

Grundsätze für die Prüfung und Zertifizierung von Koordinatenmessmaschinen

Stand: 2020-06

Fachbereich „ETEM“
Prüf- und Zertifizierungsstelle
Elektrotechnik im DGUV Test
Gustav-Heinemann-Ufer 130
50968 Köln

GS-ET-39

Der Prüfgrundsatz dient als Nachweis, dass die Anforderungen des Produktsicherheitsgesetzes (ProdSG) für Koordinatenmessmaschinen und so die 9. Verordnung zum ProdSG eingehalten sind.

Diese Grundsätze werden, den neuesten Erkenntnissen auf dem Gebiet der Arbeitssicherheit und dem technischen Fortschritt folgend, von Zeit zu Zeit überarbeitet und ergänzt.

Für die Prüfung durch die Prüf- und Zertifizierungsstelle Elektrotechnik des Fachbereichs Energie Textil Elektro Medienerzeugnisse ist stets die neueste Ausgabe verbindlich.

Inhaltsverzeichnis		Seite
1	Allgemeines	5
1.1	Anwendungsbereich	5
1.2	Prüf- und Zertifizierungsverfahren	5
1.3	EG-Richtlinien und Normen	5
2	Begriffe und Abkürzungen	7
2.1	Koordinatenmessmaschine	7
2.2	MRL: Maschinenrichtlinie	7
2.3	NSRL: Niederspannungsrichtlinie	7
2.4	Amtsblatt der Europäischen Union	7
2.5	Gefahrenraum der Messmaschine	7
2.6	BWS: Berührungslos wirkende Schutzeinrichtungen	7
2.7	SRCF: Safety Related Control Function	8
2.8	Typprüfung	8
2.9	Wirkbereich	8
2.10	PL: Performance Level	8
3	Prüfbedingungen	8
3.1	Allgemeines	8
3.2	Einzureichende Dokumente	9
3.3	Bereitzustellende Prüfobjekte	9
4	Anforderungen und Prüfungen	9
4.1	Allgemeine Anforderungen	9
4.2	Aufschriften und Kennzeichnung	12

Inhaltsverzeichnis	Seite
4.3 Betriebsanleitung und Verkaufsprospekte	12
4.4 Hydraulische Ausrüstung	14
4.5 Pneumatische Ausrüstung	15
4.6 Elektrische Ausrüstung und elektrische Gefährdungen	15
4.7 Mechanische Gefährdungen durch bewegliche Teile	18
4.8 Bedienerschnittstelle	20
5 Stückprüfung des Herstellers	21
Anhang I Erläuterungen zu möglichen Sicherheitsfunktionen (SRCF)	22
Anhang II Erwägungsgründe für die Risikoeinschätzung durch Risiken durch bewegliche Teile	23

1 Allgemeines

1.1 Anwendungsbereich

Dieser Prüfgrundsatz gilt für Koordinatenmessmaschinen, welche durch nicht menschliche Antriebskraft betrieben werden. Er gilt auch für Koordinatenmessmaschinen, bei welchen das Antriebssystem der Achsen die menschliche Antriebskraft unterstützt.

Dieser Prüfgrundsatz enthält keine Anforderungen für handgeführte Koordinatenmessmaschinen.

1.2 Prüf- und Zertifizierungsverfahren

Das Prüf- und Zertifizierungsverfahren wird nach Unterzeichnung des Vertrages durch die Vertragspartner eingeleitet. Zusammen mit dem Vertrag ist die unter Abschnitt 3.2 aufgeführte technische Dokumentation vorzulegen.

Zum Zeitpunkt der Durchführung der Baumusterprüfung hat grundsätzlich eine vollständige, funktionsfähige Koordinatenmessmaschine beim Antragsteller vorhanden zu sein.

Die Prüfung von Koordinatenmessmaschinen durch das Prüflabor erfolgt grundsätzlich beim Antragsteller oder Hersteller. Nur in Ausnahmefällen kann eine Prüfung beim Betreiber erfolgen.

1.3 EG-/EU-Richtlinien und Normen

Bei der Erarbeitung des Prüfgrundsatzes wurden u. a. nachfolgend aufgeführte EG-/EU-Richtlinien und Normen berücksichtigt:

2006/42/EG	Richtlinie 2006/42/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Mai 2006 über Maschinen und zur Änderung der Richtlinie 95/16/EG (Neufassung) [“Maschinenrichtlinie“]
2014/35/EU	Richtlinie 2014/35/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 26. Februar 2014 zur Harmonisierung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über die Bereitstellung elektrischer Betriebsmittel zur Verwendung innerhalb bestimmter Spannungsgrenzen auf dem Markt (Neufassung) [“Niederspannungsrichtlinie“]
2014/30/EU	Richtlinie 2014/30/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 26. Februar 2014 zur Harmonisierung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über die elektromagnetische Verträglichkeit (Neufassung) [“EMV- Richtlinie“]

Normative Dokumente:

Vorbemerkung: Bei undatierten Verweisen ist im Rahmen der Prüfung die Ausgabe der Norm zu verwenden, welche im Amtsblatt der Europäischen Union zur Maschinenrichtlinie (MRL) oder Niederspannungsrichtlinie (NSRL) gelistet ist.

DIN EN ISO 12100	Sicherheit von Maschinen – Allgemeine Gestaltungsleitsätze – Risikobeurteilung und Risikominderung
DIN ISO/TR 14121-2:2013-02	Sicherheit von Maschinen – Risikobeurteilung – Teil 2: Praktischer Leitfaden und Verfahrensbeispiele
DIN EN 60204-1	Sicherheit von Maschinen – Elektrische Ausrüstung von Maschinen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen
DIN EN 61010-1	Sicherheitsbestimmungen für elektrische Mess-, Steuer-, Regel- und Laborgeräte Teil 1: Allgemeine Anforderungen
DIN EN ISO 13849-1	Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen – Teil 1: Allgemeine Gestaltungsleitsätze
DIN EN ISO 13849-2	Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen – Teil 2: Validierung
DIN EN ISO 13857	Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsabstände gegen das Erreichen von Gefahrstellen mit den oberen und unteren Gliedmaßen
DIN EN ISO 13854	Sicherheit von Maschinen – Mindestabstände zur Vermeidung des Quetschens von Körperteilen
DIN EN ISO 13850	Sicherheit von Maschinen – Not-Halt-Funktion – Gestaltungsleitsätze
DIN EN 62477-1	Sicherheitsanforderungen an Leistungshalbleiter – Umrichtersysteme und -betriebsmittel
GS-ET-07	Kabellose Steuereinrichtungen für Sicherheitsanforderungen an Maschinen

2 Begriffe und Abkürzungen

2.1 Koordinatenmessmaschine

Eine Koordinatenmessmaschine ist eine Maschine/ein Messgerät zur Bestimmung der Koordinaten eines Punktes an einem Objekt im Raum. Aus der Verbindung von mehreren Messungen weiterer Punkte mit einer Datenverarbeitung ergeben sich dann verschiedene geometrische Größen und Eigenschaften eines Messobjektes.

2.2 MRL: Maschinenrichtlinie

Richtlinie 2006/42/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Mai 2006 über Maschinen und zur Änderung der Richtlinie 95/16/EG.

2.3 NSRL: Niederspannungsrichtlinie

Richtlinie 2014/35/EU des europäischen Parlaments und des Rates vom 26. Februar 2014 zur Harmonisierung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über die Bereitstellung elektrischer Betriebsmittel zur Verwendung innerhalb bestimmter Spannungsgrenzen auf dem Markt.

2.4 Amtsblatt der Europäischen Union

Liste der unter der jeweiligen EU-Richtlinie harmonisierten Normen.

2.5 Gefahrenraum der Messmaschine

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

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

2.6 BWS: Berührungslos wirkende Schutzeinrichtungen

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

2.7 SRCF

Safety Related Control Function – Sicherheitsbezogene Steuerungsfunktion (Sicherheitsfunktion)

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

2.8 Typprüfung

Prüfung, die an einem Prüfling unter gewissen Annahmen ausgeführt wird zum Nachweis, dass bestimmte Festlegungen eingehalten werden.

2.9 Wirkbereich

Bereich des Tastkopfes, in welchem gemessen wird (Messbereich).

2.10 PL: Performance Level

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

3 Prüfbedingungen

3.1 Allgemeines

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

Alle für die Prüfung geforderten Werte sind mit einer solchen Genauigkeit einzuhalten, dass das Prüfergebnis hierdurch um nicht mehr als $\pm 5\%$ beeinflusst wird.

Grundsätzlich werden alle Prüfungen an einem einzigen Prüfling im Auslieferungszustand vorgenommen, der alle einschlägigen Prüfungen bestehen muss.

3.2 Einzureichende Dokumente

Zur Prüfung werden nachfolgende technische Dokumentationen benötigt:

- Betriebsanleitung einschließlich technischer Angaben
- Verkaufsprospekt
- Montage- und Aufstellungsanleitung
- Schaltpläne (elektrisch, pneumatisch, hydraulisch)
- Konstruktionszeichnungen, 3D-Modelle
- Stücklisten mit Material- oder Normangaben sowie Bauteileliste der Leiterplatte
- Leiterplattenlayout
- Softwaredokumentation (sicherheitsrelevant)
- ggf. Produkt- und Sicherheitsdatenblatt der hydraulischen Flüssigkeit
- ggf. Berechnungsnachweis zum Druck-Volumen-Produkt in Anlehnung an die Druckgeräterichtlinie
- ggf. Berechnungsnachweis der max. Energie
- PAK-Kundeninformation, Selbstauskunft

3.3 Bereitzustellende Prüfobjekte

Für die Prüfung ist eine vollständige, funktionsfähige und mit allen evtl. Optionen ausgerüstete Maschine bereitzustellen.

4 Anforderungen und Prüfungen

4.1 Allgemeine Anforderungen

4.1.1 Äußere Materialien und Beschaffenheit

Die für den Bau der Maschine eingesetzten Materialien oder die bei ihrem Betrieb verwendeten Produkte 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.

Prüfung: Prüfung gemäß AfPS GS 2019:01 PAK

4.1.2 Elektromagnetische Verträglichkeit

Koordinatenmessmaschinen müssen so konzipiert sein, dass die Schutzanforderungen der EMV-Richtlinie eingehalten werden.

Prüfung: Gemäß DIN EN 61000-6-2 (Störfestigkeit) und DIN EN 61000-6-4, Klasse A (Störaussendung) für Einsatz in industriellen Umgebungen.

Ist der Einsatz der Maschine bestimmungsgemäß auf eine bezüglich Störgrößen kontrollierte Umgebung beschränkt (z. B. Messraum, Messlabor) können auch geringere Störfestigkeitsanforderungen nach DIN EN 61326-1, Tabelle 2 in Betracht kommen.
In der Betriebsanleitung sind Einschränkungen in der Verwendung anzugeben.

4.1.3 Vorhersehbare Verwendung (Vorhersehbare Fehlanwendung)

Das Produkt darf bei vernünftigerweise vorhersehbarer Verwendung die Sicherheit und Gesundheit von Personen oder Produkten nicht gefährden.

Prüfung: Besichtigung, Überprüfung der Aufschriften/Kennzeichnung und Betriebsanleitung

4.1.4 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, Abschnitt 7.4).

4.1.5 Risiken durch unkontrollierte Bewegungen

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 Abschnitt 4.6 und ggf. der pneumatischen Ausrüstung nach Abschnitt 4.5 und hydraulischen Ausrüstung Abschnitt 4.4.

4.1.6 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 PSA (Gehörschutz) in die Betriebsanleitung aufzunehmen.

Prüfung: ggf. Messung und Bewertung des Emissionswertes

4.1.7 Strahlungsemission

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.

Prüfung: Ggf. Messung und Bewertung der magnetischen, elektrischen oder elektromagnetischen Feldstärken sowie der optischen Strahlung.
Anbringen von Warnhinweisen, Hinweise in der Betriebsanleitung

4.1.8 Strahlung von außen

Die Maschine muss so konstruiert und gebaut sein, dass ihre Funktion durch Strahlung von außen nicht beeinträchtigt wird.

Prüfung: Störfestigkeitsprüfung nach Abschnitt 4.1.2

4.1.9 Laserstrahlung

Bei Verwendung von Lasereinrichtungen ist Folgendes zu beachten:

- 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

4.1.10 Risiko, in der Maschine eingeschlossen zu werden

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)

4.1.11 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.

Prüfung: Sichtprüfung des Bodenbelags begehbare Maschinenteile

4.1.12 Instandhaltung, Wartung der Maschine

Trennung von den Energiequellen

Die Maschine 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

4.2 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
- CE-Kennzeichnung
- 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, Abschnitt 5.3

4.3 Betriebsanleitung und Verkaufsprospekte

4.3.1 Betriebsanleitung

Jeder Messmaschine ist eine deutschsprachige Betriebsanleitung in einer Verständnissfähigkeit beizugeben, die vernünftigerweise von den Benutzern erwartet werden

kann. Sie muss alle für den Gebrauch, die Wartung und den Zusammenbau erforderlichen Hinweise enthalten.

Die Sprachfassung(en) für die der Hersteller die Verantwortung übernimmt, ist (sind) mit dem Vermerk „Originalbetriebsanleitung“ zu versehen. Jede weitere Übersetzung ist mit dem Vermerk „Übersetzung der Originalbetriebsanleitung“ zu versehen.

Nachfolgend aufgeführte Angaben müssen enthalten sein:

a) Allgemeine Angaben

- Firmenname und vollständige Anschrift der Hersteller/seines Bevollmächtigten
- Bezeichnung/Beschreibung der Maschine
- Baureihe oder Typbezeichnung
- EG-Konformitätserklärung (Original oder inhaltliche Wiedergabe)
- 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 Messmaschine

- Auflistung der technischen Daten (einschließlich Nennspannung, Nennleistungsaufnahme, Netzform, maximaler Betriebsdruck, Gewichtsangabe)
- Beschreibung der Betätigungs- und Meldeeinrichtung

c) Hinweise zur bestimmungsgemäßen Verwendung

- Angaben zum Anwendungsbereich
- Beschreibung der Inbetriebnahme
- Beschreibung der bestimmungsgemäßen Verwendung
- Beschreibung zur vorhersehbaren Fehlanwendung
- Hinweise zu den zulässigen Temperatur- und Umgebungseinflüssen bei Verwendung des Gerätes
- Hinweis zur Trennung von Energiequellen
- Hinweis auf ordnungsgemäße Handhabung beim Zusammenbau und Lösen von Werkzeugeinsätzen und anderen abnehmbaren Teilen
- Zuordnung der Werkzeugeinsätze zu den Arbeitsköpfen und zu den verarbeitenden Materialien
- 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
- Angaben zur Abgabe von nicht-ionisierender Strahlung (Magnetfelder, elektrische Felder, elektromagnetische Felder), falls Expositionsgrenzwerte oder Auslöseschwellen (auch die für Implantatträger!) der Richtlinie 2013/35/EU Anhang II, Anhang III überschritten werden können
- Angaben zur Klassifizierung der verwendeten Lasereinrichtungen

Prüfung: Kontrolle der Betriebsanleitung auf Vollständigkeit der oben aufgeführten Angaben

4.3.2 Fehler bei der Montage und Aufstellung

Fehler bei der Montage oder erneuten Montage bestimmter Teile, die ein Risiko verursachen könnten, 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 eines Risikos notwendig ist.

Erforderlichenfalls sind in der Betriebsanleitung zusätzliche Angaben zu diesen Risiken zu machen.

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

Prüfung: Überprüfung der Montage- und Aufstellanleitung

4.3.3 Verkaufsprospekte

Falls ein Verkaufsprospekt vorhanden ist, darf dieses bezüglich der Sicherheits- und Gesundheitsschutzaspekte nicht der Betriebsanleitung widersprechen. Werden Leistungsmerkmale der Maschine beschrieben, müssen die gleichen Angaben wie in der Betriebsanleitung gemacht werden.

Prüfung: Kontrolle der Verkaufsprospekte auf Widerspruchsfreiheit zur Betriebsanleitung

4.4 Hydraulische Ausrüstung

Die hydraulische Ausrüstung muss den Anforderungen der DIN EN ISO 4413 entsprechen.

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

4.5 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 gemäß DIN EN ISO 4414

4.6 Elektrische Ausrüstung und elektrische Gefährdungen

Die Erfüllung der Schutzanforderung der MRL Anhang I Abschnitt 1.5.1 ist durch Anwendung von DIN EN 60204-1 nachzuweisen.

Prüfung: Prüfung der elektrischen Ausrüstung nach den zutreffenden Anforderungen von DIN EN 60204-1

Anmerkung: Die Auslegung der elektrischen Betriebsmittel bezüglich Überspannungskategorie hat gem. DIN EN 60664-1 zu erfolgen. Stromversorgungsgeräte, welche die Anforderungen von DIN EN 62368-1 einhalten, sind grundsätzlich für Überspannungskategorie II ausgelegt.

4.6.1 Anforderungen an SRCF (Sicherheitsbezogene Steuerungsfunktionen)

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

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

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

4.6.2 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

4.6.3 Not-Halt

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

Die SRCF der Not-Halt-Kreise z.B. für gefahrbringende Bewegungen muss mindestens mit PL c vollführt werden.

Not-Halt-Einrichtungen müssen gemäß DIN EN ISO 13850 ausgeführt werden und leicht erreichbar sein. Sie 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 und DIN EN ISO 13849-1/-2

4.6.4 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 Abschnitt 4.7.1 reduziert und darauf sicher überwacht werden, sobald eine Schutzeinrichtung geöffnet wird. Die Reduktion muss erfolgt sein, bevor sich bewegende Teile (im Wirkbereich) von Personen erreicht werden können.

Bei ausreichend geringem Nachlaufweg der Achsen der Messmaschine (< 50 mm) kann auf die Einhaltung dieses Sicherheitsabstandes zum Wirkbereich 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 Sekunden.
Überprüfung der festgelegten max. Achs-Geschwindigkeiten und des Nachlaufweges, Plausibilitätsprüfung des Berechnungsnachweises der Energie, Feststellung der Eignung der Schutzeinrichtung

4.6.5 Berührungslos wirkende Schutzeinrichtungen (BWS)

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

Die gefahrbringenden Bewegungen müssen auf weniger als 250 mm/s unter Berücksichtigung der max. Energie nach Abschnitt 4.2.1 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.

Bei ausreichend geringem Nachlaufweg der Verfah-Achsen der Koordinatenmessmaschine (< 50 mm) kann auf die Einhaltung dieses Sicherheitsabstands 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 Sekunden.
Überprüfung der festgelegten max. Achs-Geschwindigkeit und des Nachlaufwegs, Plausibilitätsprüfung des Berechnungsnachweises der Energie, Feststellung der Eignung der Schutzeinrichtung

4.6.6 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 Kraftverlaufs mit einem Kraftmessgerät mit einer Federkonstante von 25 N/mm, Kraftverlauf: 450 N (Spitze), 150 N nach 0,75 s, 0 N nach 5 Sekunden.
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

4.6.7 Nicht hintertretbare Schutzeinrichtungen

Wenn der Arbeitsraum hinreichend klein ist, so dass ein unbemerkter Aufenthalt von Personen darin ausgeschlossen werden kann, darf auf Quittiereinrichtungen verzichtet werden. Mit Schließen der Schutztürkontakte oder Freiwerden der BWS können Bewegungen mit der maximal möglichen Geschwindigkeit freigegeben werden.

Die Größe des Gefahrenraums sollte ohne Quittiereinrichtung folgende Maße nicht überschreiten:

- Messplatte max.: 1000 mm x 2000 mm
- Höhe der Messplatte über Boden: mind. 600 mm

Eventuelle Lücken zwischen BWS und Gefahrenraum (z. B. Messplatte) dürfen nicht breiter als 75 mm sein, damit sich keine Person in diesem Zwischenraum aufhalten kann.

Prüfung: Messung der Höhe der Messplatte

4.7 Mechanische Gefährdungen durch bewegliche Teile

Von beweglichen Teilen ausgehende Gefährdungen dürfen einen vertretbaren Grad nicht überschreiten. Werden diese Bedingungen nicht erfüllt, müssen Risikominderungsmaßnahmen ergriffen werden.

4.7.1 Verfahrensgeschwindigkeit, Energie

Die maximale Energie von 4 J darf beim Kontakt mit sich bewegenden Maschinenkomponenten, bei denen eine Quetsch-, Scher- und Stoßgefahr besteht, nicht überschritten werden. Bei einer höheren Energie sind trennende- und/oder nicht trennende Schutzeinrichtungen zu verwenden.

Werden Schutzeinrichtungen verwendet, ist beim Auslösen der Schutzeinrichtung 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 c zu realisieren.

Bei der Energiebegrenzung darf die dynamische Spitzenkraft von 450 N nicht überschritten werden. Nach einer Zeit von 0,75 s ist keine statische Kraft $F > 150 \text{ N}$ erlaubt. Diese statische Kraft muss nach einer Gesamtdauer von max. 5 s auf 0 N absinken.

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

4.7.2 Nachlaufweg, Nachlaufzeit

Der größte sich ergebende Nachlaufweg an erreichbaren beweglichen Maschinenkomponenten darf 50 mm nicht überschreiten, die Bewegung muss spätestens nach 500 ms 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

4.7.3 Bruchrisiko, Endanschläge

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.

Prüfung: Nachweis durch Berechnung

4.7.4 Risiko durch herabfallende Gegenstände und Absinken der Vertikalachse

Es sind Vorkehrungen zu treffen, um das Herabfallen und Herausfallen/Heraus-schleudern 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 Brems-einrichtungen

4.7.5 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.

Prüfung: Besichtigung und Handhabung von Ecken und Kanten

4.8 Bedienerchnittstelle

4.8.1 Ingangsetzen und Stillsetzen der Antriebe

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

Prüfung: Handhabung und Sichtprüfung

4.8.2 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 Stückprüfung des Herstellers

Die in diesem Abschnitt 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 SRCFs 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 Funktions-Prüfungen sind zu dokumentieren.

Prüfung: Durchsicht der Prüfanweisungen und der Prüfprotokolle der Stückprüfungen

Anhang I (informativ)

Erläuterungen zu möglichen Sicherheitsfunktionen (SRCF)

SRCF1: Begrenzung und sichere Überwachung des Drehmoments bzw. der Kraft

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 Messmaschine 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.

SRCF2: Sichere Überwachung der Geschwindigkeit

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.

SRCF3: Not-Halt

Die Sicherheitsfunktion für Not-Halt muss mindestens den Anforderungen für PL c, DIN EN ISO 13849-1 entsprechen.

SRCF4: Einbindung von Signalen externer Verriegelungseinrichtungen oder BWS

Koordinatenmessmaschinen müssen über einen oder mehrere Eingänge zum Anschluss von Verriegelungen von Schutzeinrichtungen oder BWS verfügen.

Ausnahme: Koordinatenmessmaschinen, bei welchen konstruktiv sichergestellt ist, dass die in Abschnitt 4.6 spezifizierten Grenzen für Kraft bzw. Drehmoment und die spezifizierte Geschwindigkeit nicht überschritten wird.

Es muss mit mindestens PL c möglich sein, diese Signale für SRCF1 und SRCF2 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 (SRCF2) überwacht wird. Gleichzeitig wird auch SRCF1 aktiv. Werden in dieser Situation die Grenzwerte für Kraft oder Geschwindigkeit überschritten, so wird über SRCF3 ein Not-Halt der Maschine ausgelöst.

Anhang II (informativ)

Erwägungsgründe für die Risikoeinschätzung durch Risiken durch bewegliche Teile

Erwägungsgrund 1

Es ist eine Risikoeinschätzung für potentielle Gefahrstellen unter Anwendung der Risikomatrix nach Tabelle 1, DIN ISO/TR 14121-2 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, Abschnitt 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 Gefährdungsereignisses wird in beiden Fällen als „mittel (gering)“ angenommen (O2/O1).

Für die Einschätzung des Risikos durch Verfahrbewegung 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 Messkopfs): 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 Gefährdungsereignisses für Nicht-Bediener wird mit „mittel“ angenommen (O2).

Für die Einschätzung des Risikos durch Verfahrbewegung 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, Abschnitt 6.2.2.4.

Erwägungsgrund 2

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