

Werkzeugmaschinen
Prüfbedingungen für Bearbeitungszentren
 Teil 1: Geometrische Prüfungen für Maschinen mit waagerechter Spindel
 und mit zusätzlichen Fräsköpfen (waagerechte Z-Achse)
 (ISO 10791-1:1999)

DIN
ISO 10791-1

ICS 25.040.10

Machine tools – Test conditions for machining centres –
 Part 1: Geometric tests for machines with horizontal spindle and with
 accessory heads (horizontal Z-axis)
 (ISO 10791-1:1999)

Machines-outils – Conditions d'essai pour centres d'usinage –
 Partie 1: Essais géométriques des machines à broche horizontale et à
 têtes accessoires (axe Z horizontal)
 (ISO 10791-1:1999)

Die Internationale Norm ISO 10791-1:1999-05-01 „Test conditions for machining centres – Part 1: Geometric tests for machines with horizontal spindle and with accessory heads (horizontal Z-axis)“ ist unverändert in diese Deutsche Norm übernommen worden.

Nationales Vorwort

ISO 10791-1 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 39 „Werkzeugmaschinen“, Unterkomitee SC 2 „Abnahmebedingungen für metallabtragende Maschinen“, unter Mitwirkung deutscher Fachleute des Normenausschusses Werkzeugmaschinen (NWM) im DIN erarbeitet.

Die deutsche Übersetzung wurde durch den NWM besorgt.

Für die in dieser Norm zitierte Internationale Norm wird im Folgenden auf die entsprechende Deutsche Norm hingewiesen:

ISO 230-1 siehe DIN ISO 230-1

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN ISO 230-1, *Werkzeugmaschinen – Prüfregeln für Werkzeugmaschinen – Teil 1: Geometrische Genauigkeit von Maschinen, die ohne Last oder unter Schlichtbedingungen arbeiten; Identisch mit ISO 230-1:1996.*

DIN 874-1, *Lineale – Flachlineale aus Stahl – Maße, Technische Lieferbedingungen.*

DIN 875, *Stahlwinkel, 90°.*

DIN 876-1, *Prüfplatten – Prüfplatten aus Naturgestein – Anforderungen, Prüfung.*

DIN 876-2, *Prüfplatten – Prüfplatten aus Gusseisen – Anforderungen, Prüfung.*

DIN 877, *Neigungsmessgeräte (Richtwaagen).*

DIN 878, *Messuhren.*

DIN 879-1, *Feinzeiger mit mechanischer Anzeige.*

DIN 2270, *Fühlhebelmessgeräte.*

DIN 2276-2, *Neigungsmesseinrichtungen.*

DIN 55201-1, *Werkzeugmaschinen – Paletten für Werkzeugmaschinen – Nenngrößen bis 800 mm – Form A.*

DIN 55201-2, *Werkzeugmaschinen – Paletten für Werkzeugmaschinen – Nenngrößen ab 1 000 mm – Form B.*

Fortsetzung Seite 2 bis 57

Normenausschuss Werkzeugmaschinen (NWM) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.

Deutsche Übersetzung

Werkzeugmaschinen

Prüfbedingungen für Bearbeitungszentren

Teil 1: Geometrische Prüfungen für Maschinen mit waagerechter Spindel
und mit zusätzlichen Fräsköpfen (waagerechte Z-Achse)
(ISO 10791-1:1999)

Inhalt

	Seite
Vorwort	3
Einleitung	3
1 Anwendungsbereich	4
2 Normative Verweisungen	4
3 Vorbemerkungen	4
3.1 Maßeinheiten	4
3.2 Bezug zu DIN ISO 230-1	4
3.3 Reihenfolge der Prüfungen	5
3.4 Durchzuführende Prüfungen	5
3.5 Prüfmittel	5
3.6 Bearbeitungsprüfungen	5
3.7 Bilder	5
3.8 Paletten	5
3.9 Kompensation durch Software	5
3.10 Bauformen der Maschine	5
3.11 Bezeichnung	5
3.12 Mindesttoleranzen	6
4 Geometrische Prüfungen	8
4.1 Geradlinigkeit linearer Bewegungen	8
4.2 Winkelabweichungen von linearen Bewegungen	11
4.3 Rechtwinkligkeit zwischen linearen Bewegungen	14
4.4 Spindel	17
4.5 Tisch oder Palette	22
4.6 Zusätzliche Achsen parallel zur Z-Achse	30
Anhang A (normativ) Zusätzliche rastende 45°-Fräsköpfe	34
Anhang B (normativ) Zusätzliche Schwenkfräsköpfe	43
Anhang C (normativ) Zusätzliche stetig bewegte 45°-Fräsköpfe	50
Anhang D (informativ) Literaturhinweise	57

Vorwort

Die ISO (Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung nationaler Normungsinstitute (ISO-Mitglieds Körperschaften). Die Erarbeitung Internationaler Normen obliegt den Technischen Komitees der ISO. Jede Mitglieds Körperschaft, die sich für ein Thema interessiert, für das ein Technisches Komitee eingesetzt wurde, ist berechtigt, in diesem Komitee mitzuarbeiten. Internationale staatliche und nichtstaatliche Organisationen, die mit der ISO in Verbindung stehen, sind an den Arbeiten ebenfalls beteiligt. Hinsichtlich der elektrotechnischen Normung arbeitet die ISO eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) zusammen.

Die von den Technischen Komitees verabschiedeten internationalen Norm-Entwürfe werden den Mitglieds Körperschaften zur Abstimmung vorgelegt. Die Veröffentlichung als Internationale Norm erfordert mindestens 75 % Zustimmung der abstimmenden Mitglieds Körperschaften.

Die Internationale Norm ISO 10791-1 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 39 „Werkzeugmaschinen“, Unterkomitee SC 2 „Prüfbedingungen für Werkzeugmaschinen der Metallbearbeitung“ erarbeitet.

ISO 10791 besteht aus den folgenden Teilen, die unter dem Haupttitel *Prüfbedingungen für Bearbeitungszentren* zusammengefasst sind:

- Teil 1: Geometrische Prüfungen für Maschinen mit waagerechter Spindel und mit zusätzlichen Fräsköpfen (waagerechte Z-Achse)
- Teil 2: Geometrische Prüfungen für Maschinen mit senkrechter Spindel oder mit Universalfräsköpfen mit senkrechter Hauptdrehachse (senkrechte Z-Achse)
- Teil 3: Geometrische Prüfungen für Maschinen mit eingebautem schaltbaren oder stetig bewegtem Universal-Fräskopf (senkrechte Z-Achse)
- Teil 4: Genauigkeit und Wiederholpräzision der Positionierung linearer und rotierender Achsen
- Teil 5: Genauigkeit und Wiederholpräzision der Positionierung von Werkstückaufnahme-Paletten
- Teil 6: Genauigkeit der Vorschübe, Drehzahlen und Interpolationen
- Teil 7: Genauigkeit eines fertigbearbeiteten Prüfwerkstückes
- Teil 8: Bestimmung der Bahnabweichung in den drei Raumebenen
- Teil 9: Bestimmung der Werkzeug- und Palettenwechselzeit
- Teil 10: Bestimmung der thermischen Verschiebungen
- Teil 11: Bestimmung der Geräuschemissionen
- Teil 12: Bestimmung der Vibrationsstärke

Die Anhänge A, B und C sind Bestandteil dieses Teiles von ISO 10791. Anhang D ist informativ.

Einleitung

Ein Bearbeitungszentrum ist eine numerisch gesteuerte Werkzeugmaschine, die sowohl zur Durchführung mehrerer Bearbeitungsgänge, einschließlich Fräsen, Ausbohren, Bohren und Gewinden, als auch für automatischen Werkzeugwechsel aus einem Magazin oder einer ähnlichen Speichereinheit heraus gemäß einem Bearbeitungsprogramm geeignet ist.

Das Ziel von ISO 10791 ist, so weit und umfassend wie möglich über Prüfungen zu informieren, die für den Vergleich, die Abnahme, die Wartung und Instandhaltung oder irgendwelche anderen Zwecke durchgeführt werden können.

ISO 10791 beschreibt mit Bezug auf die betreffenden Teile von ISO 230, *Prüfregeln für Werkzeugmaschinen*, verschiedene Arten von Prüfungen für Bearbeitungszentren mit waagerechter oder senkrechter Spindel oder mit Universalfräsköpfen unterschiedlicher Bauarten, alleinstehend oder in ein flexibles Fertigungssystem integriert. ISO 10791 legt die Toleranzen oder die Größtwerte für Prüfergebnisse fest, die für Bearbeitungszentren für die allgemeine Anwendung und übliche Genauigkeit angemessen sind.

ISO 10791 ist ganz oder teilweise auch anwendbar für numerisch gesteuerte Fräs- und Ausbohrmaschinen, wenn deren Bauform, Baugruppen und Bewegungen mit den in den Prüfungen beschriebenen vergleichbar sind.

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von ISO 10791 beschreibt mit Bezug auf ISO 230-1 Geometrieprüfungen für Bearbeitungszentren (oder numerisch gesteuerte Fräsmaschinen, Ausbohrmaschinen usw., wenn anwendbar) mit waagerechter Spindel (d. h. waagerechte Z-Achse).

Dieser Teil von ISO 10791 ist grundsätzlich anwendbar für Bearbeitungszentren, die mit vier numerisch gesteuerten Achsen versehen sind; dies sind drei lineare Achsen (X , Y und Z) bis zu einer Länge von 2 000 mm und eine Rotationsachse (B'). Er bezieht sich aber auch auf zusätzliche Bewegungen, wie die von ausfahrbaren Spindeln, Traghülsen oder zusätzlichen Universalfräsköpfen. Andere Bewegungen als die genannten werden als spezielle Merkmale betrachtet, und die entsprechenden Prüfungen sind in diesem Teil von ISO 10791 nicht enthalten.

Dieser Teil von ISO 10791 behandelt in den Anhängen A, B und C drei mögliche Arten von zusätzlichen Universalfräsköpfen, die wie folgt beschrieben werden:

- Anhang A: Rastende 45°-Fräsköpfe mit mechanischer Rastung der unterschiedlichen Winkeleinstellungen der beiden Ebenen (z. B. mit Hirth-Verzahnungen): mit den entsprechenden Prüfungen (AG1 bis AG9) wird nur die resultierende Stellung der Spindel gemessen;
- Anhang B: Schwenkfräsköpfe mit zwei numerisch gesteuerten, rechtwinklig zueinander liegenden Drehachsen (BG1 bis BG7);
- Anhang C: Stetig bewegte 45°-Fräsköpfe ähnlich der ersten Ausführung, aber mit stetiger Positionierung der numerisch gesteuerten Achsen: die entsprechenden Prüfungen (CG1 bis CG7) prüfen alle geometrischen Merkmale (Ebenen und Achsen), die zum Erreichen der resultierenden Stellung der Spindel beitragen, ausgenommen der Positioniergenauigkeit der beiden Drehachsen; diese Prüfungen können auch für weitere Untersuchungen von rastbaren 45°-Fräsköpfen verwendet werden, wenn deren Bewegungen und Raststufen dies erlauben.

Dieser Teil von ISO 10791 behandelt nur die Prüfung der geometrischen Genauigkeit der Maschine und nicht die Maschinenfunktionen, die grundsätzlich getrennt geprüft werden sollten. Bestimmte Prüfungen zur Leistungsfähigkeit der Maschinenfunktionen unter Leerlaufbedingungen oder Schlichtbearbeitungsbedingungen sind in anderen Teilen von ISO 10791 enthalten.

2 Normative Verweisungen

Die folgende Norm enthält Festlegungen, die durch Verweisung in diesem Text Bestandteil des vorliegenden Teiles von ISO 10791 sind. Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieser Internationalen Norm war die angegebene Ausgabe gültig. Alle normativen Dokumente unterliegen der Überarbeitung. Vertragspartner, deren Vereinbarungen auf diesem Teil von ISO 10791 basieren, werden gebeten, die Möglichkeit zu prüfen, ob die jeweils neueste Ausgabe der im folgenden genannten Norm angewendet werden kann. Die Mitglieder von IEC und ISO führen Verzeichnisse der gegenwärtig gültigen Internationalen Normen.

ISO 230-1:1996, *Prüfregeln für Werkzeugmaschinen – Teil 1: Geometrische Genauigkeit von Maschinen, die ohne Last oder unter Schlichtbedingungen arbeiten; Identisch mit ISO 230-1:1996.*

3 Vorbemerkungen

3.1 Maßeinheiten

In diesem Teil von ISO 10791 werden alle linearen Maße, Abweichungen und zugehörige Toleranzen in Millimeter angegeben; Winkelangaben werden in Grad und Winkelabweichungen und zugehörige Toleranzen werden vorzugsweise als Quotient oder Zahlenverhältnis angegeben, aber in einigen Fällen können zur Verdeutlichung Mikroradian oder Winkelsekunden verwendet werden. Die Äquivalenz der folgenden Ausdrücke sollte stets beachtet werden:

$$0,010/1\,000 = 10 \times 10^{-6} = 10\mu\text{rad} \approx 2''$$

3.2 Bezug zu ISO 230-1

Um diesen Teil von ISO 10791 anzuwenden, ist die Bezugnahme auf ISO 230-1 erforderlich, insbesondere für die Aufstellung der Maschine vor der Prüfung, das Warmlaufen der Spindel und anderer bewegter Bauteile, die Beschreibung der Prüfverfahren und die empfohlene Genauigkeit der Prüfausrüstung.

Im Feld „Bemerkungen“ der beschriebenen Prüfungen, die im Abschnitt 4 und in den Anhängen A bis C beschrieben werden, sind die Anweisungen mit einem Bezug auf die entsprechenden Abschnitte in ISO 230-1 versehen, wenn die Prüfung den Festlegungen dieser Norm entspricht.

3.3 Reihenfolge der Prüfungen

Die Reihenfolge, in der die Prüfungen in diesem Teil von ISO 10791 dargestellt werden, legt in keiner Weise die praktische Folge der Prüfungen fest. Um den Aufbau der Prüfmittel oder die Messung selbst zu erleichtern, dürfen die Prüfungen auch in anderer Reihenfolge durchgeführt werden.

3.4 Durchzuführende Prüfungen

Bei der Prüfung einer Maschine ist es nicht immer notwendig oder möglich, alle in diesem Teil von ISO 10791 beschriebenen Prüfungen durchzuführen. Wenn die Prüfungen als Abnahmebedingungen erforderlich sind, muss der Anwender in Absprache mit dem Lieferanten/Hersteller die Prüfungen für die Baugruppen und/oder Eigenschaften der Maschine, die von Interesse sind, auswählen. Diese Prüfungen müssen bei der Auftragserteilung für die Maschine deutlich benannt werden. Der alleinige Bezug bei Abnahmeprüfungen auf diesen Teil von ISO 10791 ohne genauere Beschreibung der Prüfungen, die durchgeführt werden sollen, und ohne Vereinbarung über die betreffenden Kosten, kann für keine Vertragspartei als bindend angesehen werden.

3.5 Prüfmittel

Die in Abschnitt 4 und den Anhängen A bis C in den beschriebenen Prüfungen angegebenen Prüfmittel sind nur Beispiele. Es dürfen andere Prüfmittel, mit denen die gleichen Größen gemessen werden können und die mindestens die gleiche Genauigkeit haben, verwendet werden. Messuhren oder Feinzeiger müssen eine Auflösung von mindestens 0,001 Millimeter haben.

3.6 Bearbeitungsprüfungen

Bearbeitungsprüfungen dürfen nur als Schlichtbearbeitung durchgeführt werden, nicht als Schruppschnitt, der erhebliche Schnittkräfte verursacht.

3.7 Bilder

In diesem Teil von ISO 10791 sind zur Vereinfachung die geometrischen Prüfungen auf den zugeordneten Bilder nur an einem Maschinentyp dargestellt.

3.8 Paletten

Bei Maschinen, die mit unterschiedlichen Paletten arbeiten, dürfen die wesentlichen geometrischen Merkmale oder deren Verhalten in Bezug auf die Achsen der Maschine (Prüfungen G15 bis G22) an nur einer repräsentativen aufgespannten Palette durchgeführt werden, sofern dies zwischen dem Anwender und dem Hersteller oder Lieferanten nicht anders vereinbart wurde.

3.9 Kompensation durch Software

Wenn zur Kompensation bestimmter geometrischer Abweichungen Softwareeinrichtungen verfügbar sind, dürfen die betreffenden Prüfungen in Absprache zwischen dem Anwender und dem Hersteller/Lieferanten mit oder ohne Kompensation durchgeführt werden. Wenn die Software-Kompensation verwendet wird, muss dies in den Prüfergebnissen angegeben werden.

3.10 Bauformen der Maschine

Die Maschinen, die in diesem Teil von ISO 10791 behandelt werden, sind bezogen auf die Bauform und die Baugruppen, die sich entlang der linearen Achsen bewegen, in 12 grundlegende Familien aufgegliedert. Diese Familien sind durch die Nummern 01 bis 12 gekennzeichnet, wie in Bild 1 dargestellt. Die Einordnung dieser Bauformen ist in Tabelle 1 dargestellt.

3.11 Bezeichnung

Es wird eine Bezeichnung als Kurzzeichen angegeben, um die Bauform eines Bearbeitungszentrums zu beschreiben; diese Bezeichnung besteht aus folgenden Elementen in der vorliegenden Reihenfolge:

- „Bearbeitungszentrum“;
- der Bezug dieses Teiles von ISO 10791, z. B. ISO 10791-1;
- Typ H für „waagerechte Spindelbauform“;
- die in dem entsprechenden Kästchen von Bild 1 und der linken Spalte von Tabelle 1 angegebene Nummer.

BEISPIEL Ein Bearbeitungszentrum mit horizontaler Spindel, mit einem sich entlang der *X*-Achse bewegenden Ständer, einem sich entlang der *Y*-Achse bewegenden Spindelkasten und einem sich entlang der *Z*-Achse bewegenden Tisch wird folgendermaßen bezeichnet:

Bearbeitungszentrum ISO 10791-1 Typ H02

3.12 Mindesttoleranzen

Bei der Festlegung der Toleranz für eine Messlänge, die von der in diesem Teil von ISO 10791 angegebenen abweicht (siehe 2.311 der ISO 230-1:1996), muss beachtet werden, dass der kleinste Toleranzwert 0,005 mm beträgt.

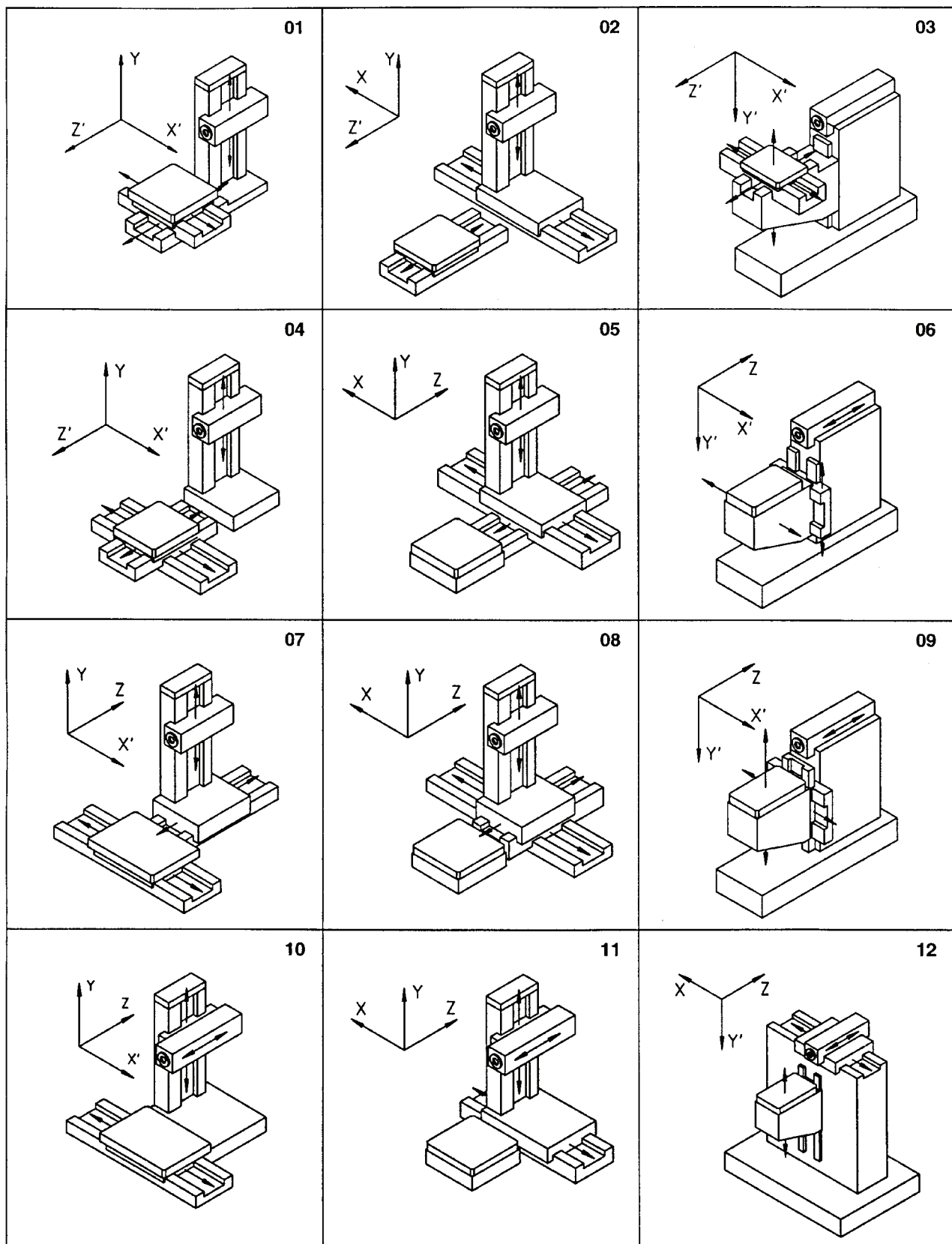


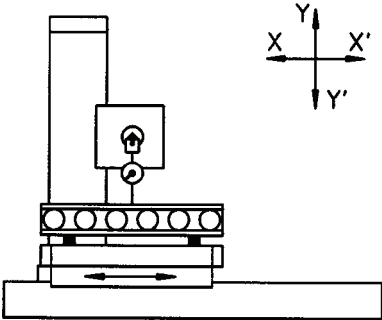
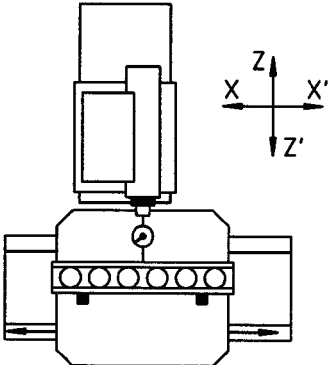
Bild 1

Tabelle 1 – Einteilung der Bauarten von Bearbeitungszentren mit waagerechter Spindel

	<i>X</i>	<i>X'</i>	<i>Y</i>	<i>Y'</i>	<i>Z</i>	<i>Z'</i>
01		Tisch auf seinem Schlitten	Spindel-kasten			Tisch-schlitten
02	Ständer		Spindel-kasten			Tisch
03		Tisch auf seinem Schlitten		Konsole		Tisch-schlitten
04		Tisch-schlitten	Spindel-kasten			Tisch auf seinem Schlitten
05	Ständer auf seinem Schlitten		Spindel-kasten		Ständer-schlitten	
06		Konsole		Konsol-schlitten	Spindel-kasten	
07		Tisch	Spindel-kasten		Ständer	
08	Ständer-schlitten		Spindel-kasten		Ständer auf seinem Schlitten	
09		Konsol-schlitten		Konsole	Spindel-kasten	
10		Tisch	Spindel-kasten-schlitten		Spindel-kasten auf seinem Schlitten	
11	Ständer		Spindel-kasten-schlitten		Spindel-kasten auf seinem Schlitten	
12	Spindel-kasten-schlitten			Konsole	Spindel-kasten auf seinem Schlitten	

4 Geometrische Prüfungen

4.1 Geradlinigkeit linearer Bewegungen

Gegenstand der Prüfung	G1								
Prüfen der Geradlinigkeit der Bewegung entlang der X-Achse: a) in senkrechter XY-Ebene (EYX); b) in waagerechter ZX-Ebene (EZX).									
Bild   a) b)									
Toleranz Für a) und b) <table style="margin-left: 40px; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding-right: 20px;">$X \leq 500$</td> <td>0,010</td> </tr> <tr> <td>$500 < X \leq 800$</td> <td>0,015</td> </tr> <tr> <td>$800 < X \leq 1\,250$</td> <td>0,020</td> </tr> <tr> <td>$1\,250 < X \leq 2\,000$</td> <td>0,025</td> </tr> </table> Örtliche Toleranz: 0,007 auf eine Messlänge von 300	$X \leq 500$	0,010	$500 < X \leq 800$	0,015	$800 < X \leq 1\,250$	0,020	$1\,250 < X \leq 2\,000$	0,025	Gemessene Abweichungen für $X = \dots$ a) b)
$X \leq 500$	0,010								
$500 < X \leq 800$	0,015								
$800 < X \leq 1\,250$	0,020								
$1\,250 < X \leq 2\,000$	0,025								
Prüfmittel a) Lineal und Messuhr oder Feinzeiger oder optische Prüfverfahren b) Lineal und Messuhr oder Feinzeiger oder Spanndraht und Mikroskop oder optische Prüfverfahren									
Verweisungen auf ISO 230-1 und Bemerkungen 5.211, 5.23, 5.231.2, 5.232.1 und 5.233.1 Bei allen Maschinenbauformen muss das Lineal, der Spanndraht oder der Reflektor des optischen Prüfmittels auf dem Tisch befestigt sein. Wenn die Spindel arretiert werden kann, darf die Messuhr oder der Feinzeiger, das Mikroskop oder das Interferometer daran befestigt sein; wenn die Spindel nicht arretiert werden kann, muss das Prüfmittel am Spindelkasten der Maschine befestigt sein. Die Messlinie sollte so nah wie möglich entlang der Mitte des Tisches verlaufen.									

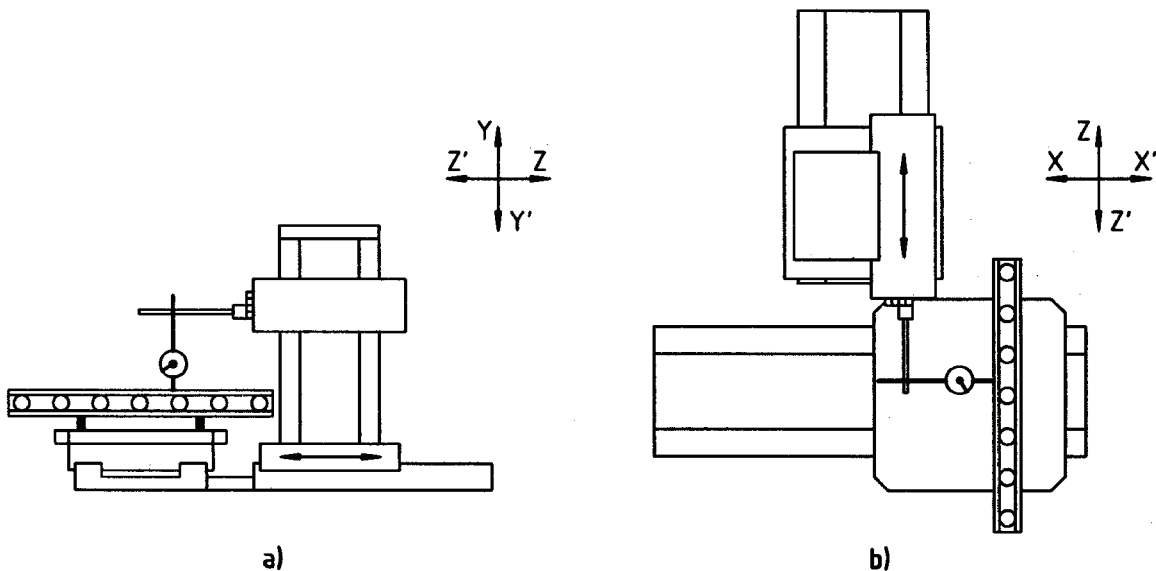
Gegenstand der Prüfung

G2

Prüfen der Geradlinigkeit der Bewegung entlang der Z-Achse:

- a) in senkrechter YZ-Ebene (EYZ);
- b) in waagerechter ZX-Ebene (EXZ).

Bild



Toleranz

Für a) und b)

$Z \leq 500$	0,010
$500 < Z \leq 800$	0,015
$800 < Z \leq 1\,250$	0,020
$1\,250 < Z \leq 2\,000$	0,025

Örtliche Toleranz: 0,007 auf eine Messlänge von 300

Gemessene Abweichungen

für $Z = \dots$

- a)
- b)

Prüfmittel

- a) Lineal und Messuhr oder Feinzeiger oder optische Prüfverfahren
- b) Lineal und Messuhr oder Feinzeiger oder Spanndraht und Mikroskop oder optische Prüfverfahren

Verweisungen auf ISO 230-1 und Bemerkungen

5.211, 5.23, 5.231.2, 5.232.1 und 5.233.1

Bei allen Maschinenbauformen muss das Lineal, der Spanndraht oder der Reflektor des optischen Prüfmittels auf dem Tisch befestigt sein. Wenn die Spindel arretiert werden kann, darf die Messuhr oder der Feinzeiger, das Mikroskop oder das Interferometer daran befestigt sein; wenn die Spindel nicht arretiert werden kann, muss das Prüfmittel am Spindelkasten der Maschine befestigt sein.

Die Messlinie sollte so nah wie möglich entlang der Mitte des Tisches verlaufen.

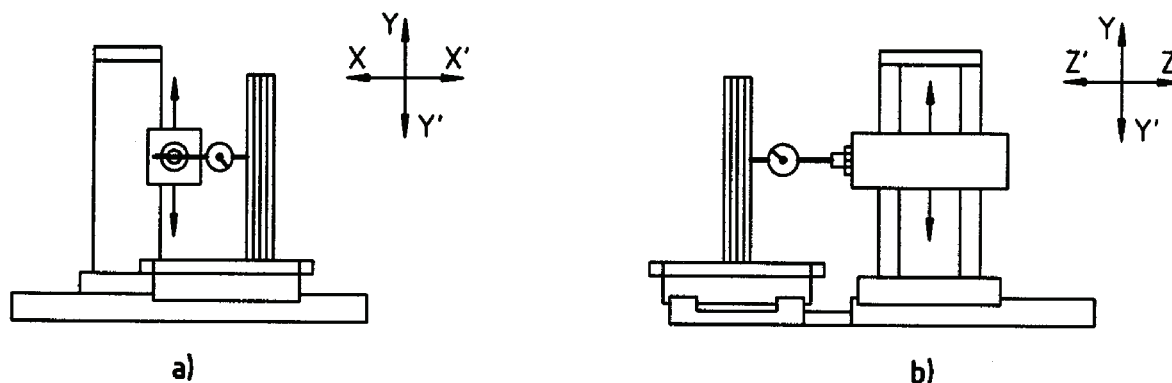
Gegenstand der Prüfung

G3

Prüfen der Geradlinigkeit der Bewegung entlang der Y -Achse:

- a) in senkrechter XY -Ebene (EXY);
- b) in waagerechter YZ -Ebene (EZY).

Bild



Toleranz

Für a) und b)

$Y \leq 500$	0,010
$500 < Y \leq 800$	0,015
$800 < Y \leq 1\,250$	0,020
$1\,250 < Y \leq 2\,000$	0,025

Örtliche Toleranz: 0,007 auf eine Messlänge von 300

Gemessene Abweichungen

für $Y = \dots$

- a)
- b)

Prüfmittel

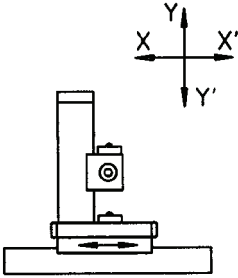
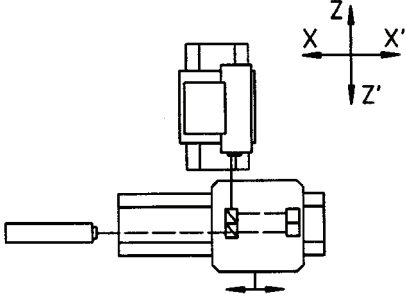
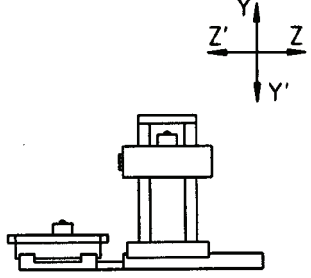
Für a) und b): Winkel und Messuhr oder Feinzeiger oder Mikroskop und Spanndraht oder optische Prüfverfahren

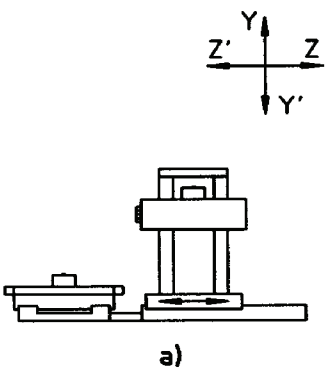
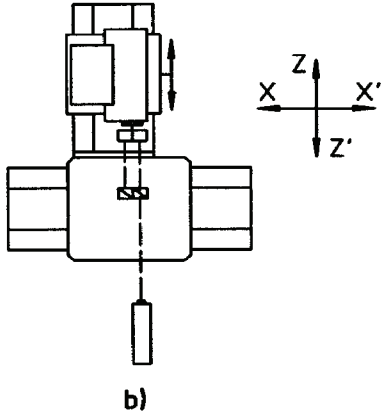
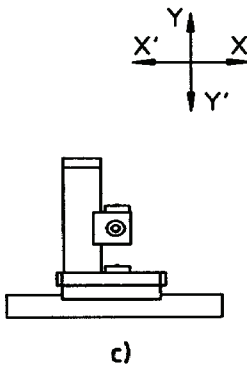
Verweisungen auf ISO 230-1 und Bemerkungen

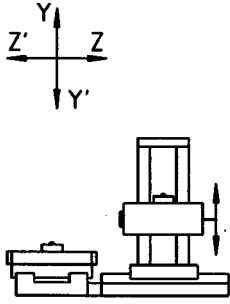
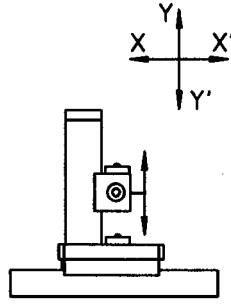
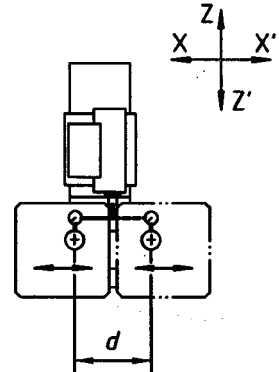
5.211, 5.23, 5.231.2, 5.232.1 und 5.233.1

Bei allen Maschinenbauformen muss der Winkel, der Spanndraht oder der Reflektor des optischen Geradheitsprüfgerätes so nah wie möglich zur Mitte des Tisches hin befestigt sein. Wenn die Spindel arretiert werden kann, darf die Messuhr oder der Feinzeiger, das Mikroskop oder das Interferometer daran befestigt sein; wenn die Spindel nicht arretiert werden kann, muss das Prüfmittel am Spindelkasten der Maschine befestigt sein.

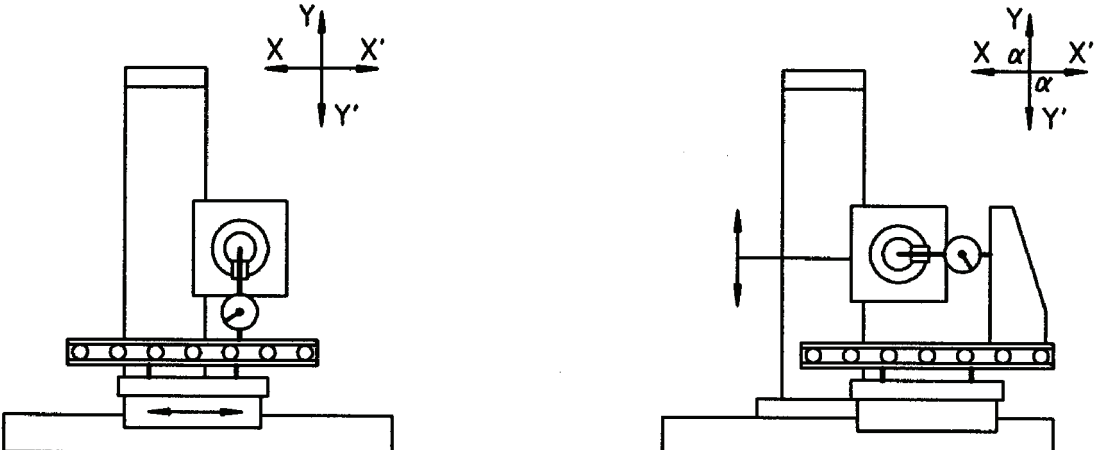
4.2 Winkelabweichungen von linearen Bewegungen

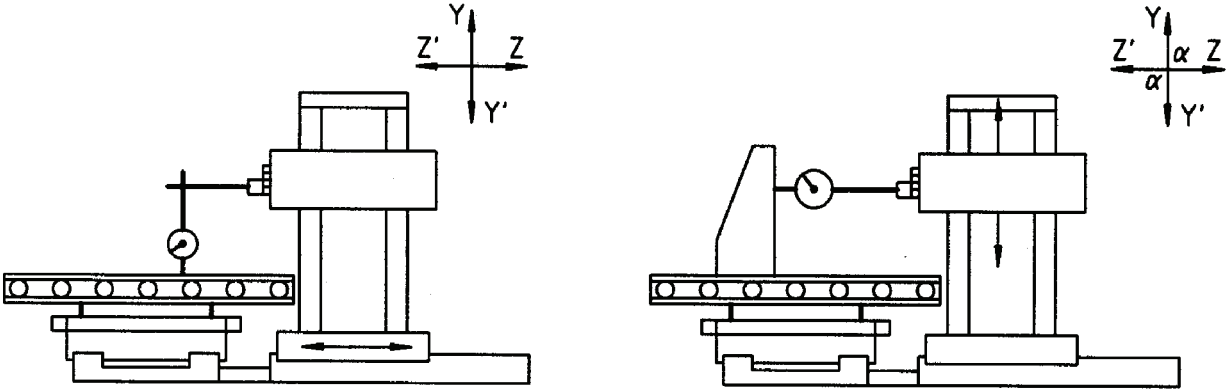
Gegenstand der Prüfung	G4
Prüfen der Winkelabweichungen der Bewegung entlang der X-Achse: a) in der senkrechten XY-Ebene senkrecht zur Spindelachse (Stampfen ECX); b) in der waagerechten ZX-Ebene (Gieren EBX); c) in der senkrechten YZ-Ebene parallel zur Spindelachse (Rollen EAX).	
Bild    a) b) c)	
Toleranz Für a), b) und c) 0,060/1 000 (oder 60 μ rad oder 12'')	Gemessene Abweichungen a) b) c)
Prüfmittel a) (Stampfen ECX) Neigungsmessgerät oder optisches Winkelmessgerät b) (Gieren EBX) Optisches Winkelmessgerät c) (Rollen EAX) Neigungsmessgerät	
Verweisungen auf ISO 230-1 und Bemerkungen 5.231.3, 5.232.2 und 5.233.2 Das Prüfmittel muss folgendermaßen auf den beweglichen Teilen befestigt sein: a) (Stampfen ECX) in Längsrichtung; b) (Gieren EBX) waagrecht; c) (Rollen EAX) in Querrichtung. Wenn die Bewegung entlang der X-Achse eine Winkelbewegung sowohl des Spindelkastens als auch des Werkstücktisches verursacht, müssen Differenzmessungen der zwei Winkelbewegungen durchgeführt werden, und dies muss angegeben werden. Wenn für diese Messungen ein Neigungsmessgerät verwendet wird, muss das Bezugs-Neigungsmessgerät auf dem nicht bewegten Teil der Maschine (Spindelkasten oder Werkstücktisch) befestigt werden. Es müssen mindestens an fünf Positionen, die in gleichen Abständen zueinander entlang des Fahrweges angeordnet sind, Messungen an jeder Position, jeweils in beiden Bewegungsrichtungen, durchgeführt werden. Die Differenz zwischen dem höchsten und dem niedrigsten Messwert darf die Toleranz nicht überschreiten.	

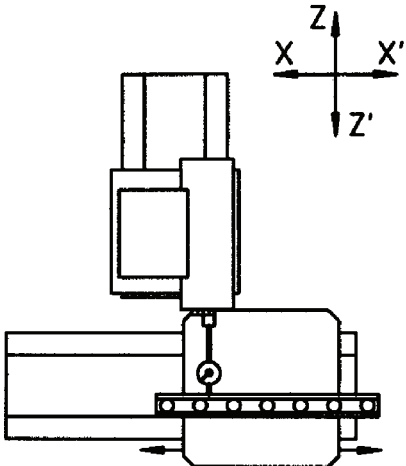
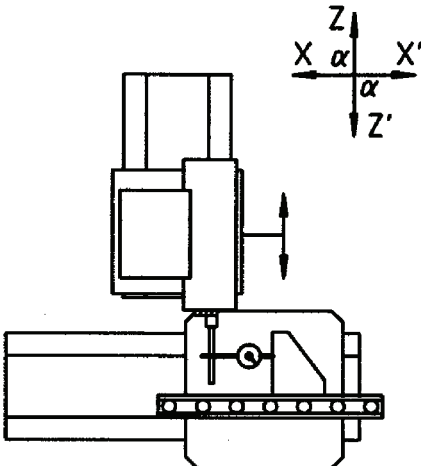
Gegenstand der Prüfung	G5
Prüfen der Winkelabweichungen der Bewegung entlang der Z-Achse: a) in der senkrechten YZ-Ebene parallel zur Spindelachse (Stampfen EAZ); b) in der waagerechten ZX-Ebene (Gieren EBZ); c) in der senkrechten XY-Ebene rechtwinklig zur Spindelachse (Rollen ECZ).	
Bild   	
Toleranz Für a), b) und c) 0,060/1 000 (oder 60 µrad oder 12'')	Gemessene Abweichungen a) b) c)
Prüfmittel a) (Stampfen EAZ) Neigungsmessgerät oder optisches Winkelmessgerät b) (Gieren EBZ) Optisches Winkelmessgerät c) (Rollen ECZ) Neigungsmessgerät	
Verweisungen auf ISO 230-1 und Bemerkungen 5.231.3, 5.232.2 und 5.233.2 Das Prüfmittel muss folgendermaßen auf den beweglichen Teilen befestigt sein: a) (Stampfen EAZ) in Längsrichtung; b) (Gieren EBZ) waagerecht; c) (Rollen ECZ) in Querrichtung. Wenn die Bewegung entlang der Z-Achse eine Winkelbewegung sowohl des Spindelkastens als auch des Werkstücktisches verursacht, müssen Differenzmessungen der zwei Winkelbewegungen durchgeführt werden, und dies muss angegeben werden. Wenn für diese Messungen ein Neigungsmessgerät verwendet wird, muss das Bezugs-Neigungsmessgerät auf dem nicht bewegten Teil der Maschine (Spindelkasten oder Werkstücktisch) befestigt werden. Es müssen mindestens an fünf Positionen, die in gleichen Abständen zueinander entlang des Verfahrweges angeordnet sind, Messungen an jeder Position, jeweils in beiden Bewegungsrichtungen, durchgeführt werden. Die Differenz zwischen dem höchsten und dem niedrigsten Messwert darf die Toleranz nicht überschreiten.	

Gegenstand der Prüfung	G6
Prüfen der Winkelabweichungen der Bewegung entlang der <i>Y</i> -Achse: a) in der senkrechten <i>YZ</i> -Ebene parallel zur Spindelachse (Stampfen EAY); b) in der senkrechten <i>ZX</i> -Ebene rechtwinklig zur Spindelachse (ECY); c) in der waagerechten <i>ZX</i> -Ebene (Rollen EBY).	
Bild  a)  b)  c)	
Toleranz Für a), b) und c) 0,060/1 000 (oder 60 µrad oder 12'')	Gemessene Abweichungen a) b) c)
Prüfmittel a) und b) Neigungsmessgerät oder optisches Winkelmessgerät c) (Rollen EBY) Prüfzylinder, Neigungsmessgerät und Messuhr oder Feinzeiger oder Winkelblock und Messuhr oder Feinzeiger	
Verweisungen auf ISO 230-1 und Bemerkungen 5.231, 5.232.1 und 5.233.2 Es müssen an fünf Positionen, die in gleichen Abständen zueinander entlang des Verfahrensweges angeordnet sind, Messungen an jeder Position, jeweils in beiden Bewegungsrichtungen, durchgeführt werden. Die Differenz zwischen dem höchsten und dem niedrigsten Messwert darf die Toleranz nicht überschreiten. Das Prüfmittel muss folgendermaßen auf dem beweglichen Teil befestigt sein (Spindelkasten oder Werkstücktisch): a) (Stampfen EAZ) in Längsrichtung; b) (Gieren EBZ) waagrecht. Wenn die Bewegung entlang der <i>Y</i> -Achse eine Winkelbewegung sowohl des Spindelkastens als auch des Werkstücktisches verursacht, müssen Differenzmessungen der zwei Winkelbewegungen durchgeführt werden, und dies muss angegeben werden. Wenn für diese Messungen ein Neigungsmessgerät verwendet wird, muss das Bezugs-Neigungsmessgerät auf dem nicht beweglichen Teil der Maschine (Spindelkasten oder Werkstücktisch) befestigt werden. Bei c) (Rollen ECZ) wird ein Prüfzylinder annähernd parallel zur <i>Y</i> -Achse auf dem Tisch aufgesetzt, wobei der Messbolzen der Messuhr oder des Feinzeigers, der mit einer speziellen Halterung befestigt ist, an den Prüfzylinder angestellt wird. Die abgelesenen Messwerte sind zu notieren und die dazugehörigen Höhenmaße am Prüfzylinder sind zu markieren. Der Tisch wird entlang der <i>X</i> -Achse und die Messuhr oder der Feinzeiger auf die andere Seite des Spindelkastens bewegt, so dass der Messbolzen den Prüfzylinder wieder entlang der gleichen Linie berührt. Die mögliche Roll-Abweichung der Bewegung entlang der <i>X</i> -Achse muss gemessen und berücksichtigt werden. Die Messuhr oder der Feinzeiger muss wieder auf 0 gestellt werden, und die neuen Messungen müssen in der gleichen Höhe wie die vorherigen durchgeführt und notiert werden. Für jede Messhöhe ist die Differenz der beiden Messungen zu ermitteln. Der größte und der kleinste Wert dieser Differenzwerte muss herausgesucht werden und das Ergebnis von $\frac{\text{größte Differenz} - \text{kleinste Differenz}}{d}$ darf die Toleranz nicht überschreiten; „ <i>d</i> “ ist der Abstand zwischen den beiden Positionen der Messuhr oder des Feinzeigers.	

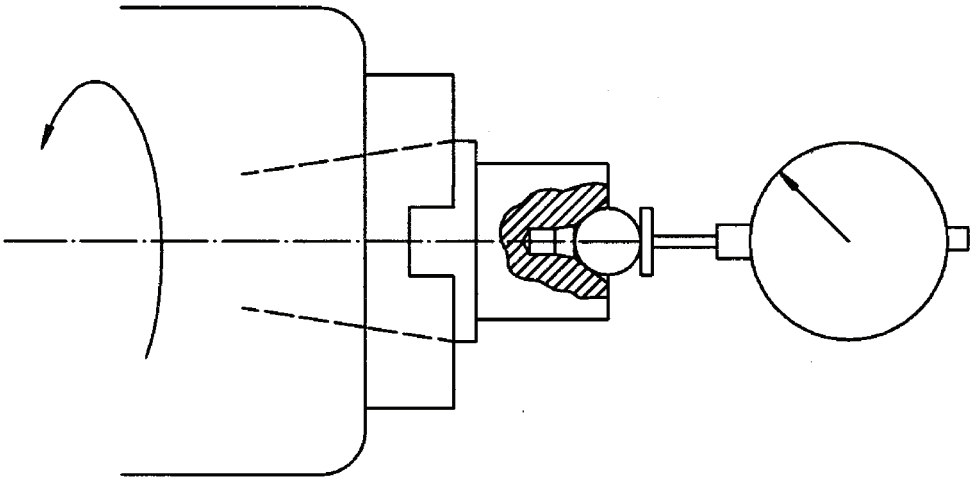
4.3 Rechtwinkligkeit zwischen linearen Bewegungen

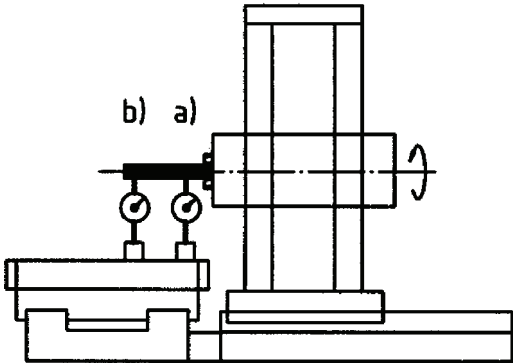
Gegenstand der Prüfung	G7
Prüfen der Rechtwinkligkeit zwischen der Bewegung entlang der Y -Achse und der Bewegung entlang der X -Achse.	
Bild 	
Toleranz 0,02 bei einer Messlänge von 500	Gemessene Abweichung
Prüfmittel Lineal oder Prüfplatte, Winkel und Messuhr oder Feinzeiger	
Verweisungen auf ISO 230-1 und Bemerkungen 5.522.4 Beim 1. Schritt muss das Lineal oder die Prüfplatte parallel zur X-Achse ausgerichtet sein. Beim 2. Schritt muss dann die Y-Achse mittels eines auf dem Lineal oder der Prüfplatte stehenden Winkels geprüft werden. Wenn die Spindel arretiert werden kann, darf die Messuhr oder der Feinzeiger daran befestigt werden; wenn die Spindel nicht arretiert werden kann, muss die Messuhr oder der Feinzeiger am Spindelkasten angebracht werden. Der Wert des Winkels α, der kleiner, gleich oder größer 90° sein kann, sollte zur Information und für mögliche Korrekturen notiert werden.	

Gegenstand der Prüfung	G8
Prüfen der Rechtwinkligkeit zwischen der Bewegung entlang der Y -Achse und der Bewegung entlang der Z -Achse.	
Bild 	
Toleranz 0,02 bei einer Messlänge von 500	Gemessene Abweichung
Prüfmittel Lineal oder Prüfplatte, Winkel und Messuhr oder Feinzeiger	
Verweisungen auf ISO 230-1 und Bemerkungen 5.522.4 Beim 1. Schritt muss das Lineal oder die Prüfplatte parallel zur Z-Achse ausgerichtet sein. Beim 2. Schritt muss dann die Y-Achse mittels eines auf dem Lineal oder der Prüfplatte stehenden Winkels geprüft werden. Wenn die Spindel arretiert werden kann, darf die Messuhr oder der Feinzeiger daran befestigt werden; wenn die Spindel nicht arretiert werden kann, muss die Messuhr oder der Feinzeiger am Spindelkasten angebracht werden. Der Wert des Winkels α, der kleiner, gleich oder größer 90° sein kann, sollte zur Information und für mögliche Korrekturen notiert werden.	

Gegenstand der Prüfung	G9
Prüfen der Rechtwinkligkeit zwischen der Bewegung entlang der Z -Achse und der Bewegung entlang der X -Achse.	
Bild  Schritt 1)  Schritt 2)	
Toleranz 0,02 bei einer Messlänge von 500	Gemessene Abweichung
Prüfmittel Lineal, Winkel und Messuhr oder Feinzeiger	
Verweisungen auf ISO 230-1 und Bemerkungen 5.522.4 Beim 1. Schritt muss das Lineal parallel zur X - (oder Z -)Achse ausgerichtet sein. Beim 2. Schritt muss die Z - (oder X -)Achse mittels eines auf dem Tisch aufgelegten Winkels, der mit einer Seite an das Lineal angelegt ist, geprüft werden. Diese Prüfung kann auch ohne Lineal ausgeführt werden, indem ein Schenkel des Winkels entlang einer Achse ausgerichtet wird und entlang dem anderen Schenkel des Winkels gemessen wird. Wenn die Spindel arretiert werden kann, darf die Messuhr oder der Feinzeiger daran befestigt werden; wenn die Spindel nicht arretiert werden kann, muss die Messuhr oder der Feinzeiger am Spindelkasten angebracht werden. Der Wert des Winkels α , der kleiner, gleich oder größer 90° sein kann, sollte zur Information und für mögliche Korrekturen notiert werden.	

4.4 Spindel

Gegenstand der Prüfung	G10
Prüfen des periodischen Axialschlages der Spindel.	
Bild  The diagram shows a cross-sectional view of a machine spindle assembly. On the left, a large cylindrical component (the spindle) is shown with a curved arrow indicating its rotation. To the right of the spindle, a smaller component (likely a nut or a bearing) is shown. A dial indicator is positioned to measure the axial runout of this component. The dial indicator has a circular face with a needle and a small rectangular base that contacts the component. Dashed lines indicate the measurement points on the component's surface.	
Toleranz 0,005	Gemessene Abweichung
Prüfmittel Messuhr oder Feinzeiger	
Verweisungen auf ISO 230-1 und Bemerkungen 5.621.1 und 5.622.2 Diese Prüfung muss an allen Arbeitsspindeln der Maschine durchgeführt werden.	

Gegenstand der Prüfung	G11
Prüfen des Rundlaufes des Innenkegels der Spindel: a) an der Spindelnase; b) in einem Abstand von 300 mm von der Spindelnase.	
Bild 	
Toleranz Für die eingebaute Spindel: a) 0,007 b) 0,015 Für Spindeln von zusätzlichen Spindelköpfen: a) 0,01 b) 0,02	Gemessene Abweichungen a) b)
Prüfmittel Prüfdorn und Messuhr oder Feinzeiger	
Verweisungen auf ISO 230-1 und Bemerkungen 5.611.4 und 5.612.3 Diese Prüfung muss an allen Arbeitsspindeln der Maschine durchgeführt werden. Diese Prüfung muss mindestens über zwei Umdrehungen erfolgen in Übereinstimmung mit der Anmerkung in 5.611.4 von ISO 230-1:1996.	