

Fachbereich AKTUELL

Schwerkraftbelastete Achsen

Vertikalachsen

FBHM-005

Sachgebiet Maschinen, Robotik und Fertigungsautomation (MRF)
 Stand: 17.08.2021

Inhaltsverzeichnis

1	Motorbremsen.....	1
2	Risikobeurteilung und steuerungstechnische Maßnahmen.....	2
3	Selbsttätig wirkende Tests zur Ertüchtigung vorhan- dener (Motor-) Bremsen.....	2
4	Bremsen mit Not-Stopp- Eigenschaften.....	3
5	Bereits in Verkehr befindliche Anlagen	3
6	Bremsen als Sicherheitsbauteil.....	4
7	Zusammenfassung und Anwendungsgrenzen	4

Während bei horizontalen Bewegungen in der automatischen Fertigung davon ausgegangen werden kann, dass im energielosen Zustand infolge Schwerkraft keine Gefährdungen für Personen entstehen, sind bei vertikalen Verfahrbewegungen im Rahmen der Risikobeurteilung auch die Risiken des ungewollten Herabsinkens zu betrachten. Diese Gefährdungen treten hauptsächlich auf

- bei Linearrobotern (Abbildung 1) zur Handhabung schwerer Teile, zum Beispiel Motoren oder Getriebe,
- bei Gelenkarmrobotern,

- innerhalb von Maschinen, zum Beispiel bei vertikalen Achsen von Bearbeitungszentren oder Drehzentren.

Wenn durch die prozessbedingt vorhandenen Haltebremsen kein ausreichender Schutz gegen ungewolltes Herabsinken erreicht wird, können steuerungstechnische Maßnahmen zur Minderung des Gefährdungsrisikos beitragen.



Abbildung 1 – Vertikalachsen

1 Motorbremsen

Während des fertigungstechnischen Ablaufs werden Vertikalachsen bei Stillstand üblicherweise allein durch die im Antriebsmotor eingebaute Haltebremse gehalten. Durch mechanischen Verschleiß oder Verölen kann es dazu kommen, dass das Nennhaltmoment der Brem-

sen unterschritten wird. Das kann zum ungewollten Herabsinken oder zum Absturz der Achse führen.

Aus der Sicht des Arbeitsschutzes sind die Fälle zu betrachten, bei denen Personen Zutritt zu den Gefahrenbereichen haben und bei denen ein vollständiger oder teilweiser Aufenthalt unter der Achse möglich ist, zum Beispiel beim Einlegen von Teilen, beim Einrichten, bei der Instandhaltung und ähnlichen Tätigkeiten. Wenn ein Versagen der Haltebremsen in diesen Situationen nicht ausgeschlossen werden kann, müssen Maßnahmen zur Risikominderung getroffen werden.

2 Risikobeurteilung und steuerungstechnische Maßnahmen

Entsprechend der Maschinenrichtlinie [1] Anhang I sind alle Herstellerinnen und Hersteller von Maschinen verpflichtet, eine Risikobeurteilung zu erstellen. Eine spezielle Norm zur Beurteilung der Gefährdungen an Vertikalachsen existiert nicht. DIN EN ISO 12100 [2] gibt allgemeine Hinweise zur Durchführung der Risikobeurteilung an Maschinen einschließlich der Gefährdungsermittlung.

Im Anhang B der DIN EN ISO 12100 befindet sich eine hilfreiche Tabelle mit möglichen Gefährdungen, die bei Maschinen in Betracht zu ziehen sind, unter anderem infolge der Schwerkraft. In Abhängigkeit vom praktischen Einsatzfall und vom zu mindernden Risiko sind unterschiedliche sicherheitstechnische Einrichtungen zur Verhinderung des ungewollten Herabsinkens von Vertikalachsen geeignet (siehe Tabelle 3).

Die in Tabelle 1 aufgeführten Beispiele sollen eine Hilfestellung bei der Risikobeurteilung entsprechender Anlagen geben. Anhand typischer Gefährdungssituationen werden geeignete technische und organisatorische Maßnahmen zur Verhinderung des ungewollten Herabsinkens aufgezeigt. Neben den Maßnahmen in Tabelle 1

existieren in den zutreffenden EG-Richtlinien und Normen selbstverständlich weitere Anforderungen zur Arbeitssicherheit der betreffenden Maschinen, deren Gültigkeit unberührt bleibt.

3 Selbsttätig wirkende Tests zur Ertüchtigung vorhandener (Motor-) Bremsen

Die Übersicht in Tabelle 1 berücksichtigt entsprechend den Grundsätzen der Risikobetrachtung die Aufenthaltsdauer, die Schwere der möglichen Verletzung und die Wahrscheinlichkeit des Eintretens der gefährlichen Situation. Dementsprechend werden an besonders exponierten Arbeitsplätzen mit großer Aufenthaltsdauer oder häufigem Zugriff redundant wirkende Maßnahmen entsprechend DIN EN ISO 13849-1 Kategorie 3 vorgeschlagen [3]. Weitere Erläuterungen zur Umsetzung der Maßnahmen nach Kategorie 3 enthält Tabelle 2.

Für andere Tätigkeiten, bei denen zum Beispiel eine schützende Konstruktion den Zutritt unter die Vertikalachse verhindert oder die Wahrscheinlichkeit des Eintritts der Gefährdungssituation und die Aufenthaltsdauer geringer sind, kann ein zyklischer Test der nur einmal vorhandenen Motorbremse (Bremsentest) eine sehr wirkungsvolle Maßnahme sein. Dabei wird die Bremse, zum Beispiel eine Motorbremse, mit einem Testmoment beaufschlagt. Dieser Test sollte entsprechend den Anforderungen von DIN EN ISO 13849-1, Kategorie 2 ausgeführt werden (siehe Tabelle 2). Das heißt, dass der Test selbsttätig während der normalen Produktion, zum Beispiel während eines prozessbedingten Halts, bei Betriebsartenwechsel oder Ähnlichem stattfinden muss. Wenn das nicht möglich ist, muss der Test spätestens vor Freigabe des Zugangs durch eine trennende zugehaltene Schutzeinrichtung erfolgen.

Nach DIN EN ISO 13849-1 ist für Steuerungssysteme der Kategorie 2 (Testung) die Testrate 100-mal häufiger als die Anforderung der Sicherheitsfunktion anzusetzen. Aufgrund der

für Vertikalachsen gegebenen Risiken, das heißt besonders aufgrund des Unfallgeschehens, wird eine derart hohe Testrate als praktisch nicht erforderlich gesehen. Eine Berechnung des Performance-Levels ist deshalb mit den nach DIN EN ISO 13849-1 vorgesehenen vereinfachten Modellen nicht möglich.

4 Bremsen mit Not-Stopp-Eigenschaften

Falls die Bremsen neben sicherem Hochhalten auch Not-Stopp-Eigenschaften übernehmen sollen (zum Beispiel bei Not-Halt Betätigung) wird darauf hingewiesen, dass die selbsttätig wirkenden statischen Tests der Bremsen in Bezug auf mangelnde oder zurückgehende Not-Stopp-Eigenschaften keinen vollständigen Aufschluss liefern. Das heißt, dass trotz erfolgreich bestandenen statischen Bremsentest ein geringfügig vergrößerter Nachlaufweg bei Not-Stopp möglich ist, da die physikalischen Eigenschaften der Bremse dynamisch und statisch unterschiedlich wirken. Die Risikobeurteilung des Maschinenherstellers muss in diesen Fällen Aufschluss darüber geben, ob zum Beispiel ein im Laufe der Lebensdauer geringfügig veränderter Nachlaufweg in Not-Stopp-Situationen ein nicht akzeptables Risiko darstellt.

Um die Bremsen möglichst nicht mit Not-Stopp-Beanspruchungen zu beaufschlagen, sollte im Not-Halt-Fall ein Kategorie-1-Stopp (geführtes Stillsetzen) bevorzugt werden.

5 Bereits in Verkehr befindliche Anlagen

Die oben beschriebenen Maßnahmen zur Verbesserung der Arbeitssicherheit an Vertikalachsen sind vorzugsweise zur Anwendung an neu in Verkehr zu bringenden Anlagen geeignet.

Maschinen und Anlagen, die bereits in Verkehr gebracht wurden (Altanlagen), müssen den

Anforderungen der Betriebssicherheitsverordnung [4] und den Unfallverhütungsvorschriften der Unfallversicherungsträger (DGUV Vorschriften) entsprechen.

Die danach festzulegenden sicherheitstechnischen Maßnahmen müssen nicht zwingend dasselbe Niveau erreichen wie beim Inverkehrbringen nach Maschinenrichtlinie. Maßgebend ist der Stand der Technik beim erstmaligen Inverkehrbringen und die Fortschreibung des Stands der Technik durch die DGUV Vorschriften.

Besonders steuerungstechnische Maßnahmen zur Risikominderung haben sich vornehmlich erst aufgrund jüngster Erkenntnisse etabliert. Steuerungstechnische Maßnahmen lassen sich aufgrund der bereits vorhandenen Hard- und Software nicht ohne Weiteres nachrüsten. Dementsprechend müssen Arbeitgeber und Arbeitgeberinnen nach § 4 der BetrSichV dann Maßnahmen treffen, um die Gefährdung so gering wie möglich zu halten. Können durch technische Schutzmaßnahmen die Risiken nicht ausreichend gemindert werden, müssen organisatorische Maßnahmen den nötigen Beitrag zur Risikominderung leisten (Vermeiden des Aufenthalts unter der Achse, Unterbauen etc.). Die Beschäftigten müssen außerdem durch Unterweisungen in die Lage versetzt werden, Gefährdungen hinreichend einschätzen zu können. Ein wesentliches Element in diesem Zusammenhang sollte auch das Vorsehen von wiederkehrenden Prüfungen zur Feststellung von gefährlichen Verschleißzuständen sein. Art, Umfang, Prüffristen und der Befähigungsgrad der mit der Prüfung beauftragten Personen sind vom Betreiber festzulegen. Die zur Prüfung befähigte Person muss aufgrund ihrer fachlichen Ausbildung und Erfahrung ausreichende Kenntnisse auf dem Gebiet des zu prüfenden Arbeitsmittels haben und mit den einschlägigen staatlichen Arbeitsschutzvorschriften, DGUV Vorschriften und allgemein anerkannten Regeln der Technik (zum Beispiel vom Ausschuss für Betriebssicherheit ermittelte Regeln, DGUV Regeln, DIN-Normen, VDE-Bestimmungen, technische Regeln anderer Mitgliedsstaaten der Europäischen Union oder

anderer Vertragsstaaten des Abkommens über den Europäischen Wirtschaftsraum) soweit vertraut sein, dass sie den arbeitssicheren Zustand des Arbeitsmittels beurteilen kann.

6 Bremsen als Sicherheitsbauteil

Bremsen zum Hochhalten von Vertikalachsen können als Sicherheitsbauteil nach Maschinenrichtlinie 2006/42/EG Artikel 2 Nr. c) eingestuft werden. Voraussetzung ist, dass die Bremsen gesondert, das heißt unabhängig von der Maschine oder vom Antriebsmotor, in Verkehr gebracht werden. In diesem Fall müssen die für Maschinen geltenden Konformitätsbewertungsverfahren angewendet werden. Das heißt unter anderem, dass eine EG-Konformitätserklärung erstellt und die CE-Kennzeichnung vorgenommen werden muss.

Für Motorbremsen gelten diese Bestimmungen nicht, da sie durch den Einbau im Antriebsmotor nicht gesondert in Verkehr gebracht werden.

In diesem Zusammenhang wird darauf hingewiesen, dass durch Prüfungen und Zertifizierungen nach Prüfgrundsatz Nr. GS-MF-28 der Nachweis einer betriebsbewährten Bremse (Kategorie 1, PLc) zertifiziert werden kann [5].

7 Zusammenfassung und Anwendungsgrenzen

Diese „Fachbereich AKTUELL“ beruht auf dem durch den Fachbereich Holz und Metall, Sachgebiet Maschinen, Robotik und Fertigungsautomation der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung DGUV zusammengeführten Erfahrungswissen und Erkenntnissen auf dem Gebiet der schwerkraftbelasteten Achsen, besonders der Vertikalachsen, und aus dem Unfallgeschehen.

Sie entstand in Zusammenarbeit mit den Herstellern von Industrierobotern einschließlich Linearrobotern und Handhabungssystemen, den Antriebs- und Steuerungsherstellern sowie den

Betreibern dieser Systeme, besonders aus dem Automobilbau. Außerdem sind die Ergebnisse der Beratungen im Verein Deutscher Werkzeugmaschinenfabriken (VDW) eingeflossen.

Die in dieser „Fachbereich AKTUELL“ angegebenen Maßnahmen zur Arbeitssicherheit sind das Ergebnis von Beratungen im Fachbereich Holz und Metall in Bezug auf eine verbesserte Arbeitssicherheit bei Tätigkeiten an oder in der Nähe von Vertikalachsen durch praxisnahe steuerungstechnische Maßnahmen gegen ungewolltes Herabsinken durch die Schwerkraft.

Diese „Fachbereich AKTUELL“ zeigt typische Gefahrensituationen in Verbindung mit Vertikalachsen und beschreibt geeignete Ansätze zur Risikominderung durch steuerungstechnische Maßnahmen. Andere, in diesem Merkblatt nicht beschriebene Maßnahmen gegen ungewolltes Herabsinken bleiben unberührt.

Betrachtet werden elektromotorisch angetriebene Vertikalachsen sowie geneigte Achsen mit in den Motor integrierter Bremse oder externer Bremse, die bei Versagen der Bremse schwerkraftbedingt herabsinken können. Relevante Anforderungen aus EG-Richtlinien und sonstigen Regeln der Technik bleiben unberührt. Die Entwicklung neuer Technologien sowie gleichwertige Lösungen werden durch dieses Informationsblatt nicht behindert. Die Übertragbarkeit der Erkenntnisse auf Maschinen und maschinelle Anlagen mit ähnlichen Gefährdungen wird nicht ausgeschlossen.

Die Maßnahmen können vorzugsweise Anwendung finden bei neu in Verkehr zu bringenden Anlagen. Auf Besonderheiten bei bereits in Verkehr befindlichen Anlagen wird gesondert eingegangen. Die Inhalte dieses Informationsblatt sind vorgesehen zur Einspeisung in das technische Regelwerk oder sind bereits eingeflossen.

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 und aktuellen Normen einzusehen.

Diese „Fachbereich AKTUELL“ ersetzt die gleichnamige Fassung, herausgegeben als Fachbereich-Informationsblatt FBHM-005, Ausgabe 09/2012. Aktualisierungen wurden infolge von redaktionellen Anpassungen erforderlich

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

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

Literatur:

[1] Richtlinie 2006/42/EG (Maschinenrichtlinie). Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften Nr. L 157/24.

[2] DIN EN ISO 12100: Sicherheit von Maschinen – Allgemeine Gestaltungsleitsätze – Risikobeurteilung und Risikominderung. März 2011

[3] DIN EN ISO 13849-1: Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen – Teil 1: Allgemeine Gestaltungsleitsätze. Juni 2016

[4] Verordnung über die Sicherheit und die Gesundheit bei der Verwendung von Arbeitsmitteln (Betriebssicherheitsverordnung – BetrSichV) vom 03. Februar 2015, (Bundesgesetzblatt I S. 49), zuletzt geändert durch Artikel 5 Absatz 7 der Verordnung vom 18. Oktober 2017 (BGBl. I S. 3584).

[5] Prüfgrundsatz Nr. GS-MF-28 Notfallbremsen mit Haltebremsfunktion für lineare Bewegungen. Prüf- und Zertifizierungsstelle Maschinen und Fertigungsautomation im DGUV Test, Isaac-Fulda-Allee 18 55124 Mainz. (Inhaltlich gleichlautend vorhanden bei IFA).

[6] Internet: www.dguv.de/fb-holzundmetall Publikationen

Bildnachweis:

Die in dieser „Fachbereich AKTUELL“ gezeigte Abbildung wurde freundlicherweise zur Verfügung gestellt von:

Abbildung 1 – Vertikalachsen

FIBRO LÄPPLE TECHNOLOGY GMBH

August-Läpple-Weg

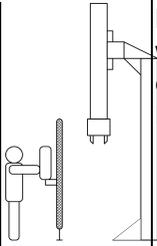
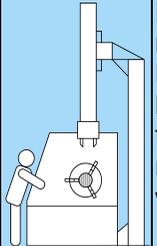
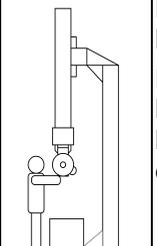
D-74855 Hassmersheim

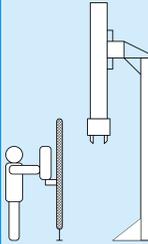
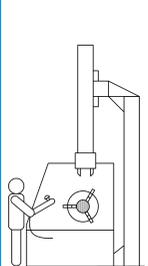
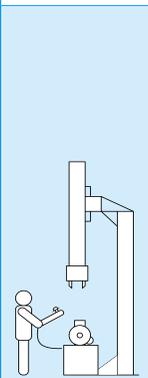
Tabellennachweis

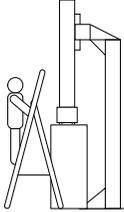
Tabellen 1, 2 und 3 – Fachbereich Holz und Metall, Sachgebiet Maschinen, Robotik und Fertigungsautomation

Anlage: Tabellen 1 bis 3

Tabelle 1 Typische Gefährdungssituationen und mögliche Schutzmaßnahmen

Betriebsart	Gefährdungssituation/Bestimmungsgemäße Verwendung	Schutzmaßnahme	
		Technische	Organisatorische
Automatik- Manueller Eingriff A1	 <p>Die Vertikalachse befindet sich während des manuellen Eingriffs in einer für die Bedienperson gefahrlosen Position (zugangsgesicherter Bereich).</p>	<ul style="list-style-type: none"> Für trennende Schutzeinrichtungen sind Zuhaltungen vorzusehen. Bei Zugang muss das unerwartete Anlaufen der Vertikalachse sicher verhindert sein¹⁾. 	<ul style="list-style-type: none"> Warnschild an der Maschine/Anlage: „Nicht unter der Vertikalachse aufhalten!“ In der Betriebsanleitung auf Gefahren durch Vertikalachse und schwebende Last hinweisen.
A2	 <p>Die Vertikalachse befindet sich innerhalb des Gefährdungsbereichs. Ein Aufenthalt unter der Vertikalachse mit dem ganzen Körper ist durch die Maschinen-/Anlagenkonstruktion verhindert und nicht vorgesehen. Eine Gefährdung besteht für die oberen Gliedmaßen. Eine geringe Aufenthaltsdauer wird vorausgesetzt.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Zyklischer Test der Bremseinrichtung durch die Maschinensteuerung entspr. DIN EN ISO 13849-1, Kategorie 2 (siehe Tabelle 2) Das unerwartete Anlaufen der Vertikalachse muss sicher verhindert sein¹⁾. 	<ul style="list-style-type: none"> Warnschild an der Maschine/Anlage: „Nicht unter der Vertikalachse aufhalten!“ In der Betriebsanleitung auf Gefahren durch Vertikalachse und schwebende Last sowie auf qualifiziertes Personal hinweisen. Abnahmetest in Bezug auf die Wirksamkeit des Bremsentests durch den Anlagenhersteller unter Verwendung eines Formblatts
A3	 <p>Die Vertikalachse befindet sich innerhalb des Gefährdungsbereichs. Ein Aufenthalt unter der Vertikalachse kann nicht verhindert werden (z. B. bestimmungsgemäße Bestückungs- oder Montageaufgaben).</p>	<ul style="list-style-type: none"> Redundante Einrichtung zur Absturzsicherung entsprechend DIN EN ISO 13849-1, Kategorie 3, PLc (siehe Tabelle 2) Das unerwartete Anlaufen der Vertikalachse muss sicher verhindert sein¹⁾. 	<ul style="list-style-type: none"> Warnschild an der Maschine/Anlage: „Nicht unter der Vertikalachse aufhalten!“ In der Betriebsanleitung auf Gefahren durch Vertikalachse und schwebende Last sowie auf qualifiziertes Personal hinweisen. Den Aufenthalt unter der Vertikalachse soweit wie möglich einschränken.

Betriebsart	Gefährdungssituation/Bestimmungsgemäße Verwendung	Schutzmaßnahme	
		Technische	Organisatorische
E1 	Die Vertikalachse befindet sich während des Einrichtens in einer für die Bedienperson gefahrlosen Position (zugangsgesicherter Bereich).	<ul style="list-style-type: none"> • Für trennende Schutzeinrichtungen sind Zuhaltungen vorzusehen. • Bei Zugang muss das unerwartete Anlaufen der Vertikalachse sicher verhindert sein¹⁾. 	<ul style="list-style-type: none"> • Warnschild an der Maschine/Anlage: • „Nicht unter der Vertikalachse aufhalten!“ • In der Betriebsanleitung auf Gefahren durch Vertikalachse und schwebende Last hinweisen.
E2 	Die Vertikalachse wird im Einrichtbetrieb verfahren und befindet sich innerhalb des Gefährdungsbereichs. Ein Aufenthalt unter der Vertikalachse mit dem ganzen Körper ist durch die Maschinen-/Anlagenkonstruktion verhindert und nicht vorgesehen. Eine Gefährdung besteht für die oberen Gliedmaßen. Eine geringe Aufenthaltsdauer wird vorausgesetzt.	<ul style="list-style-type: none"> • Maßnahmen für den Einrichtbetrieb entsprechend der zutreffenden Norm, z. B. DIN EN ISO 10218-1, DIN EN 12417/DIN EN ISO 16090-1 (Abschließbarer Betriebsartenwahlschalter, Reduzierte Geschwindigkeit + Zustimmungseinrichtung/Sicher reduzierte Geschwindigkeit...) • Zyklischer Test der Bremseinrichtung durch die Maschinensteuerung entsprechend DIN EN ISO 13849-1, Kategorie 2 (siehe Tabelle 2) 	<ul style="list-style-type: none"> • Warnschild an der Maschine/Anlage: • „Nicht unter der Vertikalachse aufhalten!“ • In der Betriebsanleitung auf Gefahren durch Vertikalachse und schwebende Last sowie auf qualifiziertes Personal hinweisen. • Abnahmetest in Bezug auf die Wirksamkeit des Bremsentests durch den Anlagenhersteller unter Verwendung eines Formblatts.
E3 	Die Vertikalachse wird im Einrichtbetrieb verfahren und befindet sich innerhalb des Gefährdungsbereichs. Ein Aufenthalt unter der Vertikalachse mit dem ganzen Körper kann nicht verhindert werden, die Aufenthaltsdauer sollte jedoch gering sein.	<ul style="list-style-type: none"> • Maßnahmen für den Einrichtbetrieb entsprechend der zutreffenden Norm, z. B. DIN EN ISO 10218-1, DIN EN 12417/DIN EN ISO 16090-1 (Abschließbarer Betriebsartenwahlschalter, Reduzierte Geschwindigkeit + Zustimmungseinrichtung/Sicher begrenzte Geschwindigkeit...) • Zyklischer Test der Bremseinrichtung durch die Maschinensteuerung entsprechend DIN EN ISO 13849-1, Kategorie 2 (siehe Tabelle 2) • Wenn in Ausnahmefällen mit einer hohen Aufenthaltsdauer im Gefahrenbereich zu rechnen ist und wenn sich der Aufenthalt unter der Vertikalachse nicht vermeiden lässt, sind Maßnahmen entsprechend DIN EN ISO 13849-1, Kategorie 3, PLc vorzusehen (siehe Tabelle 2). 	<ul style="list-style-type: none"> • Warnschild an der Maschine/Anlage: • „Nicht unter der Vertikalachse aufhalten!“ • In der Betriebsanleitung auf Gefahren durch Vertikalachse und schwebende Last sowie auf qualifiziertes Personal hinweisen. • Abnahmetest in Bezug auf die Wirksamkeit des Bremsentests durch den Anlagenhersteller unter Verwendung eines Formblatts

Betriebsart	Gefährdungssituation/Bestimmungsgemäße Verwendung	Schutzmaßnahme	
		Technische	Organisatorische
Wartung, Reparatur, Reinigung W1	 <p>An der Vertikalachse oder in unmittelbarer Nähe werden Wartungs-, Reinigungs- oder Reparaturarbeiten durchgeführt.</p> <p>Sicheres Unterbauen der Vertikalachse und/oder Anhängen ist mit vertretbarem Aufwand möglich.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Die für Wartung/Reparatur/Reinigung geltenden Bestimmungen beachten, z. B. abschließbarer Hauptschalter. Unterbauen oder, sofern noch möglich, unterste Endlage anfahren. 	<ul style="list-style-type: none"> Warnschild an der Maschine/Anlage: „Nicht unter der Vertikalachse aufhalten!“ In der Betriebsanleitung auf Gefahren durch Vertikalachse und schwebende Last hinweisen. Maßnahmen zum Sicheren Unterbauen beschreiben. Hauptschalter ausschalten und abschließen.
W2	 <p>An der Vertikalachse oder in unmittelbarer Nähe werden Wartungs-, Reinigungs- oder Reparaturarbeiten durchgeführt.</p> <p>Sicheres Unterbauen der Vertikalachse und/oder Anhängen ist nicht mit vertretbarem Aufwand möglich.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Die für Wartung/Reparatur/Reinigung geltenden Bestimmungen beachten, z. B. abschließbarer Hauptschalter. Automatische oder elektromechanisch oder manuell betätigbare Vorrichtung zum sicheren Festsetzen der Achse in definierten Positionen, z. B. Absteckeinrichtung Eindeutige Kennzeichnung der Stellungen „Verriegelt/Entriegelt“ Steuerungstechnische Abfrage der Stellungen „Verriegelt/Entriegelt“ und Verriegelung mit Antriebssteuerung 	<ul style="list-style-type: none"> Warnschild an der Maschine/Anlage: „Nicht unter der Vertikalachse aufhalten!“ In der Betriebsanleitung auf Gefahren durch Vertikalachse und schwebende Last hinweisen. Maßnahmen zur Benutzung der Vorrichtungen zum sicheren Festsetzen (z. B. Absteckvorrichtung) beschreiben. Hauptschalter ausschalten und abschließen.

1) Anmerkung: Steuerungskategorie und Performance Level (PL) in Bezug auf den Schutz gegen unerwarteten Anlauf können üblicherweise den geltenden Produktnormen entnommen werden. In den meisten Fällen gilt Kategorie 3, PLd

Tabelle 2 Maßnahmenbeispiele gegen ungewolltes Herabsinken von schwerkraftbelasteten Achsen (Vertikalachsen) entsprechend DIN EN ISO 13849-1 Kategorie 2 und 3

1. Allgemeine Anforderungen	
1.1	Die mechanischen Teile der Kraftübertragung und der Schutzeinrichtungen müssen mindestens für die auftretenden statischen und dynamischen Beanspruchungen bei 2-facher Gewichtslast ausgelegt sein.
1.2	Wird mit Hilfe steuerungstechnischer Maßnahmen entsprechend DIN EN ISO 13849-1, Kategorie 2 oder 3 ein Fehlzustand der Bremse detektiert, muss die Vertikalachse im Fall nichttrennender Schutzeinrichtungen oder nicht zugehaltener Schutztüren sofort eine gefahrlose Position anfahren, soweit das noch möglich ist. Die Anzeigen der Maschinensteuerung müssen zur Reparatur der Bremse auffordern. Im Fall trennender Schutzeinrichtungen mit zugehaltenen Schutztüren muss eine gefahrlose Position erst nach Schutztüranforderung angefahren werden.
1.3	An der Maschine müssen gut sichtbar ein oder mehrere Warnschilder mit dem Hinweis auf Gefahren durch Vertikalachsen und schwebende Lasten angebracht werden.
1.4	In der Betriebsanleitung müssen die Maßnahmen zur Absturzsicherung beschrieben werden. Auf die Gefahren durch Vertikalachsen und schwebende Lasten muss hingewiesen werden.
1.5	Es müssen Maßnahmen gegen unbefugten Zugriff zu sicherheitsrelevanten Programmteilen der Steuerung vorgesehen werden, z. B. durch eine der folgenden Maßnahmen: <ul style="list-style-type: none"> • - Schreibschutz für die relevanten Programmteile - Passwortschutz - Änderungsschutz durch Schlüsselschalter
1.6	Um unnötigem Verschleiß der Haltebremsen vorzubeugen, ist zum betriebsmäßigen Stillsetzen sowie auch zum Stillsetzen im Notfall die Stopp-Kategorie 1 (geführtes/gesteuertes Stillsetzen) entsprechend EN 60204-1 einem Stillsetzen mit mechanischen Bremsen vorzuziehen, wenn die Risikobetrachtung es zulässt.
2. Maßnahmen entsprechend DIN EN ISO 13849-1, Kategorie 2 (zyklischer Bremsentest)	
2.1	Der Bremsentest muss in einer für die Bedienerperson gefahrlosen Position durchgeführt werden, z. B. sichere Parkposition, geschlossene Schutzeinrichtung.
2.2	Der Bremsentest muss selbsttätig während des normalen Betriebs der Vertikalachse wirksam werden, spätestens nach ca. 8 Stunden oder einer Schicht. Bei Anlagen, bei denen der Zugang sicher verhindert ist (z. B. durch Schutztüren mit Zuhaltungen), kann der Test unmittelbar vor dem Zutritt bei Anforderung der Schutztür erfolgen. <u>Anmerkung:</u> Nach DIN EN ISO 13849-1 ist für Steuerungssysteme der Kategorie 2 (Testung) die Testrate 100-mal häufiger als die Anforderung der Sicherheitsfunktion anzusetzen. Aufgrund der für Vertikalachsen gegebenen Risiken, d. h. besonders aufgrund des Unfallgeschehens wird eine derart hohe Testrate als praktisch nicht erforderlich gesehen. Eine Berechnung des Performance-Levels ist deshalb mit den nach DIN EN ISO 13849-1 vorgesehenen vereinfachten Modellen nicht möglich.
Fortsetzung Tabelle 2	

2.3	Durch den Bremsentest muss detektiert werden, dass mindestens die im Einsatzfall maximal auftretende statische Gewichtskraft der Achse sicher gehalten wird. Die Höhe des Testmoments ist dementsprechend auszuwählen, d. h. 1,3-faches Lastmoment. Wenn mehrere Bremsen parallel eingesetzt werden (z. B. zwei Bremsen), gilt die Anforderung als erfüllt, wenn die Bremseinrichtungen nacheinander jeweils einzeln auf die einfache Gewichtskraft getestet werden.
2.4	Zur Sicherstellung einer vollständigen Entfaltung muss das Testmoment über eine ausreichende Zeitdauer anstehen.
2.5	Nach Instandsetzung einer defekten Bremse muss vor dem Weiterbetrieb ein Bremsentest steuerungstechnisch erzwungen und erfolgreich durchgeführt worden sein.
2.6	Um die Wirksamkeit des Bremstests zu prüfen, muss bei Inbetriebnahme der Maschine ein Abnahmetest durchgeführt und dokumentiert werden. Im Rahmen des Abnahmetests muss ein Fehlzustand der Bremseinrichtung simuliert und es muss die dementsprechende Fehlerreaktion kontrolliert werden. Für den Abnahmetest muss der Maschinenhersteller ein Formblatt bereitstellen und den Einsatz qualifizierten Personals vorschreiben. Der Abnahmetest muss mit vertretbarem Aufwand durchführbar sein.
3. Maßnahmen entsprechend DIN EN ISO 13849-1, Kategorie 3 (Redundante Maßnahmen zur Absturzsicherung):	
3.1	Die Einrichtungen zum Halten der Vertikalachse müssen redundant ausgeführt sein (siehe auch Tabelle 3: Zuordnung gebräuchlicher Bremseinrichtungen zu den einzelnen Betriebsarten). Werden nicht in Tabelle 3 erfasste Einrichtungen eingesetzt, sind sie entsprechend Tabelle 1 einzustufen.
3.2	Es müssen Maßnahmen zur partiellen Fehlererkennung entsprechend DIN EN ISO 13849-1 Kategorie 3, PLc vorgesehen werden. Diese Maßnahmen schließen Folgendes ein:
3.2.1	Im Fall elektronischer Signalverarbeitungseinheiten: Zusammenstellung eines Maßnahmenkatalogs zur Erkennung und Beherrschung systematischer und zufälliger Fehler
3.2.2	Auswertung der Signalzustände der Sensoren, Aktuatoren und Signalverarbeitungseinheiten. Fehlzustände müssen zu einer sicherheitsgerichteten Reaktion führen.
3.2.3	Wenn eine kontinuierliche Überwachung der Zustände von Teilen des Steuerungssystems technisch nicht möglich ist, müssen Zwangsdynamisierungen vorgesehen werden. Beispiel: Da Motorbremsen im Allgemeinen über keine zuverlässigen Signalausgänge für den Bremsenzustand „geöffnet/geschlossen“ verfügen, kann für den Fall, dass ein Kanal des 2-kanaligen Haltesystems mit Motorbremsen realisiert wird, eine Zwangsdynamisierung entsprechend Nr. 2) (zyklischer Bremsentest) als Maßnahme zur Fehlererkennung für die Motorbremse vorgesehen werden.

Tabelle 3: Zuordnung gebräuchlicher Bremseinrichtungen zu den einzelnen Betriebsarten

Ausführung der Bremseinrichtung(en)		Geeignet für Betriebsart A1	Geeignet für Betriebsart A2	Geeignet für Betriebsart A3	Geeignet für Betriebsart E1	Geeignet für Betriebsart E2	Geeignet für Betriebsart E3	Geeignet für Betriebsart W1	Geeignet für Betriebsart W2
		Die Vertikalachse befindet sich während des manuellen Eingriffs in einer für die Bedienung gefahrlosen Position innerhalb des Gefährdungsbereichs (in Warteposition), oder in einem zugangsgesicherten Bereich.	Die Vertikalachse befindet sich innerhalb des Gefährdungsbereichs. Ein Aufenthalt unter der Vertikalachse ist durch die Maschinen-/Anlagenkonstruktion verhindert. Eine Gefährdung besteht für die oberen Gliedmaßen.	Die Vertikalachse befindet sich innerhalb des Gefährdungsbereichs. Ein Aufenthalt unter der Vertikalachse kann nicht verhindert werden.	Die Vertikalachse wird im Einrichtbetrieb nicht verlassen und befindet sich während des manuellen Eingriffs in einer für die Bedienung gefahrlosen Position innerhalb des Gefährdungsbereichs oder in einem zugangsgesicherten Bereich. Ein Aufenthalt unter der Vertikalachse ist aus technologischen Gründen nicht notwendig.	Die Vertikalachse wird im Einrichtbetrieb verlassen und befindet sich innerhalb des Gefährdungsbereichs. Ein Aufenthalt unter der Vertikalachse ist durch die Maschinen-/Anlagenkonstruktion verhindert. Eine Gefährdung besteht für die oberen Gliedmaßen.	Die Vertikalachse wird im Einrichtbetrieb verlassen und befindet sich innerhalb des Gefährdungsbereichs. Ein Aufenthalt unter der Vertikalachse kann nicht verhindert werden.	An der Vertikalachse werden Wartungs-, Reinigungs- oder Reparaturarbeiten durchgeführt. Sicheres Unterbauen der Vertikalachse ist möglich.	An der Vertikalachse werden Wartungs-, Reinigungs- oder Reparaturarbeiten durchgeführt. Sicheres Unterbauen der Vertikalachse ist nicht möglich.
V0	Haltebremse	✓	-	-	✓	-	-	-	-
V1	Haltebremse mit zyklischem Test	✓	✓	-	✓	✓	✓	-	-
V2	Haltebremse mit sicherheitsgerichteter Steuerung der Antriebe	✓	✓	✓*	✓	✓	✓	-	-
V3	Haltebremse + zweite Bremse	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	-
V4	Sichere Bremse	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
V5	Haltebremse + mechanischer Gewichtsausgleich	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	-
V6	Unterbau oder mechanischer Riegel	-	-	-	-	-	-	✓	✓

Ausführung der Bremsenrichtung(en)		Geeignet für Betriebsart A1	Geeignet für Betriebsart A2	Geeignet für Betriebsart A3	Geeignet für Betriebsart E1	Geeignet für Betriebsart E2	Geeignet für Betriebsart E3	Geeignet für Betriebsart W1	Geeignet für Betriebsart W2
		Die Vertikalachse befindet sich während des manuellen Eingriffs in einer für die Bedienung gefahrlosen Position innerhalb des Gefährdungsbereichs (in Warteposition), oder in einem zugangsgesicherten Bereich.	Die Vertikalachse befindet sich innerhalb des Gefährdungsbereichs. Ein Aufenthalt unter der Vertikalachse ist durch die Maschinen-/Anlagenkonstruktion verhindert. Eine Gefährdung besteht für die oberen Gliedmaßen.	Die Vertikalachse befindet sich innerhalb des Gefährdungsbereichs. Ein Aufenthalt unter der Vertikalachse kann nicht verhindert werden.	Die Vertikalachse wird im Einrichtbetrieb nicht verlassen und befindet sich während des manuellen Eingriffs in einer für die Bedienung gefahrlosen Position innerhalb des Gefährdungsbereichs oder in einem zugangsgesicherten Bereich. Ein Aufenthalt unter der Vertikalachse ist aus technologischen Gründen nicht notwendig.	Die Vertikalachse wird im Einrichtbetrieb verlassen und befindet sich innerhalb des Gefährdungsbereichs. Ein Aufenthalt unter der Vertikalachse ist durch die Maschinen-/Anlagenkonstruktion verhindert. Eine Gefährdung besteht für die oberen Gliedmaßen.	Die Vertikalachse wird im Einrichtbetrieb verlassen und befindet sich innerhalb des Gefährdungsbereichs. Ein Aufenthalt unter der Vertikalachse kann nicht verhindert werden.	An der Vertikalachse werden Wartungs-, Reinigungs- oder Reparaturarbeiten durchgeführt. Sicheres Unterbauen der Vertikalachse ist möglich.	An der Vertikalachse werden Wartungs-, Reinigungs- oder Reparaturarbeiten durchgeführt. Sicheres Unterbauen der Vertikalachse ist nicht möglich.
V7	Haltebremse + hydraulischer/pneumatischer Gewichtsausgleich	✓	✓	-	✓	✓	-	-	-
V8	Haltebremse + hydraulischer Gewichtsausgleich mit Bremsventil	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
V9	Haltebremse + sichere Klemmeinrichtung	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
V10	Hydraulische/pneumatische Achse + mechanischer Gewichtsausgleich	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	-
V11	Hydraulische/pneumatische Achse + hydraulischer/pneumatischer Gewichtsausgleich	✓	✓	-	✓	✓	-	-	-

* V2 nur zulässig in der Betriebsart A3 mit zusätzlichem Schutz bei Energieausfall

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](http://www.dguv.de)
Webcode: d544779

— Die Fachbereiche der DGUV werden von den
Unfallkassen, den branchenbezogenen Berufs-
genossenschaften sowie dem Spitzenverband
DGUV selbst getragen. Für den Fachbereich
Holz und Metall ist die Berufsgenossenschaft
Holz und Metall der federführende Unfall-
versicherungsträger und damit auf Bundes-
ebene erster Ansprechpartner in Sachen
Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit für
Fragen zu diesem Gebiet.
