

Industrieroboter
Leistungskenngrößen und zugehörige Prüfmethoden
 (ISO 9283 : 1998)
 Deutsche Fassung EN ISO 9283 : 1998

DIN
EN ISO 9283

ICS 25.040.30

Ersatz für
DIN EN 29283 : 1993-04

Manipulating industrial robots – Performance criteria and related test methods
 (ISO 9283 : 1998);
 German version ISO 9283 : 1998
 Robots manipulateurs industriels –
 Critères de performance et méthodes d'essai correspondantes (ISO 9283 : 1998);
 Version allemande ISO 9283 : 1998

Die Europäische Norm EN ISO 9283 : 1998 hat den Status einer Deutschen Norm.

Beginn der Gültigkeit

EN ISO 9283 : 1998 wurde am 27. Februar 1998 angenommen.

Nationales Vorwort

Diese Norm beinhaltet die Deutsche Fassung der über die Parallelumfrage übernommenen ISO 9283 : 1998. Die nationalen Interessen wurden dabei vom Fachbereich Montage- und Handhabungstechnik im Normenausschuß Maschinenbau (NAM) des DIN e. V. wahrgenommen.

Für die im Abschnitt 2 zitierten Internationalen Normen, soweit sie nicht als DIN-EN-Normen (bzw. DIN-EN-ISO oder DIN-EN-IEC) mit gleicher Zählnummer veröffentlicht worden sind, wird im folgenden auf die entsprechenden Deutschen Normen hingewiesen:

ISO 9787 siehe DIN EN 29787

ISO 9946 siehe DIN EN 29946

Die Internationalen Normen unterliegen derzeit ebenfalls der Revision.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 29283 : 1993 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- Nenngößen und Prüfmethoden geändert.

Frühere Ausgaben

DIN EN 29283: 1993-04

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN 29787

Industrieroboter – Koordinatensysteme und Bewegungsrichtungen (ISO 9787 : 1990)

DIN EN 29946

Industrieroboter – Darstellung charakteristischer Eigenschaften (ISO 9946 : 1991)

Fortsetzung 39 Seiten EN

Normenausschuß Maschinenbau (NAM) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V.

– Leerseite –

Deskriptoren:

Deutsche Fassung

Industrieroboter
Leistungskenngrößen und zugehörige Prüfmethoden
(ISO 9283 : 1998)

Manipulating industrial robots – Performance criteria
and related test methods (ISO 9283 : 1998)

Robots manipulateurs industriels – Critères de per-
formance et méthodes d'essai correspondantes
(ISO 9283 : 1998)

Diese Europäische Norm wurde von CEN am 27. Februar 1998 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Zentralsekretariat oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Zentralsekretariat mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien, der Tschechischen Republik und dem Vereinigten Königreich.

CEN

EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
European Committee for Standardization
Comité Européen de Normalisation

Zentralsekretariat: rue de Stassart 36, B-1050 Brüssel

Inhalt

	Seite		Seite
Vorwort	2	7.3 Abstandsgenauigkeit und -Wiederholgenauigkeit	16
Einleitung	3	7.4 Positions-Stabilisierungszeit	18
1 Anwendungsbereich	3	7.5 Positions-Überschwingen	18
2 Verweisungen auf andere Normen	3	7.6 Drift von Posekenngrößen	20
3 Begriffe	3	7.7 Austauschbarkeit (<i>E</i>)	21
4 Einheiten	4	8 Bahnkenngrößen	22
5 Abkürzungen und Symbole	4	8.1 Allgemeines	22
5.1 Grundsätzliche Abkürzungen	4	8.2 Bahn-Genauigkeit (<i>AT</i>)	22
5.2 Größen	4	8.3 Bahn-Wiederholgenauigkeit (<i>RT</i>)	23
5.3 Indizes	4	8.4 Bahn-Genauigkeit bei Umoorientierung	23
5.4 Weitere Symbole	4	8.5 Abweichungen beim Fahren einer Ecke	24
6 Leistungskenngrößen und Prüfverfahren	4	8.6 Bahngeschwindigkeitskenngrößen	26
6.1 Roboteranstellung	4	9 Mindestpositionierzeit	27
6.2 Bedingungen vor der Prüfung	4	10 Statische Nachgiebigkeit	28
6.3 Betriebs- und Umgebungsbedingungen	4	11 Anwendung spezifischer Leistungskenngrößen	28
6.4 Grundsätze zur Wegmessung	5	11.1 Abweichungen beim Pendeln	28
6.5 Meßausrüstung	5	12 Prüfbericht	29
6.6 Belastung der mechanischen Schnittstelle	7	Anhang A (normativ) Parameter für Vergleichsprüfungen	29
6.7 Prüfgeschwindigkeiten	7	Anhang B (informativ) Anleitung zur Auswahl von Leistungskenngrößen für typische Anwendungen	33
6.8 Festlegungen für zu prüfende Posen und zu fahrende Bahnen	7	Anhang C (informativ) Beispiel für einen Prüfbericht	35
6.9 Anzahl der Zyklen	10	Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen	39
6.10 Prüfverfahren	10		
6.11 Zu prüfende Kenngrößen - Anwendungen	11		
7 Posekenngrößen	11		
7.1 Allgemeine Beschreibung	11		
7.2 Pose-Genauigkeit und Pose-Wiederholgenauigkeit	11		

Vorwort

Der Text der Internationalen Norm ISO 9283 : 1998 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 184 „Industrial automation systems and integration“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 310 „Fortgeschrittene Fertigungstechniken“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom BSI gehalten wird.

Diese Europäische Norm ersetzt EN 29283 : 1992.

Diese Europäische Norm muß den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Oktober 1998, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Oktober 1998 zurückgezogen werden.

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen:

Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien, die Tschechische Republik und das Vereinigte Königreich.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm ISO 9283 : 1998 wurde von CEN als Europäische Norm ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

ANMERKUNG: Die normativen Verweisungen auf Internationale Normen sind im Anhang ZA (normativ) aufgeführt.

Anhang A dieser Internationalen Norm ist normativ.

Anhang B und C dieser Internationalen Norm sind nur zur Information.

Einleitung

ISO 9283 ist Teil einer Serie von Normen, die Industrieroboter behandeln. Andere Internationale Normen behandeln solche Themen wie Sicherheit, allgemeine Kenngrößen, Koordinatensysteme, Begriffe und mechanische Schnittstellen. Es ist zu beachten, daß diese Internationalen Normen miteinander in Beziehung stehen und auch mit anderen Internationalen Normen verbunden sind.

Mit ISO 9283 wird beabsichtigt, die Verständigung zwischen Anwendern und Herstellern von Robotern und Robotersystemen zu erleichtern. Sie legt wichtige Kenngrößen von Leistungsmerkmalen fest, beschreibt, wie diese festgelegt werden müssen, und gibt Vorschläge, wie sie geprüft werden sollten. In Anhang C dieser Internationalen Norm ist ein Beispiel enthalten, wie die Prüfergebnisse dargestellt werden sollten. Die Merkmale, für die in dieser Internationalen Norm Prüfverfahren vorgesehen sind, beeinflussen wesentlich die Leistung des Roboters.

Es ist beabsichtigt, daß der Benutzer dieser Internationalen Norm die zu prüfenden Leistungskenngrößen entsprechend seinen eigenen spezifischen Anforderungen auswählt.

Die in dieser Internationalen Norm beschriebenen Prüfungen dürfen in Abhängigkeit von der Roboterart und den Anforderungen vollständig oder zum Teil ausgeführt werden.

Der Hauptteil von ISO 9283 behandelt die Prüfung von einzelnen Leistungskenngrößen. Spezielle Angaben für Vergleichsprüfungen werden für punktbezogene und bahnbezogene Leistungskenngrößen im normativen Anhang A behandelt.

Anhang B (informativ) dieser Internationalen Norm gibt Unterstützung für die Auswahl von Prüfungen für typische Anwendungen.

Anhang C (informativ) dieser Internationalen Norm enthält ein Formblatt für den Prüfbericht, in dem die erforderlichen Mindestangaben sowie eine Zusammenfassung der Prüfergebnisse enthalten sind.

1 Anwendungsbereich

Diese Internationale Norm enthält Verfahren zur Festlegung und Prüfung folgender Leistungskenngrößen von Industrierobotern:

- Pose-Genauigkeit und Pose-Wiederholgenauigkeit
- Streuung der Mehrfachrichtungspose-Genauigkeit
- Abstands-Genauigkeit und Abstands-Wiederholgenauigkeit
- Pose-Stabilisierungszeit
- Pose-Überschwingen
- Drift von Posekenngrößen
- Austauschbarkeit
- Bahn-Genauigkeit und Bahn-Wiederholgenauigkeit
- Bahn-Genauigkeit bei Umorientierung
- Abweichungen beim Fahren einer Ecke
- Kenngrößen der Bahngeschwindigkeit
- Mindestpositionierzeit
- Statische Nachgiebigkeit
- Abweichungen beim Pendeln.

Diese Internationale Norm legt nicht fest, welche der vorgenannten Leistungskenngrößen zum Prüfen eines bestimmten Roboters zu wählen sind. Die in dieser Internationalen Norm beschriebenen Prüfungen sind hauptsächlich darauf abgestimmt, individuelle Roboter-Festigungen zu entwickeln und zu überprüfen, sie können aber auch als Prototyp-Prüfung, Typprüfung oder Abnahmeprüfung angewendet werden.

Um die in dieser Norm beschriebenen Leistungskenngrößen zwischen unterschiedlichen Robotern zu vergleichen, müssen folgende Angaben identisch sein: Größe des Prüfwürfels, Prüflast, Prüfgeschwindigkeiten, Prüfbahnen, Prüfzyklen, Umgebungsbedingungen.

Anhang A enthält Angaben speziell für Vergleichsprüfungen mit punktbezogenen Kenngrößen und bahnbezogenen Kenngrößen.

Diese Internationale Norm gilt für alle Industrieroboter nach der Definition in ISO 8373. Für den Zweck dieser Internationalen Norm ist die Benennung „Roboter“ gleichbedeutend mit Industrieroboter.

2 Verweisungen auf andere Normen

Die folgenden normativen Dokumente enthalten Festlegungen, die durch Verweisungen in diesem Text Bestandteil der vorliegenden Internationalen Norm sind. Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieser Internationalen Norm waren die angegebenen Ausgaben gültig. Alle Normen unterliegen der Überarbeitung. Vertragspartner, deren Vereinbarungen auf dieser Internationalen Norm basieren, werden gebeten, die Möglichkeit zu prüfen, ob die jeweils neuesten Ausgaben der im folgenden genannten Normen angewendet werden können. Die Mitglieder der IEC und ISO führen Verzeichnisse der gegenwärtig gültigen Internationalen Normen.

ISO 8373 : 1994

Industrieroboter – Wörterbuch

ISO 9787 : 1990

Industrieroboter – Koordinatensysteme und Bewegungsrichtungen

ISO 9946 : 1991

Industrieroboter – Darstellung charakteristischer Eigenschaften

3 Begriffe

Für die Anwendung dieser Norm gelten die in ISO 8373 angegebenen Definitionen und die folgenden:

3.1 Gruppe: Menge von gemessenen Punkten, die zur Berechnung der Genauigkeits- und der Wiederholgenauigkeitskenngrößen verwendet werden (Beispiel schematisch in Bild 8 dargestellt).

3.2 Schwerpunkt: Für eine Gruppe von n Punkten, die durch ihre Koordinaten $(x_j - y_j - z_j)$ festgelegt sind, ist der Schwerpunkt dieser Gruppe von Punkten derjenige Punkt, dessen Koordinaten die Mittelwerte $\bar{x}$, $\bar{y}$ und $\bar{z}$ aufweisen, errechnet aus der in 7.2.1 angegebenen Gleichung.

3.3 Meßverweilzeit: Verzögerungszeit am Meßpunkt vor dem Aufzeichnen der Daten (z.B. Zeit zwischen dem Steuerungssignal „In Position“ und dem „Beginn der Messung“ der Meßeinrichtung).

3.4 Meßzeit: Zeit, in der Messungen vorgenommen werden.

4 Einheiten

Sofern nichts anderes festgelegt wurde, gelten folgende Dimensionen:

– Länge in Millimeter	(mm)
– Winkel in Radiant oder Grad	(rad) oder (°)
– Zeit in Sekunden	(s)
– Masse in Kilogramm	(kg)
– Kraft in Newton	(N)
– Geschwindigkeit in Meter/Sekunde	(m/s),
Grad/Sekunde	(°/s) oder
Radiant/Sekunde	(rad/s).

5 Abkürzungen und Symbole

Für die Anwendung dieser Norm gelten folgende Abkürzungen und Symbole:

5.1 Grundsätzliche Abkürzungen

<i>A</i>	Genauigkeit
<i>R</i>	Wiederholgenauigkeit
<i>v</i>	Streuung
<i>F</i>	Schwankung
<i>d</i>	Drift
<i>P</i>	Pose
<i>D</i>	Abstand
<i>T</i>	Bahn (Kurve)
<i>V</i>	Geschwindigkeit
<i>W</i>	Pendeln
<i>E</i>	Austauschbarkeit

5.2 Größen

<i>a, b, c</i>	Orientierung (Winkelkomponenten) um die <i>x</i> -, <i>y</i> - und <i>z</i> -Achse
<i>x, y, z</i>	Linear-Koordinaten entlang der <i>x</i> -, <i>y</i> -, <i>z</i> -Achse
<i>n</i>	Anzahl der Meßzyklen
<i>m</i>	Anzahl der Meßpunkte entlang der Bahn
<i>S</i>	Standardabweichung
<i>D</i>	Abstand zwischen zwei Punkten
<i>l</i>	Abstand zwischen der Istpose und dem Schwerpunkt der Istposen
<i>v</i>	Bahngeschwindigkeit
<i>AP</i>	Pose-Genauigkeit
<i>RP</i>	Pose-Wiederholgenauigkeit
<i>vAP</i>	Streuung der Mehrfachrichtungspose-Genauigkeit
<i>AD</i>	Abstands-Genauigkeit
<i>RD</i>	Abstands-Wiederholgenauigkeit
<i>t</i>	Pose-Stabilisierungszeit
<i>OV</i>	Positions-Überschwingen
<i>dAP</i>	Drift der Pose-Genauigkeit
<i>dRP</i>	Drift der Pose-Wiederholgenauigkeit
<i>AT</i>	Bahn-Genauigkeit
<i>RT</i>	Bahn-Wiederholgenauigkeit
<i>CR</i>	Rundungsfehler beim Fahren einer Ecke
<i>CO</i>	Überschwingen beim Fahren einer Ecke
<i>AV</i>	Bahngeschwindigkeitsgenauigkeit
<i>RV</i>	Bahngeschwindigkeits-Wiederholgenauigkeit
<i>FV</i>	Bahngeschwindigkeitsschwankung
<i>WS</i>	Pendelhubfehler
<i>WF</i>	Pendelfrequenzfehler

5.3 Indizes

<i>a, b, c</i>	zeigt eine Orientierungskenngröße um die <i>x</i> -, <i>y</i> -, <i>z</i> -Achse an
<i>x, y, z</i>	zeigt eine Positionskenngröße entlang der <i>x</i> -, <i>y</i> -, <i>z</i> -Achse an
<i>c</i>	Sollwert
<i>i</i>	zeigt die <i>i</i> -te Abszisse an
<i>j</i>	zeigt den <i>j</i> -ten Zyklus an
<i>k</i>	zeigt die <i>k</i> -te Richtung an
<i>h</i>	zeigt die <i>h</i> -te Richtung an
<i>1, 2 ...</i>	zeigt die Posenummer 1, 2 ... an
<i>e</i>	Eckpunkt (Ecke)
<i>g</i>	Punkt, an dem das Roboter-Leistungsmerkmal in die festgelegte Bahnkenngröße fällt
<i>p</i>	Position

5.4 Weitere Symbole

<i>C</i> ₁ bis <i>C</i> ₈	Ecken des Prüfwürfels
<i>E</i> ₁ bis <i>E</i> ₄	Ecken der rechteckigen Ebene zur Messung von Bahnkenngrößen
<i>G</i>	Schwerpunkt einer Gruppe von Istposen
<i>O</i> _c	Ursprung der Meßsystem-Koordinaten

ANMERKUNG: Weitere Symbole werden in den entsprechenden Abschnitten erläutert.

6 Leistungskenngrößen und Prüfverfahren

6.1 Roboter aufstellung

Der Roboter ist entsprechend den Hinweisen des Herstellers aufzustellen.

6.2 Bedingungen vor der Prüfung

Der Roboter muß komplett zusammengebaut und voll funktionsfähig sein. Alle erforderlichen Justiarbeiten, Ausrichtvorgänge und Funktionsprüfungen müssen zufriedenstellend abgeschlossen sein.

Sofern vom Hersteller festgelegt, muß vor den Prüfungen ein zweckentsprechender Warmlaufbetrieb erfolgen, außer bei der Prüfung der Drift von Posekenngrößen, die aus dem Kaltzustand heraus beginnen muß.

Wenn der Roboter Einrichtungen aufweist, die vom Anwender zu justieren sind und eine der geprüften Kenngrößen beeinflussen können, oder wenn Kenngrößen nur mit bestimmten Funktionen gemessen werden können (z.B. Kalibrierungseinrichtungen für off-line-programmierte Posen), muß der während der Prüfung verwendete Zustand im Prüfbericht festgehalten und (wenn für individuelle Kenngrößen zutreffend) während der gesamten Prüfung konstant gehalten werden.

6.3 Betriebs- und Umgebungsbedingungen

Die Leistungskenngrößen, so wie sie vom Hersteller festgelegt und mittels der Prüfverfahren dieser Internationalen Norm ermittelt wurden, gelten nur unter den vom Hersteller vorgeschriebenen Umgebungs- und normalen Betriebsbedingungen.

6.3.1 Betriebsbedingungen

Die bei den Prüfungen herrschenden normalen Betriebsbedingungen müssen den vom Hersteller angegebenen entsprechen.

Normale Betriebsbedingungen umfassen, sind aber nicht darauf beschränkt, Forderungen im Hinblick auf elektrische, hydraulische und pneumatische Energie, Energieschwankungen und -störungen, maximale Grenzwerte für sicheren Betrieb (siehe ISO 9946).

6.3.2 Umgebungsbedingungen

6.3.2.1 Allgemeines

Die bei den Prüfungen herrschenden Umgebungsbedingungen müssen den vom Hersteller vorgeschriebenen entsprechen, vorbehaltlich der Forderungen aus 6.3.2.2.

Umgebungsbedingungen umfassen Temperatur, relative Feuchte, elektromagnetische und elektrostatische Felder, Hochfrequenzstörungen, atmosphärische Verschmutzungen sowie Grenzhöhenlagen.

6.3.2.2 Prüftemperatur

Die Umgebungstemperatur (θ) der Prüfumgebung sollte 20 °C betragen. Andere Umgebungstemperaturen müssen im Prüfbericht angegeben und erläutert werden. Die Prüftemperatur muß eingehalten werden auf

($\theta \pm 2$) °C.

Der Roboter und die Meßgeräte müssen lange genug in der Prüfumgebung gewesen sein (vorzugsweise über Nacht), so daß sie sich vor der Prüfung im thermischen Gleichgewicht befinden. Sie müssen gegen Zugluft und externe Wärmestrahlung (z. B. Sonnenlicht, Heizgeräte) geschützt sein.

6.4 Grundsätze zur Wegmessung

Die gemessenen Positions- und Orientierungsdaten ($x_i, y_i, z_i, a_i, b_i, c_i$) müssen in einem Basiskoordinatensystem angegeben werden (siehe ISO 9787) oder in einem Koordinatensystem, das durch die Meßeinrichtung vorgegeben ist.

Wenn die Sollposen und -bahnen des Roboters in einem anderen Koordinatensystem (z. B. bei Off-line-Programmierung) als dem durch das Meßsystem vorgegebenen bestimmt sind, müssen die Daten in ein gemeinsames Koordinatensystem transformiert werden. Der Zusammenhang zwischen den Koordinatensystemen muß durch Messungen hergestellt werden. In diesem Fall dürfen die in 7.2.1 angegebenen Meßposen nicht als Referenzpositionen für die Transformationsdaten genutzt werden. Die Referenz- und Meßpunkte sollten innerhalb des

Prüfwürfels und soweit wie möglich voneinander entfernt liegen (z. B. wenn P_1 bis P_5 Meßpunkte sind, sollten C_3, C_4, C_5, C_6 benutzt werden).

Für richtungsbezogene Komponenten der Leistungskenngrößen muß der Zusammenhang zwischen dem Basiskoordinatensystem und dem ausgewählten Koordinatensystem im Prüfbericht vermerkt werden.

Der Meßpunkt muß den vom Hersteller vorgegebenen Abstand von der mechanischen Schnittstelle haben. Die Position dieses Punktes muß im Koordinatensystem der mechanischen Schnittstelle (siehe ISO 9787) aufgezeichnet werden (siehe Bild 7).

Beim Berechnen der Orientierungsabweichung sollte die angewendete Folge der Drehung so sein, daß stetige Orientierungsverläufe möglich sind (Navigationswinkel oder Eulerwinkel). Dies ist unabhängig davon, ob die Drehung um bewegliche Achsen oder um stationäre Achsen erfolgt.

Wenn nichts anderes festgelegt, müssen die Messungen nach der Stabilisierung der Ist-Pose ausgeführt werden.

6.5 Meßausrüstung

Bei Messungen von Bahnkenngrößen, Überschwängen und Posestabilisierung müssen die dynamischen Kenngrößen der Datenerfassungseinrichtung (z. B. Aufnahme-rate) groß genug sein, um abzusichern, daß eine angemessene Darstellung der gemessenen Kenngrößen erzielt wird.

Die für die Prüfungen verwendeten Meßgeräte müssen kalibriert sein, die Meßunsicherheit muß bewertet und im Prüfbericht angegeben werden. Folgende Parameter sollten berücksichtigt werden:

- Gerätefehler;
- systematische Fehler, die mit dem angewendeten Verfahren zusammenhängen;
- Berechnungsfehler.

Die Gesamtunsicherheit der Messung darf 25 % des Betrages der zu prüfenden Kenngrößen nicht überschreiten.

Tabelle 1: Prüflasten

Zu prüfende Kenngrößen	Einzusetzende Last	
	100 % der Nennlast (X = obligatorisch)	Masse der auf 10 % reduzierten Nennlast (O = optional)
Pose-Genauigkeit und Pose-Wiederholgenauigkeit	X	O
Streuung der Mehrfachrichtungspose-Genauigkeit	X	O
Abstands-Genauigkeit und Abstands-Wiederholgenauigkeit	X	–
Positions-Stabilisierungszeit	X	O
Positions-Überschwngen	X	O
Drift von Posekenngrößen	X	–
Austauschbarkeit	X	O
Bahn-Genauigkeit und Bahn-Wiederholgenauigkeit	X	O
Bahn-Genauigkeit bei Umoorientierung	X	O
Abweichungen beim Fahren einer Ecke	X	–
Bahngeschwindigkeitskenngrößen	X	O
Mindestpositionierzeit	X	O
Statische Nachgiebigkeit	–	siehe Abschnitt 10
Abweichungen beim Pendeln	X	O

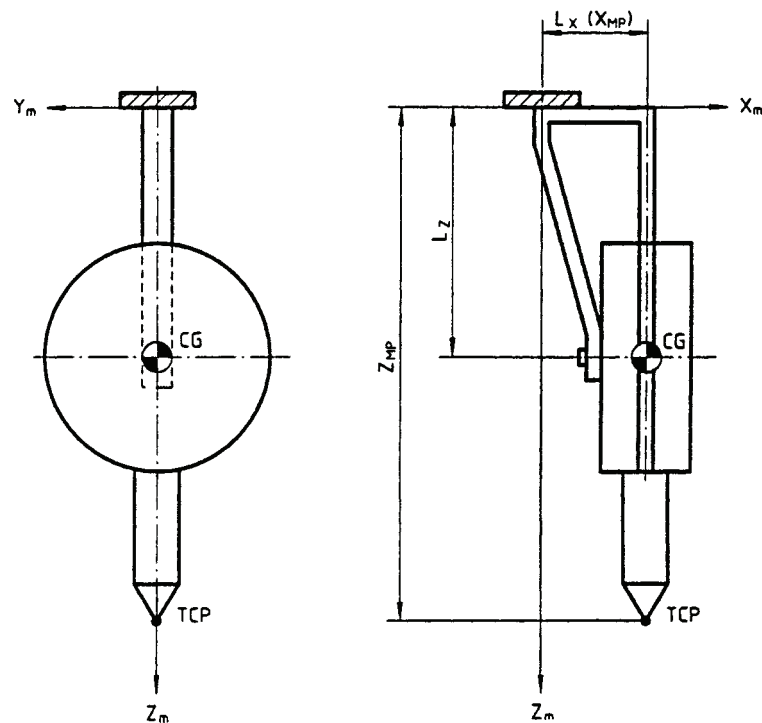


Bild 1: Ein Beispiel für einen Prüf-Endeffektor

Tabelle 2: Prüfgeschwindigkeiten für Posekenngrößen

Zu prüfende Kenngrößen	Geschwindigkeit	
	100 % der Nenngeschwindigkeit (X = obligatorisch)	50 % oder 10 % der Nenngeschwindigkeit (O = optional)
Pose-Genauigkeit und Pose-Wiederholgenauigkeit	X	O
Streuung der Mehrfachrichtungspose-Genauigkeit	X	O
Abstands-Genauigkeit und Abstands-Wiederholgenauigkeit	X	O
Positions-Stabilisierungszeit	X	O
Positions-Überschwingen	X	O
Drift von Posekenngrößen	X	–
Austauschbarkeit	X	O
Mindestpositionierzeit	siehe Abschnitt 9 und Tabelle 20	

Tabelle 3: Prüfgeschwindigkeiten für Bahnkenngrößen

Zu prüfende Kenngrößen	Geschwindigkeit		
	100% der Nenn- Bahngeschwindigkeit (X = obligatorisch)	50% der Nenn- Bahngeschwindigkeit (X = obligatorisch)	10% der Nenn- Bahngeschwindigkeit (X = obligatorisch)
Bahn-Genauigkeit und Bahn-Wiederholgenauigkeit	X	X	X
Bahn-Genauigkeit bei Umorientierung	X	X	X
Abweichungen beim Fahren einer Ecke	X	X	X
Bahngeschwindigkeitskenngrößen	X	X	X
Abweichungen beim Pendeln	X	X	X

6.6 Belastung der mechanischen Schnittstelle

Alle Prüfungen müssen mit einer Prüflast, die 100 %ig den vom Hersteller festgelegten Nennlastbedingungen, d. h. Masse, Lage des Schwerpunkts und Trägheitsmomente, entspricht, durchgeführt werden.

Zur Charakterisierung von Robotern mit lastabhängigen Leistungsmerkmalen können zusätzlich optionale Prüfungen durchgeführt werden, wobei die Masse der Nennlast auf 10 %, wie in Tabelle 1 angegeben, oder auf irgendeinen anderen, vom Hersteller festgelegten Wert reduziert wird. Wenn ein Teil der Meßausrüstung am Roboter befestigt ist, muß deren Masse und Position als Teil der Prüflast angesehen werden.

Bild 1 zeigt ein Beispiel für einen Prüf-Endeffektor mit CG (Schwerpunkt) und TCP (Werkzeugmittelpunkt). Während der Prüfung ist TCP der Meßpunkt (MP). Die Lage des Meßpunkts muß im Prüfbericht angegeben werden.

6.7 Prüfungsgeschwindigkeiten

Alle Posekenngrößen sind bei der höchsten Geschwindigkeit zu prüfen, die zwischen den festgelegten Posen erreichbar ist, d. h., daß in jedem Fall die Geschwindigkeitskorrektur (Override) auf 100 % einzustellen ist. Weitere Prüfungen können bei 50 % und/oder 10 % dieser Geschwindigkeit durchgeführt werden.

Für Bahnkenngrößen sind die Prüfungen bei 100 %, 50 % und 10 % der vom Hersteller vorgegebenen Bahn-Nenngeschwindigkeit für jede der geprüften Kenngrößen durchzuführen (siehe Tabelle 3). Die Bahn-Nenngeschwindigkeit muß im Prüfbericht angegeben werden. Die für jede Prüfung festgelegte Geschwindigkeit hängt von Form und Länge der Bahn ab. Der Roboter muß diese Geschwindigkeit

über 50 % der Prüfbahnlänge erreichen können. Die damit verbundenen Leistungskenngrößen müssen während dieser Zeit gültig sein.

Es muß dokumentiert werden, ob die Geschwindigkeit für das punktbezogene Verfahren oder das bahnbezogene Verfahren festgelegt wird, wenn dies wählbar ist.

Eine Zusammenfassung der Prüfungsgeschwindigkeiten ist in den Tabellen 2 und 3 gegeben.

6.8 Festlegungen für zu prüfende Posen und zu fahrende Bahnen

6.8.1 Zielsetzung

Dieser Abschnitt beschreibt, wie fünf geeignete Positionen in einer Ebene angeordnet werden, die in einem Würfel innerhalb des Arbeitsraumes plazierte wird. Er beschreibt auch die Prüfbahnen, die zu fahren sind. Wenn Roboter entlang einer Achse einen Bewegungsbereich haben, der im Vergleich zu anderen klein ist, ist der Würfel durch einen Quader zu ersetzen.

6.8.2 Anordnung des Würfels im Arbeitsraum

Ein einzelner Würfel, dessen Ecken mit C_1 bis C_8 (siehe Bild 2) bezeichnet sind, wird im Arbeitsraum angeordnet, wobei folgende Forderungen erfüllt sein müssen:

- der Würfel muß in dem Teil des Arbeitsraumes angeordnet sein, der voraussichtlich am meisten benutzt wird;
- der Würfel muß das größtmögliche Volumen aufweisen, das mit den Kanten parallel zum Basiskoordinatensystem untergebracht werden kann.

Im Prüfbericht muß ein Bild enthalten sein, das die Anordnung des im Arbeitsraum verwendeten Würfels darstellt.

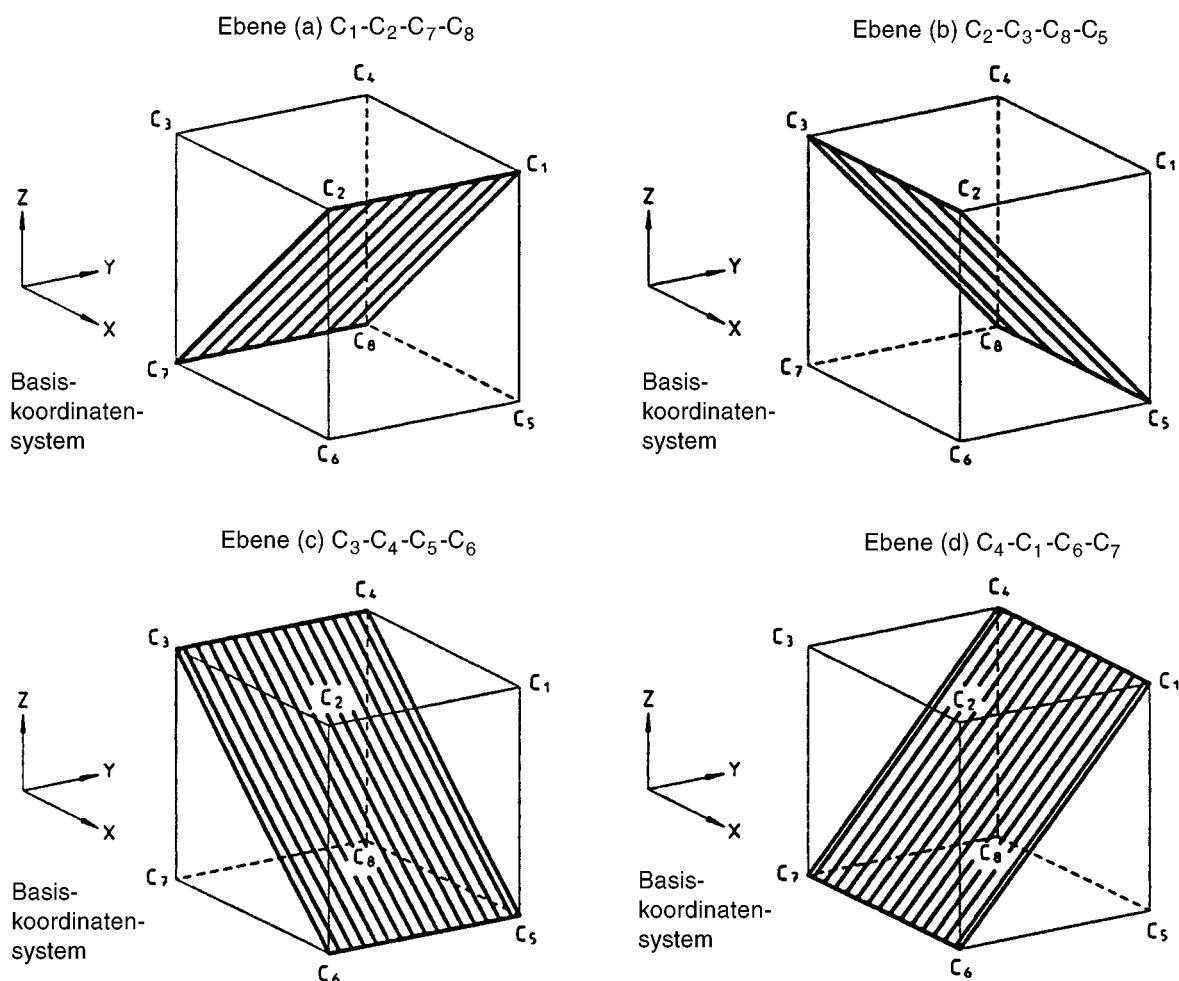


Bild 2: Würfel innerhalb des Arbeitsraumes

6.8.3 Anordnung der zu benutzenden Ebenen innerhalb des Würfels

Eine der folgenden Ebenen ist für die Pose-Prüfung zu verwenden, für die der Hersteller die Werte im Datenblatt als gültig erklärt hat:

- a) $C_1 - C_2 - C_7 - C_8$
- b) $C_2 - C_3 - C_8 - C_5$
- c) $C_3 - C_4 - C_5 - C_6$
- d) $C_4 - C_1 - C_6 - C_7$

Im Prüfbericht muß angegeben sein, welche der vier Ebenen geprüft worden ist.

6.8.4 Zu prüfende Posen

Fünf Meßpunkte sind auf der Diagonalen der Meßebeane angeordnet und entsprechen P_1 bis P_5 in der ausgewählten Ebene, umgesetzt durch den axialen (X_{MP}) und radialen (Z_{MP}) Meßpunkt-Offset. Die Punkte P_1 bis P_5 sind die Positionen für den Nebenachsen-Bezugspunkt des Roboters.

Die Meßebeane liegt parallel zur ausgewählten Ebene, siehe Bilder 3 und 7.

Die Prüf-Posen müssen in Basiskoordinaten (vorzugsweise) und/oder in Gelenkkoordinaten angegeben sein, wie vom Hersteller festgelegt.

P_1 ist der Schnittpunkt der Diagonalen und der Mittelpunkt des Würfels. Die Punkte P_2 bis P_5 sind in einem Abstand von den Enden der Diagonalen angeordnet, der gleich $(10 \pm 2)\%$ der Länge der Diagonalen ist (siehe Bild 4). Falls das nicht möglich ist, dann ist der auf der Diagonalen zunächst liegende Punkt zu wählen und im Bericht zu vermerken.

Die für Posekenngrößen zu benutzenden Posen sind in Tabelle 4 angegeben.

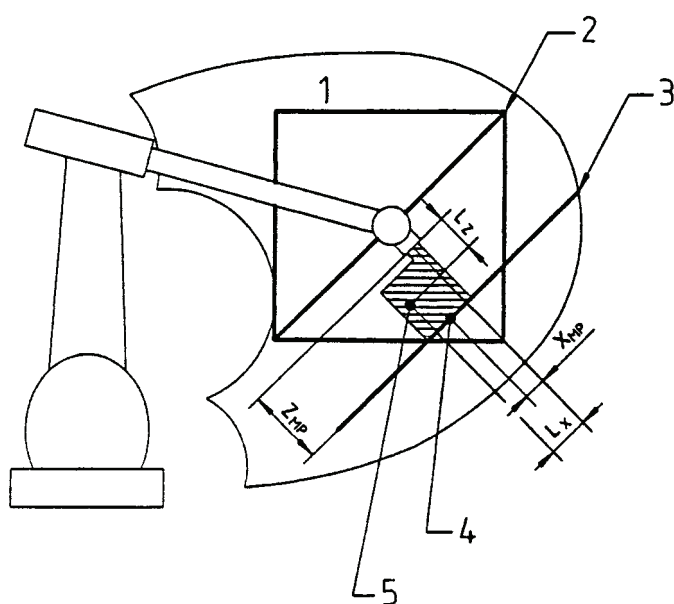
6.8.5 Anforderungen an die Bewegung

Während der Bewegung zwischen allen Posen sind alle Gelenke zu bewegen.

Es sollte darauf geachtet werden, daß während der Prüfung die Herstellerfestlegungen, entsprechend der Betriebsanleitung, nicht überschritten werden.

Tabelle 4: Für Posekenngrößen zu benutzende Posen

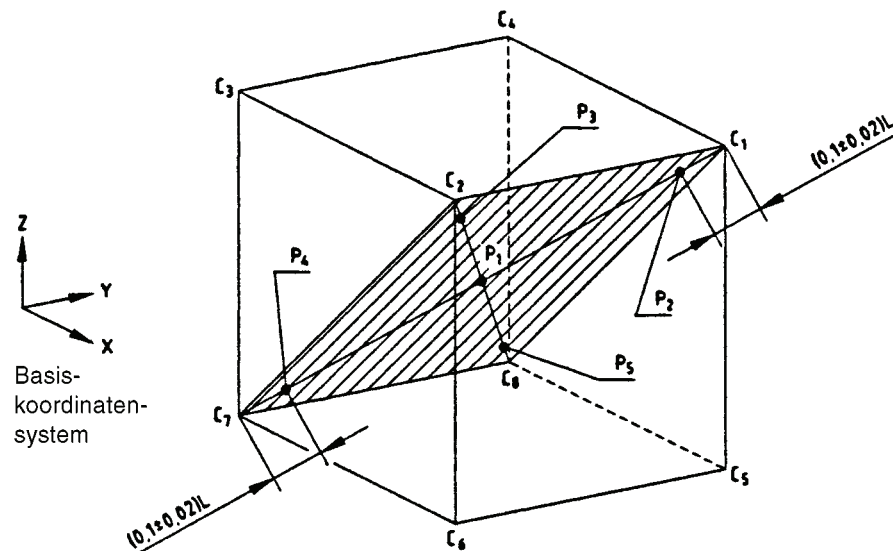
Zu prüfende Kenngrößen	Posen				
	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5
Pose-Genauigkeit und Pose-Wiederholgenauigkeit	X	X	X	X	X
Streuung der Mehrfachrichtungspose-Genauigkeit	X	X	–	X	–
Abstands-Genauigkeit und Abstands-Wiederholgenauigkeit	–	X	–	X	–
Positions-Stabilisierungszeit	X	X	X	X	X
Positions-Überschwingen	X	X	X	X	X
Drift von Posekenngrößen	X	–	–	–	–
Austauschbarkeit	X	X	X	X	X



- 1 Prüfwürfel
- 2 ausgewählte Ebene
- 3 Meßebeane
- 4 Meßpunkt (MP)
- 5 Schwerpunkt (CG)

Koordinatensystem der mechanischen Schnittstelle
MP = TCP

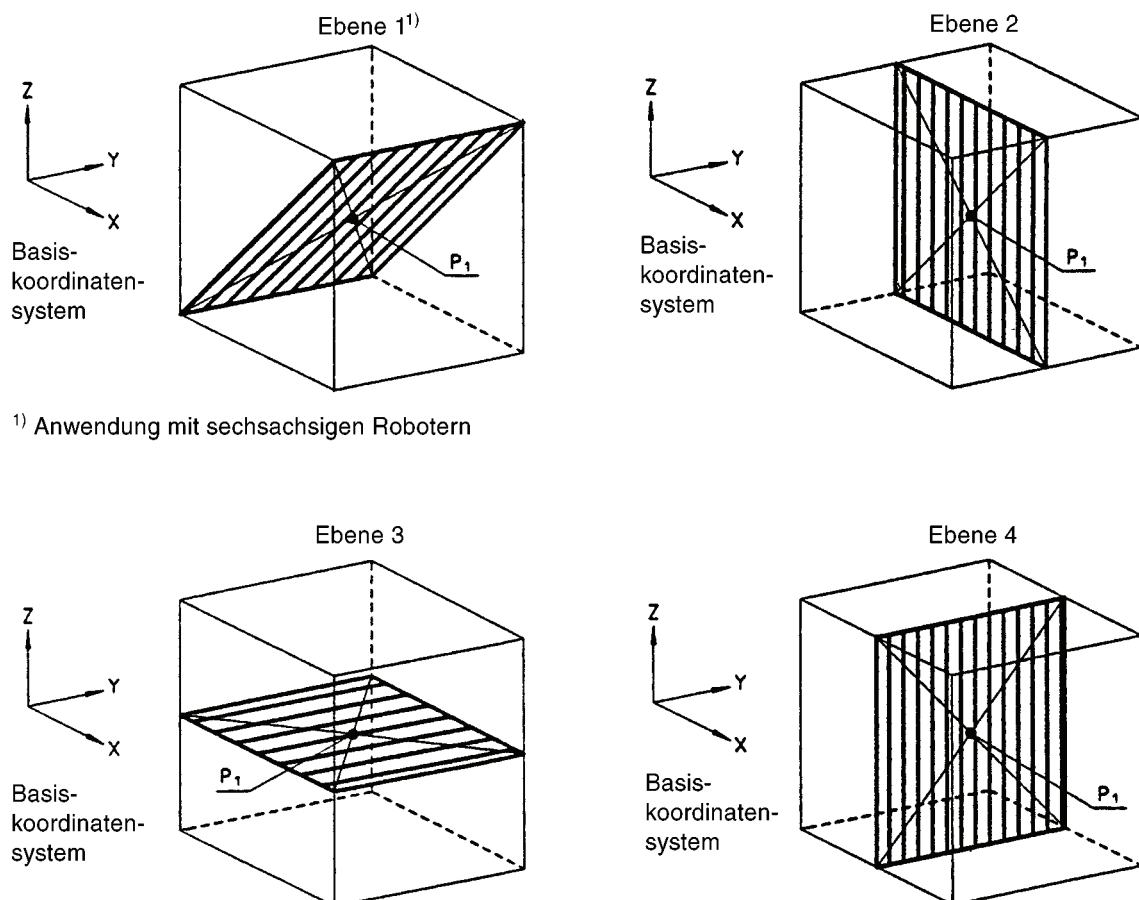
Bild 3: Ausgewählte Ebene und Meßebeane



L = Länge der Diagonalen

Beispiel, das die Ebene a) $C_1 - C_2 - C_7 - C_8$ mit den Posen $P_1 - P_2 - P_3 - P_4 - P_5$ darstellt

Bild 4: Zu benutzende Posen



¹⁾ Anwendung mit sechssachsigen Robotern

Bild 5: Festlegung von Ebenen zur Anordnung der Prüfbahn

6.8.6 Einzuhaltende Bahnen

6.8.6.1 Anordnung der Prüfbahn

Der in 6.8.2 beschriebene Würfel ist zu verwenden.

Die Prüfbahn muß auf einer der vier in Bild 5 dargestellten Ebenen angeordnet sein. Für Roboter mit sechs Achsen ist die Ebene 1 zu verwenden, sofern vom Hersteller nichts anderes vorgegeben ist. Für Roboter mit weniger als sechs Achsen muß die zu benutzende Ebene den Herstellerangaben entsprechen.

Während der Messung von Bahnkenngrößen sollte die Mitte der mechanischen Schnittstelle in der gewählten Ebene liegen (siehe Bild 3), und ihre Orientierung sollte konstant zu dieser Ebene gehalten werden.

6.8.6.2 Formen und Größen der Prüfbahnen

Bild 6 enthält ein Beispiel für die Position einer linearen Bahn, einer rechteckigen Bahn und zweier kreisförmiger Bahnen in einer von vier verfügbaren Prüfebenen.

Die Form der Prüfbahn sollte linear oder kreisförmig sein, außer für Abweichungen beim Fahren von Ecken (siehe 8.5 und Bild 22). Wenn Bahnen anderer Formen verwendet werden, müssen diese den vom Hersteller vorgegebenen entsprechen und dem Prüfbericht beigelegt werden.

Bei einer linearen Bahn in der Diagonalen des Würfels muß die Bahnlänge 80 % des Abstandes zwischen entgegengesetzten Ecken der ausgewählten Ebene betragen. Ein Beispiel dafür ist der Abstand P_2 bis P_4 im Bild 6.

Eine andere lineare Bahn P_6 bis P_9 kann für die Prüfung der Umorientierung, beschrieben in 8.4, genutzt werden.

Bei der Prüfung einer kreisförmigen Bahn sollten zwei verschiedene Kreise geprüft werden. Siehe Bild 6.

Der Durchmesser des großen Kreises muß 80 % der Würfelseitenlänge betragen. Der Mittelpunkt des Kreises muß P_1 sein.

Der Durchmesser des kleinen Kreises sollte einen Durchmesser von 10 % des großen Kreises in der Ebene haben. Der Mittelpunkt des Kreises muß P_1 sein, siehe Bild 6.

Es muß eine Mindestanzahl von Sollposen angewendet werden. Die Anzahl und die Anordnung der Sollposen und die Art der Programmierung (Teach-in oder Eingabe

numerischer Daten durch manuelle Dateneingabe oder Off-line-Programmierung) müssen im Prüfbericht angegeben werden.

Bei einer rechteckigen Bahn werden die Ecken mit E_1 , E_2 , E_3 und E_4 bezeichnet, jede davon befindet sich in einem Abstand von $(10 \pm 2) \%$ einer Diagonalenlänge von der entsprechenden Ecke entfernt. Ein Beispiel ist in Bild 6 dargestellt, wobei P_2 , P_3 , P_4 und P_5 mit E_1 , E_2 , E_3 bzw. E_4 zusammenfallen.

6.9 Anzahl der Zyklen

Die Anzahl der bei der Prüfung jeder Kenngröße auszuführenden Zyklen ist in Tabelle 5 gegeben.

6.10 Prüfverfahren

Die Reihenfolge der Prüfungen hat keinen Einfluß auf die Ergebnisse, aber es sollte die Prüfung der Positions-Stabilisierungszeit vor der Prüfung der Pose-Wiederholgenauigkeit durchgeführt werden, um die Meßverweilzeit zu ermitteln. Prüfungen des Überschwingens, der Pose-Genauigkeit und Wiederholgenauigkeit dürfen zeitgleich durchgeführt werden. Die Prüfung der Drift von Posekenngrößen muß unabhängig vorgenommen werden.

Posekenngrößen müssen mit Pose-zu-Pose- oder Bahnsteuerung geprüft werden. Bahnkenngrößen müssen mit Bahnsteuerung geprüft werden.

Die Ermittlung der Bahn-Genauigkeit/Wiederholgenauigkeit kann parallel zur Erfassung der Geschwindigkeit vorgenommen werden, vorausgesetzt, daß die Meßeinrichtung dementsprechend ausgestattet ist.

Es sollten die Geschwindigkeitsprüfungen vor der Messung der Bahn-Genauigkeit durchgeführt und identische Bahn-Parameter verwendet werden. Dies sichert den Gebrauch der richtigen Referenzgrößen bei der Ermittlung der Bahnkenngrößen.

Beim Programmieren der konstanten Bahngeschwindigkeit muß darauf geachtet werden, daß die Geschwindigkeitskorrektur auf 100 % eingestellt ist, und daß die Geschwindigkeit infolge irgendwelcher Beschränkungen des Roboters entlang der einzuhaltenden Bahn nicht automatisch reduziert wird.

Tabelle 5: Anzahl der Zyklen

Zu prüfende Kenngrößen	Anzahl der Zyklen
Pose-Genauigkeit und Pose-Wiederholgenauigkeit	30
Streuung der Mehrfachrichtungspose-Genauigkeit	30
Abstands-Genauigkeit und Abstands-Wiederholgenauigkeit	30
Positions-Stabilisierungszeit	3
Positions-Überschwingen	3
Drift von Posekenngrößen	8 h Dauerzyklus
Austauschbarkeit	30
Bahn-Genauigkeit und Bahn-Wiederholgenauigkeit	10
Bahn-Genauigkeit bei Umorientierung	10
Abweichungen beim Fahren einer Ecke	3
Bahngeschwindigkeitskenngrößen	10
Mindestpositionierzeit	3
Abweichungen beim Pendeln	3



b) Orientierungsgenauigkeit: Differenz zwischen der Orientierung einer Sollpose und dem Durchschnitt der Istorientierungen, siehe Bild 9.