

VDMA 8721



ICS 17.040.30

Einsprüche bis 2024-03-01

Sicherheit von Koordinatenmessmaschinen

Safety of Coordinate Measuring Machines

Anwendungswarnvermerk

Dieser Entwurf mit Erscheinungsdatum 2023-11-25 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil das beabsichtigte VDMA-Einheitsblatt von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfes besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise als Datei per E-Mail an hans-guenter.heil@vdma.org
- oder in Papierform an den Fachverband Mess- und Prüftechnik im VDMA e.V.,
Lyoner Straße 18, 60528 Frankfurt.

Gesamtumfang 29 Seiten

VDMA

Inhalt

	Seite
Vorwort	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe und Abkürzungen	7
4 Liste der signifikanten Gefährdungen	8
4.1 Allgemeines	8
4.2 In diesem Dokument behandelte Gefährdungen und Gefährdungssituationen	8
5 Sicherheitsanforderungen und/oder Schutz-/Risikominderungsmaßnahmen	12
5.1 Allgemeines und Prüfbedingungen	12
5.1.1 Allgemeines	12
5.1.2 Allgemeine Prüfbedingungen	12
5.2 Spezifische Anforderungen infolge mechanischer Gefährdungen	13
5.2.1 Verfahrensgeschwindigkeit, Energie	13
5.2.2 Nachlaufweg, Nachlaufzeit	13
5.2.3 Berührungslos wirkende Schutzeinrichtungen (BWS).....	13
5.2.4 Bewegliche trennende Schutzeinrichtungen	14
5.2.5 Hintertretbare Schutzeinrichtungen, Quittierung.....	14
5.2.6 Nicht hintertretbare Schutzeinrichtungen.....	14
5.2.7 Risiko durch herabfallende Gegenstände und Absinken der Vertikalachse.....	15
5.2.8 Absturz aus hochgelegenen Arbeitsebenen.....	15
5.2.9 Hydraulische Ausrüstung	15
5.2.10 Pneumatische Ausrüstung	15
5.2.11 Standsicherheit.....	15
5.2.12 Bruchrisiko, Endanschläge	15
5.2.13 Ausrutsch-, Stolper- und Sturzrisiko	15
5.2.14 Risiken durch Oberflächen, Kanten und Ecken	16
5.3 Elektrische Gefährdungen	16
5.4 Anforderungen an die elektromagnetische Verträglichkeit	16
5.5 Gefährdungen durch Lärm	16
5.6 Gefährdungen durch Strahlung	16
5.6.1 Allgemeines	16
5.6.2 Gefährdungen durch elektromagnetische Felder	16
5.6.3 Gefährdungen durch Laserstrahlen.....	17
5.6.4 Gefährdungen durch andere optische Strahlungsquellen	17
5.7 Gefährdungen durch Vernachlässigung ergonomischer Gestaltungsgrundsätze.....	17
5.7.1 Gefährdung durch ungesunde Körperhaltung und besondere Anstrengung.....	17
5.7.2 Anforderungen an die Bedienerschnittstelle	17

5.7.2.1	Ingangsetzen und Stillsetzen der Antriebe.....	17
5.7.2.2	Unbeabsichtigte Betätigung.....	17
5.8	Gefährdungen durch unzureichende Evakuierungsmöglichkeiten/Notausgänge	18
5.9	Gefährdungen durch unzureichende örtliche Beleuchtung	18
5.10	Materialien und Substanzen	18
5.11	Gefährdungen durch Ausfall/Störung des Steuerungssystems	18
5.11.1	Anforderungen an Sicherheitsfunktionen	18
5.11.2	Begrenzung und sichere Überwachung des Drehmoments bzw. der Kraft (Sicherheitsfunktion 1).....	18
5.11.3	Sichere Überwachung der Geschwindigkeit (Sicherheitsfunktion 2)	18
5.11.4	Not-Halt (Sicherheitsfunktion 3)	19
5.11.5	Schnittstellen für Sicherheitshalt	19
5.11.6	Einbindung von Signalen externer Verriegelungs- oder Schutzeinrichtungen	19
5.12	Gefährdungen im Zusammenhang mit Montage, Installation, Reinigung, Wartung und Instandhaltung.....	19
5.12.1	Fehler bei der Montage und Aufstellung.....	19
5.12.2	Trennung von den Energiequellen bei Instandhaltung und Wartung.....	20
5.12.3	Gefährdungen durch unzureichende örtliche Zugänge während des Betriebs, Einrichtens, der Instandhaltung oder Reinigung.....	20
5.13	Gefährdungen durch Batterien	20
5.14	Gefährdungen durch unerwarteten Anlauf	20
6	Benutzerinformation	20
6.1	Aufschriften und Kennzeichnung.....	20
6.2	Betriebsanleitung	21
Anhang A (informativ) Stückprüfung des Herstellers		23
Anhang B (informativ) Erwägungsgründe für die Risikoeinschätzung durch Risiken durch bewegliche Teile		24
B.1	Erwägungsgrund 1	24
B.2	Erwägungsgrund 2	24
Anhang C (normativ) Zusätzliche Anforderungen an Drehtische für Koordinatenmessmaschinen.....		25
C.1	Konstruktive Anforderungen	25
C.2	Gefahrenbereiche an Drehtischen.....	25
C.3	Anforderungen für dynamikbegrenzten Betriebsmodus	26
C.4	Anforderungen für dynamikerhöhten Betriebsmodus	28

Vorwort

Dieses VDMA-Einheitsblatt enthält sicherheitstechnische Festlegungen.

Um ein einheitliches Schutzniveau bei Koordinatenmessmaschinen festzulegen ist ein Arbeitskreis aus Vertretern der Industrie und des Arbeitsschutzes gebildet worden.

An der Erarbeitung dieses VDMA-Einheitsblattes waren Vertreter folgender Hersteller von Koordinatenmessmaschinen beteiligt:

- CARL ZEISS Industrielle Messtechnik
- Dr. Heinrich Schneider Messtechnik
- Hexagon Metrology
- Mitutoyo Europe
- WENZEL Metrology

Folgende Berufsgenossenschaft war beteiligt:

- Berufsgenossenschaft Energie Textil Elektro Medienerzeugnisse (BG ETEM)

Erwägungsgründe für die Risikoeinschätzung durch Risiken durch bewegliche Teile werden im Anhang B dargestellt.

1 Anwendungsbereich

Dieses VDMA-Einheitsblatt gilt für industriell genutzte Koordinatenmessmaschinen, welche durch nicht menschliche Antriebskraft betrieben werden. Es gilt auch für Koordinatenmessmaschinen, bei welchen das Antriebssystem der Achsen die menschliche Antriebskraft unterstützt. Es gilt nicht für Koordinatenmessmaschinen, die für die Vermessung von lebenden Personen oder Tieren bestimmt sind.

Das VDMA-Einheitsblatt enthält keine Anforderungen für:

- handgeführte Koordinatenmessgeräte,
- Zuführeinrichtungen und
- Koordinatenmessmaschinen, die mit ionisierender Strahlung arbeiten (z. B. Computer Tomographen)
- Industrieroboter, die der ISO 10218-Reihe entsprechen und für Messaufgaben eingesetzt werden.

Dieses VDMA-Einheitsblatt behandelt alle signifikanten Gefährdungen, Gefährdungssituationen und Gefährdungseignisse von Koordinatenmessmaschinen.

Koordinatenmessmaschinen sind Maschinen im Sinne der Maschinenrichtlinie 2006/42/EG.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

DIN EN 1005-1:2009, *Sicherheit von Maschinen — Menschliche körperliche Leistung — Teil 1: Begriffe*

DIN EN 1005-2:2009, *Sicherheit von Maschinen — Menschliche körperliche Leistung — Teil 2: Manuelle Handhabung von Gegenständen in Verbindung mit Maschinen und Maschinenteilen*

DIN EN 1005-4:2009, *Sicherheit von Maschinen — Menschliche körperliche Leistung — Teil 4: Bewertung von Körperhaltungen und Bewegungen bei der Arbeit an Maschinen*

DIN EN 1127-1:2019, *Explosionsfähige Atmosphären — Explosionsschutz — Teil 1: Grundlagen und Methodik*

DIN EN 12453:2017, *Tore — Nutzungssicherheit kraftbetätigter Tore — Anforderungen und Prüfverfahren*

DIN EN 60204-1:2019, *Sicherheit von Maschinen — Elektrische Ausrüstung von Maschinen — Teil 1: Allgemeine Anforderungen (IEC 60204-1:2018)*

DIN EN 60664-1:2019, *Isolationskoordination für elektrische Betriebsmittel in Niederspannungsanlagen — Teil 1: Grundsätze, Anforderungen und Prüfungen (IEC 109/166A/CD:2018)*

DIN EN 60825-1:2022, *Sicherheit von Lasereinrichtungen — Teil 1: Klassifizierung von Anlagen und Anforderungen (IEC 60825-1:2014 + AC:2017 + A11:2021 + A11:2021/AC:2022)*

DIN EN 61010-1:2020, *Sicherheitsbestimmungen für elektrische Mess-, Steuer-, Regel- und Laborgeräte — Teil 1: Allgemeine Anforderungen (IEC 61010-1:2010 + COR:2011 + A1:2016, modifiziert + A1:2016/COR1:2019)*

DIN EN 61496-1:2021, *Sicherheit von Maschinen — Berührungslos wirkende Schutzeinrichtungen — Teil 1: Allgemeine Anforderungen und Prüfungen (IEC 61496-1:2020)*

DIN EN 62471:2009, *Photobiologische Sicherheit von Lampen und Lampensystemen (IEC 62471:2006, modifiziert)*

DIN EN 62477-1:2017, *Sicherheitsanforderungen an Leistungshalbleiter — Umrichtersysteme und -betriebsmittel — Teil 1: Allgemeines (IEC 62477-1:2012 + A1:2016)*

DIN EN 62133-1:2017, *Sekundärzellen und -batterien mit alkalischen oder anderen nicht säurehaltigen Elektrolyten — Sicherheitsanforderungen für tragbare gasdichte Sekundärzellen und daraus hergestellte Batterien für die Verwendung in tragbaren Geräten — Teil 1: Nickel-Systeme (IEC 62133-1:2017)*

DIN EN 62133-2:2017, *Sekundärzellen und -batterien mit alkalischen oder anderen nichtsäurehaltigen Elektrolyten — Sicherheitsanforderungen für tragbare gasdichte Sekundärzellen und daraus hergestellte Batterien für die Verwendung in tragbaren Geräten — Teil 2: Lithium-Systeme (IEC 62133-2:2017)*

- DIN EN IEC 61000-6-2:2019, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) — Teil 6-2: Fachgrundnormen — Störfestigkeit für Industriebereiche (IEC 61000-6-2:2016)*
- DIN EN IEC 61000-6-3:2022, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) — Teil 6-3: Fachgrundnormen — Störaussendung von Geräten in Wohnbereichen (IEC 61000-6-3:2020)*
- DIN EN IEC 61000-6-4:2020, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) — Teil 6-4: Fachgrundnormen — Störaussendung für Industriebereiche (IEC 61000-6-4:2018)*
- DIN EN IEC 61326-1:2022, *Elektrische Mess-, Steuer-, Regel- und Laborgeräte — EMV-Anforderungen — Teil 1: Allgemeine Anforderungen (IEC 61326-1:2020)*
- DIN EN IEC 62368-1:2021, *Einrichtungen für Audio/Video-, Informations- und Kommunikationstechnik — Teil 1: Sicherheitsanforderungen (IEC 62368-1:2018)*
- DIN EN ISO 4413:2011, *Fluidtechnik — Allgemeine Regeln und sicherheitstechnische Anforderungen an Hydraulikanlagen und deren Bauteile (ISO 4413: 2010)*
- DIN EN ISO 4414:2011, *Fluidtechnik — Allgemeine Regeln und sicherheitstechnische Anforderungen an Pneumatikanlagen und deren Bauteile (ISO 4414: 2010)*
- DIN EN ISO 4871: 2009, *Akustik — Angabe und Nachprüfung von Geräuschemissionswerten von Maschinen und Geräten (ISO 4871: 1996)*
- DIN EN ISO 7731:2008, *Ergonomie — Gefahrensignale für öffentliche Bereiche und Arbeitsstätten — Akustische Gefahrensignale (ISO 7731:2003)*
- DIN EN ISO 10360-1: 2003, *Geometrische Produktspezifikation (GPS) — Annahmeprüfung und Bestätigungsprüfung für Koordinatenmessgeräte (KMG) — Teil 1: Begriffe (ISO 10360-1:2000 + Corr 1:2002) (enthält Berichtigung AC:2002)*
- DIN EN ISO 12100:2011, *Sicherheit von Maschinen — Allgemeine Gestaltungsleitsätze — Risikobeurteilung und Risikominderung (ISO 12100:2010)*
- DIN EN ISO 13849-1:2016, *Sicherheit von Maschinen — Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen — Teil 1: Allgemeine Gestaltungsleitsätze (ISO 13849-1:2015)*
- DIN EN ISO 13849-2:2013 *Sicherheit von Maschinen — Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen — Teil 2: Validierung (ISO 13849-2:2012)*
- DIN EN ISO 13850:2016, *Sicherheit von Maschinen — Not-Halt-Funktion — Gestaltungsleitsätze (ISO 13850:2015)*
- DIN EN ISO 13851:2019, *Sicherheit von Maschinen — Zweihandschaltungen — Funktionelle Aspekte und Gestaltungsleitsätze (ISO 13851:2019)*
- DIN EN ISO 13854:2020, *Sicherheit von Maschinen — Mindestabstände zur Vermeidung des Quetschens von Körperteilen (ISO 13854:2017)*
- DIN EN ISO 13855:2010, *Sicherheit von Maschinen — Anordnung von Schutzeinrichtungen im Hinblick auf Annäherungsgeschwindigkeiten von Körperteilen (ISO 13855:2010)*
- DIN EN ISO 13856-1:2013, *Sicherheit von Maschinen — Druckempfindliche Schutzeinrichtungen — Teil 1: Allgemeine Leitsätze für die Gestaltung und Prüfung von Schaltmatten und Schaltplatten (ISO 13856-1:2013)*
- DIN EN ISO 13856-2:2013, *Sicherheit von Maschinen — Druckempfindliche Schutzeinrichtungen — Teil 2: Allgemeine Leitsätze für die Gestaltung und Prüfung von Schaltleisten und Schaltstangen (ISO 13856-2:2013)*
- DIN EN ISO 13856-3:2013, *Sicherheit von Maschinen — Druckempfindliche Schutzeinrichtungen — Teil 3: Allgemeine Leitsätze für die Gestaltung und Prüfung von Schaltpuffern, Schaltflächen, Schaltleinen und ähnlichen Einrichtungen (ISO 13856-3:2013)*
- DIN EN ISO 13857:2020, *Sicherheit von Maschinen — Sicherheitsabstände gegen das Erreichen von Gefährdungsbereichen mit den oberen und unteren Gliedmaßen (ISO 13857:2019)*
- DIN EN ISO 14118:2018, *Sicherheit von Maschinen — Vermeidung von unerwartetem Anlauf (ISO 14118:2017)*
- DIN EN ISO 14119:2014, *Sicherheit von Maschinen — Verriegelungseinrichtungen in Verbindung mit trennenden Schutzeinrichtungen. Leitsätze für Gestaltung und Auswahl (ISO 14119:2013)*

DIN EN ISO 14120:2016, *Sicherheit von Maschinen — Trennende Schutzeinrichtungen — Allgemeine Anforderungen an Gestaltung und Bau von feststehenden und beweglichen trennenden Schutzeinrichtungen (ISO 14120:2015)*

DIN EN ISO 14738:2009, *Sicherheit von Maschinen — Anthropometrische Anforderungen an die Gestaltung von Maschinenarbeitsplätzen (ISO 14738:2002 + Cor. 1:2003 + Cor. 2:2005)*

DIN EN ISO 19353:2019, *Sicherheit von Maschinen — Vorbeugender und abwehrender Brandschutz (ISO 19353:2019)*

DIN EN ISO 26800:2011, *Ergonomie — Genereller Ansatz, Prinzipien und Konzepte (ISO 26800:2011)*

DIN ISO/TR 14121-2:2012, *Sicherheit von Maschinen — Risikobeurteilung — Teil 2: Praktischer Leitfaden und Methodenbeispiele*

3 Begriffe und Abkürzungen

Für die Anwendung dieses Dokumentes gelten die folgenden Begriffe.

3.1

Koordinatenmessmaschine

Maschine/Messgerät ausgestattet mit Mitteln zur Bewegung eines Messkopfsystems (Sensors) zur Bestimmung von räumlichen Koordinaten von Punkten auf einer Werkstückoberfläche. Aus der Verbindung von mehreren Punkten mit einer Datenverarbeitung ergeben sich verschiedene geometrische Größen und Eigenschaften eines Messobjektes

Mit Koordinatenmessmaschine wird hier ein Koordinatenmessgerät nach DIN EN ISO 10360-1 bezeichnet. Aufgrund des im Bereich der Sicherheitsnormen üblichen Begriffs der Maschine wird hier der Begriff Koordinatenmessmaschine verwendet.

3.2

Gefahrenraum der Koordinatenmessmaschine

Bereich, welcher durch bewegliche Teile der Koordinatenmessmaschine oder den Messkopf erreicht werden kann

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese Definition wird in diesem Dokument nur im Zusammenhang mit mechanischen Gefährdungen verwendet, andere Gefährdungen werden separat behandelt.

3.3

Wirkbereich

Bereich des Messkopf, in welchem gemessen wird (Messbereich)

3.4

Drehtisch

werkstücktragende Einrichtung, die ein Werkstück in Bezug auf die Bewegungsachsen des Koordinatenmessgerätes dreht

3.5

berührungslos wirkende Schutzeinrichtungen

BWS

Zusammenstellung von Geräten und/oder Bauteilen, die im Zusammenspiel Schutzfunktionen auslösen oder die Anwesenheit von Personen detektieren und aus Sensoreinheit, steuernden Überwachungseinheiten, Ausgabegeräten und der gesamten Verkabelung bestehen

[QUELLE: IEC 61496-1:2012, 3.5]

Zu den berührungslos wirkenden Schutzeinrichtungen zählen Lichtschranken und -vorhänge, Laserscanner, Kamerasysteme, Passiv-Infrarotsysteme usw.

3.6

Sicherheitsfunktion

Funktion einer Maschine, wobei ein Ausfall dieser Funktion zur unmittelbaren Erhöhung des Risikos (der Risiken) führen kann

**3.7
 Performance Level
 PL**

diskreter Level, welcher die Fähigkeit von sicherheitsbezogenen Teilen einer Steuerung spezifiziert, eine Sicherheitsfunktion unter vorhersehbaren Bedingungen auszuführen

**3.8
 Betriebsarten
 Manueller Betrieb**

Verfahren der Achsen nur durch Steuerbefehle des Benutzers, die Steuerung hat keine Kontrolle über die Achsenbewegung.

Halbautomatischer Betrieb

Manueller Betrieb, mit der Möglichkeit der Steuerung, nach Freigabe durch den Bediener, die Kontrolle über die Achsenbewegung zu übernehmen.

Automatischer Betrieb

Verfahren der Achsen nur durch die Steuerung.

4 Liste der signifikanten Gefährdungen

4.1 Allgemeines

Dieser Abschnitt enthält alle signifikanten Gefährdungen, Gefährdungssituationen und Ereignisse, die von der Risikobewertung als signifikant für diese Art von Maschinen identifiziert wurden sowie Maßnahmen, die ergriffen werden müssen, um das Risiko zu beseitigen oder zu verringern.

4.2 In diesem Dokument behandelte Gefährdungen und Gefährdungssituationen

Die signifikanten Gefährdungen, welche in diesem Dokument behandelt werden, sind in Tabelle 2 aufgelistet.

Tabelle 1 – Liste der signifikanten Gefährdungen und Gefährdungssituationen

Nr.	Ursachen für Gefährdungen und Gefährdungssituationen	Beispiele für Tätigkeiten, Gefährdungssituationen und -bereiche an Messmaschinen	Mögliche Folgen	Relevanter Abschnitt in diesem Dokument
1	Mechanische Gefährdungen			
1.1	Annäherung eines sich bewegenden Elements an ein feststehendes Teil	manuelle Arbeiten zwischen dem Bereich des Messkopfes und Teilen der Maschine	Gefährdung durch Quetschen oder Scheren	5.1 5.2
		Zuführbewegung des Messkopfes an das Werkstück	Gefährdung durch Quetschen, Scheren, wegfliegende Teile	5.1 5.2
		Spannen von Tastern und Werkstücken	Gefährdung durch Quetschen, Scheren	5.2

Nr.	Ursachen für Gefährdungen und Gefährdungssituationen	Beispiele für Tätigkeiten, Gefährdungssituationen und -bereiche an Messmaschinen	Mögliche Folgen	Relevanter Abschnitt in diesem Dokument
1.2	sich bewegende Elemente	Tätigkeiten im Nahbereich sich verfahrender Achsen und im Bereich automatischer Be- und Entladeeinrichtungen während des Messens, des Einrichtens, des Wartens, der Instandsetzung und der Reparatur. Tätigkeiten am Messkopfwechsler Werkstückwechsler, Palettenwechsler Tätigkeiten im Bereich von Arbeitsbühnen	Gefährdung durch Stoß, Einziehen oder Erfassen, Quetschen oder Scheren	5.1 5.2 5.12
1.3	rotierende Elemente	unbeabsichtigter Kontakt mit dem rotierenden Messkopf oder dem rotierenden Werkstück	Gefährdung durch Einziehen oder Erfassen Gefährdung durch Reiben und Abschürfen	5.1 5.2
1.4	Schneiden von Teilen oder scharfe Kanten	unbeabsichtigter Kontakt mit scharfen Kanten von Maschinenteilen oder des Werkstücks	Gefährdung durch Ein- oder Durchstich Gefährdung durch Reiben und Abschürfen	5.1 5.2.14
1.5	Herabfallende oder herausgeschleuderte Gegenstände	Herabfallende Werkstücke	Gefährdung durch Quetschen	5.2.7
1.6	Schwerkraft	Herabfallende bewegliche Gegenstände und Maschinenteile, wie z. B. Messköpfe, Werkstücke, Verkleidungen und schwerkraftbelastete vertikale Achsen Bruch während des Messvorganges	Gefährdung durch Quetschen, Gefährdung durch Scheren, Gefährdung durch Stoß	5.2.7 5.2.8
1.7	Höhe vom Boden	Absturz aus hoch gelegenen Arbeitsplätzen	Gefährdung durch Stoß, Ausrutschen, Stolpern und Stürzen	5.2.8
1.8	hoher Druck	Bersten von hydraulischen und pneumatischen Bauteilen	Eindringen von unter Druck stehenden Medien in die Haut oder die Augen Gefährdung durch wegfliegende Teile	5.2.9 5.2.10
1.9	mangelnde Stabilität	Nicht befestigte Maschinen- oder Maschinenteile fallen oder kippen	Gefährdung durch Stoß, Gefährdung durch Quetschen, Gefährdung durch Scheren	5.2.11 5.2.12
1.10	rutschige Oberflächen	Ausrutschen oder Stolpern auf nicht geeigneten Oberflächen	Gefährdungen durch Ausrutschen und Stürzen	5.2.13

Nr.	Ursachen für Gefährdungen und Gefährdungssituationen	Beispiele für Tätigkeiten, Gefährdungssituationen und -bereiche an Messmaschinen	Mögliche Folgen	Relevanter Abschnitt in diesem Dokument
2 Elektrische Gefährdungen				
2.1	unter Spannung stehende Teile	Berühren von Teilen die unter elektrischer Spannung stehen	Gefährdung durch elektrischen Schlag	5.3
2.2	Teile, die aufgrund von Fehlern spannungsführend geworden sind	Berührung von Teilen, die im Fehlerfall unter Spannung stehen	Gefährdung durch elektrischen Schlag	5.3
2.3	Interner Kurzschluss	Batterien	Gefährdung durch Feuer	5.13
3 Gefährdung durch Lärm				
3.1	Geräuschemission beim Betrieb	z. B. Lüftergeräusche, Druckluft	dauerhafter Schaden des Gehörs alle weiteren (z. B. mechanische, elektrische) Probleme durch Störungen der Sprachkommunikation oder akustische Signale	5.5
4 Gefährdung durch Strahlung				
4.1	elektromagnetische Felder	Statische Magnetfelder, z. B. an Haftmagneten oder Linearmotoren	Beeinflussung von aktiven Implantaten bei Personen Krafteinwirkung auf magnetisierbare Teile	5.6.2
4.2	optische Strahlung (infrarot, sichtbar und ultraviolett), einschließlich Laserstrahlung	Bauteile, die optische Strahlung oder Laserstrahlung emittieren	Augen- und Hautverletzungen	5.6.3 5.6.4
4.3	Elektromagnetische Verträglichkeit	Unerwartetes Maschinenverhalten Störung von anderen Maschinen	Versagen von Schutzeinrichtungen	5.4
5 Ergonomische Gefährdungen				
5.1	Gestaltung oder Position visueller Anzeigergeräte	Fehlbeurteilung der angezeigten Informationen am Arbeitsplatz des Bedieners	alle weiteren (z. B. mechanische, elektrische) Probleme durch menschliches Fehlverhalten	5.7
5.2	Gestaltung, Position oder Erkennen von Steuereinrichtungen	Fehlbedienung der Maschine am Arbeitsplatz des Bedieners		5.7
5.3	Überanstrengung	an Steuereinrichtungen und während der Bedienung, ungenügende Berücksichtigung der Anatomie von Hand, Arm oder Fuß, Bein beim Werkstück- oder Messkopfwechsel, ungenügende Berücksichtigung der Körperhaltung bei Instandhaltungsaufgaben	Ermüdung	5.7
5.4	Körperhaltung		Störung des Bewegungsapparates	5.7
5.5	Wiederholende Tätigkeiten		Ermüdung Versuchung, Sicherheitsvorrichtungen zu umgehen	5.7

Nr.	Ursachen für Gefährdungen und Gefährdungssituationen	Beispiele für Tätigkeiten, Gefährdungssituationen und -bereiche an Messmaschinen	Mögliche Folgen	Relevanter Abschnitt in diesem Dokument
5.6	Sichtbarkeit, lokale Beleuchtung	Tätigkeiten beim Handhaben/Positionieren von Werkstücken und dem Messkopf, beim Be- und Entladen, beim Einrichten der Maschine, beim Messkopfwechsel und bei der Wartung	Beeinträchtigung der Urteilsfähigkeit und Genauigkeit manueller Tätigkeiten Ermüdung menschliches Fehlverhalten	5.7 5.9
5.7	Menschliches Fehlverhalten/menschliches Verhalten	unzureichende Gestaltung des Arbeitsplatzes und/oder Organisation des Messprozesses unzureichende Berücksichtigung der Anatomie von Hand, Arm oder Fuß, Bein fehlerhafte Montage	alle oben aufgeführten Gefährdungen	5.11
6 Gefährdungen im Zusammenhang mit der Einsatzumgebung der Maschine				
6.1	elektromagnetische Interferenz	unkontrollierte Bewegung (einschließlich Geschwindigkeitsänderungen sowie unbeabsichtigter, unerwarteter Anlauf)	Gefährdung durch Quetschen, Scheren, Fangen, Erfassen	5.4 5.14
6.2	Umwelteinflüsse, wie Stäube, Feuchtigkeit, Luftdruck, transiente Überspannung	Elektrische Gefährdung aufgrund von unzureichenden Luft- und Kriechstrecken	Gefährdung durch elektrischen Schlag	5.3
7 Gefährdungen, die zu Fehlfunktionen führen				
7.1	Ausfall der Energieversorgung	Herunterfallen von bewegten Maschinenteilen oder eingespannten Werkstücken oder Messköpfen/Messtastern Nichtausführen des Stillsetzens von bewegten Teilen	Gefährdung durch Quetschen, Gefährdung durch Scheren, Gefährdung durch Stoß, Gefährdung durch Schneiden oder Abschneiden,	5.8 5.11
7.2	Wiederherstellung der Stromversorgung nach einer Unterbrechung	unkontrollierte Bewegungen (einschließlich Veränderung der Geschwindigkeit) unbeabsichtigter, unerwarteter Anlauf	Gefährdung durch Erfassen, Gefährdung durch Ein- oder Durchstich, Gefährdung durch Reiben und Abschürfen	5.11 5.14

Nr.	Ursachen für Gefährdungen und Gefährdungssituationen	Beispiele für Tätigkeiten, Gefährdungssituationen und -bereiche an Messmaschinen	Mögliche Folgen	Relevanter Abschnitt in diesem Dokument
7.3	Ausfall/Störung der Steuerung	Herunterfallen von bewegten Maschinenteilen, einem eingespannten Werkstück oder eines Messkopfes; Nichtausführung des Stillsetzens von bewegten Teilen; unkontrollierte Bewegungen (einschließlich Veränderung der Geschwindigkeit); unbeabsichtigter, unerwarteter Anlauf; andere gefährliche Ereignisse wegen Versagens oder mangelhafter Gestaltung der Steuerung		5.10 5.11 5.14
8	Vorhersehbare Fehlanwendung			
8.1	Fehlanwendung der Maschine	Vermessung von nicht geeigneten Werkstücken Vermessung von lebenden Personen oder Körperteilen Verwendung der Maschine in ungeeigneter Umgebung	Alle oben aufgeführten Gefährdungen	6.2

5 Sicherheitsanforderungen und/oder Schutz-/Risikominderungsmaßnahmen

5.1 Allgemeines und Prüfbedingungen

5.1.1 Allgemeines

Die Maschine muss den Sicherheitsanforderungen und/oder den Schutz-/Risikominderungsmaßnahmen dieses Abschnitts entsprechen. Zudem muss die Maschine für relevante, jedoch nicht signifikante Gefährdungen, welche im vorliegenden Dokument nicht behandelt werden, nach den Grundsätzen der ISO 12100 konstruiert sein.

Als Handlungsempfehlung im Zusammenhang mit einer Risikominderung durch die Konstruktion siehe ISO 12100:2010, 6.2, und für technische Schutzmaßnahmen siehe ISO 12100:2010, 6.3.

Die Maschine ist nach den in diesem Abschnitt aufgelisteten spezifischen Anforderungen und/oder Schutzmaßnahmen zu konstruieren und zu sichern. Alle Anforderungen und/oder Schutzmaßnahmen sind in diesem Abschnitt beschrieben.

ANMERKUNG Eine Fehleranalyse der Maschinenkomponenten, einschließlich dem Ausfall im (in den) Steuerungssystem(en) ist Teil der Handlungsempfehlung zur Risikobewertung zu diesem Thema und ist in ISO 13849-2 beschrieben. Allgemein verwendete Sicherheitsfunktionen und deren erforderliches Performance Level (PL_r), einschließlich aller zugehörigen Kategorien nach ISO 13849-1, sind nachfolgend beschrieben.

5.1.2 Allgemeine Prüfbedingungen

Die Prüfungen sind, soweit in den einzelnen Prüfabschnitten nichts anderes festgelegt ist, bei Umgebungstemperaturen von 15 °C bis 35 °C und einer relativen Luftfeuchtigkeit von nicht mehr als 75 % durchzuführen.

5.2 Spezifische Anforderungen infolge mechanischer Gefährdungen

5.2.1 Verfahrensgeschwindigkeit, Energie

Im Automatikbetrieb darf die maximale Energie von 4 J beim Kontakt von Personen mit sich in Achsrichtung bewegenden Maschinenkomponenten, bei denen eine Quetsch-, Scher- und Stoßgefahr besteht, nicht überschritten werden. Dies ist mit mindestens $PL_r c$ sicherzustellen.

Bei einer höheren Energie sind trennende- und/oder nicht trennende Schutzeinrichtungen zu verwenden. Beim Auslösen der Schutzeinrichtung ist die max. Geschwindigkeit auf 250 mm/s zu reduzieren. Wird dabei die max. Energie von 4 J überschritten, so ist die Geschwindigkeit auf einen entsprechenden Wert zu reduzieren, bei der die Energie von 4 J nicht überschritten wird. Hierbei ist die sicher überwachte Geschwindigkeit jeder Achse mit mindestens $PL_r c$ zu realisieren. Dabei darf die dynamische Spitzenkraft von 450 N nicht überschritten werden. Nach einer Zeit von 0,75 s ist keine statische Kraft $F > 150$ N erlaubt. Diese statische Kraft muss nach einer Gesamtdauer von max. 5 s auf 0 N absinken.

In der Betriebsart „Halbautomatischer Betrieb mit sicher reduzierter Geschwindigkeit“, darf die maximale Geschwindigkeit 250 mm/s nicht überschritten werden. Durch eine Risikobeurteilung muss festgelegt werden, ob eine sicher reduzierte maximale Geschwindigkeit unter 250 mm/s benötigt wird und ob zusätzliche Ausrüstung in der Koordinatenmessmaschine bei sicher reduzierter Geschwindigkeit betrieben werden muss. In der Betriebsart „Halbautomatischer Betrieb mit sicher reduzierter Geschwindigkeit“ darf die Bewegung der Koordinatenmessmaschine in einem Geschwindigkeitsbereich von > 150 mm/s nur in Verbindung mit einer Zustimmungseinrichtung nach DIN EN 60204-1 möglich sein. Die sicherheitsbezogene Leistungsfähigkeit der Zustimmungsfunktion muss mindestens $PL_r c$ entsprechen.

Im manuellen Betrieb darf die sicher reduzierte Geschwindigkeit höchstens 150 mm/s betragen. Von einer Gefährdung durch die Tasterrücksetzung < 5 mm nach dem Antasten wird nicht ausgegangen.

Für Drehtische siehe Anhang C.

Prüfung: Messung des Kraftverlaufes mit einem Kraftmessgerät mit einer Federkonstante von 25 N/mm, Kraftverlauf: 450 N (Spitze), 150 N nach 0,75 s, 0 N nach 5 s.

Überprüfung der festgelegten max. Achs-Geschwindigkeit, Überprüfung des erforderlichen Performance Level, Plausibilitätsprüfung des Berechnungsnachweises der Energie.

5.2.2 Nachlaufweg, Nachlaufzeit

Der größte sich ergebende Nachlaufweg an erreichbaren beweglichen Maschinenkomponenten, die eine Gefahrstelle bilden, darf 50 mm nicht überschreiten. Die Bewegung muss spätestens nach 0,5 s nach Anliegen des „Halt-Befehles“ zum Stillstand gekommen sein. Bei Ausfall der Energieversorgung darf der Nachlaufweg 100 mm nicht überschreiten.

Prüfung: Messung oder Berechnung des Nachlaufweges und der Zeit

5.2.3 Berührungslos wirkende Schutzeinrichtungen (BWS)

Zu den berührungslos wirkenden Schutzeinrichtungen zählen Lichtschranken und Vorhänge, Laserscanner, Kamerasysteme, Passiv-Infrarotsysteme, Ultraschallsysteme usw.

Die gefahrbringenden Bewegungen müssen auf ≤ 250 mm/s unter Berücksichtigung der max. Energie nach 5.2.1 reduziert und sicher überwacht werden, sobald die BWS angesprochen hat.

Hierbei sind grundsätzlich die Sicherheitsabstände für berührungslos wirkende Schutzeinrichtungen entsprechend DIN EN ISO 13855 auszulegen. Dabei wird entsprechend DIN EN ISO 13855 eine Schreit-/Greifgeschwindigkeit von 1,6 m/s zugrunde gelegt.

Wegen des geringen Nachlaufwegs von < 50 mm kann auf den Sicherheitsabstand nach ISO 13855 zum Wirkungsbereich verzichtet werden. Die Abstände nach DIN EN ISO 13857 sind jedoch einzuhalten.

Prüfung: Messung des Kraftverlaufes mit einem Kraftmessgerät mit einer Federkonstante von 25 N/mm, Kraftverlauf: 450 N (Spitze), 150 N nach 0,75 s, 0 N nach 5 s.

Überprüfung der festgelegten max. Achs-Geschwindigkeit und des Nachlaufwegs, Plausibilitätsprüfung des Berechnungsnachweises der Energie, Feststellung der Eignung der Schutzeinrichtung, ggf. Überprüfung der Abstände nach DIN EN ISO 13857.

5.2.4 Bewegliche trennende Schutzeinrichtungen

Bewegliche trennende Schutzeinrichtungen müssen mit den gefahrbringenden Bewegungen verriegelt sein. Das heißt, die gefahrbringenden Bewegungen müssen auf weniger als 250 mm/s unter Berücksichtigung der max. Energie nach 5.2.1 reduziert und darauf sicher überwacht werden, sobald eine Schutzeinrichtung geöffnet wird. Die Reduktion muss erfolgt sein, bevor sich bewegende Teile (im Wirkungsbereich) von Personen erreicht werden können.

Bei ausreichend geringem Nachlaufweg der Achsen der Messmaschine (< 50 mm) kann auf die Einhaltung dieses Sicherheitsabstandes zum Wirkungsbereich verzichtet werden.

Prüfung: Messung des Kraftverlaufes mit einem Kraftmessgerät mit einer Federkonstante von 25 N/mm, Kraftverlauf: 450 N (Spitze), 150 N nach 0,75 s, 0 N nach 5 s.

Prüfung: Überprüfung der festgelegten max. Achs-Geschwindigkeiten und des Nachlaufweges, Plausibilitätsprüfung des Berechnungsnachweises der Energie, Feststellung der Eignung der Schutzeinrichtung

5.2.5 Hintertretbare Schutzeinrichtungen, Quittierung

Koordinatenmessmaschinen können begehbar sein. In diesem Fall sind Maßnahmen vorzusehen, die zusätzlich zu einer aktivierten Kraft-/Energiebegrenzung Bewegungen der Messmaschine mit einer Geschwindigkeit von mehr als 150 mm/s verhindern, solange sich Personen im Gefahrenraum aufhalten. Dies gilt für Zugänge durch berührungslos wirkende Schutzeinrichtungen (z. B. Lichtvorhänge, Laserscanner) und bewegliche trennende Schutzeinrichtungen (z. B. Schutztüren) gleichermaßen.

Bei Koordinatenmessmaschinen muss der Gefahrenraum grundsätzlich einsehbar sein, daher ist ein Quittiertaster ausreichend, um die Signale von Schutzeinrichtungen wie Schutztüren und Lichtvorhängen zurückzusetzen und Bewegungen mit der maximal möglichen Geschwindigkeit freizugeben.

Prüfung: Messung des Kraftverlaufes mit einem Kraftmessgerät mit einer Federkonstante von 25 N/mm, Kraftverlauf: 450 N (Spitze), 150 N nach 0,75 s, 0 N nach 5 s.

Überprüfung der festgelegten max. Achs-Geschwindigkeit, Plausibilitätsprüfung des Berechnungsnachweises der Energie, Feststellung der Eignung der Schutzeinrichtung

Für Quittiertaster gilt:

- Der Quittiertaster muss an einem Ort außerhalb der Schutzeinrichtungen angebracht sein.
- Er darf von innen nicht erreichbar sein.
- Vom Ort des Quittiertasters muss ein guter Blick auf die gefährlichen Bewegungen und den Gefahrenraum gegeben sein.
Die Signalauswertung muss sicherstellen, dass Tastenklemmer oder bewusstes Festsetzen der Taster erkannt werden.
- Die Betriebsanleitung der Koordinatenmessmaschine muss darüber informieren, dass die Person, die den Quittiertaster betätigt, sich davon überzeugen muss, dass sich keine Personen mehr im Gefahrenraum aufhalten.

Wenn Hindernisse den Blick versperren, sind ggf. mehrere nacheinander zu betätigende Quittiertaster erforderlich oder es müssen Sichtfenster vorgesehen werden, um die Einsehbarkeit des Gefahrenraumes bei Quittierung zu ermöglichen.

Prüfung: Besichtigung und Beurteilung der Signalauswertung des Quittiertasters

5.2.6 Nicht hintertretbare Schutzeinrichtungen

Eine BWS gilt dann als nicht hintertretbar, wenn die Höhe der Messplatte ≥ 600 mm ist. Ist dies der Fall, darf auf Quittiereinrichtungen verzichtet werden. Mit Schließen der Schutztürkontakte oder Freiwerden der BWS können Bewegungen mit der maximal möglichen Geschwindigkeit freigegeben werden.

Eventuelle Lücken zwischen BWS und Gefahrenraum (z. B. Messplatte) dürfen nicht breiter als 100 mm sein, damit sich keine Person in diesem Zwischenraum aufhalten kann.

Prüfung: Messung der Höhe der Messplatte sowie ggf. der Lücken zwischen BWS und Gefahrenraum.

5.2.7 Risiko durch herabfallende Gegenstände und Absinken der Vertikalachse

Es sind Vorkehrungen zu treffen, um das Herabfallen und Herausfallen/Herausschleudern von Gegenständen oder Maschinenteilen zu vermeiden, von denen ein Risiko ausgehen kann.

Zudem sind Vorkehrungen zu treffen, um das unbeabsichtigte Absinken der Vertikalachse zu verhindern.

Prüfung: Besichtigung, Handhabung oder Funktionstestung der Bremseinrichtungen

5.2.8 Absturz aus hochgelegenen Arbeitsebenen

Für die Dauer eines Aufenthalts auf höher gelegenen Ebenen über 1 000 mm (über Aufstellfläche) ist eine geeignete Absturzsicherung vorzusehen.

Prüfung: Messung und Sichtprüfung

5.2.9 Hydraulische Ausrüstung

Bei Koordinatenmessmaschinen mit hydraulischen Einrichtungen sind die zutreffenden Anforderungen von DIN EN ISO 4413 zu berücksichtigen.

Prüfung: Kontrolle der Datenblätter und Überprüfung der zutreffenden Anforderungen nach DIN EN ISO 4413

5.2.10 Pneumatische Ausrüstung

Bei Koordinatenmessmaschinen mit pneumatischen Einrichtungen sind die zutreffenden Anforderungen von DIN EN ISO 4414 zu berücksichtigen.

Prüfung: Kontrolle der Datenblätter und Überprüfung der zutreffenden Anforderungen nach DIN EN ISO 4414

5.2.11 Standsicherheit

Die Maschine muss so konstruiert und gebaut sein, dass die vorgeschriebene Standsicherheit sowohl im Betrieb – auch unter dem Aspekt der vorhersehbaren Fehlanwendung (maximale Beladung auf nur einer Ecke der Messplatte bei 3-Punkt-Auflage) – als auch außer Betrieb und in allen Phasen des Transports, der Montage und der Demontage sowie bei absehbarem Ausfall von Bauteilen und auch bei den gemäß der Betriebsanleitung durchgeführten Prüfungen gewahrt bleibt.

Prüfung: Nachweis der Standsicherheit durch Berechnung oder (z. B. für Bediensäulen) durch Kippprüfung (10°-Prüfung) nach DIN EN 61010-1).

5.2.12 Bruchrisiko, Endanschläge

Um ein Herausfallen von Achsen zu verhindern, muss die Maschine über mechanische Endanschläge verfügen. Die verschiedenen Teile der Maschine und ihre Verbindungen untereinander müssen den bei der Verwendung der Maschine auftretenden Belastungen standhalten.

Die verwendeten Materialien müssen – entsprechend der vom Hersteller vorgesehenen Arbeitsumgebung der Maschine – eine geeignete Festigkeit und Beständigkeit, insbesondere in Bezug auf Ermüdung, Alterung, Korrosion und Verschleiß aufweisen. Endanschläge müssen so ausgelegt sein, dass sie die kinetische Energie der jeweiligen Achse bei der höchsten, auch im Fehlerfall, vorkommenden Geschwindigkeit aufnehmen können. Wenn die Endanschläge geringer dimensioniert sind, muss mindestens mit Performance Level d verhindert werden, dass die maximal zulässige kinetische Energie für die Endanschläge überschritten wird.

Prüfung: Nachweis durch Berechnung und ggf. Verifikation nach DIN EN ISO 13849-2

5.2.13 Ausrutsch-, Stolper- und Sturzrisiko

Die Teile der Maschine, auf denen sich Personen eventuell bewegen oder aufhalten müssen, müssen so konstruiert und gebaut sein, dass ein Ausrutschen, Stolpern oder ein Sturz auf oder von diesen Teilen vermieden wird. Falls das Ausrutsch-, Stolper- und Sturzrisiko auf begehbaren Maschinenteilen funktionell nicht vermeidbar ist, ist das Risiko in den allgemeinen Sicherheitshinweisen aufzuführen.

Prüfung: Sichtprüfung des Bodenbelags begehbbarer Maschinenteile oder Prüfung des Vorhandenseins des Sicherheitshinweises in der Betriebsanleitung

5.2.14 Risiken durch Oberflächen, Kanten und Ecken

Zugängliche Maschinenteile dürfen, soweit ihre Funktion es zulässt, keine scharfen Ecken und Kanten und keine rauen Oberflächen aufweisen, die zu Verletzungen führen können.

Für Drehtische siehe Anhang C.

Prüfung: Besichtigung und Handhabung von Ecken und Kanten

5.3 Elektrische Gefährdungen

Die elektrische Ausrüstung muss DIN EN 60204-1 entsprechen.

Wenn weitere elektrische Komponenten verbaut sind für die andere anwendbare Standards existieren, so sind diese zusätzlich anzuwenden (z. B. DIN EN 61010-1 für eine Steuerungseinheit, DIN EN 61010-2-201 für Stromversorgungsgeräte, oder DIN EN 62368-1 für IT-Equipment).

ANMERKUNG Die Auslegung der elektrischen Betriebsmittel bezüglich Überspannungskategorie hat gem. DIN EN 60664-1 zu erfolgen. Stromversorgungsgeräte, welche die Anforderungen von DIN EN 61010-2-201 einhalten, sind grundsätzlich für Überspannungskategorie II ausgelegt. Bei der Verwendung in einer Umgebung mit höheren Anforderungen zur Überspannungskategorie, sind entsprechende Maßnahmen zu treffen.

Prüfung: Prüfung der elektrischen Ausrüstung nach DIN EN 60204-1 und ggf. weiteren Normen.

5.4 Anforderungen an die elektromagnetische Verträglichkeit

Es gelten folgende Anforderungen an die elektromagnetische Verträglichkeit der elektrischen Ausrüstung:

- a) Immunität: Die in der Maschine verwendeten elektronischen und elektrischen Komponenten sind in Übereinstimmung mit DIN EN IEC 61000-6-2 zu konstruieren.
- b) Emission: In der elektrischen/elektronischen Konstruktion müssen technische Informationen und physische Maßnahmen zur Begrenzung von elektromagnetischen Emissionen, abhängig von den notwendigen örtlichen Bedingungen, zur Anwendung kommen:
 - 1) gemischte Umgebung, Leichtindustrienumgebung, DIN EN IEC 61000-6-3, oder
 - 2) Industriefeld, DIN EN IEC 61000-6-4.

Alternativ kann auch DIN EN IEC 61326-1, Tabelle 2 angewendet werden.

In der Betriebsanleitung sind Einschränkungen in der Verwendung anzugeben.

Prüfung: Prüfung der elektromagnetischen Verträglichkeit nach DIN EN IEC 61000-6-2, DIN EN IEC 61000-6-3, DIN EN IEC 61000-6-4 oder DIN EN IEC 61326-1.

5.5 Gefährdungen durch Lärm

Die Maschine muss so konstruiert und gebaut sein, dass Risiken durch Luftschallemission, insbesondere an der Quelle, so weit gemindert werden, wie es nach dem Stand des technischen Fortschrittes und mit den zur Lärminderung verfügbaren Mitteln möglich ist.

Über 80 dB(A) sind Angaben und Hinweise zum Gebrauch von persönlicher Schutzausrüstung (Gehörschutz) in die Betriebsanleitung aufzunehmen.

Prüfung: Ggf. Messung und Bewertung des Emissionswertes

5.6 Gefährdungen durch Strahlung

5.6.1 Allgemeines

Alle funktionsbedingten Emissionen von nicht ionisierender Strahlung während der Einstellung, des Betriebes oder der Reinigung müssen so weit begrenzt werden, dass sie keine schädlichen Auswirkungen für den Menschen haben.

5.6.2 Gefährdungen durch elektromagnetische Felder

Starke Magnetfelder, auf die man z. B. bei Linearantrieben stößt, können Gefährdungen verursachen.

Überschreiten magnetische Felder die Auslöseschwelle von 2013/35/EU sind Angaben zu den zu erwartenden Feldstärken bzw. zu den notwendigen Mindestabständen in der Betriebsanleitung aufzunehmen.

Prüfung: Ggf. Messung und Bewertung der magnetischen Feldstärken, Hinweise in der Betriebsanleitung.

5.6.3 Gefährdungen durch Laserstrahlen

Lasereinrichtungen müssen der DIN EN 60825-1 entsprechen.

Lasereinrichtungen an Maschinen müssen so konstruiert und gebaut sein, dass sie keine unbeabsichtigte Strahlung abgeben können.

Lasereinrichtungen an Maschinen müssen so abgeschirmt sein, dass weder durch die Nutzstrahlung noch durch reflektierte oder gestreute Strahlung noch durch Sekundärstrahlung Gesundheitsschäden verursacht werden.

Prüfung: Ggf. Messung und Klassifizierung der Laserstrahlung nach DIN EN 60825-1.

5.6.4 Gefährdungen durch andere optische Strahlungsquellen

Optische Strahlungsquellen müssen der Normenreihe DIN EN 62471 entsprechen.

Optische Strahlungsquellen an Maschinen müssen so konstruiert und gebaut sein, dass sie keine unbeabsichtigte Strahlung abgeben können.

Optische Strahlungsquellen an Maschinen müssen so abgeschirmt sein, dass weder durch die Nutzstrahlung noch durch reflektierte oder gestreute Strahlung noch durch Sekundärstrahlung Gesundheitsschäden verursacht werden.

Prüfung: Ggf. Messung und Klassifizierung der sichtbaren Strahlung nach Normenreihe DIN EN 62471.

5.7 Gefährdungen durch Vernachlässigung ergonomischer Gestaltungsgrundsätze

5.7.1 Gefährdung durch ungesunde Körperhaltung und besondere Anstrengung

Ergonomische Grundsätze für Bedienung und Steuerung von Koordinatenmessmaschinen sind in DIN EN 60204-1, Abschnitt 10 und Abschnitt 11 vorgegeben.

Prüfung: Sichtprüfung

5.7.2 Anforderungen an die Bedienerschnittstelle

5.7.2.1 Ingangsetzen und Stillsetzen der Antriebe

Es müssen handbetätigte Bedienelemente für das Ingangsetzen und das Stillsetzen der Antriebe vorhanden sein.

Bei Maschinen, die im Automatikbetrieb arbeiten, darf das Ingangsetzen oder Wiedereingangsetzen nach einer Abschaltung und die Änderung ihres Betriebszustands ohne Bedienereingriff möglich sein, sofern dies nicht zu einer Gefährdungssituation führt.

Bei Maschinen, die im manuellen Betrieb arbeiten, müssen Bedienelemente, die von Hand betätigt werden selbsttätig rückstellend sein.

Prüfung: Funktions- und Sichtprüfung

5.7.2.2 Unbeabsichtigte Betätigung

Betätigungselemente (z. B. am Bedienpult) zum Einleiten einer Bewegung müssen gegen unbeabsichtigtes Betätigen geschützt sein.

Wird ein Zeitfenster zum Deaktivieren der Betätigungselemente genutzt so darf dieses maximal 60 Sekunden groß sein. Danach sind die Betätigungselemente zu sperren.

Ein Entsperren darf nur durch eine willentliche Betätigung erfolgen.

Prüfung: Der Prüfling wird im gesperrten Zustand in jeder möglichen Lage auf einer horizontalen Oberfläche abgelegt. Die Prüfung gilt als bestanden, wenn dabei keine gefahrbringende Bewegung eingeleitet wird.

5.8 Gefährdungen durch unzureichende Evakuierungsmöglichkeiten/Notausgänge

Die Maschine muss so konstruiert, gebaut oder ausgerüstet sein, dass eine Person nicht in ihr eingeschlossen werden kann.

Prüfung: Prüfung der Begehbarkeit, Möglichkeit der Öffnung von Zugängen von innen (Fluchtentriegelung)

5.9 Gefährdungen durch unzureichende örtliche Beleuchtung

Im vorgesehenen Arbeitsbereich muss eine Beleuchtungsstärke von mindestens 500 lx durch geeignete Beleuchtung möglich sein, die bauseitig oder maschinenseitig vorzusehen ist. Darauf ist in der Betriebsanleitung hinzuweisen.

Prüfung: Betriebsanleitung, Messung der Beleuchtungsstärke im Zentrum des vorgesehenen Arbeitsbereichs

5.10 Materialien und Substanzen

Die für den Bau der Maschine eingesetzten Materialien oder die bei ihrem Betrieb verwendeten Substanzen dürfen nicht zur Gefährdung der Sicherheit und der Gesundheit von Personen führen. Teile, die bei der Benutzung in Kontakt mit der Haut der Bedienperson kommen können, dürfen keine gesundheitsgefährdenden Stoffe beinhalten.

ANMERKUNG Weitere Informationen zu gefährlichen Materialien und Substanzen siehe z. B. RoHS/REACH, CLP-VO.

5.11 Gefährdungen durch Ausfall/Störung des Steuerungssystems

5.11.1 Anforderungen an Sicherheitsfunktionen

Die nachfolgend aufgeführten sicherheitsrelevanten Funktionen sind Beispiele für mögliche in der Steuerung der Koordinatenmessmaschine oder durch externe Einrichtungen bereit gestellte Sicherheitsfunktionen.

Der für die jeweilige Sicherheitsfunktion notwendige PL_r kann durch Anwendung von DIN EN ISO 13849-1, Anhang A bestimmt werden.

Für Drehtische siehe Anhang C.

Prüfung: Validierung der Sicherheitsfunktionen nach DIN EN ISO 13849-2

5.11.2 Begrenzung und sichere Überwachung des Drehmoments bzw. der Kraft (Sicherheitsfunktion 1)

Unter Berücksichtigung der Kanten-Geometrien sämtlicher am Arbeitsprozess beteiligter Oberflächen der Koordinatenmessmaschine resultiert aus der steuerungsseitigen Überwachung und Begrenzung der Kraft bzw. des Drehmomentes eine Reduzierung des Risikos bezüglich Quetschen zwischen beweglichen und unbeweglichen Teilen der Koordinatenmessmaschine bzw. des Aufstellraumes.

Es reicht z. B. nicht aus, die Kraft nur im Normalzustand zu messen und zu dokumentieren. Auch bei Ausfall von Bauteilen, Hard- und Softwarefehlern dürfen keine Kraft- oder Geschwindigkeitsüberschreitungen eintreten. Alternativ kann z. B. eine sichere Kraftbegrenzung auch durch inhärent sichere Konstruktion (z. B. Rutschkupplung) realisiert werden.

Für Drehtische siehe Anhang C.

Prüfung: Validierung der Sicherheitsfunktionen nach DIN EN ISO 13849-2

5.11.3 Sichere Überwachung der Geschwindigkeit (Sicherheitsfunktion 2)

Um sicherzustellen, dass bei einem eintretenden oder bevorstehenden Kontakt mit Personen die Geschwindigkeit keine unzulässigen Werte annimmt, muss, um die beim Kontakt zu gewährleistende Kraft einzuhalten, auch die Geschwindigkeit sicher überwacht werden.

Für Drehtische siehe Anhang C.

Prüfung: Validierung der Sicherheitsfunktionen nach DIN EN ISO 13849-2

5.11.4 Not-Halt (Sicherheitsfunktion 3)

Koordinatenmessmaschinen müssen mit einer oder mehreren Not-Halt-Einrichtung(en) ausgerüstet sein, durch die alle gefahrbringenden Bewegungen und Zustände stillgesetzt werden können.

Die Sicherheitsfunktion der Not-Halt-Kreise z. B. für gefahrbringende Bewegungen muss mindestens mit PL_c vollführt werden.

Not-Halt-Einrichtungen müssen nach DIN EN ISO 13850 ausgeführt werden und leicht erreichbar sein. Die Not-Halt-Funktion muss so konzipiert sein, dass die Entscheidung, das Not-Halt-Befehlsgerät zu betätigen, der Person keine Überlegungen bezüglich der sich daraus ergebenden Wirkungen abverlangt. Not-Halt-Befehlsgeräte müssen mindestens an jedem Bedienplatz und an jedem Bedienpult vorgesehen werden.

Nach Entriegelung des Not-Halt-Befehlsgerätes darf die Maschine nicht unmittelbar wieder anlaufen. Erst nach Betätigung einer weiteren Starteinrichtung darf der Wiederanlauf erfolgen.

Prüfung: Prüfung der Not-Halt-Einrichtung auf Funktion und Einhaltung der Anforderungen nach DIN EN ISO 13850, DIN EN ISO 13849-1 und DIN EN ISO 13849-2.

5.11.5 Schnittstellen für Sicherheitshalt

Jede Koordinatenmessmaschine, die zur Integration in Fertigungssysteme vorgesehen ist, muss über Möglichkeiten für den Anschluss externer Schutzeinrichtungen verfügen, z. B. zum Anschluss von Lichtvorhängen und Schutztür-Verriegelungsschalter.

Diese Schnittstelle kann z. B. als Sicherheitshalt-Eingang bezeichnet werden. Er muss zusätzlich zum Not-Halt-Eingang physikalisch vorhanden sein, z. B. durch zusätzliche Anschlussklemmen.

Die Stoppreaktion der Koordinatenmessmaschine bei einem Sicherheitshalt muss entsprechend DIN EN 60204-1 in Stoppkategorie 0 oder 1 erfolgen. Stoppkategorie 2 darf zusätzlich verwendet werden, wenn der Stillstand sicher überwacht wird.

Für die beiden Schnittstellen muss Kategorie, Performance Level und MTTFD (oder PFHD) in der Betriebsanleitung angegeben werden.

Prüfung: Überprüfung der bestimmungsgemäßen Verwendung, Überprüfung des Vorhandenseins der Schnittstellen und der erforderlichen Angaben in der Betriebsanleitung

5.11.6 Einbindung von Signalen externer Verriegelungs- oder Schutzeinrichtungen

Koordinatenmessmaschinen, müssen über einen oder mehrere Eingänge zum Anschluss von Verriegelungs- oder Schutzeinrichtungen verfügen.

Ausgenommen sind Koordinatenmessmaschinen, bei welchen konstruktiv und/oder steuerungstechnisch sichergestellt ist, dass die in 5.2.1 spezifizierten Grenzen für Kraft bzw. Drehmoment und die spezifizierte Geschwindigkeit nicht überschritten wird.

Es muss mit mindestens PL_c möglich sein, diese Signale für Sicherheitsfunktion 1 und Sicherheitsfunktion 2 zu verwenden. Dies bedeutet z. B., dass bei Vorhandensein eines Objektes im Schutzfeld eines Laserscanners die max. Geschwindigkeit reduziert und auf Einhalten dieser Maximalgeschwindigkeit sicher (Sicherheitsfunktion 2) überwacht wird. Gleichzeitig wird auch Sicherheitsfunktion 1 aktiv. Werden in dieser Situation die Grenzwerte für Kraft oder Geschwindigkeit überschritten, so wird über Sicherheitsfunktion 3 ein Not-Halt der Maschine ausgelöst.

Prüfung: Validierung der Funktion nach DIN EN ISO 13849-1 und DIN EN ISO 13849-2.

5.12 Gefährdungen im Zusammenhang mit Montage, Installation, Reinigung, Wartung und Instandhaltung

5.12.1 Fehler bei der Montage und Aufstellung

Fehler bei der Montage oder erneuten Montage bestimmter Teile, die eine Gefährdung hervorrufen können, müssen durch die Konstruktion und Bauart dieser Teile unmöglich gemacht oder andernfalls durch Hinweise auf den Teilen selbst und/oder auf ihrem Gehäuse verhindert werden.

Die gleichen Hinweise müssen auf beweglichen Teilen und/oder auf ihrem Gehäuse angebracht sein, wenn die Kenntnis von der Bewegungsrichtung für die Vermeidung von Gefährdungen notwendig ist.

Erforderlichenfalls sind in der Dokumentation zusätzliche Angaben zu Restrisiken zu machen.

Kann ein fehlerhafter Anschluss eine Gefährdung verursachen, so muss dies durch die Bauart der Anschluss-teile unmöglich gemacht oder andernfalls durch Hinweise auf zu verbindenden Teilen und gegebenenfalls auf den Verbindungsmitteln unmöglich gemacht werden.

Prüfung: Überprüfung der Dokumentation

5.12.2 Trennung von den Energiequellen bei Instandhaltung und Wartung

Die Koordinatenmessmaschine muss mit Einrichtungen ausgestattet sein, mit denen sie von jeder einzelnen Energiequelle (z. B. Stromversorgung, Druckluft) getrennt werden kann. Diese Einrichtungen sind klar zu kennzeichnen. Sie müssen abschließbar sein, falls eine Wiedereinschaltung eine Gefahr für Personen verursachen kann.

Bei Stecker-/Steckdosenkombination als Netztrenneinrichtung, die unter unmittelbarer Aufsicht der Person ist, die die Arbeiten ausführt, brauchen keine Einrichtungen zum Abschließen in der AUS-Stellung vorgesehen werden.

Trenneinrichtungen können sich auch in der Installation des Betreibers befinden (Steckvorrichtungen für Stromversorgung oder Druckluft).

Prüfung: Besichtigung

5.12.3 Gefährdungen durch unzureichende örtliche Zugänge während des Betriebs, Einrichtens, der Instandhaltung oder Reinigung

Wenn während des Betriebs, Einrichtens, der Instandhaltung oder Reinigung durch den Bediener ein Zugang zur Koordinatenmessmaschine erforderlich ist, muss dieser in der Bedienungsanleitung beschrieben sein. Ggf. hierfür nötige Abstände um die Koordinatenmessmaschine müssen in der Dokumentation enthalten sein.

Prüfung: Einsicht in die Dokumentation, ob während des Betriebs, Einrichtens, der Instandhaltung oder Reinigung durch den Bediener Zugänge erforderlich sind sowie, falls notwendig Überprüfung der Abstände auf Plausibilität.

5.13 Gefährdungen durch Batterien

Funk-Bedienpulte von Koordinatenmessmaschinen können Batterien enthalten. Bei Lithium-Batterien müssen diese der DIN EN 62133-2 entsprechen, bei der Verwendung von Nickel-Batterien müssen diese der DIN EN 62133-1 entsprechen.

Prüfung: Einsicht in die Dokumentation

5.14 Gefährdungen durch unerwarteten Anlauf

Es muss verhindert werden, dass sich, aus gleich welcher Ursache, ein stillgesetztes Maschinenteil ohne Betätigung der Stellteile aus seiner Ruhestellung bewegt oder diese Bewegung darf keine Gefährdung für Personen darstellen.

Prüfung: Prüfung der elektrischen Ausrüstung nach 5.3 und ggf. der hydraulischen Ausrüstung nach 5.2.8 und pneumatischen Ausrüstung nach 5.2.9.

6 Benutzerinformation

6.1 Aufschriften und Kennzeichnung

Auf jeder Maschine müssen mindestens folgende Angaben erkennbar, deutlich lesbar und dauerhaft angebracht sein:

- Firmenname und vollständige Anschrift des Herstellers und gegebenenfalls seines Bevollmächtigten
- Bezeichnung der Maschine
- Baureihen- oder Typbezeichnung

- Nennspannung, Anzahl der Außenleiter und Frequenz (bei Wechselstromversorgung) und Volllaststrom für jede Einspeisung
- gegebenenfalls Nennbetriebsdruck
- gegebenenfalls Seriennummer
- Baujahr, d. h. das Jahr, in dem der Herstellungsprozess abgeschlossen wurde.

Prüfung: Prüfung auf Plausibilität und Vollständigkeit der Angaben und Wischtest nach DIN EN 61010-1.

6.2 Betriebsanleitung

Jeder Koordinatenmessmaschine ist eine Betriebsanleitung in einer Verständnissfähigkeit beizugeben, die vernünftigerweise von den Benutzern erwartet werden kann. Sie muss für alle Lebensphasen der Koordinatenmessmaschine die erforderlichen Hinweise enthalten.

Nachfolgend aufgeführte Angaben müssen enthalten sein:

a) Allgemeine Angaben

- Firmenname und vollständige Anschrift der Hersteller/seines Bevollmächtigten
- Bezeichnung/Beschreibung der Maschine
- Baureihe oder Typbezeichnung
- Angabe, welche Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten der Betreiber durchführen darf
- Alle technischen Unterlagen zur Durchführung von Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten durch den Betreiber
- Maximaler Betriebsdruck
- Allgemeine Angaben zur elektrischen Energieversorgung
- ggf. Angaben zur pneumatischen und hydraulischen Energie

b) Beschreibung der Koordinatenmessmaschine

- Auflistung der technischen Daten (einschließlich Nennspannung, Nennleistungsaufnahme, Netzform, maximaler Betriebsdruck, Gewichtsangabe)
- Beschreibung der Betätigungs- und Meldeeinrichtung
- ggf. Beschreibung der sicheren Handhabung des Drehtischs (z. B. maximale Beladung, Werkstückgrößen, -formen, Befestigungsmöglichkeiten, Angaben zur Energieversorgung)

c) Hinweise zur bestimmungsgemäßen Verwendung

- Angaben zum Anwendungsbereich
- Beschreibung der Inbetriebnahme
- Beschreibung der bestimmungsgemäßen Verwendung
- Beschreibung zur vorhersehbaren Fehlanwendung
- Hinweise zu Nutzungsbeschränkungen (EMV)
- Hinweise zu den zulässigen Temperatur- und Umgebungseinflüssen bei Verwendung der Maschine
- Hinweis auf ausreichende Beleuchtung des Arbeitsbereichs
- Hinweis zur Trennung von Energiequellen
- Hinweis auf ordnungsgemäße Handhabung beim Zusammenbau und Lösen von Messköpfen und anderen abnehmbaren Teilen
- Hinweis auf den zugelassenen Austausch von Teilen durch den Benutzer
- Hinweise auf das sicherheitsgerechte Verhalten bei Störungen, z. B. Angaben zu Restrisiken

- Angaben zu Lagerung, Transport und Handhabung (inkl. Angabe des Gewichtes)
- Angaben zur Luftschallemission
- ggf. Angaben zur Klassifizierung der verwendeten Lasereinrichtungen
- Angaben zu Restrisiken (z. B. Ausrutsch-, Stolper- und Sturzrisiko, Risiken an Drehtischen)

Prüfung: Kontrolle der Betriebsanleitung auf Vollständigkeit der oben aufgeführten Angaben

Anhang A (informativ)

Stückprüfung des Herstellers

Die in diesem Anhang beschriebenen Prüfungen sollen dazu dienen, aus Sicherheitsgründen wahrnehmbare Veränderungen der Werkstoffe oder des Produktionsganges aufzudecken. Diese Prüfungen sind an jeder Koordinatenmessmaschine durchzuführen.

Der Hersteller kann ein für seine Fertigung besser geeignetes Prüfverfahren wählen, wenn die von ihm gewählten Prüfungen mindestens die gleiche Sicherheit gewährleisten, wie die nachfolgend aufgeführten Prüfungen:

- Stück-Prüfung der elektrischen Ausrüstung:
 - Überprüfung der Durchgängigkeit des Schutzleitersystems,
 - Messung und Beurteilung des Ableitstromes
- Funktionsprüfung:
 - Es ist die Funktion aller Bedienelemente in Übereinstimmung mit den Ausführungen der Betriebsanleitung zu prüfen.
 - Alle Sicherheitsfunktionen sind bezüglich Funktionalität zu überprüfen, die Wirksamkeit von Maßnahmen zur Kraftbegrenzung und zur Geschwindigkeitsbegrenzung ist (z. B. durch Messung der Kräfte und Geschwindigkeiten) nachzuweisen.

Die Ergebnisse der Stück- und Funktionsprüfungen sind zu dokumentieren.

Prüfung: Durchsicht der Prüfanweisungen und der Prüfprotokolle der Stückprüfungen

Anhang B (informativ)

Erwägungsgründe für die Risikoeinschätzung durch Risiken durch bewegliche Teile

B.1 Erwägungsgrund 1

Es ist eine Risikoeinschätzung für potentielle Gefahrstellen unter Anwendung der Risikomatrix nach DIN ISO/TR 14121-2, Tabelle 1 durchzuführen. Für die Einschätzung des Schadensausmaßes ergibt sich aus historischen Daten (Unfallgeschehen mit Koordinatenmessmaschinen in den letzten 25 Jahren), dass es weder schwerwiegende noch katastrophale Schadensereignisse mit Messmaschinen aufgrund von Verfahrbewegungen der Achsen gegeben hat.

Selbst Vorfälle mit dem Schadensausmaß „mittelmäßig“ waren nicht auf die Messmaschine als solche, sondern auf die Messobjekte zurückzuführen. Wirklichkeitsnah betrachtet ist davon auszugehen, dass eine Messmaschine in Bezug auf Personenschäden durch die Verfahrbewegungen Gefährdungen mit dem potentiellen Schadensausmaß „mittelmäßig“ (S2) aufweisen kann.

Bei Geschwindigkeiten bis zu 250 mm/s (DIN ISO/TR 14121-2, 6.3.2) ist eine Vermeidung des Schadens durch Ausweichen möglich (A1).

Bei Geschwindigkeiten über 250 mm/s ist eine Vermeidung des Schadens durch Ausweichen nicht möglich (A2).

Für den Bediener der Maschine wird die Dauer/Häufigkeit der Gefährdungsexposition im Wirkungsbereich des Messkopfes mit „häufig“ angenommen, da er sich für „Teach-In“-Vorgänge länger als 15 min je Arbeitsschicht im Gefahrenbereich der Maschine aufhalten muss (F2).

Außerhalb des Wirkungsbereiches des Messkopfes wird die Dauer/Häufigkeit mit „selten“ angenommen (F1).

Die Eintrittswahrscheinlichkeit eines Gefährdungereignisses wird in beiden Fällen als „mittel (gering)“ angenommen (O2/O1).

Für die Einschätzung des Risikos durch Verfahrbewegungen der Maschine für den Bediener ergibt sich nach Bild 3 der DIN ISO/TR 14121-2:

Automatikbetrieb: S2-F1-O2-A1 → Risikoindex 2 (geringes Risiko).

Die Eintrittswahrscheinlichkeit eines Schadens ist „entfernt vorstellbar“.

„Teach-In-Betrieb“ (im Wirkungsbereich des Messkopfes): S2-F2-O2-A1 → Risikoindex 4 (mittleres Risiko)

Die Eintrittswahrscheinlichkeit eines Schadens ist „unwahrscheinlich“.

Für den Nicht-Bediener der Maschine wird die Dauer/Häufigkeit der Gefährdungsexposition mit „selten“ angenommen, da sich dieser Personenkreis weder bestimmungsgemäß im Wirkungsbereich der Maschine aufhalten muss noch es eine Veranlassung gibt, sich dort länger als 15 min aufzuhalten (F1).

Die Eintrittswahrscheinlichkeit eines Gefährdungereignisses für Nicht-Bediener wird mit „mittel“ angenommen (O2).

Für die Einschätzung des Risikos durch Verfahrbewegungen der Maschine für den Nicht-Bediener ergibt sich nach Bild 3 der DIN ISO/TR 14121-2:

S2-F1-O2-A1 → Risikoindex 2 (geringes Risiko)

Die Eintrittswahrscheinlichkeit eines Schadens ist „unwahrscheinlich“.

Die Eintrittswahrscheinlichkeit eines kumulativen Schadens durch Arbeiten mit Koordinatenmessmaschinen ist „entfernt vorstellbar“, siehe DIN ISO/TR 14121-2, 6.2.2.4.

B.2 Erwägungsgrund 2

Kraft-Zeit-Grenzwerte werden in Anlehnung an DIN EN 12453 berücksichtigt. Der Grenzwert für die max. Bewegungsenergie von 4 J wird für Koordinatenmessmaschinen ebenfalls in Anlehnung übernommen.

Anhang C (normativ)

Zusätzliche Anforderungen an Drehtische für Koordinatenmessmaschinen

C.1 Konstruktive Anforderungen

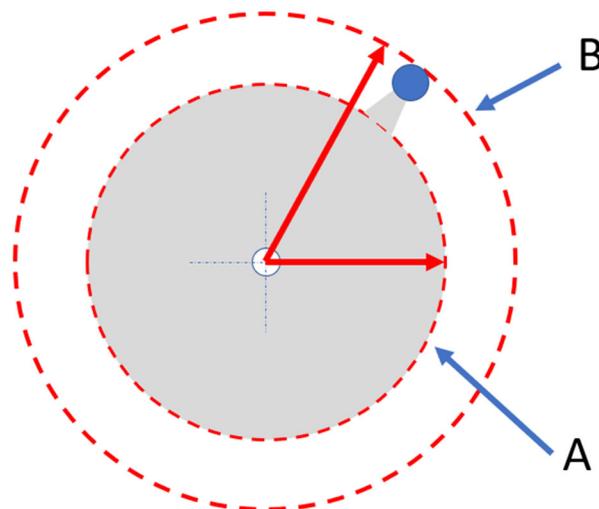
Dieser Anhang legt konstruktive wie auch Geschwindigkeits-, Kraft-, und Energiebegrenzende Sicherheitsanforderungen für Drehtische an Koordinatenmessmaschinen fest. Sollten die Geschwindigkeits-, Kraft-, und Energiebegrenzende Anforderungen aufgrund konstruktiver Gegebenheiten nicht einzuhalten sind externe Schutzeinrichtungen erforderlich (Siehe C.4).

Drehtischgehäuse dürfen keine Einzugsstellen (Öffnungen, in denen sich Körperteile oder Kleidungsstücke verfangen können), scharfe Ecken und Kanten aufweisen. Es muss die Möglichkeit zur Befestigung der Werkstücke gegeben sein. Der Drehtisch muss in seiner Position gesichert werden können.

Prüfung: Sichtprüfung und Handhabung

C.2 Gefahrenbereiche an Drehtischen

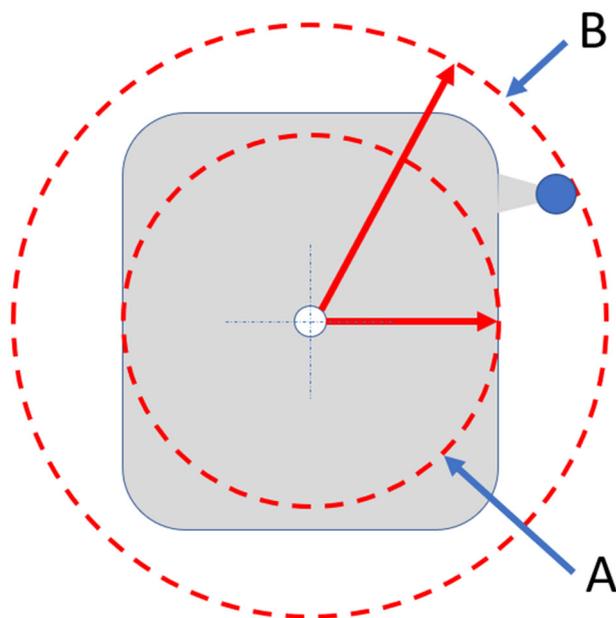
Ein Gefahrenbereich an einem Drehtisch ist sowohl von der Form des Drehtisches (radiale oder nicht-kreisförmige Werkstückaufnahme) wie auch vom darauf liegenden Werkstück (innerhalb der Werkstückaufnahme oder darüber hinausragend) abhängig. Im Folgenden wird für diese Fälle von einem „Einfachen Gefahrenbereich“ und einem „Erweiterten Gefahrenbereich“ gesprochen.



Legende

- A einfacher Gefahrenbereich (grau; Werkstück liegt innerhalb des Drehtellers)
- B erweiterter Gefahrenbereich (weiß; Werkstück ragt über Drehteller hinaus)

Bild C.1 – Radiale Werkstückaufnahme



Legende

- A einfacher Gefahrenbereich (grau; Werkstück liegt innerhalb des Drehtellers)
- B erweiterter Gefahrenbereich (weiß; Werkstück ragt über Drehteller hinaus)

Bild C.2 – Nicht-kreisförmige Werkstückaufnahme

C.2.1 Einfacher Gefahrenbereich

Der Beginn des Gefahrenbereichs wird durch den größten, radialen Abstand von der Drehtischachse, eines sich um die Drehtischachse drehenden Oberflächenpunktes der Werkstückaufnahme (z. B. Planscheibe oder Palette), definiert. Im Fall von gängigen kreisförmigen Planscheiben entspricht dies dem Radius der Planscheibe.

Im Fall von nicht kreisförmigen Werkstückaufnahmen (z. B. polygonförmige Paletten) entspricht der einfache Gefahrenbereich dem kleinsten radialen Abstand der Außenkontur der Werkstückaufnahme zur Drehachse des Drehtischs.

Der einfache Gefahrenbereich ist relevant für die Bestimmung der max. zulässigen dynamischen Kraft im dynamikbegrenzten Betriebsmodus.

C.2.2 Erweiterter Gefahrenbereich

Der Gefahrenbereich kann erweitert sein, wenn ein max. zulässiger Überstand, eines auf, bzw. an der Werkstückaufnahme angeordneten Objekts, über die Außenkontur der Werkstückaufnahme hinaus, definiert ist.

Im Fall von nicht kreisförmigen Werkstückaufnahmen (z. B. polygonförmige Paletten) entspricht der erweiterte Gefahrenbereich dem größten radialen Abstand der Außenkontur der Werkstückaufnahme zur Drehachse des Drehtischs zuzüglich eines ggf. definierten max. zulässigen Überstandes über den Rand der Werkstückaufnahme hinaus.

Der erweiterte Gefahrenbereich ist relevant für die Bestimmung der max. zulässigen Umfangsgeschwindigkeit im dynamikbegrenzten Betriebsmodus.

C.3 Anforderungen für dynamikbegrenzten Betriebsmodus

Der Begriff „dynamikbegrenzt“ kennzeichnet einen Betriebsmodus, bei welchem das Restrisiko für den Anwender als vertretbar angesehen wird. Es gelten die in den nachfolgenden Abschnitten C.3.1 bis C.3.3 aufgeführten Kriterien.

Prüfung: Einhaltung der Abschnitte C.3.1 bis C.3.3 sowie Überprüfung der Bedienungsanleitung hinsichtlich der Hinweise zu bestehenden Restrisiken.

C.3.1 Umfangsgeschwindigkeit

Die maximale Umfangsgeschwindigkeit am Außenrand des erweiterten Gefahrenbereichs darf 300 mm/s nicht überschreiten.

$$v_{\text{Umfang}} = \omega \cdot r$$

Dabei ist

v_{Umfang} die Umfangsgeschwindigkeit [mm/s];

ω die Winkelgeschwindigkeit [rad/s];

r der Radius [mm].

Prüfung: Berechnung der sich ergebenden Umfangsgeschwindigkeit aus der spezifizierten, maximal zulässigen Winkelgeschwindigkeit und dem Radius des erweiterten Gefahrenbereichs. Der Betrag der Umfangsgeschwindigkeit darf den Grenzwert von 300 mm/s nicht überschreiten.

C.3.2 Dynamische Kraft

Eine dynamische Spitzenkraft von 450 N darf, am äußeren Rand des einfachen Gefahrenbereichs, nicht überschritten werden. Im Fall einer Überschreitung (z. B. Kollisionsfall) der dynamischen Spitzenkraft von 450 N muss sich die statische Kraft, nach max. 0,75 s, auf kleiner 150 N reduzieren.

Beträgt die Umfangsgeschwindigkeit am Außenrand des einfachen Gefahrenbereichs weniger als 33 mm/s, bleibt der Betrag der dynamischen Spitzenkraft unberücksichtigt.

Prüfung: Messung des Kraftverlaufs im Kollisionsfall, am Außenrand des einfachen Gefahrenbereichs, bei max. zulässiger kinetischer Energie. Dabei ergibt sich die max. zulässige kinetische Energie aus der, für ein maximales, spezifiziertes Massenträgheitsmoment, spezifizierten maximalen Winkelgeschwindigkeit.

Die Prüfung erfolgt mit einem Kraftmessgerät mit einer Federkonstante von 25 N/mm.

Sind für einen Drehtisch verschiedenartige Werkstückaufnahmen verfügbar, erfolgt die Prüfung mit jeder dieser Werkstückaufnahmen.

C.3.3 Kinetische Energie

Die maximale kinetische Energie von 4 J darf beim Kontakt mit sich bewegenden Komponenten im Kollisionsfall nicht überschritten werden. Die kinetische Energie berechnet sich zu:

$$E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} J \omega^2$$

Dabei ist

E_{kin} die kinetische Energie [J];

J das Massenträgheitsmoment [kg*m²];

ω die Winkelgeschwindigkeit [rad/s].

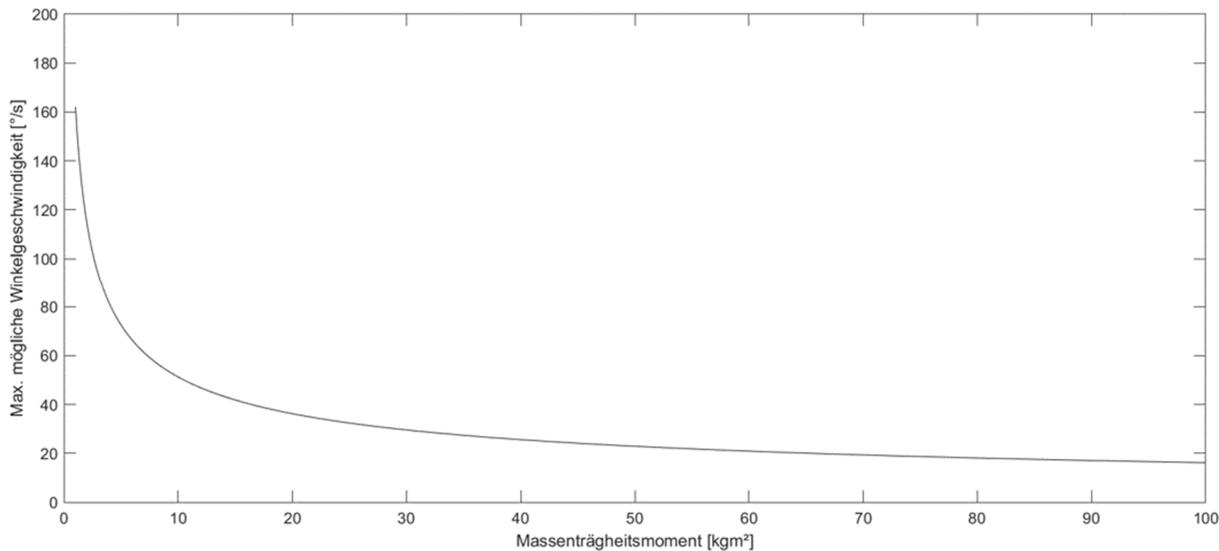


Bild C.3 – Maximal mögliche Winkelgeschwindigkeit für $E_{kin} \leq 4 \text{ J}$, in Abhängigkeit vom Massenträgheitsmoments

Beträgt die Umfangsgeschwindigkeit am Außenrand des einfachen Gefahrenbereichs weniger als 33mm/s, bleibt der Betrag der kinetischen Energie unberücksichtigt.

Die maximal mögliche Winkelgeschwindigkeit, die sich aus der Beschränkung auf 4 J kinetische Energie und dem Massenträgheitsmoment aller drehenden Elemente ergibt, muss sicher überwacht werden ($PL_r = c$).

Prüfung: Überprüfung des erforderlichen Performancelevels. Berechnung der sich aus den spezifizierten, maximal zulässigen Beträgen der Größen, Massenträgheitsmoment und Winkelgeschwindigkeit ergebende kinetische Energie. Der Betrag der kinetischen Energie darf den Grenzwert von 4 J nicht überschreiten.

C.4 Anforderungen für dynamikerhöhten Betriebsmodus

C.4.1 Allgemeines

Wird ein Grenzwert oder mehrere Grenzwerte der Kriterien für den dynamikbegrenzten Betriebsmodus (C.3.1 bis C.3.3) überschritten, befindet sich das System in einem dynamikerhöhten Betriebsmodus. Im dynamikerhöhten Betriebsmodus besteht ein erhöhtes Verletzungsrisiko. Zur Risikominimierung sind externe Schutzeinrichtungen erforderlich.

Mit Eintritt des Anwenders in den Schutzbereich der externen Schutzeinrichtungen ist die Winkelgeschwindigkeit des Drehtisches zu reduzieren, so dass der dynamikbegrenzte Betriebsmodus erreicht wird, bevor der Anwender am Außenrand des jeweiligen Gefahrenbereiches ankommt.

Bezüglich der max. zulässigen Winkelgeschwindigkeit des Drehtisches, im dynamikerhöhten Betriebsmodus, gilt das unter C.4.2 beschriebene Kriterium.

C.4.2 Max. Winkelgeschwindigkeit

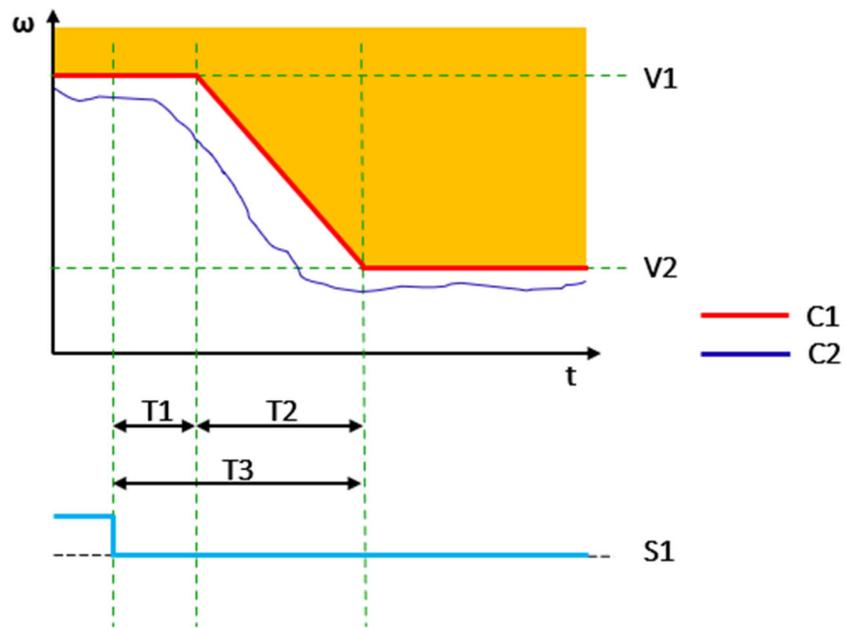
Die effektiv für den Bremsvorgang zur Verfügung stehende Zeit, wird als Bremszeit bezeichnet. Der dynamikbegrenzte Betriebsmodus muss innerhalb der Annäherungszeit erreicht werden.

Die Winkelgeschwindigkeit im dynamikerhöhten Betriebsmodus ist sicher zu überwachen ($PL_r = c$).

Sollte eine trennende Schutzeinrichtung mit Zuhaltung verwendet werden, ist sicherzustellen, dass die Gefahrenstelle erst erreicht werden kann, wenn der dynamikbegrenzte Betriebsmodus vorliegt.

Prüfung: Überprüfung des erforderlichen Performancelevels. Berechnung der Annäherungszeit nach DIN EN ISO 13855 unter Berücksichtigung der vorgegebenen Schutzfeldtiefe.

ANMERKUNG Die Bestimmung der effektiv für den Bremsvorgang zur Verfügung stehenden Bremszeit unter Berücksichtigung der im System vorhandenen Ansprechzeiten. Überprüfung der am realen System vorhandenen Annäherungszeit, durch Aufzeichnung des Zeit-Geschwindigkeit-Profiles ($\omega(t)$ -Diagramm), bei max. zulässiger kinetischer Energie.



Legende

- V1 Maximalgeschwindigkeit im dynamikerhöhten Betriebsmodus
- V2 Maximalgeschwindigkeit im dynamikbegrenzten Betriebsmodus
- S1 Signal an der externen Schutzvorrichtung
- T1 Ansprechzeit
- T2 Bremszeit
- T3 Annäherungszeit
- C1 erlaubte Maximalgeschwindigkeit
- C2 aktuelle Geschwindigkeit

Bild C.4 – Darstellung der System-Ansprechzeit