

Dipl.-Ing. Ralf Apfeld:

Schutzeinrichtungen an Maschinen – Manipulation verhindern

Sonderdruck aus:

Maschinensicherheit in Europa – Neues zum Thema
„Sicherheit von Maschinen und Maschinensteuerungen“



SCHMERSAL

Safe solutions for your industry

Inhalt

I	Vorwort Philip Schmersal	7
II	Grußwort des Herausgebers	9
Kapitel 1:	Maschinensicherheit: Allgemeines	11
	1.1 Europäische und nationale Rechtsgrundlagen	13
	1.2 Normen: Ihre Strukturen und Funktionen	23
	1.3 Das Produktsicherheitsgesetz	33
	1.4 Haftungsrisiken eines Maschinenbauers	35
Kapitel 2:	Funktionale Sicherheit: Allgemeines	45
	2.1 Sicherheitsgerichtete Konstruktion	47
	2.2 Elektrische Ausrüstung von Maschinen (IEC 60204-1)	63
	2.3 Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Anforderungen an Maschinen	71
	2.4 Sicherheitstechnische Prüfung von Maschinen	79
	<u>2.5 Schutzeinrichtungen an Maschinen – Manipulation verhindern</u>	<u>95</u>
Kapitel 3:	Funktionale Sicherheit: Anforderungen an Komponenten	107
	3.1 Feststehende trennende Schutzeinrichtungen	109
	3.2 Antriebssysteme mit integrierten Sicherheitsfunktionen	115
	3.3 Verriegelungseinrichtungen in Verbindung mit trennenden Schutzeinrichtungen – Leitsätze für Gestaltung und Auswahl nach neuer Normenlage	125
	3.4 Berührungslos wirkende Schutzeinrichtungen (BWS)	139
	3.5 Einsatz von Kamerasystemen zur Überwachung von Schutzräumen an Maschinen und Anlagen	153
	3.6 Besondere Anforderungen an sicherheitsgerichtete Teile von Steuerungen – Teil 1: Gestaltung	159
	3.7 Besondere Anforderungen an sicherheitsgerichtete Teile von Steuerungen – Teil 2: Validierung	175
Kapitel 4:	Funktionale Sicherheit: Branchen-/anwendungsspezifische Anforderungen	185
	4.1 Sicherheitsanforderungen an Integrierte Fertigungssysteme (IMS) nach ISO 11161	187
	4.2 Sicherheit von Industrierobotern	193
	4.3 Hygieneanforderungen an Maschinen, die für die Zubereitung und Behandlung von Lebensmitteln bestimmt sind	201
	4.4 Sicherheit und Hygiene bei Fleischverarbeitungsanlagen	213
	4.5 Was ist bei Umbau und Erweiterung von Maschinen und maschinellen Anlagen zu beachten?	221
	4.6 Beschaffenheitsanforderungen an Gebrauchtmaschinen nach dem Produktsicherheitsgesetz (ProdSG)	227
Kapitel 5:	Außereuropäische Regelwerke	235
	5.1 Die Regelungen in der Schweiz	237
	5.2 Drittstaatenregelung in den USA und Kanada	253
	5.3 Marktzugang Eurasischer Wirtschaftsraum	261
	5.4 Maschinensicherheit in China	277
	5.5 Maschinensicherheit in Japan: Europa als Vorbild	289
Kapitel 6:	Sonstiges	295
	6.1 Sicherheit in der Fluidtechnik	297
	6.2 Maschinensicherheit in Europa – Explosionsschutz	343
	6.3 Herstellung und Inverkehrbringen von Druckgeräten und Baugruppen nach der Richtlinie 97/23/EG über Druckgeräte (DGRL)	365
III	Stichwortverzeichnis	379
IV	Autorenverzeichnis	391

Schutzeinrichtungen an Maschinen – Manipulation verhindern

Schutzeinrichtungen an Maschinen werden manipuliert. Das ist seit vielen Jahren bekannt und seit einer Studie der DGUV – Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (ehemals HVBG) in Deutschland mit Zahlen belegbar, in anderen Nationen ebenfalls. Wir wissen, wie häufig manipuliert wird, warum und wie die Manipulation durchgeführt wird. Seit der Veröffentlichung der Studie ist schon einiges geschehen. Es wird offen über Manipulation diskutiert – in der Literatur, in den Betrieben, in der Normung. Gelöst ist dieses Problem jedoch noch lange nicht, denn hierzu muss eine grundlegende Einstellung der beteiligten Personen in Maschinenkonstruktion und Betrieb verändert werden. Obwohl durch manipulierte Schutzeinrichtungen Unfälle mit Toten und Verletzten geschehen, viele Maschinen zu unrecht das CE-Zeichen tragen und nicht wenige Maschinenbetreiber gegen die Betriebssicherheitsverordnung verstoßen, ist für viele der unmittelbare Handlungsbedarf nicht erkennbar. Dieser Beitrag gibt ein Überblick über die Erkenntnisse der Manipulationsstudie und der bisher gezogenen Konsequenzen: Was kann gegen manipulierte Schutzeinrichtungen getan werden? Wo sind Hilfestellungen für Maschinenkonstrukteure und Maschinenbetreiber zu finden?



Die Rechtsgrundlage für die Konstruktion von Maschinen in Europa ist die Maschinenrichtlinie [1]. Wenn sich Gefahrenstellen nicht vermeiden lassen, sind Schutzmaßnahmen erforderlich, die das Restrisiko auf ein akzeptables Maß reduzieren. Das Ziel besteht hierbei in der Regel darin, die Annäherung von Personen an eine Gefahrenstelle festzustellen, um dann den sicheren Zustand der Maschine einzuleiten. Häufig sind die Gefahrenbereiche an Maschinen eingezäunt oder abgedeckt und über Türen oder Klappen zugänglich. Die Annäherung von Menschen wird z.B. durch das Öffnen einer elektrisch über-

wachten Tür in einem Schutzzaun (siehe Abbildung 1), das Unterbrechen einer Lichtschranke/eines Lichtvorhangs erkannt oder auch wenn das Schutzfeld eines Laserscanners betreten wird. Der sichere Zustand einer Maschine wird nach der Erkennung üblicherweise durch das Stillsetzen aller Bewegungen erreicht.

Andere Schutzkonzepte lassen gefährbringende Bewegungen nur dann zu, wenn der Maschinenbediener sich an einem sicheren Ort aufhält (Ortsbindung). Für das Einrichten, Messen und die Störungsbeseitigung werden häufig in speziellen Betriebsarten Handbediengeräte eingesetzt, die dem Bediener das Steuern von Maschinenbewegungen während des Aufenthalts im Gefahrenbereich ermöglichen. Dies ist jedoch nur mit geringen Geschwindigkeiten und ggf. nur im Tipp- bzw. Zustimmungsbetrieb möglich. Ein Loslassen von Tipptaste oder Zustimmungstaste führt dann zu einer sofortigen Stillsetzung der gefährbringenden Bewegungen.



Abb. 1 Positionsschalter mit getrenntem Betätiger
(© DGUV)

Schutzeinrichtungen gibt es also in den unterschiedlichsten Variationen. Es ist die Kunst des Konstrukteurs, die richtige Schutzeinrichtung auszuwählen und benutzerfreundlich in das Bedienkonzept der Maschine zu integrieren. Gelingt dies nicht oder nur schlecht, dann stören

die Schutzeinrichtungen den Bediener bei der Arbeit und es entsteht ein Anreiz, die Schutzeinrichtungen außer Kraft zu setzen, also zu manipulieren.

Die Manipulations-Studie

In einem interdisziplinär zusammengesetzten Forschungsprojekt des IFA (ehemals BGIA) – Institut für Arbeitsschutz der DGUV, des IAG (ehemals BGAG) – Institut für Arbeit und Gesundheit der DGUV und der Metall-Berufsgenossenschaften wurden Häufigkeit und Hintergründe zur Manipulation detailliert ermittelt und in einem Report [2] veröffentlicht. Dabei diente ein Kurzfragebogen, der hauptsächlich in Schulungsstätten zum Einsatz kam, u. a. zur Ermittlung des Ausmaßes an Manipulation in den Betrieben. Insgesamt 940 Expertenmeinungen konnten für den Bereich der metallverarbeitenden Maschinen gewonnen werden.

Um die Gründe für die Manipulation in den Betrieben genauer zu erfahren, wurde ein zweiter Fragebogen entwickelt, der von Aufsichtspersonen der beteiligten Berufsgenossenschaften im Rahmen ihrer Aufsichtstätigkeit in den Betrieben eingesetzt wurde. Immer dann, wenn manipulierte Maschinen angetroffen wurden, hinterfragten die Aufsichtspersonen jeweils sehr detailliert die einzelne Situation. So wurden an über 200 manipulierten Maschinen Beweggründe zur Manipulation, Art und Weise, Aufwand usw. erfasst.

Das ermittelte Ausmaß an Manipulation in den Betrieben ist besorgniserregend: Ca. 37% der

Schutzeinrichtungen an den Maschinen sind vorübergehend oder ständig manipuliert. Bei vielen Maschinenbetreibern ist kein Problembewusstsein zur Manipulation vorhanden, denn in über einem Drittel der Betriebe wird Manipulation geduldet. Auch zeigt sich, dass die Benutzerfreundlichkeit der Maschinen in vielen Fällen schlecht ist: Es scheint noch nicht gelungen zu sein, Schutzkonzepte zu verwirklichen, die keine Verlangsamung des Arbeitsprozesses bewirken und damit die Produktivität einschränken. Manipulation ist kein Problem, das auf eine Veraltung des Maschinenparks und der damit verbauten Schutzkonzepte zurückzuführen ist: Es sind vor allem moderne Maschinen neueren Baujahrs, in der Hälfte der Fälle mit einem CE-Zeichen versehen, die manipuliert werden. Bei einigen Maschinen ist eine Manipulation sogar notwendig, um diese umfassend bedienen zu können.

Die Mehrzahl der manipulierten Maschinen verfügte nicht über sicherheitsgerechte Lösungen für manuelle Eingriffe. Diese Maschinen sind also gar nicht anders zu betreiben, wenn eingerichtet wird, Einstellarbeiten erforderlich sind oder Störungen beseitigt werden müssen. Sie sind entgegen den Anforderungen der EU-Maschinenrichtlinie nicht für alle erforderlichen Betriebsarten vorbereitet und müssen für den bestimmungsgemäßen Betrieb manipuliert werden. Technische Gründe können als Begründung für diese Lücken in der Regel nicht herangezogen werden, da die für die erforderlichen Sicherheitsfunktionen benötigten Produkte am Markt verfügbar sind. Maschinenbewegungen lassen sich bei manuellen

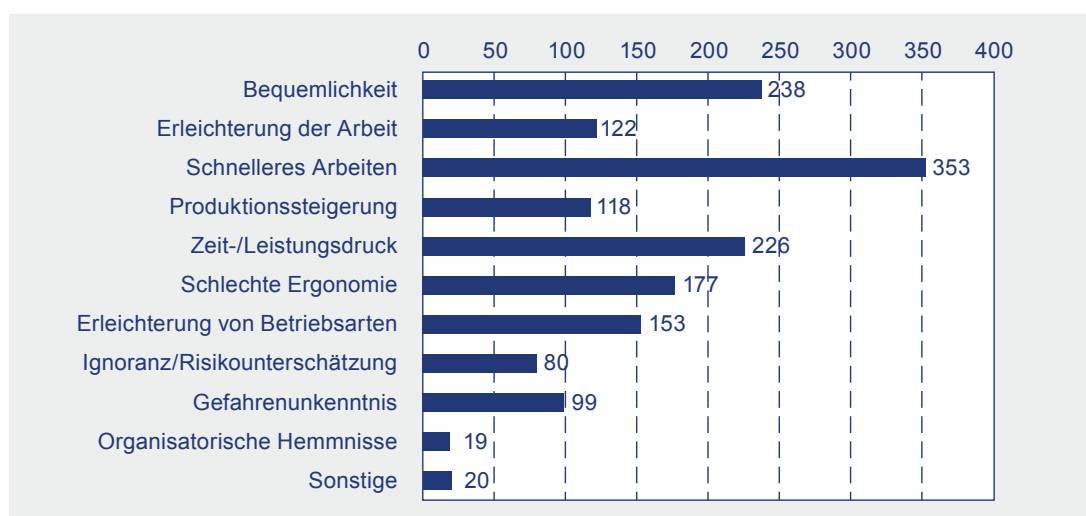


Abb. 2 Warum werden Schutzeinrichtungen manipuliert? (© DGUV)

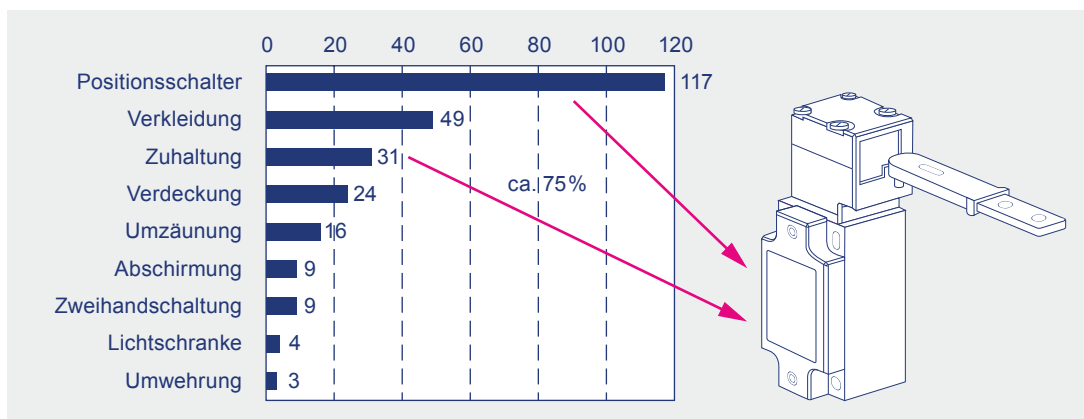


Abb. 3 Wie werden Schutzeinrichtungen manipuliert? (© DGUV)

Eingriffen z.B. mit begrenzten Geschwindigkeiten oder/und im Tipp-Betrieb/Zustimmungs-Betrieb steuern. Hierfür sind Antriebssteuergeräte mit integrierten Sicherheitsfunktionen, wie z.B. „Sicher begrenzte Geschwindigkeit“ oder „Sicherer Betriebs halt“ für viele Anwendungen nützlich und werden von vielen Herstellern angeboten.

Erstaunlicherweise werden sowohl im Automatikbetrieb als auch in Sonderbetriebsarten auch solche Maschinen manipuliert, die eigentlich über sicherheitsgerechte Lösungen für manuelle Eingriffe verfügen. Untersucht man nun die Fragestellung, warum trotzdem manipuliert wird, so stößt man i. d. R. auf ergonomische Schwachstellen im Sicherheits- und Bedienkonzept der Maschinen (siehe Abbildung 2).

Insbesondere Sichteinschränkungen durch die eingesetzten Schutzeinrichtungen und Einschränkungen des möglichen Arbeitstempos veranlassen die Bediener zum Umgehen von Schutzeinrichtungen. Die Ursachen für Manipulationshandlungen liegen also offenbar im Fehlen besonderer Betriebsarten für manuelle Eingriffe und in der Verwendung von Schutzeinrichtungen, die den Bediener in der Nutzung einer Maschine behindern.

Es stellt sich nun die Frage, auf welche Art und Weise die Schutzeinrichtungen umgangen werden. Die untersuchten Maschinen der metallverarbeitenden Industrie führen mehrheitlich eine spanabhebende Bearbeitung durch. Wegen des damit verbundenen Späneflugs und den i. d. R. benutzten Kühlschmierstoffen sind diese Maschinen eingehaust und mit Schutztüren versehen. Zur Verriegelung mit den Maschinenbewegungen

erfolgt eine Stellungsüberwachung der Schutztür mittels elektromechanischer Positionsschalter. Sofern keine spezifischen Betriebsarten für manuelle Eingriffe an laufender Maschine verfügbar sind, muss der Maschinensteuerung „vorgegaukelt“ werden, dass die Schutztür geschlossen ist. Die sehr häufig eingesetzten Positionsschalter der Bauart 2, die über einen getrennten Betätiger verfügen, „eignen“ sich offensichtlich bestens zur Manipulation (siehe Abbildung 3).



Abb. 4 Manipulierter Positionsschalter – abgeschraubter Betätiger eingesteckt und mit Kette versehen (© DGUV)

An $\frac{3}{4}$ der manipuliert angetroffenen Maschinen wurden diese Schalter manipuliert. In Abbildung 4 ist ein an der Maschinendecke montierter Positionsschalter erkennbar. Der getrennte Betätiger wurde von der Schutztür abgeschraubt und in den Schalter eingesteckt. Zum besseren Entfernen des Betätigers wurde eine Kette befestigt. Die Empfehlungen der Normung zur gesicherten Montage der separaten Betätiger mittels Einwegschrauben, Schweißen, Nieten oder Kleben wurde auch in diesem Fall nicht berücksichtigt, so dass der Betätiger schnell abgeschraubt und in den Positionsschalter eingesteckt ist. Auch der Einsatz von zusätzlichen Ersatzbetätigern ist weit verbreitet. In jedem Fall wird der Maschinensteuerung eine geschlossene Schutztür signalisiert. Aus Erfahrung des IFA bei Unfalluntersuchungen kann berichtet werden, dass sehr häufig bei tödlichen Unfällen die mit Schmutz und Korrosion verunreinigten Maschinen bei Auftauchen des Prüfers mit nagelneuen Positionsschaltern versehen waren ...

Manipulation in Maschinenrichtlinie und Normung

Maschinen mit ungeeigneten oder den Betrieb störenden Schutzeinrichtungen bieten den Bedienpersonen einen Anreiz zur Manipulation. Hier ist es aufgrund des leicht absehbaren menschlichen Verhaltens vorhersehbar, dass Schutzeinrichtungen umgangen werden. Die Maschinenrichtlinie bezeichnet dies als „vernünftigerweise vorhersehbare Fehlanwendung“ der Maschine und verlangt in „1.1.2 Grundsätze für die Integration der Sicherheit“, deren Berücksichtigung. So muss der Maschinenkonstrukteur davon ausgehen, dass der Bediener „den Weg des geringsten Widerstands“ wählt, um seine Aufgaben zu erfüllen, und dass er unter Druck steht, den Betrieb der Maschine auch bei Störungen aufrecht zu erhalten. Entsprechende Erläuterungen finden sich im Leitfaden für die Anwendung der Maschinenrichtlinie [5].

Auch in einigen Normen wird das Thema aufgegriffen. So beschreibt die Sicherheitsgrundnorm ISO 12 100 (Sicherheit von Maschinen – Allgemeine Gestaltungsgrundsätze – Risikobeurteilung und Risikominderung) [6] u. a. die Vorgehensweise bei der Risikobeurteilung. Entsprechend dem Abschnitt „Festlegung der Grenzen der Maschine“ muss dabei neben der bestimmungsgemäßen Verwendung auch die vernünftigerweise vorhersehbare Fehlanwendung berücksichtigt

werden, wenn man die für Personen bestehenden Gefährdungen ermittelt. Wenn ein Manipulationsanreiz besteht, ist es vernünftigerweise vorhersehbar, dass eine Fehlanwendung der Maschine zu erwarten ist, nämlich mit außer Kraft gesetzten Schutzeinrichtungen.

Speziell für die Stellungsüberwachung von Schutztüren, -klappen usw. gibt DIN EN 1088 (Sicherheit von Maschinen – Verriegelungseinrichtungen in Verbindung mit trennenden Schutzeinrichtungen – Leitsätze für Gestaltung und Auswahl) [7] Hinweise u. a. für die Verwendung und den Anbau von Positionsschaltern und Zuhaltungen. Schon seit vielen Jahren enthält diese Norm Anforderungen zum Verringern von Umgehungsmöglichkeiten. Nach Veröffentlichung der Manipulations-Studie wurde dieser Abschnitt der Norm ergänzt, indem z. B. die Verwendung von Ersatzbetätigern als Methode zum „Umgehen auf eine vernünftigerweise vorhersehbare Art“ einbezogen wurde und somit der Maschinenhersteller dies bei der Risikobeurteilung berücksichtigen muss. Zurzeit befindet sich die DIN EN 1088 unter Einbeziehung der Ergebnisse aus der Studie in Überarbeitung und wird in Kürze als ISO 14 119 veröffentlicht werden.

Rechtliche Situation

Für den gesamten Lebenszyklus einer Maschine, von der Konstruktion bis zur Entsorgung, gibt es Rechtsgrundlagen, die Verantwortlichkeit und Haftung regeln. Es beginnt beim Maschinenhersteller mit dem ProdSG (Produktsicherheitsgesetz) [8]. In der 9. Verordnung zum ProdSG ist die EU-Maschinenrichtlinie als deutsches Gesetz veröffentlicht. Die Maschinenrichtlinie stellt Anforderungen an den Prozess der Maschinenkonstruktion bis zur Inbetriebnahme und Übergabe an den Betreiber. Es schließt sich das Produkthaftungsgesetz [9] an, das sich neben dem Maschinenkonstrukteur auch an Importeure und Händler richtet. Der Hersteller haftet für Produktions-, Fabrikations- und Instruktionsfehler sowie für eine Verletzung der geforderten Produktbeobachtungspflicht. Er hat sich nach den jeweils neuesten sicherheitstechnischen Erkenntnissen zu richten, es genügt NICHT, allgemein anerkannte Regeln der Technik wie z. B. Normen und Bestimmungen einzuhalten. Hat ein Maschinenhersteller bei der Konstruktion den Stand der Technik nicht beachtet, so kann sich hieraus eine Haftung aus der Produktverantwortung ergeben. Dies kann dann der Fall sein, wenn es zu einem Perso-

nenschaden wegen unzureichender technischer Lösungen kommt. Das ist z. B. eindeutig dann der Fall, wenn zum Betrieb der Maschine erforderliche Betriebsarten nicht vorgesehen sind und damit die Manipulation von Schutzeinrichtungen vernünftigerweise vorhersehbar ist.

Nicht immer kann man aber die Manipulation von Schutzeinrichtungen auf eine vernünftigerweise vorhersehbare Fehlanwendung und eine Verantwortlichkeit des Maschinenherstellers reduzieren. Auch fehlt es noch an Rechtsprechung, die den unbestimmten Rechtsbegriff der vernünftigerweise vorhersehbaren Fehlanwendung interpretiert und konkretisiert sowie ggf. – insbesondere auch im Hinblick auf gegebene Unternehmer- und Arbeitnehmerpflichten in diesem Zusammenhang – auch abgegrenzt.

Auch der Unternehmer hat als Betreiber von Maschinen eine Fürsorgepflicht für seine Mitarbeiter. Entsprechend Arbeitsschutzgesetz [10] und Betriebssicherheitsverordnung [11] hat der Unternehmer für einen sicheren Arbeitsplatz seiner Mitarbeiter Sorge zu tragen. Eine Maschine mit manipulierten Schutzeinrichtungen kann bestimmt nicht als sicherer Arbeitsplatz angesehen werden. Neben der Anweisung zur Manipulation von Schutzeinrichtungen kann auch das Unterlassen der Wiederherstellung von manipulierten Schutzeinrichtungen zu strafrechtlichen Folgen führen.

Auch die Beschäftigten eines Unternehmens stehen in der Verantwortung. Sie sind verpflichtet, die dem Arbeitsschutz dienenden Maßnahmen des Unternehmers zu unterstützen. Insbesondere Maschinen sind bestimmungsgemäß (mit ihren Schutzeinrichtungen) und entsprechend den ihnen übertragenen Aufgaben zu benutzen. Stellt ein Mitarbeiter einen Mangel fest, hat er diesen unverzüglich zu beseitigen oder den Vorgesetzten zu informieren. Wenn ein Maschinenbediener die Schutzeinrichtungen an einer Maschine manipuliert und die Manipulation bei Schichtende nicht wieder rückgängig macht, gefährdet er zusätzlich die als nächste an der Maschine tätigen Kollegen. Auch dies führt im Falle eines Unfalles zu strafrechtlichen Folgen.

Die strafrechtlichen und zivilrechtlichen Folgen der Manipulation von Schutzeinrichtungen an Maschinen sind also eigentlich ziemlich klar geregelt und können im Falle eines Falles nicht nur

für den Verunfallten, sondern auch für die jeweiligen Vorgesetzten und ggf. auch für Kollegen äußerst unangenehme Konsequenzen haben. Trotzdem werden ca. ein Drittel aller Schutzeinrichtungen manipuliert. Offensichtlich ist das Wissen um mögliche rechtliche Konsequenzen und Haftungsfolgen bei den Betroffenen nur unzureichend vorhanden.

Der Teufelskreis der Manipulation

Betrachtet man den Lebenszyklus einer Maschine von der Konstruktion bis zum Betrieb beim Endkunden (siehe Abb. 5), so wird deutlich, dass an vielen Stellen der Aspekt „Manipulation von Schutzeinrichtungen“ eine Rolle spielen muss. In der Praxis wird dies jedoch kaum zur Kenntnis genommen. Ganz abgesehen von den Gefährdungen, die dadurch für die Maschinenbediener entstehen, wird dabei auch gegen gesetzliche Bestimmungen verstoßen.

Natürlich muss eine Maschine möglichst schnell produzieren. Hoch verfügbar muss sie sein und billig. Und sicher muss sie natürlich auch noch sein! Deshalb wird am Ende der Konstruktionsphase noch die Schutzeinrichtung auf die fertige Maschine aufgesetzt. Dummerweise stören solche nachträglich „hineinkonstruierten“ Lösungen oftmals den Maschinenbediener im Betrieb. Vielleicht kann er die gewünschte Taktrate nicht mehr erfüllen, da das ständige Öffnen und Schließen von Schutztüren zu viel Zeit kostet. Oder die erforderliche Sicht auf den Produktionsprozess ist nicht mehr gegeben. In solchen Fällen ist vorhersehbar, dass die Maschine manipuliert wird. Dies hätte der Konstrukteur bei der Gestaltung seiner Maschine bereits berücksichtigen müssen, denn das ist eine „vernünftigerweise vorhersehbare Fehlanwendung der Maschine“ (Maschinenrichtlinie, Anhang 1, 1.1.2. a). Diese Maschine trägt das CE-Zeichen dann zu Unrecht. Hier wäre es notwendig gewesen, frühzeitig ein Schutzkonzept zu entwickeln und eventuelle Behinderungen des Bediener zu erkennen und zu vermeiden.

Verkäufer werden in der Regel an ihren Umsätzen gemessen. Da kann auch schon einmal eine Maschine verkauft werden, die eigentlich ungeeignet ist für den beabsichtigten Verwendungszweck. In der Folge werden dann vielleicht Schutzeinrichtungen manipuliert, weil der Bediener ständig in den Fertigungsprozess eingreifen muss oder weil z. B. Produkte verarbeitet werden, die zu groß sind, aus dem falschen Material be-

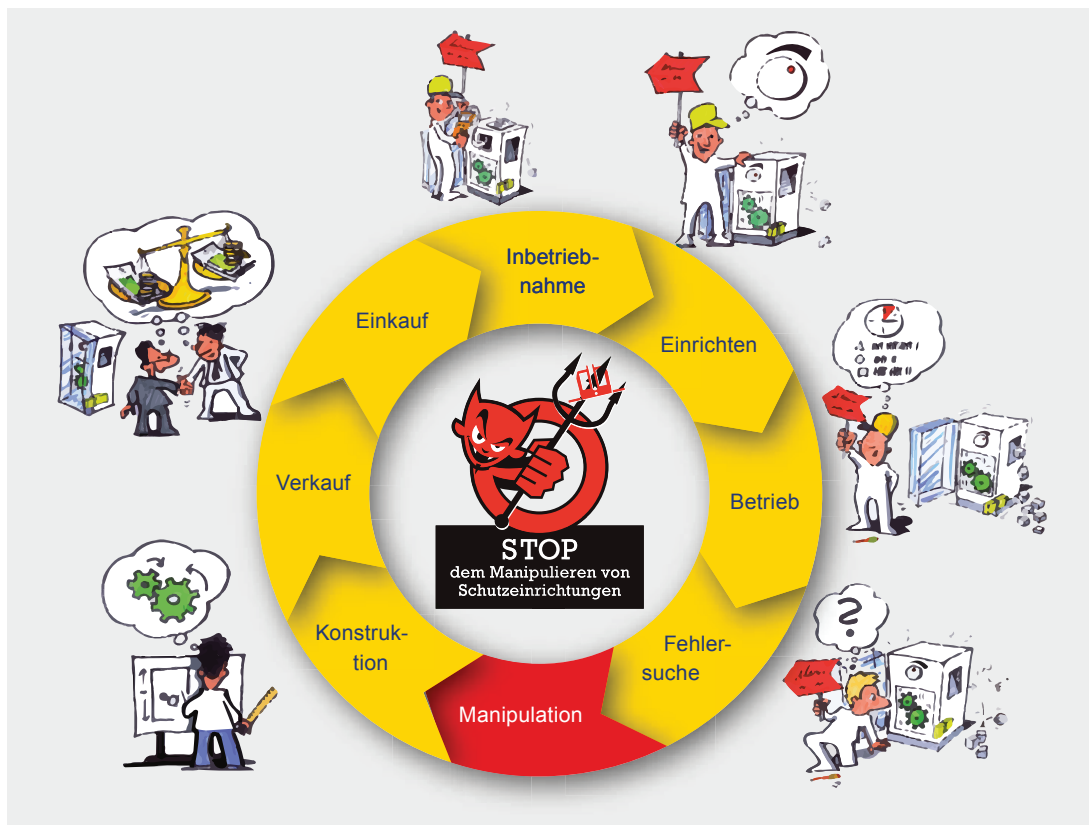


Abb. 5 Teufelskreis der Manipulation (© DGUV)

stehen, die erwartete Taktrate möglicherweise nicht einhalten ...

Ein Ziel des Einkäufers ist es, möglichst preiswert einzukaufen. Warum denn eine vielleicht etwas teurere Maschine anschaffen, nur weil das Sicherheitskonzept besser ist? Diese Frage relativiert sich, wenn der spätere Maschinenbediener in den Einkauf einbezogen wird und die Chance bekommt, die Eignung der Maschine zu beurteilen. Es wäre sehr sinnvoll, vor der Anschaffung einer Maschine die realistische Möglichkeit des manipulationsfreien Betriebs zu hinterfragen. Geschieht das nicht, wird möglicherweise an dieser Stelle die Entscheidung getroffen, dass in der Produktion für die nächsten 20 oder 30 Jahre manipuliert werden muss.

Bei der Inbetriebnahme ist die Maschine möglicherweise noch nicht vollständig aufgebaut. Schutzeinrichtungen können ggf. noch nicht in Betrieb genommen werden, da im Gefahrenbereich gearbeitet werden muss. Schnittstellen liegen offen, da Maschinenteile noch nicht installiert sind. Sicherheitstechnisch ist das eine sehr

kritische Phase. Je nach Kreativität des Maschinenkonstruktors unterstützen geeignete Eigenschaften der Maschine diese Phase. So können vielleicht Teilbewegungen verfahren werden und es ist nicht notwendig, Bewegungen mitlaufen zu lassen, die nicht benötigt werden. Vielleicht gibt es eine besondere Betriebsart, die Bewegungen in Teilbereichen zulässt.

Viele Maschinen müssen für den folgenden Fertigungsablauf eingerichtet werden. Dabei geht es um das Optimieren von Programmen, das Anfahren eines verdeckten Werkstücks mit einem Werkzeug, das Einziehen von Materialbahnen und vieles andere mehr. Maschinen, die hierfür nicht über spezielle Betriebsarten verfügen, müssen manipuliert werden. Sonst ist das Einrichten schlichtweg unmöglich. Es sind also Betriebsarten erforderlich, bei denen Maschinenbewegungen in Anwesenheit von Bedienpersonal im Gefahrenbereich möglich sind. Die Anwahl erfolgt i. d. R. mit einem Betriebsartenwahlschalter und die Bedienung ggf. mit einem Handbediengerät. Leider verfügen viele Maschinen nicht über diese notwendigen Betriebsarten und so wird eine

Maschine z. B. bei voller Geschwindigkeit im Automatikbetrieb eingerichtet, während die Schutzeinrichtungen überbrückt sind.

„Beliebte“ Arten der Manipulation

Beim Betrieb einer Maschine geht es um Durchsatz, um Stückzahlen, um hohe Taktraten. Falls Schutzeinrichtungen den Fertigungszyklus behindern, werden diese – natürlich – außer Kraft gesetzt. Am „beliebtesten“ ist hierfür ein Positionsschalter mit getrenntem Betätiger an einer Schutztür. Einen zusätzlichen Betätiger erhält man als Ersatzteil vom Hersteller oder man schraubt ihn einfach von der Tür ab. Das ist schnell gemacht, denn die vom Schalterhersteller mitgelieferten Einwegschauben hat der Maschinenhersteller sowieso nicht verwendet. Die Maschine wird fortan mit unwirksamen Schutzeinrichtungen betrieben. Dies ist ein Verstoß gegen die Betriebssicherheitsverordnung, aber man hat sich daran gewöhnt.

Bei der Fehlersuche müssen oftmals Störungen im Bewegungsablauf analysiert werden. Wenn dies bei aktiven Schutzeinrichtungen nicht möglich ist, ist eine spezielle Betriebsart der Maschine notwendig. Falls nicht vorhanden, können Fehler nur mit manipulierten Schutzeinrichtungen gefunden werden.

Anhand dieses Lebenszyklus ist erkennbar, dass an vielen Stellen Fehler gemacht werden, ja sogar Gesetze verletzt werden. Erstaunlicherweise funktioniert dieser Ablauf aber trotzdem. Man hat sich offensichtlich daran gewöhnt, dass Schutzeinrichtungen manipuliert werden müssen und sie stören dann ja auch nicht mehr bei der Arbeit – eher im Gegenteil. Manipulation ist eben super! So beklagt sich dann auch niemand beim Konstrukteur der Maschine, dass er etwas Unsicheres gebaut hat. Die Konstruktion bekommt vorwiegend positives Feedback von ihren Kunden und sieht keine Notwendigkeit, auf einen niedrigen Manipulationsanreiz zu achten. Zumindest solange kein Unfall geschieht ...

Maßnahmen gegen Manipulation ...

Die Manipulations-Studie hat gezeigt, dass die im manipulierten Zustand angetroffenen Schutzeinrichtungen den Bediener bei seiner Arbeit erheblich behindert haben. Das Sicherheits- und Bedienkonzept dieser Maschinen war also vermeintlich ungeeignet, so dass der Bediener einen Anreiz zur Manipulation der Schutzeinrichtungen

verspürte. Solange dieser Anreiz vorliegt, ist es vorhersehbar, dass früher oder später die Schutzeinrichtungen umgangen werden. Maßnahmen zum Erschweren oder Erkennen von Manipulation werden das nicht verhindern. Es wird dadurch allenfalls die Art und Weise und der Ort der Manipulation verändert. Wenn z. B. die Benutzung von Ersatzbetätigern nicht mehr möglich ist, weil der Positionsschalter verdeckt eingebaut wurde, so wird letztlich die Manipulation im Schaltschrank oder in der Programmierung der Sicherheits-SPS vorgenommen. Der Aufwand hierfür ist natürlich höher, der Bediener benötigt hierzu ggf. Hilfe von entsprechend sachkundigen Personen. Man muss aber davon ausgehen, dass ihm irgendwann diese Hilfe gewährt wird.

... bei der Maschinenkonstruktion

Die erfolgreichste Maßnahme gegen Manipulation von Schutzeinrichtungen an Maschinen kann also nur darin bestehen, Maschinen so zu konstruieren und herzustellen, dass deren Manipulationsanreiz möglichst gering ist. Manipulation zu erschweren, z. B. durch den verdeckten Einbau von Positionsschaltern, oder durch Diagnosemaßnahmen einer SPS zu erkennen, stellt dann eine sinnvolle Ergänzung dar. Aus Sicht der Maschinenkonstruktion sollte also folgendermaßen vorgegangen werden:

- Schritt 1: Manipulation verhindern
- Schritt 2: Manipulation erschweren
- Schritt 3: Manipulation erkennen und sicheren Zustand einnehmen

Wie kann der Manipulationsanreiz von Schutzeinrichtungen an einer Maschine bestimmt werden? Ein Anreiz liegt vor, wenn die Schutzeinrichtungen das bequeme, schnelle usw. Arbeiten behindern und dem Bediener durch die Manipulation ein Nutzen entsteht. Fragt man also nach den Vorteilen beim Arbeiten mit umgangebenen Schutzeinrichtungen, so erhält man Hinweise auf die Motivation zur Manipulation. Wichtig ist hierbei, einen mit der Maschine vertrauten (potentiellen) Bediener einzubeziehen und alle Betriebsphasen der Maschine zu berücksichtigen. Eine Hilfestellung zur Bestimmung des Manipulationsanreizes ist kostenlos erhältlich [3]. Abbildung 6 zeigt einen Ausschnitt.

Sobald eine Behinderung des Maschinenbedieners durch Schutzeinrichtungen aufgedeckt ist, muss versucht werden, dies möglichst weitgehend

Vorteile ohne Schutzeinrichtung: 0 keine + leichte ++ deutliche																	
Betriebsarten																	
Tätigkeiten:		Hilfe		Hilfe		Hilfe		Hilfe		Hilfe		Hilfe		Hilfe		Hilfe	
Erstinbetriebnahme der Maschine																	
Programmtest/ Testlauf																	
Einrichten/Einstellen																	
Umbauen/Rüsten/ Fertigung																	
Materialzufuhr/- abfuhr																	
Werkstückwechsel																	
Störungsbeseitigung																	
Fertigung																	
Kontrollieren/Stichprobenentnahme																	
Nachregeln/Justieren																	
Werkzeugwechsel																	
Wartung/ Instandhaltung																	
Störungsbeseitigung																	
Maschine																	
Reinigung, z. B. Späne entfernen																	

Abb. 6 Bestimmung des Manipulationsanreizes (© DGUV)

zu korrigieren. Hier ist die Kreativität des Konstrukteurs gefragt, am besten zusammen mit einem Maschinenanwender ein verträglicheres Bedien- und Sicherheitskonzept zu finden. Anregungen hierzu finden sich unter http://www.stop-defeating.org/?page_id=1835. Aus den Ergebnissen der Manipulations-Studie geht hervor, dass eine für bestimmte (auch kurzzeitige) Betriebszustände durchgeführte Manipulation in ca. 2/3 aller Fälle nicht wieder rückgängig gemacht wird, sondern dann auch im Automatikbetrieb beibehalten wird. Insofern ist es notwendig, alle Tätigkeiten an einer Maschine zu untersuchen – auch die, die nur selten oder in einem kleinen Zeitraum erfolgen.

Wenn der Manipulationsanreiz durch eine geeignete Konstruktion so gering wie möglich ist, kann im zweiten Schritt die Manipulation zusätzlich erschwert werden. Auch hier bieten sich konstruktive Maßnahmen an (z. B. verdeckte Montage von Positionsschaltern) und natürlich der Einsatz von

Bauteilen, die nicht so einfach umgangen werden können. Dazu gehören

- Positionsschalter mit individueller Kodierung
- Scharnierschalter (siehe Abbildung 7)
- Berührungslos wirkende Positionsschalter mit RFID-Codierung.

Im dritten Schritt kann die Manipulation von Schutzeinrichtungen aufgedeckt werden, um die Maschine dann in den sicheren Zustand zu bringen. Hierzu wird etwas „Intelligenz“ in der Maschinensteuerung benötigt, aber meistens ist sowieso eine (konventionelle) SPS zur Prozesssteuerung vorhanden, es muss keine Sicherheits-SPS sein. Die SPS hat alle Informationen über den aktuellen Ablauf des Produktionsprogramms zur Verfügung und kann daraus eine Erwartungshaltung zum Status von Schutzeinrichtungen ableiten. Wenn zum Einlegen von Material eine Schutztür jeweils geöffnet werden muss, der Positions-



Abb. 7 Scharnierschalter



Abb. 8 Magnetische Sicherheitszuhaltung MZM 100

schalter aber ständig „Tür geschlossen“ meldet, dann stimmt etwas nicht! Wenn es nicht plausibel ist, dass eine Lichtschranke nie unterbrochen wird, dann kann sie vielleicht umgriffen werden! In solchen Fällen sollte die Steuerung den Maschinenbetrieb verhindern. Unterbrechungen des Produktionsbetriebs sind sicherlich inakzeptabel und werden in den meisten Fällen die Wiederholung einer Manipulation verhindern. Dieses Konzept ist bereits in der magnetischen Zuhaltung MZM 100 der Fa. Schmersal (Abbildung 8) integriert, die nach einem gewaltsamen Aufreißen der zugehaltenen Schutztür für 10 Minuten den Maschinenbetrieb unterbindet.

Wird diese 3-Schritt-Methode während der Konstruktionsphase einer Maschine eingesetzt, kann ein ausgewogenes Bedien- und Sicherheitskonzept entwickelt werden, das Manipulation weitgehend reduziert, ohne die Maschinennutzung negativ zu beeinflussen.

... beim Maschinenbetreiber

Die Manipulations-Studie hat gezeigt, dass in ca. $\frac{1}{3}$ aller Betriebe die Manipulation von Schutzzei-

richtungen geduldet wird. Dies wird in der Regel auf Maschinen zutreffen, deren Produktivität durch Manipulation gesteigert werden kann, also für Maschinen an denen die Schutzeinrichtungen die Produktion behindern oder die ohne Manipulation überhaupt nicht zu betreiben sind.

Der bessere Weg hier wäre es allerdings, solche Maschinen überhaupt erst gar nicht anzuschaffen. Es ist also wünschenswert, vor der Beschaffung einer Maschine bereits den Manipulationsanreiz zu bestimmen. Ebenso wichtig ist es sicherzustellen, dass die anzuschaffende Maschine für die vorgesehene Aufgabe geeignet ist, denn häufig werden z. B. Schutzeinrichtungen deshalb umgangen, weil andere Rohmaterialien (zu groß, zu schwer, anderes Material) verarbeitet werden müssen. Zur Unterstützung des Einkaufs von geeigneten Maschinen ist eine spezielle Checkliste kostenlos erhältlich [4].

Unzureichendes Wissen und unzulängliche Ausbildung von Maschinenbedienern und deren Vorgesetzten führen zu einer unerwünschten Akzeptanz von Manipulation. So wurde in der Manipulations-Studie festgestellt, dass Maschinenbediener die Gefahren durch manipulierte Schutzeinrichtungen erheblich unterschätzen. Dann fällt es natürlich leicht, Schutzeinrichtun-

gen als überflüssig abzutun und zu umgehen. Vorgesetzte werden in der Regel die Manipulation nicht selbst durchführen. Aber wenn ihnen bewusst ist, dass Maschinen manipuliert werden, sind sie in der Pflicht, für eine Wiederherstellung des sicheren Zustandes zu sorgen. Erfolgt dies nicht, liegt eine Unterlassung mit entsprechenden rechtlichen Konsequenzen vor (s. o.). Hier sollten innerbetriebliche Schulungen für Abhilfe sorgen. Mögliche Konsequenzen der Manipulation müssen jedem Mitarbeiter bewusst gemacht werden. Entsprechende Lehrmodule zu dieser Thematik sind z. Zt. in Vorbereitung und werden nach Fertigstellung unter www.stopp-manipulation.org verfügbar sein.

www.stopp-manipulation.org

Die bereits erwähnte Internetseite wurde unter Mitwirkung des IFA erstellt und versteht sich als internationales Portal gegen die Manipulation von Schutzeinrichtungen an Maschinen. Hier finden sich für Hersteller, Händler und Betreiber jeweils angepasste „5-Schritte“-Vorgehensweisen, um Manipulation zu verhindern. Diese Handlungsanleitungen werden ergänzt um Hintergrundinformationen, Beispiele aus dem Unfallgeschehen und relevante Links zu anderen Internetseiten. Darüber hinaus ist speziell für Maschinenkonstrukteure eine Reihe von guten konstruktiven

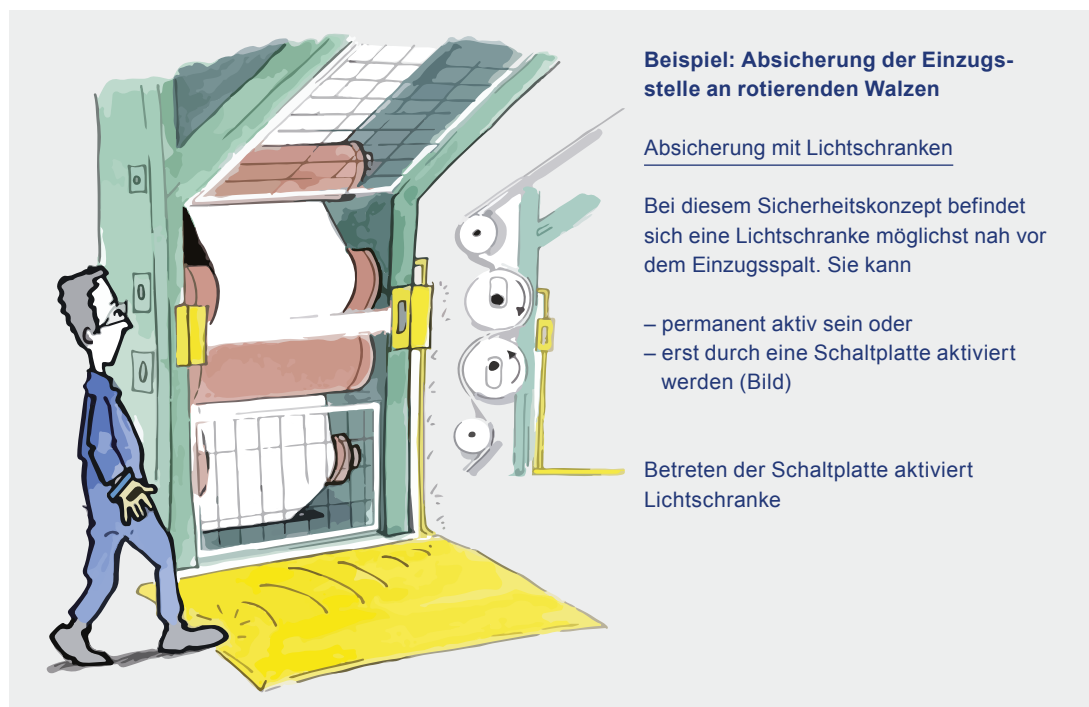


Abb. 9 Konstruktionsbeispiel Walzeneinzugsstelle (© DGUV)

Lösungen verfügbar, die auch auf andere Maschinen übertragen werden können (siehe Beispiel in Abbildung 9).

Es wird auf dieser Seite auch die Möglichkeit zur Mitarbeit geboten. Alle Hilfestellungen, Erfahrungsberichte, Praxisbeispiele usw. zur Vermeidung von manipulierten Schutzeinrichtungen an Maschinen sind willkommen. Über „Kontakt“ kann eine Verbindung zum Redaktionsteam aufgenommen werden.

Literatur/Normen

- [1] Richtlinie 2006/42/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Mai 2006 über Maschinen und zur Änderung der Richtlinie 95/16/EG (Neufassung) mit Berichtigung der Richtlinie 2006/42/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Mai 2006 über Maschinen und zur Änderung der Richtlinie 95/16/EG vom 09.06.2006, http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/de/oj/2006/l_157/l_15720060609de00240086.pdf
- [2] Report „Manipulation von Schutzeinrichtungen an Maschinen“, DGUV Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, <http://www.dguv.de/ifa/de/pub/rep/rep05/manipulation/index.jsp>
- [3] Bewertungsschema für den Anreiz zur Manipulation von Schutzeinrichtungen an Maschinen, DGUV Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, <http://www.dguv.de/ifa/de/pr/manipulation/index.jsp>
- [4] Checkliste Maschineneinkauf, IVSS Internationale Vereinigung für soziale Sicherheit – Sektion für Maschinen- und System-sicherheit, http://www.stop-defeating.org/wp-content/uploads/2011/04/PLK_Checkliste-Einkauf_für-IVSS.xls
- [5] Leitfaden für die Anwendung der Maschinenrichtlinie 2006/42/EG, http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/mechanical/machinery/index_de.htm
- [6] ISO 12 100: Sicherheit von Maschinen – Allgemeine Gestaltungsleitsätze – Risikobeurteilung und Risikominderung (ISO 12 100:2010); deutsche Fassung EN ISO 12 100:2010
- [7] DIN EN 1088: Sicherheit von Maschinen – Verriegelungseinrichtungen in Verbindung mit trennenden Schutzeinrichtungen – Leitsätze für Gestaltung und Auswahl; deutsche Fassung EN 1088:1995 + A2:2008
- [8] Produktsicherheitsgesetz, <http://www.baua.de/de/Produktsicherheit/Marktueberwachung/ProdSG.html/>
- [9] Produkthaftungsgesetz, Bundesministerium der Justiz, <http://www.gesetze-im-internet.de/prodhaftg/index.html>
- [10] Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG), Bundesministerium für Arbeit und Soziales, <http://www.bmas.de/DE/Service/Gesetze/arbschg.html>
- [11] Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV), Bundesministerium für Arbeit und Soziales, <http://www.bmas.de/DE/Service/Gesetze/betrnichv.html>

Dipl.-Ing. Ralf Apfeld
IFA – Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung,
Alte Heerstraße 111
53757 Sankt Augustin

Tel.: 02241 231-02
Fax: 02241 231-2234
ifa@dguv.de



Was muss ein Konstrukteur oder auch der Verkäufer einer Maschine beachten, wenn die Maschine in der Europäischen Union zum Einsatz kommen soll? Diese Frage beantwortet das vorliegende Buch. In dreißig Aufsätzen stellt es die einschlägigen Regelungen der Maschinensicherheit vor und spannt dabei den Bogen von der funktionalen Sicherheit bis zur Fluidtechnik und zur Druckgeräterichtlinie.

Das Buch wendet sich an Konstrukteure im internationalen Maschinen- und Anlagenbau sowie an die Sicherheitsingenieure in den Unternehmen, die die Maschinen betreiben.

Als Autoren der Beiträge konnten Experten gewonnen werden, die die jeweilige Thematik verständlich, umfassend und herstellerunabhängig darstellen.

www.schmersal.com