# Höhere Verlässlichkeit durch Spiegelkontakte

*W. Esser,* Bonn

**Häufig bestehen Unsicherheiten bezüglich der Eigenschaften von Schaltgliedern, des Zusammenwirkens von Haupt- und Hilfsschaltgliedern und der genormten Begriffe, wie „Zwangsgeführte Kontakte“ oder der relativ neuen „Spiegelkontakte“. „Zwangsgeführte Kontakte“ erfüllen die Erwartungen der Anwender in sicherheitsbezogenen Schaltungen nur teilweise. Eindeutigkeit bringt die Anwendung von Spiegelkontakten. Typische Kontakteigenschaften und die Definitionen werden vorgestellt.**

## 1 Arten von Schaltgliedern und ihre Aufgaben

In den letzten Jahren ist die Bedeutung von Sicherheitsschaltungen für den Personenschutz in ein breites Bewusstsein gerückt. Das Thema wird heute nicht nur von den deutschen Berufsgenossenschaften und beispielsweise von der SUVA in der Schweiz maßgeblich weiterentwickelt, sondern es wurde auch die Bedeutung der Sicherheitsschaltungen für den Schutz hochwertiger Investitionsgüter und für eine hohe Anlagenverfügbarkeit erkannt. Niederspannungs-Schalt- und Schutzgeräte für industrielle Anwendungen werden nach unterschiedlichen Teilen der IEC/EN 60 947 entwickelt, gebaut und geprüft (Tafel ❶). Je nach der Art der Schalt- und Schutzgeräte ergeben sich, speziell durch ihre Aufgabe und die Art ihrer Betätigung, unterschiedliche konstruktive Anforderungen. Diese unterschiedlichen Anforderungen ergeben sich, auf die Schaltglieder oder elektrischen Kontakte bezogen, sowohl durch anwendungsbezogene, als auch konstruktiv bedingte Ansprüche, die in der Tafel ❷ aufgelistet werden. Weitere Einflüsse ergeben sich z. B. durch die Art des Kontaktmaterials und des Mediums, in dem die Kontakte schalten (Luft, Schutzgas, Vakuum). Einige Hersteller wählen die Materialien neben ihrer technisch-physikalischen Eignung auch unter Gesichtspunkten des Umweltschutzes aus.

Die unterschiedlichen Anforderungen gelten in erster Linie für die Hauptschaltglieder, auch Hauptkontakte oder Hauptstrombahnen genannt. Die Hauptschaltglieder werden in Hauptstromkreisen eingesetzt. Sie haben die Aufgabe, die betriebsmäßige Last (Motor, Heizung, Beleuchtung u. a.) des Schalt- und Schutzgerätes ein- und auszuschalten. Sie müssen auch bei definierten, außergewöhnlichen Zuständen (Überlast, Kurzschluss) erhöhte Ströme mit einer eingeschränkten

**Autor**
Dipl.-Ing. *Wolfgang Esser* ist Mitarbeiter der Moeller GmbH, Bonn, Geschäftsbereich Motorstarter & Drives.

**Tafel ❶ Zuordnung der Schaltgerätearten zu den einzelnen Teilen der Normenreihe IEC/EN 60 947 und Anforderungen an Haupt- und Hilfsschaltglieder aus diesen, auf die Schaltgerätearten bezogenen Teilen der Normenreihe**

| | Inhalt | Anforderungen an Hauptschaltglieder | Anforderungen an Hilfsschaltglieder |
|---|---|---|---|
| Teil 1 | Allgemeine Festlegungen | Definition von „zwangsgeführten Kontakten“ als Beziehung zwischen Haupt- und Hilfsschaltgliedern. Die Definition ist nur auf die weiteren Teile anzuwenden, sofern in diesen Teilen auf die Definition aus Teil 1 Bezug genommen wird. | |
| Teil 2 | Leistungsschalter | keine Bezugnahme auf die zwangsgeführten Kontakte nach Teil 1 | keine Bezugnahme auf die zwangsgeführten Kontakte nach Teil 1 |
| Teil 3 | Lasttrennschalter, Trennschalter, Lasttrennschalter und Schalter-Sicherungs-Einheiten | keine Bezugnahme auf die zwangsgeführten Kontakte nach Teil 1 | keine Bezugnahme auf die zwangsgeführten Kontakte nach Teil 1 |
| Teil 4-1 | Elektromechanische Schütze und Motorstarter | keine Bezugnahme auf die zwangsgeführten Kontakte nach Teil 1 | keine Bezugnahme auf die zwangsgeführten Kontakte nach Teil 1,<br>Definition von „Spiegelkontakten“ in Anhang F |
| Teil 4-2 | Halbleiter-Motor-Steuergeräte und Starter für Wechselspannung | nicht relevant | nicht relevant |
| Teil 4-3 | Halbleiter-Steuergeräte und -Schütze für nichtmotorische Lasten für Wechselspannung | nicht relevant | nicht relevant |
| Teil 5-1 | Elektromechanische Steuergeräte und Schaltelemente | keine Bezugnahme auf die zwangsgeführten Kontakte nach Teil 1 | keine Bezugnahme auf die zwangsgeführten Kontakte nach Teil 1<br>Definition von „zwangsöffnenden Hilfsstromschaltern“ in Anhang K<br>Definition von „zwangsgeführten Kontakten“ in Anhang L |
| Teil 5-2 | Näherungsschalter | nicht relevant | nicht relevant |
| Teil 5-4 | Verfahren zur Abschätzung der Leistungsfähigkeit von Schwachstromkontakten | nicht relevant | nicht relevant |
| Teil 5-5 | Elektrisches Not-Aus-Gerät mit mechanischer Verrastung | nicht relevant | nicht relevant |
| Teil 5-3<br>Teil 5-6<br>Teil 5-7 | Anforderungen an Näherungssensoren | nicht relevant | nicht relevant |
| Teil 6-1 | Mehrfunktions-Schaltgeräte; automatische Netzumschalter | keine Bezugnahme auf die zwangsgeführten Kontakte nach Teil 1 | keine Bezugnahme auf die zwangsgeführten Kontakte nach Teil 1 |
| Teil 6-2 | Mehrfunktions-Schaltgeräte; Steuer- und Schutz-Schaltgeräte (CPS) | keine Bezugnahme auf die zwangsgeführten Kontakte nach Teil 1 | keine Bezugnahme auf die zwangsgeführten Kontakte nach Teil 1 |
| Teil 7-1<br>Teil 7-2<br>Teil 7-3 | Hilfseinrichtungen | nicht relevant | nicht relevant |
| Teil 8 | Auslösegeräte für den eingebauten thermischen Schutz (PTC) | nicht relevant | nicht relevant |

**Tafel ❷ Unterschiedliche Anforderungen an Schaltglieder**

| | | überwiegende Anwendungsabhängigkeit | Konstruktionsabhängigkeit |
|---|---|---|---|
| 1 | Höhe von Bemessungsstrom und -spannung | Auswahlkriterium | hat Einfluss auf die Konstruktion |
| 2 | Spannungsart und gegebenenfalls Frequenz | Auswahlkriterium | hat Einfluss auf die Konstruktion |
| 3 | Gebrauchskategorie der zu schaltenden Last | Auswahlkriterium | hat Einfluss auf die Konstruktion |
| 4 | erwartete mechanische und elektrische Lebensdauer | Auswahlkriterium | hat Einfluss auf die Konstruktion |
| 5 | Höhe möglicher Überlast- und Kurzschluss-ströme | Auswahlkriterium | hat Einfluss auf die Konstruktion |
| 6 | Verhalten im Störungsfall (Zuordnungsart) | Auswahlkriterium | hat Einfluss auf die Konstruktion |
| 7 | die Häufigkeit der Betätigung | Auswahlkriterium | hat Einfluss auf die Konstruktion |
| 8 | Wiederholbarkeit der Betätigung *) | Auswahlkriterium, beim Schaltungsaufbau berücksichtigen | |
| 9 | geometrische Dimensionierung der Kontakte | | abhängig von 1 - 8 und vom Konstruktionsprinzip |
| 10 | die Anzahl der Kontaktpunkte (Unterbrechungsstellen) | | abhängig von 1 - 8 und vom Konstruktionsprinzip |
| 11 | notwendige Kontakthublängen | | abhängig vom Konstruktionsprinzip |
| 12 | Höhe der notwendigen Kontaktdruckkräfte | | abhängig von 1 - 8 und vom Konstruktionsprinzip |

*) Bei maschinenbetätigten Positionsschaltern lässt sich eine Betätigung nach einem Kontaktfehler nicht ohne weiteres wiederholen, bei Befehlsgeräten betätigt man das Betätigungselement einfach noch einmal.

**Tafel ❸ Überwiegende Anforderungen an die Hauptkontakte unterschiedlicher Schalt- und Schutzgeräte**

| Geräteart | Typische Stromstärken | Typische Kontaktkräfte | Anforderungen an Schalthäufigkeit und Lebensdauer | Anforderungen an Kurzschlussschaltvermögen |
|---|---|---|---|---|
| Hilfsschütze (nur Hilfskontakte) | wenige mA bis 16 A | sehr gering | hoch bis sehr hoch | kein Kurzschlussschaltvermögen |
| Leistungsschütze | wenige A bis 2000 A | gering bis hoch | hoch bis sehr hoch | kein Kurzschlussschaltvermögen |
| Motorschutzschalter | 0,01 bis 63 A | gering bis mittel | gering bis mittel | hoch bis sehr hoch |
| Leistungsschalter | 20 bis 6300 A | hoch bis sehr hoch | sehr gering bis mittel | hoch bis sehr hoch |
| Lasttrennschalter | 20 bis 6300 A | hoch bis sehr hoch | sehr gering bis mittel | kein Kurzschlussschaltvermögen |
| Befehls- und Meldegeräte (nur Hilfskontakte) | wenige mA bis 16 A | sehr gering | hoch bis sehr hoch | kein Kurzschlussschaltvermögen |

Häufigkeit schalten können. Zur richtigen Dimensionierung der Hauptkontakte und zur anwendungsgerechten Auswahl der Schaltgerätebaugrößen sind verschiedene, typische Gebrauchskategorien in den Normen definiert (z. B. IEC/EN 60947-4-1 [4]: AC-1, AC-3, DC-5 u. a.). Die Gebrauchskategorien berücksichtigen insbesondere die typischen Einschaltspitzenströme unterschiedlicher Betriebsmittel, wie z. B. die extrem hohen, nadelförmigen Einschaltspitzen bei Kondensatoren in Gruppenkompensationsanlagen, die zu erhöhtem Kontaktverschleiß oder zum Verschweißen der Kontakte führen können [5].

Tafel ❸ zeigt beispielhaft die spezifischen Anforderungen bei unterschiedlichen Schaltgerätearten. So sind die leichteren Hauptkontakte von Leistungsschützen für ein häufiges Schalten und eine lange Lebensdauer optimiert, während die Hauptkontakte von nullpunktlöschenden Leistungsschaltern, die wesentlich seltener geschaltet werden, für hohe Kontaktkräfte optimiert, um ungewollte, dynamische Kontaktabhebungen bei Kurzschlussströmen zu verhindern. Bei diesen Kontakten ist ein hoher $I_{cw}$-Wert ein wichtiges Auswahlkriterium. Bei strombegrenzenden Leistungsschaltern ist wiederum eine höhere Dynamik der Hauptkontakte erforderlich.

Auch für die Hilfsschaltglieder oder Hilfskontakte (Hilfsschalter), die in Hilfs- oder Steuerstromkreisen den Schaltzustand der Schaltgeräte(hauptkontakte) nachbilden sollen, sind in den Normen Gebrauchskategorien definiert (z. B. IEC/EN 60947-5-1: AC-15, DC-13 u. w. [6]). Auch hier werden hauptsächlich betriebsmäßige (normale) Ströme geschaltet und gelegentlich außergewöhnliche Ströme. Die außergewöhnlichen Ströme können Überlast- oder Kurzschlussströme sein. Bei Hilfsschaltgliedern ist das Verhältnis zwischen der Höhe der normalen Ströme für das betriebsmäßige Schalten und der Höhe der noch beherrschbaren außergewöhnlichen Ströme ähnlich, konstruktionsbedingt sind die Absolutwerte aber wesentlich geringer als bei den Hauptkontakten. Während Hilfskontakte früher unlösbar mit den Basisgeräten verbunden waren, verwendet man heute überwiegend Hilfsschalterbausteine, die optional an die Basisgeräte angebaut werden. Sie sind austauschbar und es können unterschiedliche Bestückungsvarianten (m Öffner, n Schließer) angeboten werden. Die Art des Schaltgerätes hat, wie in Tafel ❹ grob angedeutet, auch verschiedene Auswirkungen auf die Funktion und Dimensionierung der Hilfskontakte. Hilfsschaltglieder sind wesentlich leichter und empfindlicher gegen Verunreinigungen, die – besonders bei niedrigen Spannungen und kleinen Strömen – zu Kontaktsicherheitsproblemen führen können. Die Fehlschaltungssicherheit im Steuerstromkreis lässt sich beispielsweise durch die Parallelschaltung mehrerer Kontakte deutlich erhöhen. Außerdem sollten in Steuerstromkreisen nicht zu viele Kontakte in Reihe liegen. Eine Steuerspannung von etwa AC 230 V bietet die beste Basis für eine ausgezeichnete Kontaktsicherheit [7].

Optimale Fertigungsverfahren sichern heute eine „verschmutzungsfreie“ Produktion der Kontakte und Schalträume. Optimierte Werkstoffpaarungen der beweglichen Teile minimieren den Abrieb über die Lebensdauer und die Kapselung schützt weitgehend gegen äußere, schädigende Einflüsse. Berücksichtigt man zusätzlich die Minimierung der Schaltgeräte-Geometrien, Leistungsaufnahmen und der Verlustwärme, so haben die elektromechanischen Schaltgeräte in den beiden letzten Jahrzehnten eine äußerst positive Entwicklung genommen. Die Wirtschaftlichkeit und die

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

| **Konstruktionsmerkmale und Einflüsse, die beherrscht werden müssen** | **Anforderunge an Hilfsschaltglieder bei der Produktgruppe** | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Hilfsschütze** *DIL A* | **Zeitrelais** *ETR 4, DIL ET* | **Leistungsschütze** *DIL M* | **Motorschutzrelais** *ZB* | **Motorschutzschalter** *PKZ* | **Leistungsschalter** *NZM* | **Befehls- und Meldegeräte** *RMQ 16/22* | **Positionsschalter** *AT* |
| Betätigungsart | elektromagnetisch | elektromagnetisch | elektromagnetisch | thermodynamisch | Kraftspeicher | Kraftspeicher | handbetätigt | maschinenbetätigt |
| mechanische/ elektrische Lebensdauer | sehr hoch | sehr hoch | sehr hoch | gering | hoch | mittel | mittel | sehr hoch |
| Schalthäufigkeit | normal bis mittel | normal bis hoch | gering bis normal | sehr gering | gering bis normal | gering | normal bis hoch | gering bis sehr hoch |
| Kontaktkraft | mittel | gering | mittel bis hoch | sehr gering | gering bis normal | mittel bis hoch | gering | mittel |
| Kontakte je Baueinheit | 4, 6, 8 | 2 Wechsler | 1...8 | 2 | 1...6 | 2, 4, 6 | 1...6 | 1, 2, 3 |
| Einflüsse durch das Basisgerät | sind Teil des Basisgeräts | sind Teil des Basisgeräts | Schock | Schock vom Schütz | Schock | Schock | Wärme der Leuchtmelder | sind Teil des Basisgeräts |
| Überwiegende Beanspruchung durch das Basisgerät | normal | normal | normal | normal | normal bis hoch | normal | normal bis hoch | normal bis sehr hoch |
| bevorzugter Einsatzort | Schaltschrank | Schaltschrank | Schaltschrank | Schaltschrank | Schaltschrank Kleingehäuse | Schaltschrank | Kleingehäuse, an Maschine | an Maschine |

Zuverlässigkeit wurden wesentlich gesteigert. 1987 schrieb der damalige Abteilungsleiter für Steuerungstechnik bei der Fa. Moeller: „Der übergeordnete Einsatz von Hilfsschützen ist praktisch unverzichtbar bei sicherheitsgerichteten Funktionen. Ein Beispiel dafür ist die Not-Aus-Funktion bei Maschinen und Anlagen in der Automatisierung“ [7]. Diese Aussage blieb noch über 15 Jahre richtig. Ganz unverzichtbar sind mechanische Kontakte nach der heutigen Normenlage nicht mehr, aber sie stellen in weiten Einsatzbereichen auch heute den Stand der Technik dar und sie werden auf absehbare Zeit eine sehr starke und vor allem sehr ökonomische Position behalten.

Hilfsschaltglieder moderner Niederspannungs-Schaltgeräte sind sehr komplex. Aufgrund ihrer Leistungsbreite verdienen sie durchaus die Bezeichnung Universalkontakte. Ursprünglich für konventionelle Schützsteuerungen mit hohem Strom- und Spannungsniveau entwickelt, wurden sie Anfang der 80er Jahre konstruktiv wesentlich verbessert. Sie sind nun gleichwertig auch für kleine Ströme und Spannungen geeignet. Eine naheliegende Aufteilung in Spezialkontakte für kleine bzw. für relativ große Leistungen ist aus logistischen Gründen zur Vermeidung mehrerer Produktreihen nicht wünschenswert. Auch anwendungstechnisch wäre eine derartige Aufteilung nicht sinnvoll, da z. B. bei einem Motorschutzrelais der Öffnerkontakt üblicherweise die Steuerspannung mit dem hohen Niveau der Schützansteuerung schaltet, während der Schließerkontakt das kleine Strom-/Spannungsniveau für eine Störmeldung an eine Elektroniksteuerung weitergibt. Die Notwendigkeit des Schaltens unterschiedlicher Potentiale hat daher auch weitgehend die Wechsler-Kontakte verdrängt.

Typische, gut beherrschbare Wertepaare liegen beispielsweise bei 230 V / 6 A und 17 V / 5 mA (Bemessungswert 24 V). Einer neuen Tendenz folgend erzielt die Fa. Moeller auch eine gute Fehlschaltungssicherheit bei 17 V und Strömen von nur 1 mA. Da moderne Schaltgeräte Weltmarktgeräte sind, beherrschen sie auch die nordamerikanischen Kennwerte „Heavy Duty“ oder die filigraneren Kontakte der Zeit- und Motorschutzrelais mindestens „Standard Duty“ nach UL 508 [8] und CSA-C 22.2 No. 14 [9]. Bei einigen Geräten ist für den Einsatz in Nordamerika der Hinweis z. B. „600 V, same polarity“ zu beachten, der bedeutet, dass nebeneinander liegende Hilfskontakte des gleichen Hilfsschalters oder Hilfsschalterbausteins an die gleiche Steuerspannungsquelle angeschlossen werden müssen, um ein gleiches elektrisches Potential zu besitzen.

Sofern es von den physikalischen und geometrischen Anforderungen an die Hilfskontakte her machbar ist, verwendet die Fa. Moeller gleiche Hilfsschalterbausteine bei mehreren Produktgruppen und/oder Gerätebaugrößen.

## 2 Anforderungen an Hilfsschaltglieder

Dieser Beitrag hat nicht das Ziel, die konstruktiv richtige Dimensionierung von Schaltgliedern zu beschreiben, sondern soll die anwendungsspezifisch zu beachtenden Anforderungen erläutern und die Aussagefähigkeit einer Hilfskontakt-Schaltstellung für die sicherheitsgerichtete Verschaltung darstellen.

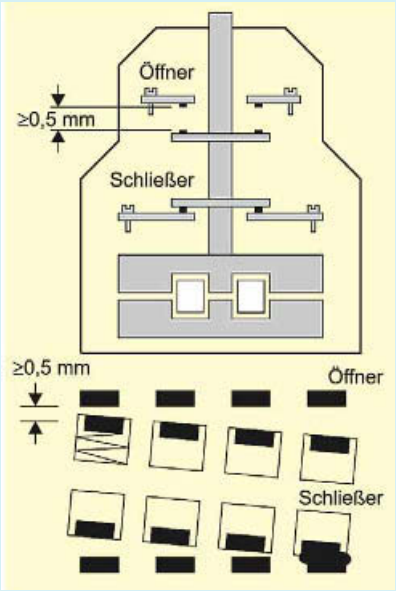
Aufgabe der Hilfskontakte kann beispielsweise die Ansteuerung eines Leuchtmelders für die Signalisierung eines Schaltzustandes oder Betriebszustandes sein. Die Kontakte können aber auch weitere Schaltfunktionen initiieren oder als Verriegelungskontakte weitere Schaltfunktionen ausschließen. Ferner ist die sichere Eignung der Hilfskontakte für die Auslösung oder Verhinderung weiterer Schaltungen von besonderem Interesse. Bei sicherheitsbezogenen Schaltungen zur Unfallverhütung und zum Schutz von Wirtschaftsgütern muss man sich auf die Schaltstellung der Hilfskontakte und ihre Relation zu den Hauptkontakten verlassen können. Man muss sicher abschätzen können, ob die Last (das Betriebsmittel) ein- oder ausgeschaltet ist. Bei besonderer Sicherheitsrelevanz müssen unter Umständen redundante Steuerstromkreise aufgebaut werden oder das Betriebsmittel wird mit zusätzlichen, direkt am Betriebsmittel selbst wirkenden Schutzsystemen überwacht (z. B. Stillstandswächter, Drehzahlwächter o.a.). Zusätzlich zur Redundanz kann eine Diversität erforderlich sein [1]. Für bestimmte Standard-Überwachungsschaltungen, wie

- Not-Aus-Überwachung,
- Schutztürüberwachung,
- Schaltmattenüberwachung,
- Zweihandsteuerung,

gibt es spezielle, fertig verschaltete Sicherheitsrelais. In den meisten Anwendungen verlässt man sich aber einfach auf die Zuverlässigkeit der normalen Hilfskontakte.

Wer sich nicht sehr tief mit den verschiedenen Schaltgerätearten und ihren typischen Eigenarten auseinander gesetzt hat, geht zunächst davon aus, dass Hilfsschaltglieder grundsätzlich immer zeitgleich die gleiche Schaltstellung einnehmen wie die zugehörigen Hauptschaltglieder. Dieser naheliegende 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 Hilfsschaltglieder unterschiedlich lang sein, sodass sich Vorlaufwege und Nachlaufwege ergeben, die auch zu unterschiedlichen Schaltzeitpunkten führen. Bei Frühschließern, Spätöffnern oder überlappenden Kontakten werden die unterschiedlichen Schaltzeitpunkte bewusst herbeigeführt und schaltungstechnisch genutzt. Überlappende Kontakte benötigt man beispielsweise für unterbrechungsfreie Umschaltungen.

**Normenkonforme „Zwangsgeführte Kontakte“ erfüllen die Erwartungen der Schaltgeräteanwender nur teilweise.**




**❶ Kontaktbrücke eines Schützes**
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, dass Öffner und Schließer eines Schützes niemals gleichzeitig geschlossen sein können.

Der Begriff der „zwangsgeführten Kontakte“ hat eigentlich nie die Erwartungen der Schaltgeräte-Anwender erfüllt. Der Anwender erwartet von den Hilfsschaltgliedern letztlich eine sichere Aussage über den Status eines geschalteten Betriebsmittels. Er möchte die zwangsgeführten Kontaktelemente z. B. für die sicherheitsgerichtete Selbstüberwachung in Maschinensteuerkreisen einsetzen. Die meisten Definitionen der „zwangsgeführten Kontakte“ bezogen bzw. beziehen sich aber ausschließlich auf Hilfsschaltglieder und hier nur auf den dauerhaft unterschiedlichen Schaltzustand von Öffnern und Schließern. Weitere Einschränkungen des Begriffes werden später noch erläutert.
Im Zusammenhang mit der Unfallverhütung an kraftbetriebenen Pressen in der Metallbearbeitung wurde für Pressen-Sicherheits-Steuerungen als eine der ersten sicherheitsgerichteten Lösungen in der elektrischen Steuerungstechnik der Begriff der „Zwangsgeführten Kontakte“ definiert. Dieser Begriff wurde zuerst in der berufsgenossenschaftlichen Regel ZH 1/457 beschrieben.
Er bezog sich zunächst nur auf Hilfsschütze und Hilfskontakte. Die Zwangsführung der Hilfskontakte hat über die gesamte Lebensdauer hinweg sicherzustellen, dass niemals Öffner- und Schließerkontakte eines Gerätes gleichzeitig geschlossen sein können, sondern es muss auch im gestörten Zustand (ein Kontakt verschweißt) ein definierter Kontaktabstand von mindestens 0,5 mm (am Öffner) gewährleistet sein. Hierbei ist, entsprechend Bild ❶, zu berücksichtigen, dass sich die Kontaktbrücke eines Schützes etwas schief stellen kann, wenn ein außen angeordneter Kontakt verschweißt. Deshalb wird auch empfohlen, bei leistungsstarken Schützen, die eine größere Brückenbreite aufweisen und die üblicherweise Seitenanbau-Hilfsschalter besitzen, in Überwachungsschaltungen jeweils einen Schließer (bzw. Öffner) vom rechten und vom linken Seitenanbau-Hilfsschalter in Reihe zu schalten. Bei einer kritischen Schiefstellung verfügen die beiden Kontakte nicht über die gleiche Schaltstellung und diese Ungleichheit lässt sich schaltungstechnisch verarbeiten.
Da bei Leistungsschützen für kleine Schaltleistungen (< 4 kW) kein wesentlicher Unterschied zwischen den Hauptschaltgliedern und den Hilfsschaltgliedern besteht, kamen die Schaltgerätehersteller dem Kundenwunsch entgegen und sprachen, über die offizielle Definitionen hinausgehend, bald auch bei kleinen Leistungsschützen von „zwangsgeführten Kontakten“. Dadurch wurde die Vermutung der Schaltgeräte-Anwender bestärkt, dass der Schaltzustand von Hauptkontakten und Hilfskontakten bei allen Schaltgerätebaugrößen immer gleich ist.

**Wenig hilfreich, um die Verwirrung aufzulösen, ist die Definition der zwangsgeführten Kontakte in der IEC/EN 60947 Teil 1 [10]. In diesem übergeordneten Teil zur Normenreihe 60947 heißt es, dass „die Zwangsführung eine Schaltbewegung ist, bei der ... sichergestellt ist, dass sich die Hilfskontakte eines mechanischen Schaltgerätes stets in der jeweiligen Schaltstellung befinden, die der offenen oder der geschlossenen Stellung der Hauptkontakte entspricht.“ Sie widerspricht den Anforderungen der übrigen Teile dieser Normenreihe.**

Verbindlich für den Bau und die Prüfung der Schalt- und Schutzgeräte sind aber die nachgeordneten, für die einzelnen Schaltgerätearten spezifischen Teile der Normenreihe. In diesen Teilen wird aber nicht auf die Definition aus Teil 1 verwiesen, sondern es wird für die Gestaltung der Hilfsschaltglieder bei allen Schaltgerätearten auf den Anhang L der IEC/EN 60 947-5-1 verwiesen.
In der Beschreibung des Anwendungsbereichs dieses Anhangs erscheint die oben angekündigte Einschränkung, dass der Anhang nur für zwangsgeführte Hilfsschalterelemente gilt, bei denen, wie z. B. bei Hilfsschützen, die Betätigungskräfte im Schaltgerät intern erzeugt werden. Nur in diesem Fall kann der Hersteller die Höhe der auftretenden Kräfte sicher beurteilen. Konkret heißt es, dass Schaltgeräte mit externer Betätigung, wie z. B. Drucktaster oder Endschalter, aufgrund der nicht begrenzten Betätigungskräfte niemals zwangsgeführte Kontakte besitzen können. Für derarti-

**Tafel ❺ Abhängigkeiten zwischen den Schaltstellungen der Haupt- und Hilfsschaltglieder**
Eine wirklich verlässliche Aussage wird nur in dem kräftig grünen Feld gemacht. Die hellgrünen Felder machen wahrscheinliche Aussagen.

| **Hauptschaltglieder** (üblicherweise Schließer) | **Hilfsschaltglieder** als **Spiegelkontakte,** nach IEC/EN 60947-4-1, Anhang F | **Hilfsschaltglieder** als **zwangsgeführte Kontakte,** nach IEC/EN 60947-5-1, Anhang L |
|---|---|---|
| | Aussage aufgrund der Beziehung: Spiegelkontakt zu Hauptkontakt | Aussage aufgrund der Beziehung: zwangsgeführter Schließer zu Spiegelkontakt(öffner) |
| • wenn irgendein Hauptkontakt geschlossen ist | • **müssen** alle Hilfsöffner offen sein. | • nur wenn alle Hilfsöffner offen sind, **dürfen** die Hilfsschließer geschlossen sein.<br>• es ist also nur wahrscheinlich, dass die Hilfsschließer ebenfalls geschlossen sind, wenn die Hauptstromschließer geschlossen sind. |
| • wenn alle Hauptschließer offen sind | • **dürfen** alle Hilfsöffner geschlossen sein | • wenn ein Hilfsöffner geschlossen ist, **müssen** alle Hilfsschließer offen sein.<br>• es ist also nur wahrscheinlich, dass die Hilfsschließer ebenfalls offen sind, wenn die Hauptstromschließer offen sind. |

ge Geräte wird auf die „Zwangsöffnung“ nach IEC/EN 60947-5-1, Anhang K, verwiesen, die in Ausnahmefällen verschweißte Kontakte aufbrechen soll (siehe unten).
Der Anhang L kehrt zu der ursprünglichen Definition der ZH 1/457 zurück, wonach bei zwangsgeführten Hilfsschaltgliedern konstruktiv sichergestellt werden muss , dass m Öffner und n Schließer nicht gleichzeitig geschlossen sein können. Diese Anforderung gilt für beide Betätigungsrichtungen und im gestörten Zustand

- solange einer der n Schließer geschlossen ist, darf keiner der m Öffner geschlossen sein,
- solange einer der m Öffner geschlossen bleibt, darf keiner der n Schließer geschlossen sein.

Der in der ZH 1/457 vorgesehene Mindestkontaktabstand wird nun, nach Anhang L, vom Hersteller durch eine Stoßspannungsprüfung nachgewiesen, die einem Mindestabstand von 0,5 mm entspricht. Es wird keine Aussage gemacht, dass die Schaltstellungen bei den Haupt- und Hilfskontakten gleich sein müssen. Zwangsgeführte Hilfskontakte müssen im Schaltplan und können auf dem Gerät mit Bildzeichen nach Anhang L gekennzeichnet werden.

## 3 Eindeutigkeit durch die neu definierten Spiegelkontakte

Mirror- oder Spiegelkontakte werden nach Beschreibung der IEC/EN 60947-4-1 [4], Anhang F, gebaut und geprüft. Per Definition muss ein Mirror- oder Spiegelkontakt immer ein Hilfs-Öffnerkontakt sein. Ein Schütz darf gleichzeitig mehrere Spiegelkontakte besitzen. Ein Schaltgerät ohne Hilfsöffner kann nach dieser Definition niemals Spiegelkontakte besitzen. Die Kontakte, die gespiegelt werden, sind die Hauptstrom-Schließerkontakte. Daraus ergibt sich, dass ein Hilfsschütz niemals Spiegelkontakte besitzen kann, weil es keine Hauptkontakte besitzt.
Zur Zeit sind Spiegelkontakte ausschließlich bei Schützen bekannt. Während irgendein Hauptkontakt eines Schützes geschlossen ist, darf kein Spiegelkontakt (Hilfsöffner) geschlossen sein. Diese Definition gilt auch, wenn das Schütz nicht mehr mit der Betätigungsspannung versorgt wird. Ein ausreichender Kontaktabstand am Spiegelkontakt wird vom Hersteller, während einer simulierten Verschweißung eines Hauptstromschließers, durch eine Stoßspannungsprüfung nachgewiesen, die einem Mindestabstand von 0,5 mm entspricht. Diese Prüfung muss auch noch am Ende der Betriebsverhaltensprüfung bestanden werden.
Eine typische Anwendung für Spiegelkontakte ist es, in Steuerstromkreisen von Maschinen eine hochverlässliche Überwachung für den Schaltzustand eines Schützes zu haben. Die Norm betont auf der anderen Seite aber auch, dass man sich nicht auf Spiegelkontakte als ausschließliche Sicherheitseinrichtung verlassen soll und sie empfiehlt eine Eigenüberwachung des Spiegelkontakt(strom)kreises.
Die Definition der Spiegelkontakte kann – wegen konstruktiver Bedingungen – nur zur Klärung des Verhältnisses zwischen Hauptstrom-Schließer und Hilfsstromöffner beitragen. Diese konstruktiven Bedingungen liegen einmal in den Tatsachen begründet, dass fast immer die Hauptkontakte und die Hilfskontakte eigene Kontaktbrücken besitzen und dass die Kräfte an den Haupt- und Hilfskontakten sehr unterschiedlich hoch sind. Man kann einfach nicht verlangen, dass ein verschweißter Hilfskontakt die Hauptkontakte eines entregten Schützes für größere Schaltleistungen sicher, mit ihren vollen Kontaktkräften, in der eingeschalteten Stellung halten kann.

## 4 Genauere Informationen durch zwangsgeführte Spiegel

Der Anhang F der IEC/EN 60947-4-1 [4] lässt es zu, dass Spiegelkontakte zusätzlich die Anforderungen an zwangsgeführte Kontakte, nach Anhang L der IEC/EN 60947-5-1 erfüllen. Den Begriff aus der Überschrift „zwangsgeführte Spiegelkontakte“ findet man in den Normen nicht. Er ist eine logische Kombination des Autors aus den Sachverhalten der Anhänge F und L. Nach Tafel ❺ ergibt sich eine eindeutige und mehrere wahrscheinliche Abhängigkeiten zwischen den Schaltstellungen der Haupt- und Hilfsschaltglieder.

**Hinweis:** Kontakte mit Zwangsöffnung oder mit zwangsläufiger Betätigung werden häufig mit zwangsgeführten Kontakten verwechselt. Da der Begriff der Spiegelkontakte noch recht neu ist, bestehen bei den Anwendern noch Unsicherheiten.

**Literatur**


[1] IEC/EN 60204-1 „Sicherheit von Maschinen, Elektrische Ausrüstung von Maschinen, Teil 1: Allgemeine Anforderungen“, nicht autorisierte Rohübersetzung von IEC 60 204-1: 2002/44/367/CD (Stand 6/2002)
[2] DIN/IEC 62061 Klassifikation VDE 0113 Teil 50, „Sicherheit von Maschinen, Funktionale Sicherheit von elektrischen, elektronischen und programmierbaren Steuerungen von Maschinen“, Entwurf Juni 2003
[3] DIN EN ISO 13849-1 (in Vorbereitung) „Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen – Teil 1: Allgemeine Gestaltungsleitsätze“. Vorgesehen als Ersatz für DIN EN 954-1.
[4] IEC/EN 60947-4-1 und DIN VDE 0660 Teil 102 „Niederspannungsschaltgeräte Teil 4-1: Elektromechanische Schütze und Motorstarter“
[5] *Meyer, D.*: Schaltgeräte für Blindstromkompensationsanlagen, VER2100-934, Moeller GmbH, 2003
[6] DIN EN 60947-5-1 (VDE 0660 Teil 200):2000-08 „Niederspannungsschaltgeräte Teil 5-1: Steuergeräte und Schaltelemente – Elektromechanische Steuergeräte“ (IEC 60947-5-1:1997 + A1:1999 + A2:1999), Deutsche Fassung EN 60947-5-1:1997 + A12:1999 + A1:1999 + A2:2000
DIN IEC 60947-5-1/A3 „Niederspannungsschaltgeräte Teil 5-1: Steuergeräte und Schaltelemente – Elektromechanische Steuergeräte – Änderung 3 zu IEC 60947-5-1 (1997-10) (IEC 17B/1176/ CD:2001)
[7] *Esser, W.*: Aspekte der funktionssicheren Projektierung kontaktbehafteter Steuerstromkreise. VER 08+43-787. Moeller GmbH, Bonn, 1993
[8] UL 508, „Industrial Control Equipment“
[9] CSA-C 22.2 No. 14, „Industrial Control Equipment, Industrial Products“
[10] IEC/EN 60947-1, „Niederspannungs-Schaltgeräte Teil 1: Allgemeine Festlegungen“
[11] IEC/EN 60947-3 und VDE 0660 Teil 107 „Niederspannungsschaltgeräte Teil 3: „Lastschalter, Trennschalter, Lasttrennschalter und Schalter-Sicherungs-Einheiten“
[12] IEC/EN 60947-2 und DIN VDE 0660 Teil 101 „Niederspannungsschaltgeräte Teil 2: Leistungsschalter“