DGUV
Fachbereich Holz und Metall
Berufsgenossenschaft
Holz und Metall

Fachbereich AKTUELL

FBHM-002

Prozessbeobachtung in der Fertigung

Sachgebiet Maschinen, Robotik und Fertigungsautomation
Stand: 26.10.2023

Die Anforderungen an die Arbeitssicherheit von Maschinen und maschinellen Anlagen werden durch europaweit geltende Richtlinien und Normen bestimmt. Bei automatischen Maschinen existiert aufgrund des komplexen Fertigungsablaufs ein deutlich höheres Gefährdungsrisiko als bei manuell gesteuerten Maschinen. Diesem Aspekt tragen die Anforderungen der Richtlinien und Normen im Allgemeinen dadurch Rechnung, dass die Arbeitsräume für Maschinen und Bedienpersonen bei automatischen Maschinen durch Schutzeinrichtungen getrennt sind. In wenigen Ausnahmefällen, zum Beispiel beim Einrichten oder bei manuellem Betrieb, wird der Bedienperson gestattet, den Prozess bei geöffneten trennenden Schutzeinrichtungen mit ersatzweise wirksamen Sicherheitseinrichtungen zu beobachten, zum Beispiel unter Verwendung eines Zustimmungsschalters. Die Beobachtung eines automatischen Ablaufs ist nach den meisten Normen nicht gestattet.

Inhaltsverzeichnis

1 Werkzeugmaschine 2
2 Industrieroboter 2
3 Verantwortungsvolles Handeln 3
4 Zusammenfassung und Anwendungsgrenzen 3

Anlage: Entscheidungsprozess und neun Kriterien zur zusätzlichen Betriebsart Prozessbeobachtung 5

Diese Vorgehensweise ist auch für den größten Teil der Maschinen richtig und ausreichend, wird doch so ein Höchstmaß an Sicherheit für die Nutzenden erreicht. Bei bestimmten Fertigungsabläufen hat sich aber gezeigt, dass es unter Umständen nicht genügt, nur Abläufe wie das Einrichten oder den manuellen Betrieb zu beobachten. Manchmal muss auch ein automatischer Prozess zeitweise beobachtet werden (siehe auch DIN EN ISO 11161, Anhang D [1]).



Abbildung 1 − Prozessbeobachtung bei Einzelfertigung auf einem Bearbeitungszentrum.

Das ist besonders dann der Fall, wenn Werkstücke und Materialien in Einzelfertigung bearbeitet werden. Abweichungen vom vorbestimmten Ablauf können so erkannt und der Prozess kann durch gezielte Eingaben an der Steuerung optimiert werden.

1 Werkzeugmaschine

In der Einzelteilfertigung an Bearbeitungszentren kann es notwendig sein, dass die Bedienperson aus der Nähe zum Beispiel einen verdeckten Schnitt am Werkstück oder das Auffinden des Nullpunkts an geometrisch komplexen Werkstücken bei aufgehobener Schutzwirkung von Schutzeinrichtungen beobachten muss (Abbildung 1).

Soweit es möglich ist, werden dabei zunächst die nach der Norm DIN EN ISO 16090-1 [2] vorgegebenen Betriebsarten **Einrichten** (Betriebsart 2) und **Manueller Eingriff** (Betriebsart 3) mit den entsprechenden Geschwindigkeitsvorgaben und Sicherheitseinrichtungen angewendet. Darüber hinaus ist es möglich, dass für bestimmte Abläufe zum Beispiel die Geschwindigkeitsvorgaben der Norm nicht ausreichen oder der Gebrauch des Zustimmungsschalters über einen längeren Zeitraum aus ergonomischen Gründen nicht umsetzbar ist. Ein Loslassen des Zustimmungsschalters kann zu erheblichem Schaden am Material und/oder an der Maschine führen. In diesem Fall ist es erforderlich, eine zusätzliche Betriebsart vorzusehen. Die Prinzipien zur Auslegung einer solchen zusätzlichen Betriebsart sind in der Anlage als Entscheidungsprozess mit neun Kriterien dargestellt.

Im Kern geht es bei der zusätzlichen Betriebsart darum, nach erfolgtem Nachweis der „Unvermeidbarkeit“ einer solchen Betriebsart ein aus technischen Schutzmaßnahmen und Verhaltensanforderungen bestehendes Sicherheitspaket zusammenzustellen, das der Bedienperson einen nach dem Stand der Technik größtmöglichen Schutz bietet. Das lässt auch die Maschinenrichtlinie im Anhang I ausdrücklich zu (siehe Maschinenrichtlinie 2006/42/EG Anhang I Abschnitt 1.2.5 und Allgemeine Grundsätze Nr. 3) [3].

Die technischen Sicherheitsmaßnahmen sollten so ausgeführt sein, dass auch einem vorhersehbaren Missbrauch vorgebeugt wird. So sollte durch Einschränkung von Geschwindigkeiten und Verfahrwegen sowie Abschaltung der für die zusätzliche Betriebsart unnötigen Bewegungen, zum Beispiel Werkzeugwechsler und/oder Drehachse, einem Dauerbetrieb bei geöffneten Türen entgegengewirkt werden.

2 Industrieroboter

Für Industrieroboter gilt DIN EN ISO 10218-1 [4]. Die Vorgaben für die Beobachtung von Prozessen sind denen bei Werkzeugmaschinen ähnlich. Zwar existiert zur Programmüberprüfung eine Betriebsart, bei der der Automatikbetrieb beobachtet werden kann, jedoch auch hier nur unter Verwendung eines Zustimmungsschalters.

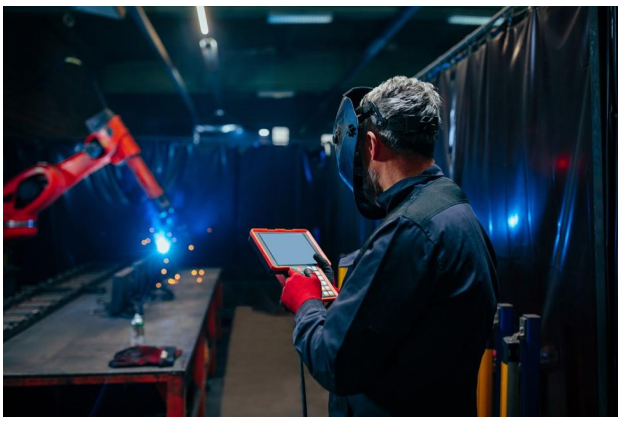


Abbildung 2 − Prozessbeobachtung und Optimierung beim Auftragschweißen mit Robotern

Im Beispiel nach Abbildung 2 werden im Auftragschweißverfahren hochwertige Teile mit Robotern aufgearbeitet. Der Schweißprozess muss von Zeit zu Zeit aus der Nähe beobachtet werden, um die Schweißparameter zu optimieren. Die Verwendung eines Zustimmungsschalters ist wie in dem Beispiel oben aus ergonomischen Gründen nicht umsetzbar. Der Zustimmungsschalter kann nur über einen gewissen Zeitraum betätigt werden. Auch in diesem Fall werden vorrangig alle nach DIN EN ISO 10218-1 vorgesehenen Betriebsarten mit den zugeordneten Sicherheitsmaßnahmen angewendet. Für den Fall der Prozessbeob-

achtung muss eine zusätzliche Betriebsart vorgesehen werden.

3 Verantwortungsvolles Handeln

Im Rahmen dieser “Fachbereich AKTUELL“ können die Maßnahmen für die zusätzliche Betriebsart „Prozessbeobachtung“ nicht im Einzelnen und nicht vollständig bestimmt werden. Das ist aufgrund der Vielzahl von Situationen, die eine solche Betriebsart erfordern, nicht möglich.

Die im Entscheidungsprozess und in den neun Kriterien angegebenen Merkmale sind Anregungen für ein verantwortungsvolles Herangehen, wenn der Hersteller aufgrund der von ihm gemäß DIN EN ISO 12100 [5] vorgenommenen Risikoanalyse erkennt, dass für die bestimmungsgemäße Verwendung die nach den Richtlinien und Normen vorgegebenen konstruktiven Maßnahmen sowie Maßnahmen durch trennende Schutzeinrichtungen zur Risikominderung nicht vollständig angewendet werden können. Diese Vorgehensweise muss in intensivem Kontakt mit dem zukünftigen Betreiber stattfinden, um besonders auch die Verhaltensanforderungen an das Bedienpersonal richtig analysieren und umsetzen zu können. Es darf auf keinen Fall eine Überbrückung der Schutzeinrichtungen ohne zusätzliche Sicherheitsmaßnahmen erfolgen, auch nicht mit versteckt angebrachten Schlüsselschaltern!

4 Zusammenfassung und Anwendungsgrenzen

Besondere Bearbeitungsgänge, wie die Bearbeitung an verdeckten Konturen oder eine Prozessbeobachtung bei komplexen Werkstückgeometrien an Metallbearbeitungsmaschinen, erfordern unter Umständen zusätzlich zu den in Europäischen Normen vorgesehenen Betriebsarten eine weitere Betriebsart, die eine zeitweise Beobachtung eines automatischen Prozesses bei geöffneten trennenden Schutzeinrichtungen unter Anwendung zusätzlicher Sicherheitsmaßnahmen zulässt.

Mit dem Entscheidungsprozess und den neun Kriterien zur zusätzlichen Betriebsart Prozessbeobachtung (siehe Anlage) wird ein mögliches Konzept aufgezeigt, nach dem Maschinen verantwortungsvoll und konform mit den europäischen Richtlinien gestaltet werden können. Es ist vorgesehen, diese Vorgehensweise weiter in die Normung einzuspeisen.

Diese „Fachbereich AKTUELL“ (vorher DGUV-Information) beruht auf dem durch den Fachbereich Holz und Metall, Sachgebiet Maschinen, Robotik und Fertigungsautomation der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung DGUV zusammengeführten Erfahrungswissen sowie Erkenntnissen aus dem Unfallgeschehen auf dem Gebiet Werkzeugmaschinen/Industrieroboter. Sie ist in Zusammenarbeit mit herstellenden und betreibenden Firmen erarbeitet worden.

Diese Schrift soll besonders die Hersteller von Maschinen unterstützen und Ihnen dabei helfen, die Anforderungen des Regelwerks umzusetzen.

Die Bestimmungen nach einzelnen Gesetzen und Verordnungen bleiben durch diese „Fachbereich AKTUELL“ unberührt. Die Anforderungen der gesetzlichen Vorschriften gelten uneingeschränkt.

Um vollständige Informationen zu erhalten, ist es erforderlich, die in Frage kommenden Vorschriftentexte einzusehen.

Der Fachbereich Holz und Metall setzt sich unter anderem zusammen aus Vertretern und Vertreterinnen der Unfallversicherungsträger, staatlichen Stellen, Sozialpartnern, herstellenden und betreibenden Firmen.

Diese “Fachbereich AKTUELL“ ersetzt die gleichnamige DGUV-Information, Ausgabe 01/2018, Aktualisierungen wurden infolge von redaktionellen Anpassungen erforderlich.

Weitere „Fachbereich AKTUELL“ und Informationsblätter des Fachbereichs Holz und Metall stehen im Internet zum Download bereit [6].

Literatur:

[1] DIN EN ISO 11161, Sicherheit von Maschinen – Integrierte Fertigungssysteme – Grundlegende Anforderungen, Ausgabe 2010-10, Beuth-Verlag, Berlin

[2] DIN EN ISO 16090-1, Werkzeugmaschinen − Sicherheit − Bearbeitungszentren, Fräsmaschinen, Transfermaschinen, Ausgabe 2019-12, Beuth-Verlag, Berlin

[3] 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) − Amtsblatt der Europäischen Union L 157/24

[4] DIN EN ISO 10218-1 Industrieroboter − Sicherheitsanforderungen - Teil 1: Roboter, Ausgabe 2012-01, Beuth-Verlag, Berlin

[5] DIN EN ISO 12100, Sicherheit von Maschinen – Allgemeine Gestaltungsleitsätze – Risikobeurteilung und Risikominderung, Ausgabe 2011-03, Beuth-Verlag, Berlin

[6] Internet: www.dguv.de/fb-holzundmetall Publikationen oder www.bghm.de Webcode: <626>

Bildnachweis:

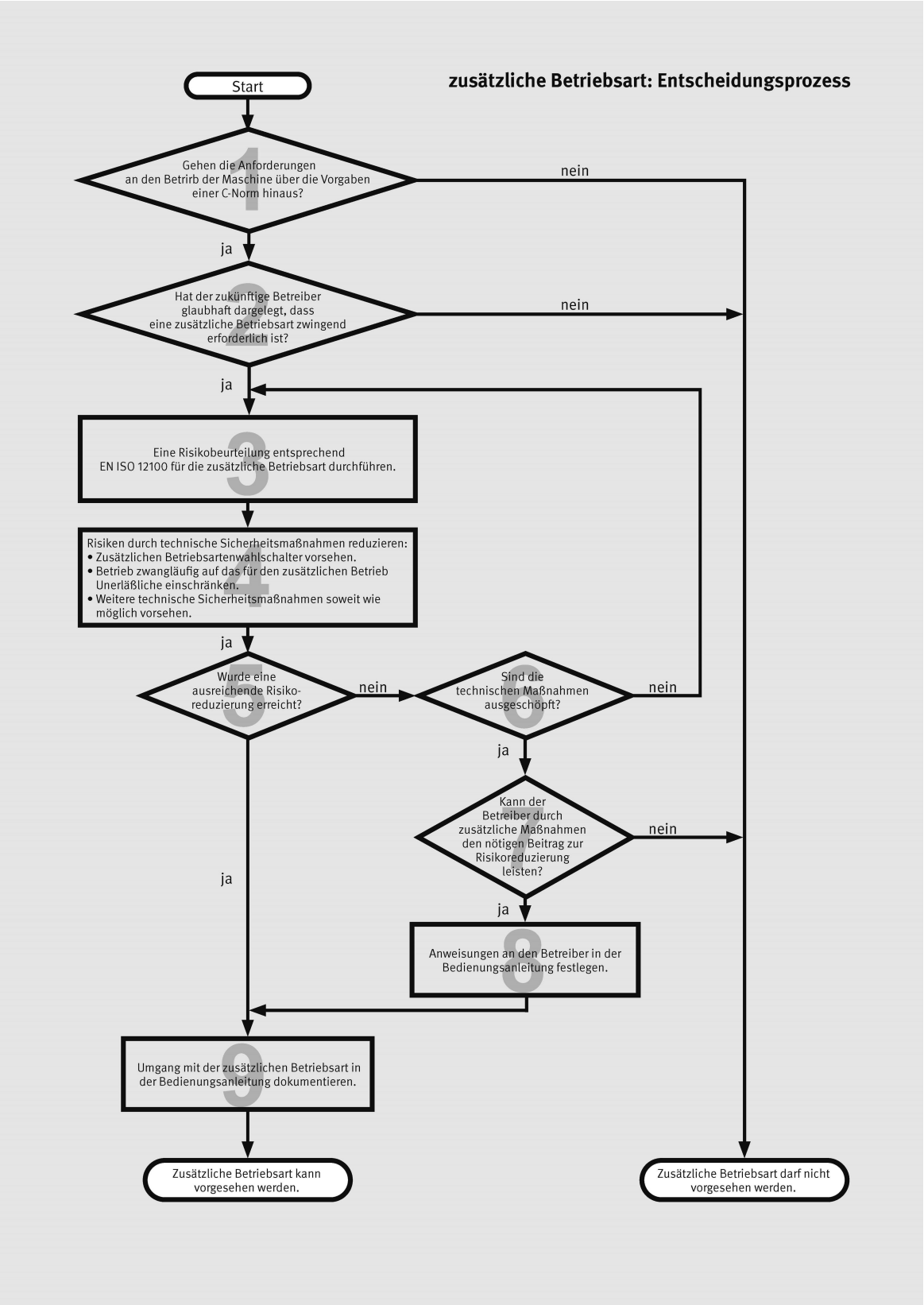
Die in dieser DGUV-Information des FB HM gezeigten Bilder wurden freundlicherweise zur Verfügung gestellt von:

Abbildung 1: BGHM (bei: Deckel MAHO Pfronten GmbH)

Abbildung 2: bernardbode – stock.adobe.com

Anlage: BGHM

Anlage: Entscheidungsprozess und neun Kriterien zur zusätzlichen Betriebsart Prozessbeobachtung



Neun Kriterien zur zusätzlichen Betriebsart "Prozessbeobachtung"
(die Nummerierung der Kriterien entspricht den Schritten im Entscheidungsprozess)

1. Stadium der Kundenanfrage, „näher" an den Bearbeitungsprozess heranzukommen.

   Ist der Bearbeitungsprozess mit den üblichen Betriebsarten bzw. mit den in der zutreffenden Produktnorm (Typ C-Norm) beschriebenen Betriebsarten zu steuern? Können zusätzliche Systeme, wie z.B. Videokamera oder Körperschallaufnehmer weiterhelfen?

2. Haben weitergehende Konsultationen mit dem zukünftigen Betreiber stattgefunden?

   Konnte der Betreiber überzeugend begründen, dass speziell für die vorgesehene Fertigung eine weitere Betriebsart nach dem Stand der Technik unausweichlich ist, z.B. wegen:

   - Fertigung von Gussrohteilen mit stark schwankenden Toleranzen
   - Bearbeitung an verdeckten Konturen
   - Spanabnahme im 1/100 mm Bereich
   - Korrektur von Schweißparametern beim Auftragsschweißen mit Robotern
   - Überdrehen langer Wellen mit Oberflächenfehlern (Druckstellen, Riefen, Anbackungen) bei möglichst geringer Spantiefe

   Wurden die Ergebnisse der Beratungen und insbesondere die Gründe für die weitere Betriebsart dokumentiert? Bleibt die Nutzung der zusätzlichen Betriebsart gegenüber dem Normalbetrieb auf ein notwendiges Maß im Rahmen der bestimmungsgemäßen Verwendung beschränkt?

   Hinweis: Formulare zum Ankreuzen einiger Fragen sind als Beleg der weitergehenden Konsultation zwischen Hersteller und Betreiber nicht ausreichend. Eine persönliche Konsultation muss in jedem Fall stattfinden.

3. Die „bestimmungsgemäße Verwendung" der Maschine unter Verwendung der zusätzlichen Betriebsart ist genau zu formulieren und in die Technische Dokumentation aufzunehmen. Bei der Risikobeurteilung ist auf die besonderen Bedingungen (Mensch nahe am Prozess) einzugehen. Hierbei müssen die durch den zusätzlichen Betrieb hinzukommenden Gefährdungen identifiziert und bewertet werden. In der Risikobeurteilung der Maschine oder in einer zusätzlichen Risikobeurteilung (bei Umbau), welche beim Hersteller aufzubewahren sind, ist auf die zusätzliche Betriebsart einzugehen.

4. Die höchste Priorität bei der Risikominderung hat die Vermeidung der Gefahren durch konstruktive Maßnahmen. Falls dies jedoch nur schwer zu bewerkstelligen ist, kommen insbesondere technische Schutzmaßnahmen zur Risikominderung in Betracht (und weiter, soweit erforderlich, organisatorische Maßnahmen siehe Schritt 7/8). Die technischen Maßnahmen müssen zum Ziel haben, einerseits die Risiken zu mindern, andererseits aber auch die zusätzliche Betriebsart weitestgehend ausschließlich auf das Nötige einzuschränken, um Missbrauch vorzubeugen, z.B. durch:

   - Sichere Begrenzung der technologisch maximal notwendigen Geschwindigkeiten und Verfahrwege
   - Manueller Spindelstart nach Spindelstillstand
   - Sichere Abschaltung derjenigen gefahrbringenden Bewegungen/Achsen, die für diese Betriebsart nicht benötigt werden
   - Kein automatischer Werkzeugwechsel
   - Kein Palettenwechsel
   - Kein Kühlschmierstoff mit Hochdruck
   - Kein Betrieb eines offenen Späneförderers
   - Manuelle Quittierung der Kühlmittelfreigabe (Augenverletzung)
   - Leichte Erreichbarkeit von Einrichtungen zum Stillsetzen im Notfall (Not-Halt)
   - separater Schlüsselschalter oder gleichwertige Wahlmöglichkeit

5. Wenn durch die technischen Maßnahmen eine ausreichende Risikoreduzierung erreicht wurde, kann die zusätzliche Betriebsart vorgesehen werden.

6. Der iterative Prozess ist fortzusetzen, bis die technischen Maßnahmen ausgeschöpft sind.

7. Ergibt die unter Schritt 5. erstellte Risikobewertung, dass das Restrisiko nicht akzeptabel ist, so ist zu prüfen, ob der zukünftige Betreiber durch zusätzliche Maßnahmen den nötigen Beitrag zur Risikominderung leisten kann wie z.B.:

   - Besondere Qualifizierung der Mitarbeiter
   - Regelmäßige Unterweisungen (schriftlicher Nachweis)
   - Persönliche Schutzausrüstungen, z.B. Schutzbrille, Schutzschuhe
   - Anbringen einer Betriebsanweisung zur zusätzlichen Betriebsart an der Maschine

   Kann der Betreiber dies nicht, so darf für die Maschine keine zusätzliche Betriebsart vorgesehen werden (siehe hierzu Betriebssicherheitsverordnung)

8. Ist der Betreiber in der Lage, durch organisatorische Maßnahmen (z. B. Bedienerqualifikation, PSA - Persönliche Schutzausrüstung) den nötigen Beitrag zur Risikominderung zu leisten, so werden diese Maßnahmen in Abstimmung zwischen Hersteller und Betreiber dokumentiert und als Anforderung in die Betriebsanleitung aufgenommen.

9. Abschließend werden sämtliche mit der zusätzlichen Betriebsart in Zusammenhang stehenden Informationen in der Betriebsanleitung dokumentiert:

   - Bestimmungsgemäße Verwendung, ergänzt um die Verwendung der zusätzlichen Betriebsart (vgl. Schritt 3.)
   - Begründung des Betreibers, weshalb zusätzliche Betriebsart zwingend erforderlich
   - Vorhersehbarer Missbrauch
   - Bedienungs- und Funktionsbeschreibung
   - Organisatorische Maßnahmen durch den Betreiber entsprechend Schritt 7. und 8.
   - Sonstige Anforderungen hinsichtlich Wartung und Kontrolle

Herausgeber

Deutsche Gesetzliche
Unfallversicherung e.V. (DGUV)

Glinkastraße 40
10117 Berlin
Telefon: 030 13001-0 (Zentrale)
Fax: 030 13001-9876
E-Mail: info@dguv.de
Internet: www.dguv.de

Sachgebiet Maschinen, Robotik und
Fertigungsautomation
im Fachbereich Holz und Metall
der DGUV www.dguv.de

Die Fachbereiche der DGUV werden von den Unfallkassen, den branchenbezogenen Berufsgenossenschaften sowie dem Spitzenverband DGUV selbst getragen. Für den Fachbereich Maschinen, Robotik und Fertigungsautomation ist die Berufsgenossenschaft Holz und Metall der federführende Unfallversicherungsträger und damit auf Bundesebene erster Ansprechpartner in Sachen Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit für Fragen zu diesem Gebiet.