

Überwachung von Schutztüren an Maschinen

Hilfestellung durch die neue DIN EN ISO 14119

Ralf Apfeld, Sankt Augustin

Der Gefahrenbereich von Maschinen wird häufig mit Schutzzäunen gesichert, der Zugang erfolgt durch Schutztüren. Das Öffnen einer Tür muss zu einem sicheren Zustand der Maschine führen, um die eingetretene Person zu schützen. Die Stellung der Schutztür wird daher durch Positionsschalter überwacht und ggf. wird das Stillsetzen von gefahrbringenden Bewegungen eingeleitet. Für alle Maschinen mit Schutztüren war bislang die Norm DIN EN 1088 „Sicherheit von Maschinen – Verriegelungseinrichtungen in Verbindung mit trennenden Schutzeinrichtungen“ [1] anzuwenden, die Anforderungen an die Gestaltung des Systems aus Schutztür und Positionsschalter stellt. Als Nachfolgerin ist Anfang 2014 die DIN EN ISO 14119 [2] veröffentlicht worden. Im Folgenden werden die wesentlichen Neuerungen vorgestellt.

Beide Normen richten sich an den Hersteller von Maschinen und teilweise auch an die Hersteller von Positionsschaltern zur Überwachung von Schutztürstellungen. Obwohl eigentlich nur die Anwendung dieser Sicherheitsbauteile behandelt wird, war es dennoch notwendig, für Zuhaltungen und Schlüsseltransfersysteme Anforderungen aufzunehmen, da hierfür keine Produktnormen verfügbar sind.

Die Verriegelung von Schutztürstellung und gefahrbringenden Bewegungen

an Maschinen erfolgt immer in Form von Sicherheitsfunktionen. Insofern wird an mehreren Stellen ein Bezug zur DIN EN ISO 13849-1 [3] bzw. DIN EN 62061 [4] hergestellt. Ein wesentliches Thema der DIN EN ISO 14119 ist die Manipulation von Schutzeinrichtungen. Im Report „Manipulation von Schutzeinrichtungen an Maschinen“ [5] wurde 2006 festgestellt, dass ein gutes Drittel der Schutzeinrichtungen an (metallverarbeitenden) Maschinen manipuliert wird. In der Studie wurden mehrere Handlungsfelder

genannt, in denen Maßnahmen zur Reduzierung der Manipulation erforderlich sind. Eines dieser Handlungsfelder ist die Normung. Folgerichtig wurden die Erkenntnisse aus der Manipulationsstudie verwendet, um Maßnahmen gegen die Manipulation von Schutzeinrichtungen zu definieren. Da gerade der Positionsschalter der Bauart 2 eine Hauptrolle bei der Manipulation spielt, kann diese Norm einen großen Beitrag zur Reduzierung der Manipulation übernehmen.

Tabelle 1 Inhalte der DIN EN ISO 14119.

Kapitel	Inhalt
1	Anwendungsbereich
2	Normative Verweisungen
3	Begriffe
4	Arbeitsprinzipien und typische Arten von Verriegelungseinrichtungen in Verbindung mit trennenden Schutzeinrichtungen
5	Anforderungen für die Gestaltung und die Installation von Verriegelungseinrichtungen mit und ohne Zuhaltung
6	Auswahl einer Verriegelungseinrichtung
7	Konstruktion zum Verringern von Umgehungsmöglichkeiten von Verriegelungseinrichtungen
8	Anforderungen an die Steuerung
9	Benutzerinformationen
Anhang A-D	Beispiele für Bauart-1/2/3/4-Verriegelungseinrichtungen
Anhang E	Beispiele sonstiger Verriegelungseinrichtungen
Anhang F	Beispiele für Zuhaltungseinrichtungen
Anhang G	Anwendungsbeispiele für Verriegelungseinrichtungen, die in einer Sicherheitsfunktion verwendet werden
Anhang H	Anreiz zum Umgehen einer Verriegelungseinrichtung
Anhang I	Beispiele für höchste statische Einwirkungskräfte





Bauarten	unkodiert	kodiert
mechanisch	 Bauart 1	 Bauart 2
berührungslos	 Bauart 3	 Bauart 4

Tabelle 2 Bauarten von Positionsschaltern.

Bilder: K. A. Schmersal Holding GmbH & Co. KG, ifm electronic gmbh

grammierten“ Betätiger. Es reicht z. B. eine Kurvenscheibe oder ein linearer Nocken für den mechanischen Bauart-1-Schalter bzw. ein geeignetes Metallstück für den Bauart-3-Schalter. Bauart-2-Schalter benötigen für die Betätigung einen speziell geformten Betätiger (Zunge) und für den berührungslosen Positionsschalter der Bauart 4 sind speziell kodierte Magnete bzw. RFID-Transponder erforderlich.

Die Kodierung der Schalter leistet einen Beitrag, um die Manipulation zu erschweren. Entsprechend **Tabelle 3** sind drei verschiedene Kodierungsstufen definiert.

Durch die Kodierung soll es erschwert werden, mit einem verfügbaren Betätiger auch andere als den zugehörigen Positionsschalter auslösen zu können. Je höher die Kodierungsstufe, desto unwahrscheinlicher ist es, einen „passenden“ Positionsschalter zu finden. Insofern kommt es hier also darauf an, wie viele unterschiedliche Betätiger vom Hersteller ausgeliefert werden, bzw. wie viele verschiedene Codes für die Programmierung eines berührungslosen Positionsschalters nicht nur möglich sind, sondern auch verwendet werden.

Kodierungsstufe	Kodierungsmöglichkeiten
gering	1 bis 9
mittel	10 bis 1 000
hoch	mehr als 1 000

Tabelle 3 Kodierungsstufen von Betätigern.

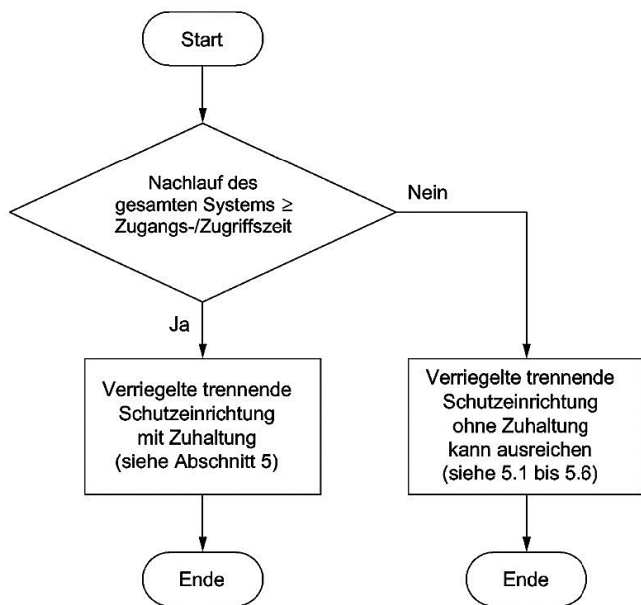


Bild 1 Abfrage, ob Zuhaltung erforderlich.

Zuhaltungen

Zuhaltungen werden eingesetzt, um den Zugang zum Fertigungsbereich zu unterbinden. Man unterscheidet den Einsatz von Zuhaltungen für den Personen- und für den Prozessschutz. Beim Prozessschutz geht es nicht um den Schutz des Menschen vor Gefährdungen an einer Maschine, sondern nur darum, eine ungewollte Unterbrechung des Fertigungsablaufs zu verhindern. In diesem Fall gelten die Anforderungen der Norm nicht. Wenn an einer Maschine jedoch der Zugang deshalb unterbunden wird, weil z. B. gefahrbringende Bewegungen eine lange Nachlaufzeit haben, wird die Zuhaltung aus Gründen des Personenschutzes eingesetzt und die Anforderungen der DIN EN ISO 14119 sind zu berücksichtigen (siehe **Bild 1**).

Das Öffnen einer zugehaltenen Schutztür muss zuvor von der Maschinensteuerung angefordert werden, z. B. durch Taste oder Terminal. Je nach Ausführung der Zuhaltung wird das Sperrmittel durch einen Elektromagneten gegen eine Federkraft zurückgezogen (Zuhaltung im Ruhestromprinzip), sodass die Tür geöffnet werden kann oder es wird die Ansteuerung eines Elektromagneten unterbrochen und das Sperr-

In **Tabelle 1** sind die Inhalte der Norm genannt. Auf einen Teil dieser Inhalte wird im Folgenden detailliert eingegangen.

Bauarten von Verriegelungseinrichtungen

Die Norm behandelt Verriegelungseinrichtungen mit und ohne Zuhaltung. „Verriegelung“ wird im Sprachgebrauch häufig mit „Zuhaltung“ verwechselt. Unter Verriegelung versteht man z. B. eine Einrichtung, die beim Öffnen einer Schutztür die gefahrbringende Bewegung stillsetzt. Das Öffnen selbst wird hierdurch **nicht** verhindert! Hierzu ist eine Zuhaltung erforderlich, bei der mecha-

nisch durch ein Sperrmittel oder durch elektromagnetische Kräfte die Tür in der geschlossenen Position gehalten wird. Gegenüber der Vorgängernorm kennt die DIN EN ISO 14119 nun vier statt zwei verschiedene Bauarten von Positionsschaltern (siehe **Tabelle 2**). Die Unterscheidung erfolgt durch das verwendete Betätigungsprinzip mechanisch/berührungslos und der Ausführung in kodierter/unkodierter Form. Die Positionsschalter der Bauarten 1 und 2 werden mechanisch betätigt, während die Bauarten 3 und 4 berührungslos arbeiten. Unkodierte Schalter (Bauart 1 und 3) benötigen zum Schalten des Ausgangssignals keine besonders geformten oder „pro-

mittel wird federkraftbetätigt in die geöffnete Position gebracht (Zuhaltung im Arbeitsstromprinzip). Die Anforderung des Türöffnens und die entsprechende Ansteuerung des Magneten können sicherheitsrelevant sein. In der Praxis erfolgt die Ansteuerung des Zuhaltmagneten häufig aus einer herkömmlichen SPS heraus. Im Fehlerfall der SPS kann das Zuhalten einer Schutztür zur Unzeit aufgehoben werden. Bei korrekter Ausführung der Steuerung erfolgt daraufhin ein Stillsetzen der gefahrbringenden Bewegung, denn das Sperrmittel der Zuhaltung wird überwacht. Wegen der Nachlaufzeit könnte dennoch eine Person den Gefahrenbereich vor dem Stillstand erreichen. Eine Risikoanalyse muss diese Situation analysieren und ggf. den PL_r für die Sicherheitsfunktion „Entsperren der Zuhaltung“ festlegen.

Auf dem Markt sind verschiedene Zuhaltungen mit unterschiedlichen Zuhaltkräften verfügbar. Der Maschinenhersteller muss eine Zuhaltung auswählen, deren Zuhaltkraft größer ist als die Kraft, die ein Mensch in der jeweiligen Körperhaltung und Krafrichtung aufbringen kann. Zur Orientierung enthält die Norm im Anhang I jetzt eine Tabelle für statische Einwirkungskräfte, die Menschen aufbringen können.

Seit einigen Jahren werden Zuhaltungen angeboten, die nicht mit elektromechanischen Sperrmitteln eine Tür zuhalten, sondern durch elektromagnetische Kräfte (Bild 2). Diese Ausführungen werden ebenfalls in der Norm berücksichtigt. Zuhaltungen können gewaltsam geöffnet werden, ggf. auch unter Einsatz von Werkzeugen. Während elektromechanische Zuhaltungen dabei beschädigt werden und ausgetauscht werden müssen, überstehen magnetische Zuhaltungen ein gewaltsames Öffnen ohne jegliche Beeinträchtigung. Das Öffnen einer Schutztür wird zwar erkannt und eine entsprechende Reaktion durch die Maschinensteuerung eingeleitet, aber das eigentliche Schutzziel, das Erreichen einer Gefahrenstelle zur Unzeit zu verhindern, ist nicht gewährleistet. Um ein regelmäßiges gewaltsames Öffnen von elektromagnetischen Zuhaltungen zu verhindern, ist nach einem gewaltsamen Öffnen eine Zeitverzögerung gefordert, bevor die Maschine erneut in Gang gesetzt werden kann.

Bei der Anwendung von Zuhaltungen ist insbesondere der Status „nicht zugehalten“ von Bedeutung, denn dann darf eine gefahrbringende Bewegung nicht ge-



Bild 2 Magnetische Zuhaltung.

Bild: K. A. Schmorsal Holding GmbH & Co. KG

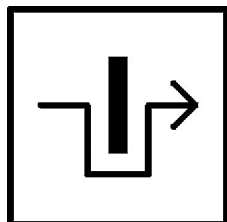


Bild 3 Symbol für die Überwachung der Zuhaltung.

startet werden. Entsprechend wird die Position des Sperrmittels bzw. die Zuhaltkraft (bei elektromagnetischen Zuhaltungen) überwacht und durch ein Ausgangssignal der Maschinensteuerung zur Verfügung gestellt. Für dieses Überwachungssignal wurde ein neues Symbol eingeführt, das in Bild 3 dargestellt ist.

Maßnahmen gegen das Manipulieren von Schutzeinrichtungen

In der Manipulationsstudie [5] wurde festgestellt, dass in Deutschland ein gutes Drittel aller Schutzeinrichtungen an (metallverarbeitenden) Maschinen manipuliert ist. Als Ansatzmöglichkeiten zur Reduzierung der Manipulation wurden Handlungsfelder beschrieben, eines davon ist die Normung. Diese Aufforderung wurde in der DIN EN ISO 14119 aufgegriffen, zumal der Positionsschalter der Bauart 2 sich in der Studie als das am häufigsten manipulierte Bauteil herausgestellt hat. Sowohl bei den deutschen Unfallversicherungsträgern als auch auf internationaler Ebene (IVSS – Internationale Vereinigung für soziale Sicherheit) haben sich Arbeitsgruppen gebildet, die Maßnahmen zur Verringerung der Manipulationshäufigkeit erarbeiten¹⁾. Hier entstand das im Kasten gezeigte Konzept gegen Manipulation.

In Bild 4 ist die Methodik der Norm DIN EN ISO 14119 zur Minimierung der Manipulation abgebildet.

Zunächst werden grundlegende Maßnahmen genannt, die an allen Maschinen vorgesehen werden müssen (Block 1). Ob darüber hinaus noch Weiteres notwendig ist, hängt davon ab, ob ein Manipulationsanreiz an der Maschine besteht. Im Anhang der Norm ist ein Verfahren beschrieben, mit dem der Manipulationsan-

¹⁾ siehe www.stopp-manipulation.org

reiz an Schutzeinrichtungen festgestellt werden kann. Er basiert auf einer Veröffentlichung des IFA [6]. Liegt ein Anreiz vor (Block 2), so ist es zunächst wünschenswert, durch eine geeignete Gestaltung der Maschine den Manipulationsanreiz zu beseitigen (Manipulation verhindern, Blöcke 3 und 5). Sollte das nicht oder nicht vollständig möglich sein, so sind Maßnahmen erforderlich, die die Manipulation erschweren oder erkennen (Block 4). Das Erschweren kann z. B. durch den verdeckten Einbau von Positionsschaltern erfolgen, sodass die Erreichbarkeit zur Durchführung der Manipulation nicht so einfach möglich ist. Ein Erkennen von manipulierten Schutzeinrichtungen ist durch die Maschinensteuerung in solchen Fällen möglich, in denen z. B. in bestimmten Prozessschritten eine Schutztür geöffnet und wieder geschlossen werden muss. Falls der Signalwechsel des Positionsschalters nicht erwartungsgemäß erfolgt, liegt vermutlich eine manipulierte Schutzeinrichtung vor und die Maschinensteuerung kann entsprechend darauf reagieren, z. B. den Maschinenbetrieb unterbinden.

Die zusätzlichen Maßnahmen sind abhängig von der Art der Schutzeinrichtung. Daher ist in einer Tabelle (siehe Bild 5) vorgeschrieben bzw. empfohlen, auf welche Art und Weise die Manipulation erschwert bzw. erkannt werden kann.

Kaskadierung von Positionsschaltern

Viele Maschinen verfügen über mehr als eine Schutztür und damit über mehr als einen Positionsschalter. Die Auswertung der Signale von den Positionsschaltern wird häufig durch entsprechende Sicherheitsbausteine übernommen. Um nicht für

Schritt 1: Manipulation verhindern

Schritt 2: Manipulation erschweren

Schritt 3: Manipulation erkennen

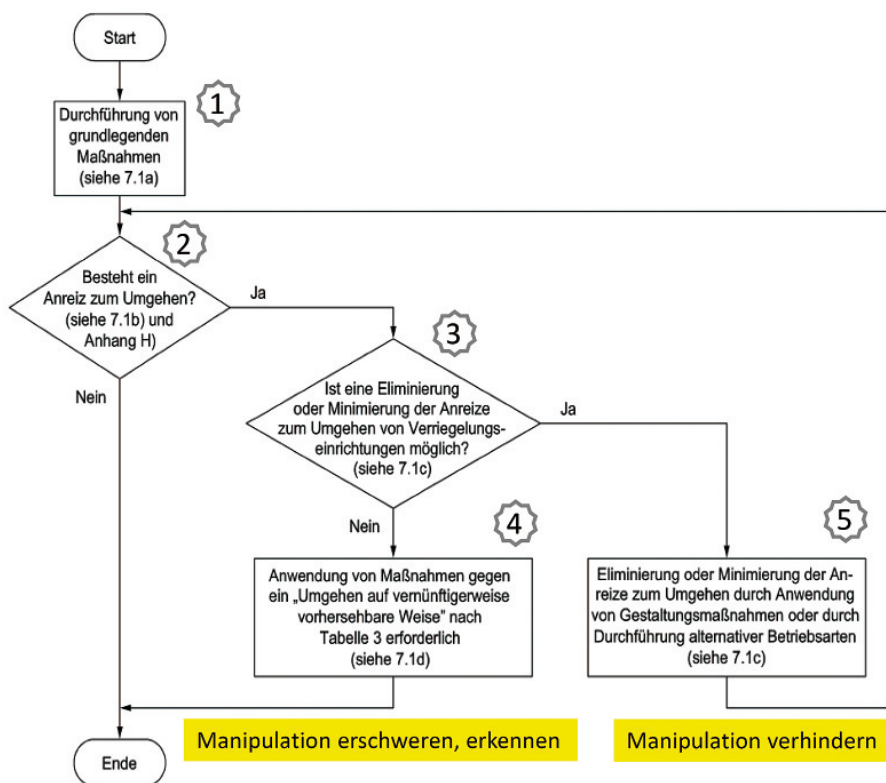


Bild 4 Maßnahmen gegen die Manipulation von Schutzeinrichtungen.

jeden Positionsschalter einen eigenen Sicherheitsbaustein einsetzen zu müssen, werden die elektrischen Kontakte der Positionsschalter gerne in Reihe geschaltet und dann gemeinsam auf einen Sicherheitsbaustein gelegt. Bei elektrisch zweikanaliger Ausführung kann ein Fehler eines Positionsschalters durch Ungleichheit seiner zwei elektrischen Kontakte zunächst vom Sicherheitsbaustein aufgedeckt werden, sodass auch nach Schließen der Tür mit dem defekten Schalter die Maschine nicht neu gestartet werden kann. Dieser erkannte Fehler lässt sich jedoch bei den heute verfügbaren Sicherheitsbausteinen quittieren, indem eine andere Schutztür geöffnet und wieder geschlossen wird. So wird also ein bereits erkannter Fehler wieder zurückgesetzt und die Maschine kann erneut gestartet werden.

Die Überwachung der Schutztürstellung ist eine Sicherheitsfunktion, die nach DIN EN ISO 13849-1 zu bewerten ist. Hierbei werden auch die fehlererkennenden Maßnahmen (DC – Diagnostic Coverage) berücksichtigt. Falls jeder Positionsschalter über einen eigenen Sicherheitsbaustein ausgewertet wird, ist eine sehr hohe DC erreichbar. Bei kaskadierten Schaltern kann die Fehlererkennung jedoch eingeschränkt sein, dies muss sich in einem geringeren DC-Wert widerspiegeln. Die Problematik der Kaskadierung wird vom technischen Report ISO/TR 14119 [7] behandelt. Darin wird

folgende Methodik vorgeschlagen:

1. DC jedes Positionsschalters bestimmen.
2. DC erhöhen, z. B. durch
 - verbesserte Methode zur Fehlererkennung,
 - verbesserte Verkabelung, die Fehlermöglichkeiten reduziert,

- Einsatz anderer Positionsschalter.
- 3. DC-Wert für den Positionsschalter reduzieren (s. u.).
- 4. Technologie verbessern, z. B.
 - Kaskadierung vermeiden,
 - zusätzlichen Kontakt des Positionsschalters individuell auswerten,
 - Positionsschalter mit interner Diagnose einsetzen.

Sofern eine Verbesserung der fehlererkennenden Maßnahmen nicht möglich ist, muss bei kaskadierten Positionsschaltern der DC-Wert reduziert werden (Schritt 3). Der technische Report gibt hierzu eine Anleitung und berücksichtigt dabei den Einfluss von

- Anzahl der Schutztüren,
- Anzahl der kaskadierten Schutztürschalter,
- Häufigkeit der Schutztüröffnung,
- Entfernung zwischen den Schutztüren,
- Erreichbarkeit der Schutztüren,
- Anzahl Bedienpersonal,
- Art der Verkabelung der Positionsschalter,
- Art der Spannungsversorgung,
- Prinzip der Fehlererkennung durch den Sicherheitsbaustein.

Über Tabellen wird die resultierende DC begrenzt auf mittel, niedrig oder keine. Im Ergebnis ist in PLe/Kategorie 4 eine Kaskadierung nicht möglich, da der DC auf mittel (< 99 %) begrenzt ist. In einer Kategorie-3-Architektur ist prinzi-

Grundsätze und Maßnahmen	Bauart-1-Verriegelungseinrichtung, außer mit Scharnier betätigte und Bauart-3-Verriegelungseinrichtungen	Bauart-1-Verriegelungseinrichtung, nur mit Scharnier betätigt	Bauart-2- und Bauart-4-Verriegelungseinrichtungen mit niedriger oder mittlerer Kodierungsstufe nach 7.2 b) 1) oder 7.2 b) 2) mit oder ohne elektromagnetischer Zuhaltung	Bauart-2- und Bauart-4-Verriegelungseinrichtungen mit hoher Kodierungsstufe nach 7.2 b) 3) mit oder ohne elektromagnetischer Zuhaltung	Schlüsseltransfersysteme (mit mittlerer oder hoher Kodierungsstufe, siehe Anmerkung 2)
Anbringen außer Reichweite, siehe 7.2 a) 1)					
Absperrung/Abschirmung, siehe 7.2 a) 2)					
Anbringen in versteckter Position, siehe 7.2 a) 3)			X		
Zustandsüberwachung oder periodische Prüfung, siehe 7.2 d) 1) i) und ii)	X				
Nicht-lösbare Befestigung von Positionsschalter und Betätigungselementen, siehe 7.2 c)					
Nicht-lösbare Befestigung des Positionsschalters, siehe 7.2 c)		M			M
Nicht-lösbare Befestigung des Betätigungselementes, siehe 7.2 c)		M	M	M	M
Zusätzliche Verriegelungseinrichtung und Plausibilitätsprüfung, siehe 7.2 d) 2)	R		R		
X Die Anwendung von mindestens einer dieser Maßnahmen ist vorgeschrieben. M vorgeschriebene Maßnahme R empfohlene Maßnahmen (zusätzlich)					

Bild 5 Zusätzliche Maßnahmen gegen Manipulation.

piell Performance Level d und Performance Level e möglich. Durch die Begrenzung der erreichbaren DC wird jedoch auch in diesen Fällen die Kaskadierung von Positionsschaltern eingeschränkt.

Zusammenfassung

Die DIN EN ISO 14119 enthält nicht nur Anforderungen, sondern auch eine Reihe von Hilfestellungen zur Realisierung von Schutztürüberwachungen. Mit der Erfüllung dieser Norm wird auch die Vermutungswirkung zur Übereinstimmung mit den Anforderungen der Maschinenrichtlinie verbunden sein. Mit der Auswahl und Anbringung von elektromechanischen bzw. berührungslosen Positionsschaltern befassen sich auch die BG-Informationen BGI 575 und BGI 670. Beide Schriften werden zurzeit zusammengefasst und berücksichtigen in der bevorstehenden Neuausgabe bereits die DIN EN ISO 14119.

TS 348



Autor

Dipl.-Ing. **Ralf Apfeld**,
IFA – Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung, Sankt Augustin.

Literaturverzeichnis

- [1] DIN EN 1088: Sicherheit von Maschinen – Verriegelungseinrichtungen in Verbindung mit trennenden Schutzeinrichtungen – Leitsätze für Gestaltung und Auswahl. Berlin: Beuth Verlag 2008.
- [2] DIN EN ISO 14119: Sicherheit von Maschinen – Verriegelungseinrichtungen in Verbindung mit trennenden Schutzeinrichtungen – Leitsätze für Gestaltung und Auswahl. Berlin: Beuth Verlag 2014.
- [3] DIN EN ISO 13849-1: Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen – Teil 1: Allgemeine Gestaltungsleitsätze. Berlin: Beuth Verlag 2007.
- [4] DIN EN 62061: Sicherheit von Maschinen – Funktionale Sicherheit sicherheitsbezogener elektrischer, elektronischer und programmierbarer elektronischer Steuerungssysteme. Berlin: Beuth Verlag 2013.
- [5] Manipulation von Schutzeinrichtungen an Maschinen. Hrsg.: Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften. Sankt Augustin 2006. www.dguv.de/ifa, Webcode: d6303
- [6] *Apfeld, R.*: Anreiz für die Manipulation von Schutzeinrichtungen – Bewertungsschema. Hrsg.: Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA). Sankt Augustin 2011. www.dguv.de/ifa/Praxishilfen/Bewertungsschema-für-Manipulationsanreize/index.jsp
- [7] ISO TR 14119: Safety of machinery – Evaluation of fault masking serial connection of guard interlocking devices with potential free contacts. Berlin: Beuth Verlag 2014.
- [8] Berufsgenossenschaftliche Information (BGI) 575: Auswahl und Anbringung elektromechanischer Verriegelungseinrichtungen für Sicherheitsfunktionen. Hrsg.: Berufsgenossenschaft Energie Textil Medien-erzeugnisse. Köln 2003.
- [9] Berufsgenossenschaftliche Information (BGI) 670: Auswahl und Anbringung von Näherungsschaltern für Sicherheitsfunktionen. Hrsg.: Berufsgenossenschaft Energie Textil Medienerzeugnisse. Köln 2003.