

Sicherheitsfunktionen nach DIN EN ISO 13849-1 bei überlagerten Gefährdungen

In Arbeitsbereichen an komplexen Fertigungssystemen und Werkzeugmaschinen kann es zu Überlagerungen von Gefährdungen durch gefahrbringende Bewegungen kommen, hervorgerufen z. B. durch eine Vielzahl gelegter Achsantriebe. Dieses Fachausschuss-Informationsblatt beschreibt eine mit Arbeitsschutzexperten und dem Institut für Arbeitsschutz der DGUV abgestimmte Vorgehensweise, die es unter Anwendung der DIN EN ISO 13849-1 [1] oder DIN EN 62061 [2] erlaubt, Sicherheitsfunktionen bei überlagerten Gefährdungen abzubilden und zu berechnen.

Blick auf die Achsen
B₁, C₁, S₁, S₂, S₃, S₄,
X₁, X₂, Y₁, Z₁, Z₂, Z₄
in einer Werkzeugmaschine

Bild 1: Achsschema einer Werkzeugmaschine

Überlagerte Gefährdungen sind charakterisiert durch das gleichzeitige Einwirken mehrerer Einzelgefährdungen auf eine oder mehrere zu schützende Personen, Körperteile oder Gliedmaßen, welche sich an einem Ort aufhalten oder gefahrbringende Bereiche erreichen können (siehe Bild 1).

Unter einer Einzelgefährdung wird sowohl die Bewegung einer einzelnen Achse, als z. B. auch eine Gefährdung durch die Bewegung eines gesamten Maschinenteils verstanden. Resultiert also die Bewegung eines Maschinenteils aus dem kinematischen Zusammenwirken einer oder mehrerer Achs- und Spindelantriebe (z. B. ein Fräswerkzeug am Support eines Bearbeitungszentrums), so kann dies als Einzelgefährdung betrachtet werden.

1 Ausgangslage

Die Betrachtung von Einzelgefährdungen ist in der Sicherheitstechnik gängige Praxis und hat sich bewährt. Aus der probabilistischen Be-

Inhaltsverzeichnis

- 1 Ausgangslage
- 2 Praktische Behandlung überlagerter Gefährdungen

trachtung nach DIN EN ISO 13849-1 oder DIN EN 61508 [3, 4] und DIN EN 62061 und der Risikobeurteilung für eine Gefährdungssituation ergibt sich jedoch, dass auch die Überlagerung von Gefährdungen betrachtet werden muss. Eine Diskussionsvorlage zu den Auswirkungen des probabilistischen Ansatzes auf die Betrachtung überlagerter Gefährdungen findet sich in [5], welcher durch dieses Fachausschuss-Informationsblatt präzisiert und erweitert wird.

Auf Grund der weitgefächerten Bandbreite von Gefährdungssituationen an den oben genannten Mensch-Maschine-Schnittstellen kann dieses Fachausschuss-Informationsblatt hinsichtlich deren Betrachtungsweise keine universelle bzw. allgemeingültige Festlegung geben. Es ist sowohl die Freiheit als auch die Aufgabe der Normung diesbezüglich maschinenspezifische Festlegungen in den jeweiligen Produkt- oder C-Normen zu beschreiben.

Problematisch ist, dass für Mensch-Maschine-Schnittstellen, auf die eine hohe Anzahl überlagerter Gefährdungen wirken, eine ausreichend kleine Ausfallwahrscheinlichkeit aller beteiligten sicherheitsbezogenen Steuerungsteile (Sensoren, Logik, mehrere Aktoren) kaum oder nur mit sehr hohem rechnerischen Aufwand (z.B. Markov-Modellierung) nachweisbar ist.

Ferner erhöhen überlagerte Gefährdungen mit unterschiedlichem Risiko (mit unterschiedlichem PL_r oder SIL) die Komplexität der Bestimmung der Ausfallwahrscheinlichkeit von Sicherheitsfunktionen, welches wiederum den Aufwand der Berechnung drastisch erhöht.

2 Praktische Behandlung überlagerter Gefährdungen

Eine genaue Überprüfung, welche Gefährdungen sich in einem konkreten Gefährdungsbereich tatsächlich überlagern, ist unerlässlich. Dabei sind die Maße der gefährdeten Körperteile und die bestimmungsgemäßen Handlungen des Maschinenpersonals genauso zu berücksichtigen

Zusammenfassung der Achsen aus Bild 1 zu Gruppen:

E1: S₁, C₁

E2: B₁, S₃, X₁, Y₁, Z₁

E3: S₂, Z₄

E4: S₄, X₂, Z₂,

Bild 2: Unterschiedliche Einzelgefährdungen am Beispiel einer Werkzeugmaschine

wie die Bewegungsmöglichkeiten der gefährdenden Maschinenteile (z. B. durch Mehrachskinematik bewirkte vektorielle Bewegungen oder translatorische Einachsbewegungen).

Abhängig von der individuellen Risikobeurteilung ist es in der Praxis erlaubt, Sicherheitsfunktionen abzubilden, die, obwohl von überlagerten Gefährdungen gebildet, auf der Betrachtung deren Einzelgefährdungen basieren.

Leisten jedoch mehrere Aktoren (z. B. Schütze, Ventile, Antriebsregler) einen Beitrag zur Risikoreduzierung derselben Einzelgefährdung, müssen alle diese Aktoren in einer Sicherheitsfunktion zusammen betrachtet werden. Anders ausgedrückt: Alle Aktoren, die gefahrbringende Bewegungen ein und desselben Maschinenteils hervorrufen können, müssen in einer Sicherheitsfunktion zusammen betrachtet werden.

Wenn die individuelle Risikobeurteilung an der Maschine zur einer differenzierten Gefährdungsbeurteilung mit unterschiedlichen PL_r oder SIL führt, ist es in der Praxis erlaubt, Sicherheitsfunktionen abzubilden, die auf der Betrachtung von Einzelgefährdungen basieren.

Beispiele:

1. Resultiert die Bewegung eines Fräasers einer Werkzeugmaschine aus dem kinematischen Zusammenwirken von mehreren Einzelachsbewegungen, müssen alle diese Bewegung auslösenden Aktoren in einer Sicherheitsfunktion zusammengefasst werden. Die resultierende Bewegung setzt sich z.B. aus fünf Einzelbewegung zusammen, drei translatorischen Bewegungen in X₁, Y₁, Z₁-Richtung, einer Schwenkbewegung B₁ und einer rotatorischen Bewegung S₃ (siehe Bild 2, Einzelgefährdung E2).
2. Bewegungen eines einzigen Mehrachsroboters müssen in einer Sicherheitsfunktion zusammengefasst betrachtet werden (mehrere Roboter nebeneinander werden separat betrachtet).
3. Mehrere Spanneinrichtungen, die zusammen ein Teil festhalten (Ausfall einer der Spanneinrichtungen führt zum Lösen des Teils), müssen in einer Sicherheitsfunktion zusammengefasst werden.

Sicherheitsfunktionen nach DIN EN ISO 13849-1 bei überlagerten Gefährdungen

Aus der Einzelbetrachtung kann nach Beispiel 1 die in Bild 2 gezeigte Berücksichtigung der von Antriebsachsen ausgehenden Gefährdungen beim Ableiten von Sicherheitsfunktionen ergeben. Das Bild zeigt beispielhaft vier rot umkreiste Einzelgefährdungen E1 bis E4 im Arbeitsraum einer Werkzeugmaschine:

E1: rotatorische (S_1) und translatorische (C_1 , zur außermittigen Bearbeitung) Bewegung der linken Werkstückspindel

E2: rotatorische (S_3) und translatorische (X_1, Y_1, Z_1) Bewegung und Schwenkbewegung (B_1) der Frässpindel

E3: rotatorische (S_2) und translatorische (Z_4) Bewegung der rechten Werkstückspindel

E4: rotatorische (S_4) und translatorische Bewegung (X_2, Z_2) einer Werkzeugspindel (der Werkzeugrevolver ist indexiert, sodass dessen rotatorische Bewegung hier nicht betrachtet werden muss)

Aus diesen vier Einzelgefährdungen ergeben sich somit vier Sicherheitsfunktionen SF1 bis SF4. Die Sicherheitsfunktion SF1 zu E1 umfasst z. B. einen Achs- und einen Spindeltrieb (C_1, S_1). Die Sicherheitsfunktion SF2 zu E2 umfasst z. B. die Achsantriebe X_1, Y_1, Z_1 , den Schwenkantrieb (B_1) und den Spindeltrieb (S_3).

Literatur:

- [1] DIN EN ISO 13849-1 Sicherheit von Maschinen - Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen - Teil 1: Allgemeine Gestaltungsgrundsätze, 2008-12
- [2] DIN EN IEC 62061 Sicherheit von Maschinen - Funktionale Sicherheit sicherheitsbezogener elektrischer, elektronischer und programmierbarer elektronischer Steuerungssysteme, 2005-10
- [3] IEC 61508-1 Funktionale Sicherheit sicherheitsbezogener elektrischer/elektronischer/programmierbarer elektronischer Systeme - Teil 1: Allgemeine Anforderungen, 2002-11 (vorgesehener Ersatz durch 65A/548/FDIS, 2009-12)
- [4] IEC 61508-5 Funktionale Sicherheit sicherheitsbezogener elektrischer/elektronischer/programmierbarer elektronischer Systeme - Teil 5: Beispiele zur Ermittlung der Stufe der Sicherheitsintegrität, 1998-11 (vorgesehener Ersatz durch IEC 65A/552/FDIS, 2009-12)
- [5] Apfeld, R.; Bömer, T.; Hauke, M.; Huelke, M.; Schäfer, M.: Praktische Erfahrungen mit der DIN EN ISO 13849-1. openautomation (2009) Nr. 6, S. 34-37