

Schwerkraftbelastete Achsen

Vertikalachsen

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 besonders zutage bei Linearrobotern (Bild 1) zur Handhabung schwerer Teile, z.B. Motoren oder Getriebe, aber auch bei Gelenkarmrobotern oder innerhalb von Maschinen, z.B. 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.



Bild 1: Vertikalachsen

Inhaltsverzeichnis

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

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 Nennhaltemoment der Bremsen unterschritten wird. Dies kann zum ungewollten Herabsinken bzw. 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, z.B. beim Teile Einlegen, beim Einrichten, bei der Instandhaltung etc. Wenn ein Versagen der Haltebremsen in diesen Situationen nicht ausgeschlossen werden kann, dann müssen Maßnahmen zur Risikominderung getroffen werden.

2 Risikobeurteilung und steuerungstechnische Maßnahmen

Entsprechend Maschinenrichtlinie [1] Anhang I ist jeder Maschinenhersteller 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, u.a. infolge Schwerkraft. In Abhängigkeit vom praktischen Einsatzfall und des zu mindernden Risikos sind unter-

schiedliche 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 befinden sich in Tabelle 2.

Für andere Tätigkeiten, bei denen z.B. 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, z.B. Motorbremse, mit einem Testmoment beaufschlagt. Dieser Test sollte entsprechend den Anforderungen von DIN EN ISO 13849-1, Kategorie 2 ausgeführt sein (siehe Tabelle 2). D.h. der Test muss selbsttätig während der normalen Produktion, z.B. während eines prozessbedingten Halts, bei Betriebsartenwechsel oder dgl. stattfinden. Wenn das nicht möglich ist, muss der Test spätestens vor Freigabe des Zugangs durch eine trennende zugehaltene Schutzeinrichtung erfolgen.

Anmerkung:

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. insbesondere 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 und kann in diesem speziellen Fall entsprechend DIN EN ISO 13849-1, Abschnitt 6.2.2 entfallen.

4 Bremsen mit Not-Stopp-Eigenschaften

Falls die Bremsen neben sicherem Hochhalten auch Not-Stopp-Eigenschaften übernehmen sollen (z.B. bei Not-Halt Betätigung) sei darauf hingewiesen, dass die selbsttätig wirkenden statischen Tests der Bremsen keinen vollständigen Aufschluss bringen in Bezug auf mangelnde oder zurückgehende Not-Stopp-Eigenschaften. D.h. trotz erfolgreich bestandener statischer Bremsentest ist ein geringfügig vergrößerter Nachlaufweg bei Not-Stopp möglich, da die physikalischen Eigenschaften der Bremse dynamisch und statisch unterschiedlich wirken. Die Risi-

kobeurteilung des Maschinenherstellers muss in diesen Fällen Aufschluss darüber geben, ob z.B. ein im Laufe der Lebensdauer geringfügig veränderter Nachlaufweg in Not-Stopp-Situationen ein nicht akzeptables Risiko darstellt.

Anmerkung: 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.

Bereits in Verkehr befindliche Maschinen und Anlagen (Altanlagen) müssen den Anforderungen der Betriebssicherheitsverordnung [4] und den Unfallverhütungsvorschriften der Berufsgenossenschaften entsprechen. Die danach festzulegenden sicherheitstechnischen Maßnahmen müssen nicht zwingend dasselbe Niveau erreichen wie beim in Verkehr bringen nach Maschinenrichtlinie. Maßgebend ist der Stand der Technik beim erstmaligen in Verkehr bringen und ggf. die Fortschreibung des Standes der Technik durch die Unfallverhütungsvorschriften.

Insbesondere 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 muss dann der Arbeitgeber nach § 4 der BetrSichV 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 ferner 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, Prüfzeiten und der Befähigungsgrad der mit der Prüfung beauftragten Personen sind vom Betreiber festzulegen. Die 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, berufsgenossenschaftlichen Vorschriften und allgemein anerkannten Regeln der Technik (z. B. vom Ausschuss für Betriebssicherheit ermittelte Regeln, BG-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, d.h. unabhängig von der Maschine oder vom Antriebsmotor in Verkehr gebracht werden. In diesem Fall müssen die für Maschinen geltenden Konformitätsbewertungsverfahren angewendet werden, u.a. EG-Konformitätserklärung und CE-Zeichen.

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

In diesem Zusammenhang sei 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

Die in diesem Fachbereich-Informationsblatt angegebenen Maßnahmen zur Arbeitssicherheit sind das Ergebnis von Beratungen im Fachbereich Holz und Metall hinsichtlich einer verbesserten Arbeitssicherheit bei Tätigkeiten an oder in der Nähe von Vertikalachsen durch praxisnahe steuerungstechnische Maßnahmen gegen ungewolltes Herabsinken durch die Schwerkraft. Das Informationsblatt beruht auf Erfahrungen der Hersteller von Industrierobotern einschließlich Linearrobotern und Handhabungssystemen, der Antriebs- und Steuerungshersteller sowie der Betreiber dieser Systeme insbesondere aus dem Automobilbau und des Fachbereiches Holz und Metall. Des Weiteren sind die Ergebnisse der Beratungen im Verein Deutscher Werkzeugmaschinenfabriken (VDW) eingeflossen.

Das Informationsblatt 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 bzw. sind bereits eingeflossen.

Der Fachbereich Holz und Metall setzt sich u. a. zusammen aus Vertretern der Unfallversicherungsträger, Staatlichen Stellen, Sozialpartner, Herstellern von Maschinen sowie Betreibern. Dieses Informationsblatt beruht auf dem durch den Fachbereich zusammengeführten Erfahrungswissen auf dem Gebiet der Vertikalachsen und insbesondere den schwerkraftbelasteten Achsen.

Dieses Fachbereich-Informationsblatt wurde vom Fachbereich Holz und Metall, Sachgebiet Maschinen, Anlagen, Fertigungsautomation und -gestaltung erstellt. Dieses Fachbereich-Informationsblatt ersetzt das Fachausschuss-Informationsblatt Entwurf 07/2011. Weitere Informationsblätter vom Fachbereich Holz und Metall stehen im Internet zum Herunterladen bereit [6].

Zu den Zielen der Fachbereich-Informationsblätter siehe Fachbereich-Informationsblatt Nr. 001.

Literatur:

- [1] Richtlinie 2006/42/EG (Maschinenrichtlinie). Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften Nr. L 157/24.
- [2] DIN EN ISO 12100: Sicherheit von Maschinen – Allgemeine Gestaltungsgrundsätze – Risikobeurteilung und Risikominderung. März 2011
- [3] DIN EN ISO 13849-1: Sicherheit von Maschinen - Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen - Teil 1: Allgemeine Gestaltungsgrundsätze. Dezember 2008
- [4] Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Bereitstellung von Arbeitsmitteln und deren Benutzung bei der Arbeit, über die Sicherheit beim Betrieb überwachungsbedürftiger Anlagen und über die Organisation des betrieblichen Arbeitsschutzes (Betriebssicherheitsverordnung – BetrSichV). BGBl. I S. 3777 - 27. September 2002. Stand 2004
- [5] Prüfgrundsatz Nr. GS-MF-28 Notfallbremsen mit Haltebremsfunktion für lineare Bewegungen. Prüf- und Zertifizierungsstelle Maschinen und Fertigungsautomation im DGUV Test, Wilhelm-Theodor-Röhmed-Strasse 15, 55130 Mainz. (Inhaltlich gleichlautend vorhanden bei IFA).
- [6] Internet: www.dguv.de/fb-holzundmetall [Publikationen](#)

Bildnachweis:

Die im Fachbereich-Informationsblatt gezeigten Bilder wurden freundlicherweise zur Verfügung gestellt von:

Bild 1: Fachbereich Holz und Metall

Herausgeber:

Fachbereich Holz und Metall der DGUV
Sachgebiet Maschinen, Anlagen, Fertigungsautomation und -gestaltung
Postfach 37 80
55027 Mainz

Tabelle 1: Typische Gefährdungssituationen und mögliche Schutzmaßnahmen

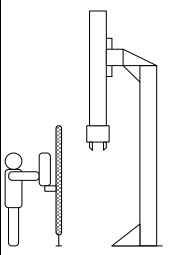
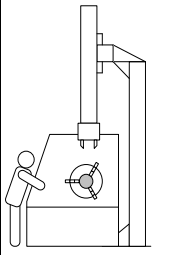
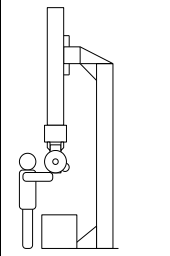
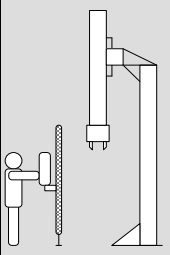
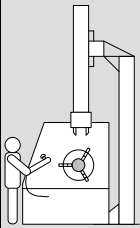
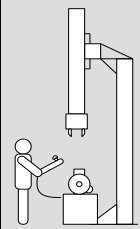
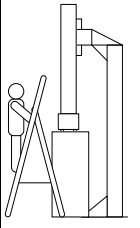
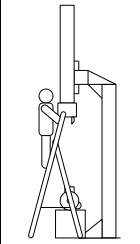
Betriebsart	Gefährdungssituation/ Bestimmungsgemäße Verwendung		Schutzmaßnahmen	
			Technische	Organisatorische
Automatik- Manueller Eingriff A1		Die Vertikalachse befindet sich während des manuellen Eingriffs in einer für den Bediener gefahrlosen Position (Zugangsgesicherter Bereich).	<ul style="list-style-type: none"> - Für trennende Schutzeinrichtungen sind Zuhaltungen vorzusehen. - Bei Zugang muss das unerwartete Anlaufen der Vertikalachse sicher verhindert sein ¹⁾ 	<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
		Die Vertikalachse befindet sich innerhalb des Gefährdungsbereiches 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 mit geringer Aufenthaltsdauer.	<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 sein ¹⁾. 	<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 mittels Formblatt durch den Anlagenhersteller hinsichtlich der Wirksamkeit des Bremsentest.
		Die Vertikalachse befindet sich innerhalb des Gefährdungsbereiches Ein Aufenthalt unter der Vertikalachse kann nicht verhindert werden (z.B. bestimmungsgemäße Bestückungs- oder Montageaufgaben).	<ul style="list-style-type: none"> - Redundante Einrichtung zur Absturzsicherung entspr. DIN EN ISO 13849-1, Kategorie 3, PLc (siehe Tabelle 2). - Das unerwartete Anlaufen der Vertikalachse muss sicher verhindert sein ¹⁾. 	<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.
Einrichten oder Programmieren E1		Die Vertikalachse befindet sich während des Einrichtens in einer für den Bediener 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 sein ¹⁾. 	<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

Tabelle 1: (fortgesetzt)

Betriebsart	Gefährdungssituation/ Bestimmungsgemäße Verwendung		Schutzmaßnahmen	
			Technische	Organisatorische
E2		Die Vertikalachse wird im Einrichtbetrieb verfahren und befindet sich innerhalb des Gefährdungsbereiches. 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 mit geringer Aufenthaltsdauer.	<ul style="list-style-type: none"> - Maßnahmen für Einrichtbetrieb entspr. zutreffender Norm, z.B. DIN EN ISO 10218-1, DIN EN 12417 (Abschließbarer Betriebsartenwahlschalter, Reduzierte Geschwindigkeit + Zustimmungseinrichtung/ Sicher reduzierte Geschwindigkeit...) - Zyklischer Test der Bremseinrichtung durch die Maschinensteuerung entspr. 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 mittels Formblatt durch den Anlagenhersteller hinsichtlich der Wirksamkeit des Bremsentest.
		Die Vertikalachse wird im Einrichtbetrieb verfahren und befindet sich innerhalb des Gefährdungsbereiches. Ein Aufenthalt unter der Vertikalachse mit dem ganzen Körper kann nicht verhindert werden, jedoch bei geringer Aufenthaltsdauer.	<ul style="list-style-type: none"> - Maßnahmen für Einrichtbetrieb entspr. zutreffender Norm, z.B. EN ISO 10218-1, DIN EN 12417 (Abschließbarer Betriebsartenwahlschalter, Reduzierte Geschwindigkeit + Zustimmungseinrichtung/ Sicher begrenzte Geschwindigkeit...) - Zyklischer Test der Bremseinrichtung durch die Maschinensteuerung entspr. 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 entspr. 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 mittels Formblatt durch den Anlagenhersteller hinsichtlich der Wirksamkeit des Bremsentest.
Wartung, Reparatur, Reinigung W1		An der Vertikalachse oder in unmittelbarer Nähe werden Wartungs-, Reinigungs- oder Reparaturarbeiten durchgeführt. Sicheres Unterbauen der Vertikalachse und/oder Anhängen ist mit vertretbarem Aufwand möglich.	<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
		An der Vertikalachse oder in unmittelbarer Nähe werden Wartungs-, Reinigungs- oder Reparaturarbeiten durchgeführt. Sicheres Unterbauen der Vertikalachse und/oder Anhängen und/oder Anhängen ist nicht mit vertretbarem Aufwand möglich.	<ul style="list-style-type: none"> - Die für Wartung/Reparatur/Reinigung geltenden Bestimmungen beachten, z.B. abschließbarer Hauptschalter. - Automatische oder elektromechanisch bzw. 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) bezüglich 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 Falle nichttrennender Schutzeinrichtungen oder nicht zugehaltener Schutztüren sofort eine gefahrlose Position anfahren, soweit dies noch möglich ist. Die Anzeigen der Maschinensteuerung müssen zur Reparatur der Bremse auffordern. Im Falle 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 schwebenden Lasten angebracht werden.
1.4	In der Betriebsanleitung müssen die Maßnahmen zur Absturzicherung beschrieben werden. Auf die Gefahren durch Vertikalachsen und schwebenden 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: - Schreibschutz für die relevanten Programmteile - Passwortschutz - Änderungsschutz durch Schlüsselschalter
1.6	Um unnötigem Verschleiß der Haltebremsen vorzubeugen, ist soweit die Risikobetrachtung es zulässt zum betriebsmäßigen Stillsetzen sowie auch zum Stillsetzen im Notfall die Stop-Kategorie 1 (geführtes/gesteuertes Stillsetzen) entsprechend EN 60204-1 gegenüber einem Stillsetzen mit mechanischen Bremsen vorzuziehen.
2 Maßnahmen entsprechend DIN EN ISO 13849-1, Kategorie 2 (zyklischer Bremsentest)	
2.1	Der Bremsentest muss in einer für den Bediener gefahrlosen Position durchgeführt werden, z.B. sichere Parkposition, geschlossene Schutzeinrichtung.
2.2	Der Bremsentest muss selbsttätig während des normalen Betriebes 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 Schutztüre 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. insbesondere 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 und kann entsprechend DIN EN ISO 13849-1 Abschnitt 6.2.2 entfallen.
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 dies 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 sein.
2.6	Hinsichtlich der Wirksamkeit des Bremsentests muss bei Inbetriebnahme der Maschine ein Abnahmetest durchgeführt und dokumentiert werden. Im Rahmen des Abnahmetests muss ein Fehlzustand der Bremseinrichtung simuliert werden 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 Absturzicherung):	
3.1	Die Einrichtungen zum Halten der Vertikalachse müssen redundant ausgeführt sein (siehe auch Tabelle 3: Zuordnung gebräuchlicher Bremseinrichtungen zu den einzelnen Betriebsarten). Kommen nicht in Tabelle 3 erfasste Einrichtungen zum Einsatz sind diese sinngemäß 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 ein:
3.2.1	Im Falle elektronischer Signalverarbeitungseinheiten: Zusammenstellung eines Maßnahmenkatalogs zur Erkennung und Beherrschung systematischer und zufälliger Fehler.
3.2.2	Auswertung der Signalzustände der Sensoren und 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. Z.B.: Da Motorbremsen hinsichtlich des Zustandes der Bremse „geöffnet/geschlossen“ im allgemeinen über keine zuverlässigen Signalausgänge 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 Bremsenrichtungen zu den einzelnen Betriebsarten

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 den Bediener 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 den Bediener 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 und Antriebe	✓	✓	✓*	✓	✓	✓	-	-
V3	Haltebremse + zweite Bremse	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	-
V4	Sichere Bremse	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
V5	Haltebremse + mechanischer Gewichtsausgleich	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	-
V6	Unterbau oder mechanischer Riegel	-	-	-	-	-	-	✓	✓
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.