zwangsführung nur in eine Richtung“. Als Lösung wurde schließlich die Definition der **Spiegelkontakte** oder **Mirror-Kontakte** gefunden und genormt. **Diese Kontaktdefinition macht erstmalig eine Aussage über das Verhältnis der Schaltstellung von Hauptkontakten und Hilfskontakten.** Es kann aber auch hierbei nur eine Aussage in eine Richtung gemacht werden, nämlich **über das Verhältnis von Hauptstromschließer zu Hilfsöffner.**

Spiegelkontakte, nach IEC/EN 60-947-4-1, Anhang F [5]: **Der Spiegelkontakt ist ein Öffner, der nicht gleichzeitig mit dem Schließer-Hauptkontakt geschlossen sein kann.** Die Prüfung erfolgt an

künstlich verschweißten Schützen. Der offene Zustand des Spiegelkontaktes wird mit einer Stoßspannungsprüfung nachgewiesen oder es muss ein Kontaktabstand von mehr als 0,5 mm gemessen werden. Ein Schütz darf mehrere Spiegelkontakte besitzen. Zurzeit sind Spiegelkontakte ausschließlich an Schützen bekannt und genormt. „Spiegelkontakte“ sollten nicht mit „Zwangsgeführten Kontakten“ verwechselt werden. Spiegelkontakte können aber gleichzeitig die Anforderungen an „Zwangsgeführte Kontakte“ nach IEC/EN 60 947-5-1 erfüllen.

Spiegelkontakte müssen auf dem Gerät oder in der Dokumentation des Herstellers eindeutig gekennzeichnet sein. Wird ein Symbol verwendet, um den Spiegelkontakt zu kennzeichnen, muss die Darstellung dem **Bild 5** entsprechen. Eine Kennzeichnung im Schaltplan wird, im Gegensatz zu den „Zwangsgeführten Kontakten“, in diesem Fall nicht in der Norm erwähnt.

Eine typische Anwendung für Spiegelkontakte ist es, in Steuerkreisen von Maschinen eine hochverlässliche Überwachung für den (Schalt-) Zustand des Schützes zu haben. Jedoch sollte sich auf Spiegelkontakte als ausschließliche Sicherheitseinrichtung nicht verlassen werden. Die Norm empfiehlt eine Eigenüberwachung des Spiegelkontaktes. Die Norm setzt stillschweigend voraus, dass Hauptkontakte Schließer sind, was nicht immer zutrifft. Leider merkt man, dass die Begriffe „Zwangsgeführte Kontakte“ und „Spiegelkontakte“, zum Nachteil der Anwender, in unterschiedlichen Normenausschüssen bearbeitet wurden.

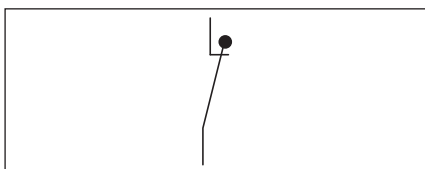


Bild 5: Wenn Spiegelkontakte mit einem Symbol gekennzeichnet werden, muss das gezeigte Symbol verwendet werden. In der Norm wird eine eindeutige Kennzeichnung der Spiegelkontakte durch den Hersteller auf dem Gerät und / oder in der Dokumentation verlangt. Eine Kennzeichnung in den Schaltplänen wird im Gegensatz zu den „Zwangsgeführten Kontakten“ nicht erwähnt.

Die neue Hilfsschalter-Alternative *DILA-XHIR11* komplettiert das Sortiment

Der neue Hilfsschalterbaustein *DILA-XHIR11* stellt im System xStart pro Hilfsschütz oder pro Leistungsschütz der Baugrößen *DIL M7* bis *DILM 32* je 1 elektronikkompatiblen Hilfsschließer und 1 elektronikkompatiblen Hilfsöffner mit deutlich erhöhter Kontaktsicherheit zur Verfügung. Er verfügt über die im System bekannte Schraub-Anschlusstechnik und die Anschlussbezeichnungen für Hilfsschütze nach DIN EN 50 005 (Öffner 61-62 und Schließer 53-54). Das Hilfsschütz-Grundgerät verfügt über weitere 4 „normale“ Kontakte und jedes Leistungsschütz über 1 „normalen“ Hilfskontakt im Grundgerät. Diese „normalen“ Kontakte können wahlweise Öffner oder Schließer sein.

Das besondere Highlight des Hilfsschalterbausteins *DILA-XHIR11* ist, dass seine Kontakte untereinander und zu den Hilfskontakten im Grundgerät die beschriebenen Bedingungen der **Zwangsführung** erfüllen. Wird der Baustein mit den erwähnten Leistungsschützen kombiniert, erfüllt der **Hilfsöffner im Baustein** zusätzlich die Anforderungen eines **Spiegel- oder Mirror-Kontaktes** in Beziehung zu den **Schließer-Hauptkontakten** im Grundgerät. Grundgeräte und Hilfsschalterbausteine eignen sich durch diese Merkmale hervorragend für den Einsatz in Sicherheitssteuerungen, mit dem Zusatznutzen, dass die Kontakte des Hilfsschalterbausteins für das Schalten von kleinen Strömen und Spannungen optimiert wurden. Sie eignen sich also ebenfalls hervorragend um beispielsweise 1 mA bei lediglich 5 V (Signalströme) am Eingang einer Elektroniksteuerung, bei ungünstigen Umgebungsbedingungen, sicher zu schalten. Bei einer Kontaktbelastung mit $U = 17 \text{ V}$ und $I = 5,4 \text{ mA}$ (Steuerströme) ergibt sich eine Ausfallrate $\lambda < 10^{-8}$. Diese Angabe bedeutet, dass man statistisch lediglich noch mit 1 Fehlschaltung auf 100 Millionen Schaltungen rechnen muss.

Ein ganz wesentliches Merkmal der neuen Hilfsschalter mit galvanischer Trennung ist es, dass sie universell auch für die „großen“ Ströme und Spannungen „normaler“ Hilfsschalter eingesetzt werden können. Aus diesem Grund

wurde als Lösungsprinzip die interne Parallelschaltung von Hilfsschaltgliedern in getrennten Schaltkammern, mit vier unabhängigen Kontaktpunkten, gewählt. Das heißt, die gleichen Kontakte beherrschen auch das Schalten von AC-15-Strömen bis 6 A und von Betriebsspannungen bis 500 VAC oder das Schalten von Gleichspannungen bis zu 250 VDC und DC-13-Ströme von bis zu 10 A. Der thermische Dauerstrom $I_{th} = I_{AC-1}$ beträgt bei 60 °C Umgebungstemperatur 16 A. Die Kontakte lassen sich sogar verschweißsicher mit Sicherungen 10 A gL absichern. Dieser weite Einsatzbereich schließt andere bekannte Lösungsprinzipien, wie z.B. vergoldete Kontakte aus, da das Gold nach wenigen Schaltungen nicht mehr vorhanden wäre. Die Parallelschaltung von Kontakten in getrennten Schaltkammern, macht das gleichzeitige Auftreten kleinster Verunreinigungen an mehreren Kontaktpunkten wesentlich unwahrscheinlicher. Die Kontaktsicherheit wird um einen Faktor in der Größenordnung 500 ... 2000 erhöht. Selbst das Merkmal, der vor allem in der chemischen Industrie verlangten „sicheren Trennung“, nach DIN EN 61 140 [6], mit verstärkter Isolierung, wird wie bei „normalen“ Hilfsschalterbausteinen bis zur Bemessungsisolationsspannung von 690 V erfüllt.

Natürlich wurden die neuen Hilfsschalter *DILA-XHIR11*, mit dem Preisniveau „normaler“ Hilfsschalterbausteine, als Weltmarktgeräte für den Einsatz in Nordamerika bei UL und CSA approbiert. Sie sind ebenfalls mit dem CCC-Zeichen für den Einsatz in China gekennzeichnet. Die Kombination all dieser wichtigen Sicherheitsmerkmale mit einem universellen Einsatzbereich und einem „normalen Preis“ findet man bei den wenigsten der am Markt angebotenen „Spezial-Hilfsschaltern für eine erhöhte Kontaktsicherheit oder Elektronikkompatibilität“. Die meisten dieser Angebote sind reine „Spezialisten“, mit denen sich viele Applikationen nicht realisieren lassen.

Strom- und Spannungspegel beeinflussen die Kontaktsicherheit

Bis zur Einführung von elektronischen Steuerungssystemen, Anfang der 60er Jahre, galt die grundsätzliche Aussage:

„Eine hohe Steuerspannung, z.B. 230 V, ergibt in der Regel eine so hohe Fehlschaltungssicherheit, dass sich im Gegensatz zu Kleinspannungen (z.B. 24V) eine Fehlschaltungssicherheits-Berechnung erübrigt“. Wo der Einsatz einer hohen Steuerspannung möglich ist, gilt diese Aussage auch heute noch. Höhere Steuerspannungen bieten weitere Zusatznutzen, so sind bei einer höheren Spannung auch die notwendigen Steuerströme niedriger, sie verursachen einen geringeren Spannungsfall und oft reichen geringere Leitungsquerschnitte aus. Die Erzeugung einer AC-Steuerspannung ist häufig preisgünstiger, als bei einer Gleichspannung. Allerdings sind Ein- und Ausgänge an Elektroniksystemen für kleine Strom- und Spannungspegel preisgünstiger zu realisieren. Da die Fehlschaltungssicherheit in den heutigen hoch automatisierten Produktions- und Prozessanlagen eine ganz besondere Bedeutung besitzt, müssen die Vorzüge der elektro-

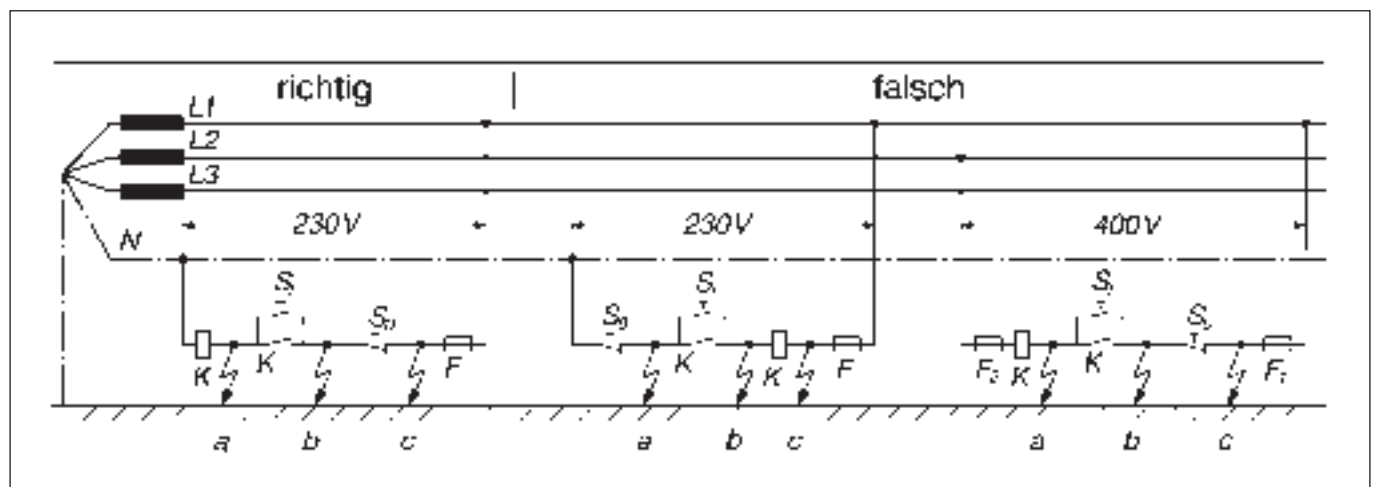
mechanischen und elektronischen Komponenten, wie bei den Hilfsschalterbausteinen DILA-XHIR11 technologisch angenähert werden. Bei einer Ausfallrate von $\lambda < 10^{-8}$ erübrigt sich auch für die meisten Anwendungen auf der heute weit verbreiteten 24 V-Spannungsebene eine Berechnung der Kontaktsicherheit und Ausfallwahrscheinlichkeit.

Schaltungstechnische Verarbeitung unterschiedlicher Hilfskontaktarten

Impuls- und Dauerkontakte sind schaltungstechnisch unterschiedlich zu verarbeiten. Es gibt Fälle, die man z.B. *Tipp-Betrieb* nennt, bei denen ein Motor nur so lange laufen soll, wie der Taster manuell betätigt wird (z.B. Jalousie-Steuerung). Dies ist die einfachste Art der Ansteuerung. Bei der beschriebenen Jalousie-Steuerung benötigt man eine Wende- oder Reversierschaltung, um die Jalousie in beide Richtungen ver-

fahren zu können. Bei derartigen Schaltungen verriegelt man die gegenläufigen Befehle für „auf“ und „zu“ mechanisch und oder elektrisch um Kurzschlüsse zu verhindern.

In Fällen in denen ein Motor, unabhängig von der Betätigungsdauer, z.B. bis zum Erreichen einer Endlage weiterlaufen soll, muss man ein Schütz in Selbsthaltung bringen (bei Jalousiesteuerungen mit schwachen Leistungen arbeitet man mit einer kleinen Elektronik, die diese Selbsthaltungsfunktion beinhaltet. Man spricht von *Impulskontaktgabe mit Selbsthaltung*. Tritt bei diesen Schaltungen eine Spannungsunterbrechung auf, bleibt der Antrieb stehen, die Selbsthaltung wird unterbrochen und der Antrieb läuft bei einer Spannungswiederkehr nicht selbsttätig an. Dieses Verhalten wird für die meisten Maschinen verlangt, um Gefahren durch einen selbsttätigen Wiederanlauf auszuschließen (*mit Wiedereinschaltperre*).



Erdschluss	Auswirkungen bei Erdschluss vor und nach der Einschaltung					
	vor	nach	vor	nach	vor	nach
a	ohne Wirkung	F schmilzt ab	ohne Wirkung	Schütz durch „Aus“-Taster nicht mehr abschaltbar	Spule an 230 V, meist kein Anzug, Zerstörungsgefahr	F schmilzt ab. Spule bleibt an 230 V, durch „Aus“-Taster nicht mehr abschaltbar
b	F schmilzt ab		Schütz schaltet ohne Kommando ein	F schmilzt ab		
c			F schmilzt ab			desgl. jedoch im allg. ohne Schaden

Bild 6: Die Lage der einzelnen Schaltgeräte beeinflusst den sicheren Betrieb. Betrachtung zur richtigen und falschen Positionierung, mit Erläuterungen zu den Folgen eines Fehlerfalls.

Nur bei Einrichtungen, bei denen durch eine selbsttätige Wiedereinschaltung nach einem Spannungsausfall keine Gefahr ausgeht, kann man direkt mit Dauerkontakten (Rastschalter) arbeiten. Derartige Betriebsmittel sind z.B. Kompressoren, Pumpen, Heizungen oder Beleuchtungen (fallweise die Gefährdung prüfen). Aber auch in Fällen, in denen aus Sicherheitsgründen keine Bedenken bestehen, mit Dauerkontakten zu arbeiten, ist zu beachten, dass nach der Netzspannungswiederkehr sehr viele Verbraucher gleichzeitig einschalten. Dies kann über die Einschaltspitzenströme zu einem Ansprechen der stromabhängigen Auslöser führen und damit zur nächsten Störung.

Mit der zunehmenden Automation sind die Maschinen und ihre Steuerungen komplizierter geworden. Die Automation führte zu einer starken Zunahme der Dauerkontakte, die aber nicht immer eindeutig als Rastschalter auftreten. Vielfach wirken Tastschalter wie Dauerkontakte, z.B. Positionstaster, die von Nocken- oder Kurvenscheiben betätigt werden. Man steht vor der Aufgabe, auch bei Dauerkontakten einen selbsttätigen Wiederanlauf von Maschinen und Einrichtungen zu verhindern. Das macht man, indem man hinter dem Steuerspannungstransformator die Steuerspannung über ein Hilfsschütz mit Impulseinschaltung und Selbsthaltung leitet. Bei einer Spannungsunterbrechung wird die gesamte Steuerung an dieser zentralen Stelle unterbrochen, es wird der selbsttätige Wiederanlauf verhindert und es werden undefinierte Schaltungszustände der Gesamtsteuerung vermieden. Schaltungsbeispiele enthalten das *Moeller* Schaltungsbuch und das *Moeller* Sicherheits-Handbuch.

Lage der Betriebsmittel und Anzahl der Kontakte im Steuerstromkreis

Die heute übliche Reihenfolge der Betriebsmittel im Steuerstromkreis ist kein Zufall, sondern erfolgt um eine größtmögliche Sicherheit im Störfall zu gewährleisten. Es wird vermieden, dass ein Stromkreis nicht unterbrochen werden kann und dass ein Stromkreis durch einen Erdschluss geschlossen wird. **Bild 6** zeigt und erklärt den richtigen Aufbau und erklärt die Probleme eines falschen Aufbaus. Grundsätzlich

soll die Schützspule immer am N-Leiter oder dem vergleichbaren Leiter hinter einem Steuertransformator oder Netzgerät angeschlossen werden.

Leider trifft man auch heute noch auf Schaltpläne bei denen zu viele Kontakte in Reihe geschaltet werden. Das ist unter verschiedenen Aspekten ein schwerwiegender Projektierungsfehler, da der Spannungsfall dieser Kette so groß werden kann, dass keine ausreichende Anzugsspannung für ein einzuschaltendes Schütz zur Verfügung steht. Besonders problematisch ist es, wenn die Leitungen zwischen den einzelnen Kontakten sogar noch den Schaltschrank verlassen und beispielsweise bei Not-Aus-Stromkreisen mehrere hundert Meter lang werden. Der Autor hat Schaltpläne mit 40 in Reihe geschalteten Kontakten gesehen. Wie will man einen fehlerbehafteten Kontakt lokalisieren? Man sollte bei der Notwendigkeit vieler Kontakte beispielsweise 6 Kontakte auf ein Hilfsschütz legen und einen Kontakt dieses Hilfsschützes wieder mit einer weiteren kleinen Anzahl von Kontakten in Reihe legen. So liegt jeweils eine überschaubare Anzahl von Kontakten an der vollen Steuerspannung. Die Anzahl der Kontakte kann bei einer hohen Steuerspannung größer sein als bei einer niedrigen Spannung, es sind aber auch die Umgebungsbedin-

gungen zu berücksichtigen. Es bietet sich auch an, in kritischen Fällen, Kontakte parallel zu schalten und dann die Kontaktpärchen in Reihe zu schalten.

Verbesserung der Kontaktsicherheit von Relaisausgängen

Mitunter müssen Grenzwertgeber mit schwachen Relaisausgängen, wie Thermostate, Druckwächter, diverse Regler usw. in Schaltungen integriert werden. Hier besteht die Gefahr, dass die Relaisausgänge flattern oder durch eine schlecht eingestellte Hysterese eine sehr hohe Schalthäufigkeit besitzen. Beide Störungen reduzieren unnötig die Lebensdauer nachgeschalteter Schütze und anderer Betriebsmittel. Zur Vermeidung derartiger Störungen empfiehlt sich der Einsatz rückfallverzögerter Zeitrelais, z.B. *ETR 4*, mit kurzem Zeitbereich, um eine gewisse Trägheit im Stromkreis zu erzeugen. Gleichzeitig wirken Zeitrelais aufgrund ihrer geringen Leistungsaufnahme für den Regler wie ein Kontaktschutzrelais. Es ist auch möglich, statt des Zeitrelais ein Thermistor-Maschinenschutzrelais zu verwenden, bei dem der Reglerkontakt anstelle des Thermistorfühlers an die Klemmen für die Fühlerleitung angeschlossen wird.



Bild 7: Für standardisierte Sicherheitsschaltungen stehen bei Moeller als Verarbeitungsalternative die Sicherheitsrelais ESR 4-.. im 22,5 mm breiten Gehäuse zur Verfügung. Gegenüber der Verschaltung von mehreren Hilfsschützen wird Platz gespart und die Verdrahtungs- und Prüfaufwand reduziert.

Berücksichtigung von Umgebungseinflüssen auf die Kontaktsicherheit

Schalt- und Schutzgeräte lassen sich nicht absolut dicht bauen, da bei den Schaltvorgängen ein gewisser, sicherlich auch von der Höhe von Strom und Spannung abhängiger Druckausgleich möglich sein muss. Auch für den Temperatureausgleich ist eine gewisse Zirkulation notwendig. Die meisten Schalt- und Schutzgeräte sind von der Frontseite her IP 20-Geräte, bei denen im Bereich der Anschlusstechnik aber wesentlich größere Öffnungen notwendig sind, um die notwendigen Leiter anschließen zu können. Konstruktionsseitig wird mit Labyrinthen gearbeitet, die den Schmutzeintritt behindern und die gleichzeitig die notwendigen Luft- und Kriechstrecken sicherstellen. IP 20 bedeutet aber, dass die allermeisten Geräte gekapselt, z.B. im Schaltschrank oder in Isolierstoffgehäusen eingebaut werden müssen. Das ist eigentlich auch unumstritten.

Trotzdem findet man bei der Analyse von Kontaktsicherheitsproblemen immer wieder zum Teil starken Schmutz in den Geräten. Häufig wird unterschätzt, wie viel Schmutz bei Inbetriebnahmen bei offenen Schaltschränktüren in den Innenraum kommt. Kritisch ist auch die Installationsphase, wenn in der Halle und im Zugang zu der Halle noch nicht der endgültige Bodenbelag liegt oder wenn rund um den offenen Schaltschrank noch heftig gebohrt wird. Manche Monteure meinen es besonders gut und blasen den Schaltschrank mit Druckluft aus. Leider blasen sie den Schmutz, es geht hier um kleinste Partikel, in die Schalt- und Schutzgeräte hinein. Fast alle Schaltgeräte enthalten im Inneren geringe Ölanteile, die den Feinstaub anziehen und binden. Das Gemisch härtet zu einer nicht leitfähigen Schicht aus und führt zu Kontaktproblemen. Größte Sauberkeit ist also bei der Installation und Inbetriebnahme nötig. Viele Schaltschränke werden heute fremd belüftet. Wo kommt die kühle Luft her? In Amerika erfolgt die Installation in Conduits, Installationsrohre, die direkt an den Schrank angeflanscht werden und die den Schmutz zum Teil durch Durchzug von weit her heranführen.

Sicherheitsrelais für Standard-Sicherheitsaufgaben

Im Bereich der Sicherheitstechnik an Maschinen und Anlagen gibt es Standardaufgaben, die man in der Vergangenheit immer durch die Verschaltung von mehreren Hilfsschützen und unter Umständen unter Verwendung von Zeitrelais gelöst hat. Für derartige Aufgaben bietet die Firma Moeller, als Verarbeitungsalternative, zusätzlich eine Reihe von Sicherheitsrelais mit der Bezeichnung *ESR 4-...* an (**Bild 7**). Diese 22,5 mm breiten Relais, mit BG-Zertifizierung und GS-Zeichen, benötigen weniger Platz im Schaltschrank und der Verdrahtungs- und Prüfaufwand ist für den Verarbeiter geringer.

Zusammenfassung:

Moeller stellt den neuen Hilfsschalterbaustein *DILA-XHIR11* mit einer erhöhten Kontaktsicherheit zur Verfügung. Der elektronikkompatible Baustein erhöht die Ausfallsicherheit von Anlagen, bei denen mit einem größeren Staubanfall zu rechnen ist und bei denen lediglich kleine Ströme in Verbindung mit einer niedrigen Spannung geschaltet werden. Die Bausteine zeichnen sich aus, durch eine gleichzeitig hohe Belastbarkeit, die einen sehr universellen Einsatz ermöglicht. Highlights sind die Bereitstellung von „Zwangsgeführten Kontakten“ und „Spiegelkontakten“ für den normenkonformen Einsatz in sicherheitsgerichteten Steuerungen. Die Kontakte mit galvanischer Trennung können mit gL-Sicherungen bis 10 A abgesichert werden, ohne dass sie im Kurzschlussfall verschweißen. Schließlich gibt der Aufsatz Anregungen für eine Projektierung und Inbetriebnahme unter Berücksichtigung von Kontaktsicherheitsfragen, um gemeinsam mit dem Schaltgeräte-Hersteller die Verfügbarkeit der Maschinen und Anlagen ganzheitlich zu erhöhen.

Literatur:

- [1] Wolfgang Esser, „Die neue Motorstarter-Generation xStart, auch wieder mit anwendungsorientierten Highlights!“, VER 2100-937 D, Moeller GmbH, Bonn, 2004
Download: http://www.moeller.net/binary/ver_techpapers/ver937de.pdf
- [2] DIN EN 60 204-1, 1998-11-00 „Sicherheit von Maschinen; Elektrische Ausrüstung von Maschinen, Teil 1: Allgemeine Anforderungen“
- [3] Wolfgang Esser, „Spiegelkontakte für hochverlässliche Informationen zu sicherheitsbezogenen Steuerfunktionen“, VER 2100-944 D Moeller GmbH, Bonn, 2004
Download: http://www.moeller.net/binary/ver_techpapers/ver944de.pdf
- [4] DIN EN 60 947-5-1 *VDE 0660-200, 2005-02-00 „Niederspannungsschaltgeräte – Teil 5-1: Steuergeräte und Schaltelemente - Elektromechanische Steuergeräte“
- [5] DIN EN 60 947-4-1 *VDE 0660-102, 2006-04-00 „Niederspannungsschaltgeräte - Teil 4-1: Schütze und Motorstarter – Elektromechanische Schütze und Motorstarter“
- [6] DIN EN 61 140 *VDE 0140 Teil 1, August 2003 „Schutz gegen elektrischen Schlag – Gemeinsame Anforderungen für Anlagen und Betriebsmittel“

DeutschlandInternet: www.moeller.net**Berlin**

Moeller Electric GmbH
 Moeller Haus Berlin
 Ullsteinstraße 87
 12109 Berlin
 Tel. (030) 70 19 02-0
 Fax (030) 70 19 02-39
 E-Mail: moeller-berlin@moeller.net

Düsseldorf

Moeller Electric GmbH
 Moeller Haus Düsseldorf
 Im Taubental 32
 41468 Neuss
 Tel. (021 31) 3 17-0
 Fax (021 31) 3 17-1 11
 E-Mail: moeller-duesseldorf@moeller.net

Frankfurt

Moeller Electric GmbH
 Moeller Haus Frankfurt
 Berner Straße 111
 60437 Frankfurt
 Tel. (069) 5 00 89-0
 Fax (069) 5 00 89-2 70
 E-Mail: moeller-frankfurt@moeller.net

Hamburg

Moeller Electric GmbH
 Moeller Haus Hamburg
 Georgswerder Bogen 3
 21109 Hamburg
 Tel. (040) 7 50 19-0
 Fax (040) 7 50 19-2 69
 E-Mail: moeller-hamburg@moeller.net

München

Moeller Electric GmbH
 Moeller Haus München
 Werner-von-Braun-Straße 5
 85640 Putzbrunn
 Tel. (089) 4 60 95-0
 Fax (089) 4 60 95-2 67
 E-Mail: moeller-muenchen@moeller.net

Stuttgart

Moeller Electric GmbH
 Moeller Haus Stuttgart
 Schelmenwasenstraße 32
 70567 Stuttgart
 Tel. (07 11) 6 87 89-0
 Fax (07 11) 6 87 89-99
 E-Mail: moeller-stuttgart@moeller.net

SchweizInternet: www.moeller.ch**Lausanne**

Moeller Electric SA
 Ch. du Vallon 26
 1030 Bussigny
 Tel. +41 21 637 65 65
 Fax +41 21 637 65 69
 E-Mail: lausanne@moeller.net

Zürich

Moeller Electric AG
 Im Langhag 14
 8307 Effretikon
 Tel. +41 52 354 14 14
 Fax +41 52 354 14 88
 E-Mail: effretikon@moeller.net

ÖsterreichInternet: www.moeller.at**Graz**

Moeller Gebäudeautomation GmbH
 Vertriebsbüro Graz
 Kapellenstraße 38
 8020 Graz
 Tel. (03 16) 27 14 50
 Fax (03 16) 27 14 50-19
 E-Mail: info.aut@moeller.net

Innsbruck

Moeller Gebäudeautomation GmbH
 Vertriebsbüro Innsbruck
 Bundesstraße 27
 6063 Rum/Innsbruck
 Tel. (05 12) 26 34 00
 Fax (05 12) 26 34 00-11
 E-Mail: info.aut@moeller.net

Klagenfurt

Moeller Gebäudeautomation GmbH
 Vertriebsbüro Klagenfurt
 Mageregger Straße 63
 9020 Klagenfurt
 Tel. (04 63) 4 58 14
 Fax (04 63) 4 51 43
 E-Mail: info.aut@moeller.net

Linz

Moeller Gebäudeautomation GmbH
 Vertriebsbüro Linz
 Peintnerstraße 6a
 4060 Linz/Leonding
 Tel. (07 32) 67 74 80-0
 Fax (07 32) 67 74 89
 E-Mail: info.aut@moeller.net

Salzburg

Moeller Gebäudeautomation GmbH
 Vertriebsbüro Salzburg
 Gewerbepark/
 Vogelweiderstraße 44a/4
 5020 Salzburg
 Tel. (06 62) 88 22 67-0
 Fax (06 62) 88 22 67-10
 E-Mail: info.aut@moeller.net

Wien

Moeller Gebäudeautomation GmbH
 Vertriebsbüro Wien
 Scheydgasse 42
 1215 Wien
 Tel. (01) 2 77 45-0
 Fax (01) 2 77 45-33 00
 E-Mail: info.aut@moeller.net

Moeller Field Service

Moeller GmbH
 Industrieautomation
 Field Service, HQ
 Hein-Moeller-Straße 7-11
 53115 Bonn
 Tel. +49 (0) 228 6 02-3640
 Fax +49 (0) 228 6 02-1789
 E-Mail: fieldservice@moeller.net
www.moeller.net/fieldservice

Moeller Adressen weltweit:
www.moeller.net/address

E-Mail: info@moeller.net
Internet: www.moeller.net
www.eaton.com

Herausgeber: Moeller GmbH
 Hein-Moeller-Str. 7-11
 D-53115 Bonn

© 2008 by Moeller GmbH
 Änderungen vorbehalten
 VER2100-956D ip 08/08
 Printed in Germany (08/08)
 Artikelnr.: 109335



Powering Business Worldwide

Die Eaton Corporation ist ein weltweit agierender Industriekonzern, mit den Geschäftsfeldern Electrical, Fluid Power, Truck und Automotive.

Mit seinem Geschäftsfeld Electrical ist Eaton global führend beim Verteilen, Steuern und Schalten elektrischer Energie und ein weltweiter Anbieter von Produkten und Dienstleistungen für die unterbrechungsfreie Stromversorgung und Industrieautomation. Zum Geschäftsfeld Eaton Electrical gehören die Marken Cutler-Hammer®, MGE Office Protection Systems™, Powerware®, Holec®, MEM®, Santak® und Moeller®.

Unter dem Begriff PowerChain Management® entwickelt und vertreibt der amerikanische Elektrotechnikspezialist kundenorientierte Lösungen für die Energieverteilung und Automation von Maschinen, Industrieanlagen, Zweck- und Wohnbau sowie für kommunale und private Infrastrukturprojekte.

Weitere Informationen finden Sie unter www.eaton.com.

MOELLER



An Eaton Brand