

3.1 Bestimmen prismatischer Werkstücke

Bestimmen (Lagebestimmen) oder Positionieren ist das Anbringen des Werkstücks in eine eindeutige für die Durchführung des Bearbeitungsvorganges erforderliche Lage. Das Werkstück muss so bestimmt werden, dass die in der Zeichnung festgelegten Toleranzen eingehalten werden. Damit das Werkstück beim Einwirken der Schnittkräfte diese Lage behält, muss es nach dem Bestimmen gespannt werden (Kap. 4).

Ein Werkstück hat in einem dreidimensionalen Koordinatensystem sechs Freiheitsgrade (Abb. 3.1):

Zur räumlichen Lagebestimmung der prismatischen Werkstücke sind sechs Bestimmungspunkte notwendig, die auf drei Werkstückflächen verteilt sind (Abb. 3.2).

Einstellfläche e ist die größte Fläche des Werkstücks, auf die zu ihrer Bestimmung drei Bestimmungspunkte angeordnet werden. Diese Fläche liegt in der x - z -Ebene und entzieht dem prismatischen Werkstück drei Freiheitsgrade:

1. Lineare Bewegung in der y -Achse
2. Drehbewegung um die x -Achse
3. Drehbewegung um die z -Achse

Führungsfläche f ist die zweitgrößte Fläche des Werkstücks, auf die zu ihrer Bestimmung zwei Bestimmungspunkte angeordnet werden. Diese Fläche liegt in der y - z -Ebene und entzieht dem prismatischen Werkstück zwei Freiheitsgrade:

1. Lineare Bewegung in der x -Achse
2. Drehbewegung um die y -Achse

Stützfläche s ist die kleinste Fläche des Werkstücks, auf die zu ihrer Bestimmung ein Bestimmungspunkt angeordnet wird. Diese Fläche liegt in der x - y -Ebene und entzieht dem prismatischen Werkstück ein Freiheitsgrad:

Lineare Bewegung in der z -Achse

Abb. 3.1 Werkstück in einem dreidimensionalen Koordinatensystem. 1 Lineare Bewegung in der x -Achse. 2 Lineare Bewegung in der y -Achse. 3 Lineare Bewegung in der z -Achse. 4 Drehbewegung um die x -Achse. 5 Drehbewegung um die y -Achse. 6 Drehbewegung um die z -Achse

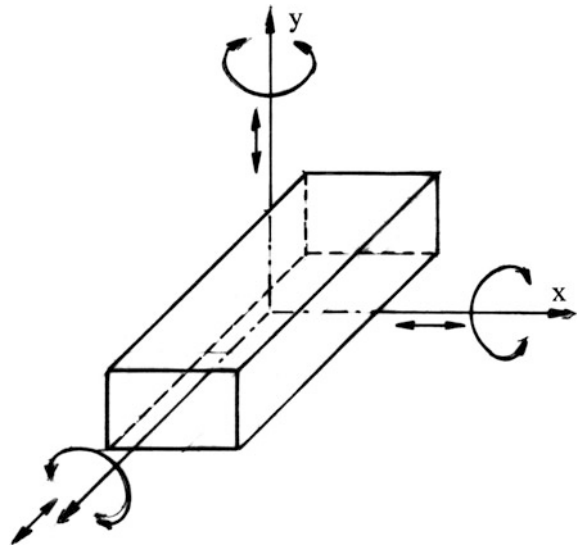
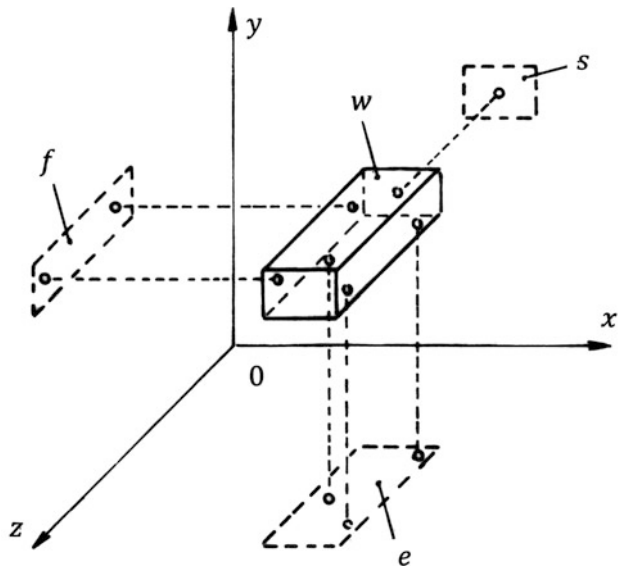


Abb. 3.2 Räumliche Bestimmung prismatischer Werkstücke. e Einstellfläche, f Führungsfläche, s Stützfläche, w Werkstück



3.1.1 Begriffe: Bezugsebene, Bestimmebene und Bestimmfläche

Bei der Festlegung der Lage des Werkstücks in der Vorrichtung wird von den an dem Werkstück vorhandenen Flächen, Achsen, Bohrungen und Nuten ausgegangen. Wenn erforderlich, wird am Werkstück eine bestimmte Fläche bearbeitet, damit das Werkstück in der Vorrichtung einwandfrei bestimmt werden kann. In manchen Fällen müssen am Werk-

Abb. 3.3 Wahl der Bezugsebene, der Bestimmebene und der Bestimmfläche. **a** Bezugsebene wird durch die Bohrungsabstände a und b festgelegt. **b** Wahl der Bestimmebene und der Bestimmfläche

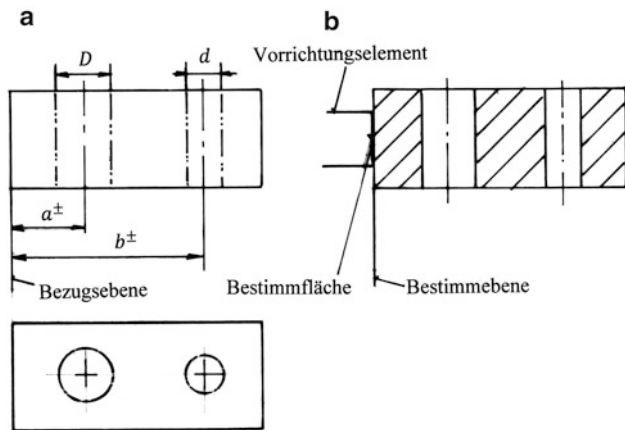
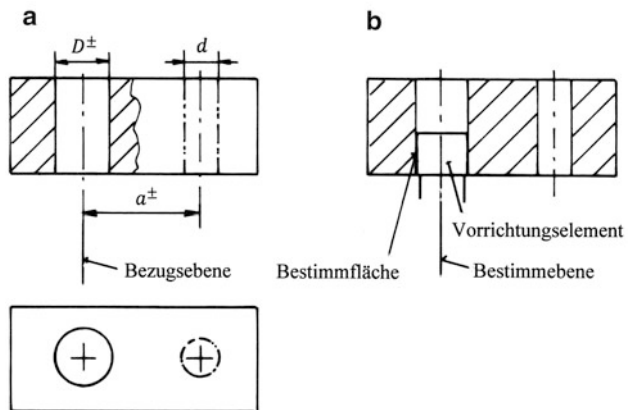


Abb. 3.4 Wahl der Bezugsebene, der Bestimmebene und der Bestimmfläche. **a** Bezugsebene wird durch den Bohrungsabstand a festgelegt. **b** Wahl der Bestimmebene und der Bestimmfläche



stück zusätzliche Flächen vorgesehen werden, damit das Werkstück einwandfrei bestimmt und gespannt werden kann, die nach dem Fertigen beseitigt werden.

Die Ebene am Werkstück, auf die der Konstrukteur die maßlichen Festlegungen bezieht wird *Bezugsebene* genannt.

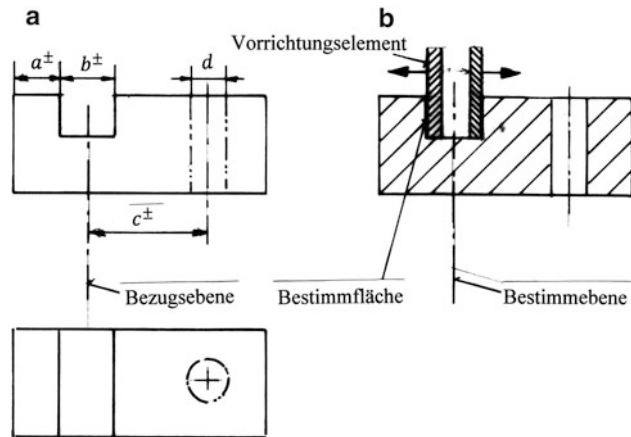
Die Ebene, die durch den Kontakt zwischen Werkstück und Bestimmelementen (Vorrichtung) entsteht, wird *Bestimmebene* genannt.

Als *Bestimmflächen* werden die Flächen bezeichnet, an welchen sich das Werkstück und die Vorrichtung berühren.

Diese Begriffe werden an einigen Beispielen erläutert (Abb. 3.3, 3.4, 3.5).

Bei dem Werkstück, Abb. 3.3 ist die Bezugsebene durch die Bohrungsabstände a und b festgelegt. Die linke Stirnfläche des Werkstücks wird als Kontaktfläche zur Vorrichtung gewählt, d. h. zur Bestimmebene. In der Bestimmfläche berühren sich das Werkstück und das Vorrichtungselement.

Abb. 3.5 Wahl der Bezugsebene, der Bestimmebene und der Bestimmfläche. **a** Bezugsebene wird durch den Bohrungsabstand c festgelegt. **b** Wahl der Bestimmebene und der Bestimmfläche



Bei dem Werkstück, Abb. 3.4 ist die Bohrung D vorhanden, die Bezugsebene ist durch den Bohrungsabstand a festgelegt.

In der Bezugsebene liegt die Mittellinie der Bohrung D . Wenn die Bestimmebene in der gleichen Ebene festgelegt wird, ist die Mantelfläche der zylindrischen Bohrung D die Bestimmfläche des Werkstücks in dieser Ebene. Da die Bohrung D bei verschiedenen Werkstücken innerhalb der in der Zeichnung angegebenen Toleranzen verschieden ist, müssen die Bestimmflächen der Vorrichtung nach den Toleranzen der Bohrung D toleriert werden, damit die vorgegebenen Abstandstoleranzen eingehalten werden.

Bei dem Werkstück, Abb. 3.5 ist die Bezugsebene bei der Fertigung der Nut durch den Abstand a festgelegt. Bei der Fertigung der Bohrung d liegt die Bezugsebene in der Mittellinie der Nut, in der keine Fläche des Werkstücks liegt.

Wenn die Bestimmebene für die Fertigung der Bohrung d so bestimmt wird, dass sie sich mit der Bezugsebene überdeckt, müssen die senkrecht liegenden Seitenflächen der Nut als Bestimmflächen des Werkstücks gewählt werden.

Da die Nut b bei verschiedenen Werkstücken innerhalb der in der Zeichnung angegebenen Toleranzen verschieden ist, müssen die Bestimmflächen der Vorrichtung diese Unterschiede ausgleichen. Eine solche Bestimmung ist sehr aufwendig.

In Abb. 3.6 sind Bestimmungsarten des Werkstücks abhängig von den Arten der Bearbeitung dargestellt.

Abbildung 3.6a zeigt wie beim Werkstück w die obere Fläche planparallel zu der Einstellfläche e auf das Maß a stirngefräst wird. Das Werkstück wird durch die Einstellfläche e teilbestimmt, es bleiben folgende Freiheitsgrade:

1. Lineare Bewegung in der x -Achse
2. Lineare Bewegung in der z -Achse
3. Drehbewegung um die y -Achse

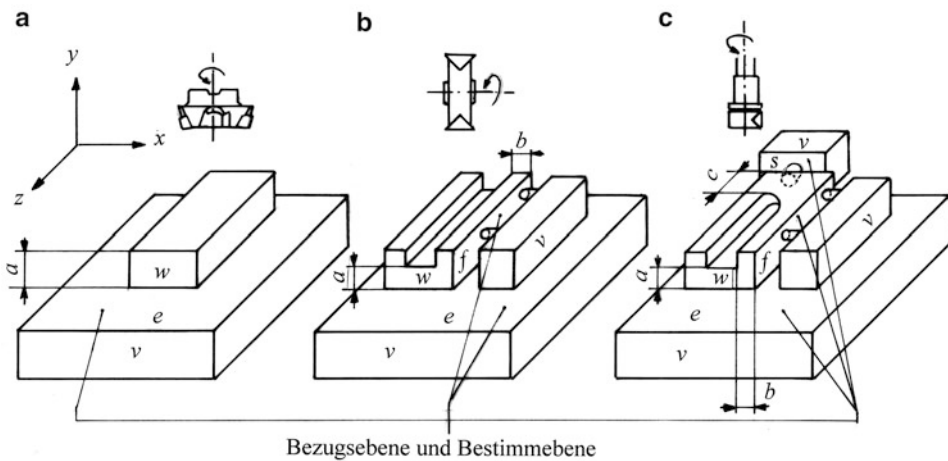


Abb. 3.6 Bestimmungsarten des Werkstücks abhängig von den Arten der Bearbeitung [1]. **a** Bestimmen durch Einstellfläche e beim Stirnfräsen durch Stirnfräser. **b** Bestimmen durch Einstellfläche e und Führungsfläche f beim Nutenfräsen durch Scheibenfräser. **c** Bestimmen durch Einstellfläche e , Führungsfläche f und Stützfläche s beim Nutenfräsen durch Walzenstirnfräser. w Werkstück, v Vorrichtung

Die untere Ebene des Werkstücks, auf die der Vorrichtungskonstrukteur das Maß a bezieht ist die *Bezugsebene*. Da der Konstrukteur die untere Ebene des Werkstücks als Kontaktfläche zur Vorrichtung gewählt hat, ist diese Ebene auch die *Bestimmenebene*.

Die Kontaktfläche zwischen Werkstück w und der Vorrichtung v (untere Werkstückfläche) ist die *Bestimmfläche*.

Abbildung 3.6b zeigt wie beim Werkstück w die Nut planparallel zu der Einstellfläche e auf das Maß a und zu der Führungsfläche f auf das Maß b gefräst wird. Das Werkstück wird durch die Einstellfläche e und durch die Führungsfläche teilbestimmt, es bleibt ihm noch ein Freiheitsgrad:

Lineare Bewegung in der z -Achse.

Die untere Ebene des Werkstücks, auf die der Vorrichtungskonstrukteur das Maß a bezieht und die seitliche Ebene, auf die der Konstrukteur das Maß b bezieht, sind die Bezugsebenen des Werkstücks für die Maße a und b . Da der Konstrukteur diese zwei Ebenen des Werkstücks als Kontaktflächen zur Vorrichtung gewählt hat, sind diese zwei Ebenen auch die *Bestimmenebenen*. Die untere Fläche des Werkstücks und die Fläche zwischen den zur Vorrichtung gehörenden Auflagebolzen und dem Werkstück sind die *Bestimmflächen*.

Abbildung 3.6c zeigt wie beim Werkstück w die Nut planparallel zu der Einstellfläche e auf das Maß a , zu der Führungsfläche f auf das Maß b und zu der Stützfläche s auf das Maß c gefräst wird. Das Werkstück wird durch die Einstellfläche e , durch die Führungsfläche f und durch die Stützfläche s vollbestimmt, dem Werkstück wurden alle sechs Freiheitsgrade entzogen. Die untere Ebene des Werkstücks, auf die der Vorrichtungskonstrukteur das Maß a bezieht, die seitliche Ebene, auf die der Konstrukteur das Maß b und die hintere

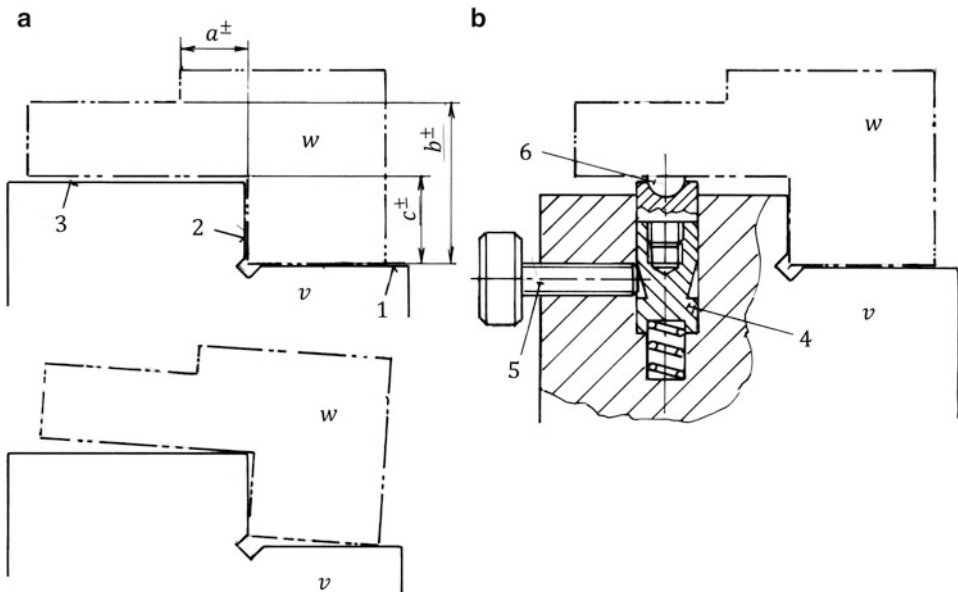


Abb. 3.7 Überbestimmen und richtiges Bestimmen eines Werkstücks. **a** Überbestimmen durch zwei Bestimmebenen. **b** Richtiges Bestimmen durch eine Bestimmebene und eine selbsttätig einstellbare Stütze. w Werkstück, v Vorrichtung

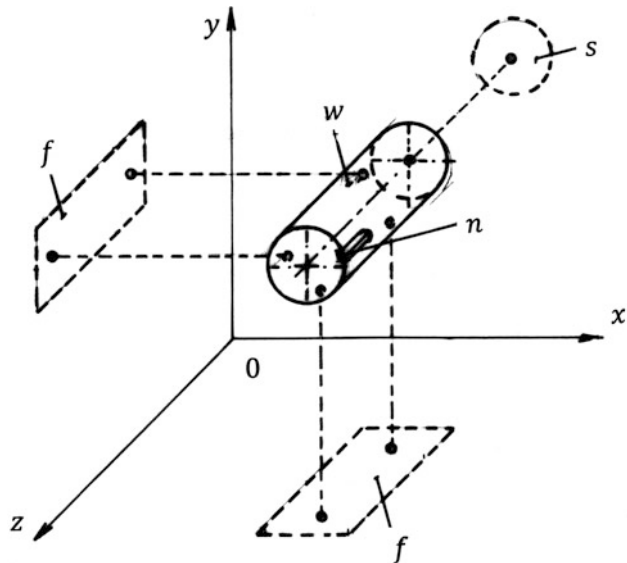
Ebene, auf die sich das Maß c bezieht, sind die Bezugsebenen des Werkstücks für die Maße a , b und c . Da der Konstrukteur diese drei Ebenen des Werkstücks als Kontaktflächen zur Vorrichtung gewählt hat, sind diese drei Ebenen auch die *Bestimmebenen*. Die untere Fläche des Werkstücks, die Fläche zwischen den zur Vorrichtung gehörenden Auflagebolzen und dem Werkstück und die hintere Fläche zwischen dem Werkstück und der Vorrichtung sind die *Bestimmflächen*.

Wenn für eine Bezugsebene des Werkstücks in einer Richtung mehr als eine Bestimmebene vorgesehen ist, entsteht eine *Überbestimmung* (Abb. 3.7a). Abbildung 3.7b zeigt wie das Überbestimmen verhindert werden kann.

Abbildung 3.7a zeigt wie beim Werkstück w das Maß a zu der Bezugsebene 2, das Maß b zu der Bezugsebene 1 planparallel gefräst werden. Da in diesen zwei Bezugsebenen Kontakt zwischen Werkstück und Vorrichtung gegeben ist, sind die Bestimmebene 2 für das Maß a und die Bestimmebene 1 für das Maß b mit den Bezugsebenen identisch. Da der Steg b – c nicht steif genug ist, muss das Werkstück auf Ebene 3 gestützt werden, es entsteht die Bestimmebene 3. Das Werkstück ist überbestimmt, da zu der Bezugsebene 1 für das Maß b zwei Bestimmebenen vorhanden sind: die Bestimmebene 1 und die Bestimmebene 3.

Da das Maß c bei verschiedenen Werkstücken verschieden ist, der Abstand der Flächen 1 und 3 bei der Vorrichtung gleich ist, liegt das Werkstück entweder nur auf der

Abb. 3.8 Räumliche Bestimmung wellenförmiger Werkstücke. f Führungsfläche, s Stützfläche, w Werkstück, n Nut



unteren Bestimmebene (Abb. 3.7a-oben), oder entsteht eine Schiefstellung des Werkstücks (Abb. 3.7a-unten) wenn das Maß c an der unteren Grenze liegt.

Wie das Überbestimmen beim gleichen Werkstück zu vermeiden ist, zeigt Abb. 3.7b. Der Steg $b-c$ wird durch eine selbsttätig einstellbare Stütze gestützt. Der Bolzen 4, der durch eine Feder nach oben elastisch gehalten wird, wird anschließend auf der kegeligen Fläche durch die Schraube 5 arretiert. Die Pendelaufgabe 6 dient zum Ausgleichen der Unebenheiten des Werkstücks.

3.2 Bestimmen zylindrischer Werkstücke

Zylindrische Werkstücke werden als *wellenförmige Werkstücke* bezeichnet, wenn das Verhältnis Länge zu Durchmesser größer als eins ist. Bei *scheibenförmigen Werkstücken* ist das Verhältnis Länge zu Durchmesser kleiner als eins.

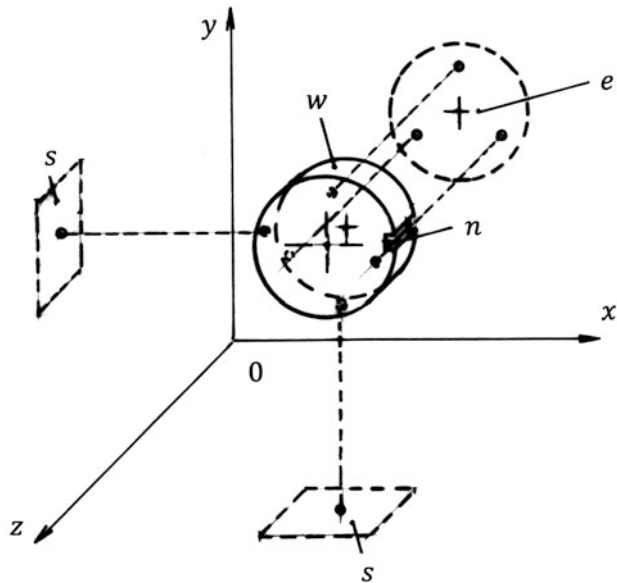
Zur räumlichen Lagebestimmung der *wellenförmigen Werkstücke* sind sechs Bestimmungspunkte, die auf drei Werkstückflächen verteilt sind, notwendig (Abb. 3.8).

Das wellenförmige Werkstück hat zwei Führungsflächen f , auf die zu ihrer Bestimmung je zwei Bestimmungspunkte angeordnet werden. Diese Flächen liegen in der $x-z$ - und $y-z$ -Ebenen.

Die Führungsfläche, die in der $x-z$ -Ebene liegt, entzieht dem wellenförmigen Werkstück zwei Freiheitsgrade:

1. Lineare Bewegung in der y -Achse
2. Drehbewegung um die x -Achse

Abb. 3.9 Räumliche Bestimmung scheibenförmiger Werkstücke. *e* Einstellfläche, *s* Stützfläche, *w* Werkstück, *n* Nut



Die Führungsfläche, die in der y - z -Ebene liegt, entzieht dem wellenförmigen Werkstück zwei Freiheitsgrade:

1. Lineare Bewegung in der x -Achse
2. Drehbewegung um die y -Achse

Die Stirnfläche des Werkstücks *s*, auf der zu ihrer Bestimmung ein Bestimmungspunkt angeordnet wird, liegt in der x - y -Ebene und entzieht dem wellenförmigen Werkstück ein Freiheitsgrad:

Lineare Bewegung in der z -Achse

Das wellenförmige Werkstück ist noch nicht vollbestimmt und hat noch ein Freiheitsgrad:

Drehbewegung um seine Längsachse, d. h. um die z -Achse

Um dem Werkstück den letzten Freiheitsgrad zu entziehen muss noch ein Stützpunkt vorgesehen werden, der die Drehbewegung um die eigene Achse verhindert. Dies kann z. B. mit einer Nut *n* in der Stirnfläche oder Mantelfläche realisiert werden.

Zur räumlichen Lagebestimmung der *scheibenförmigen* Werkstücke sind sechs Bestimmungspunkte, die auf drei Werkstückflächen verteilt sind, notwendig (Abb. 3.9).

Einstellfläche *e* ist die Stirnfläche des Werkstücks, auf die zu ihrer Bestimmung drei Bestimmungspunkte, die möglichst weit auseinander liegen, angeordnet werden. Diese Fläche liegt in der x - y -Ebene und entzieht dem prismatischen Werkstück drei Freiheitsgrade:

1. Lineare Bewegung in der z -Achse

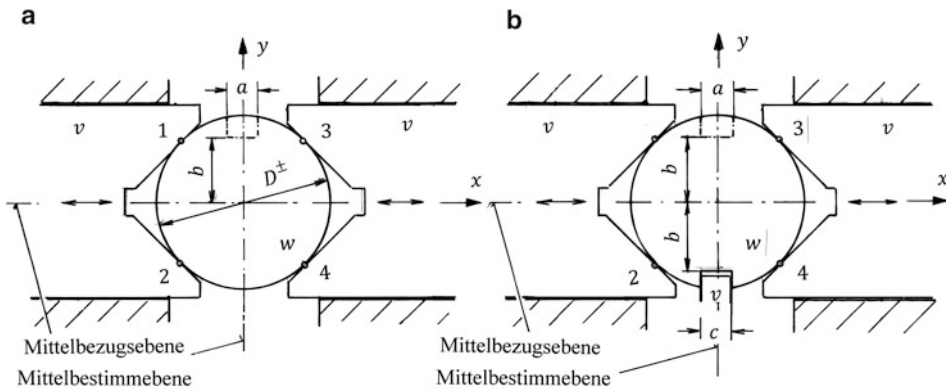


Abb. 3.10 Bestimmen des zylindrischen Werkstücks nach zwei Mittelbezugsebenen durch ein Doppelprisma. **a** Bestimmen durch ein Doppelprisma. **b** Bestimmen durch ein Doppelprisma und eine Nut

2. Drehbewegung um die x -Achse
3. Drehbewegung um die y -Achse

Eine Stützfläche des Werkstücks liegt in der y - z -Ebene und entzieht dem wellenförmigen Werkstück ein Freiheitsgrad:

Lineare Bewegung in der x -Achse

Zweite Stützfläche des Werkstücks liegt in der x - z -Ebene und entzieht dem wellenförmigen Werkstück ein Freiheitsgrad:

Lineare Bewegung in der y -Achse

Das scheibenförmige Werkstück ist noch nicht vollbestimmt und hat noch ein Freiheitsgrad:

Drehbewegung um seine Längsachse, d. h. um die z -Achse

Um dem Werkstück den letzten Freiheitsgrad zu entziehen muss noch ein Stützpunkt vorgesehen werden, der die Drehbewegung um die eigene Achse verhindert. Dies kann z. B. mit einer Nut n in der Stirnfläche oder Mantelfläche realisiert werden.

In Abb. 3.10 sind zwei Beispiele des Bestimmens zylindrischer Werkstücke nach zwei Mittelbezugsebenen durch ein *Doppelprisma* dargestellt. Die Längsachse des zylindrischen Werkstücks ist die z -Achse.

Bei dem in Abb. 3.10a dargestellten zylindrischen Werkstück wird eine Nut auf der ganzen Länge des Werkstücks gefräst. Da die Nut der Breite a für alle Werkstückdurchmesser $D^\pm$ mittig sein muss, ist die senkrechte Mittellinie des Werkstücks die Mittelbezugsebene für das Maß a . Da die Nut auf Abstand b von der waagerechten Mittellinie des Werkstücks gefräst werden soll, ist die waagerechte Mittellinie die Mittelbezugsebene für das Maß b . Die Prismen müssen in jeder Stellung den gleichen Abstand von der senkrechten Mittelbezugslinie haben, d. h. sie müssen sich gegenläufig zur Mitte bewegen. Da der Kontakt zwischen Werkstück und Vorrichtung durch die Mantellinien 1, 2, 3, 4 erfolgt, die die

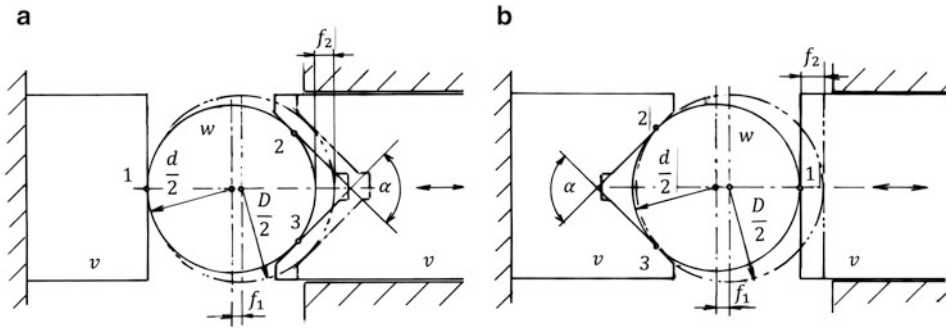


Abb. 3.11 Bestimmen des zylindrischen Werkstücks durch einen Prismenbacken und einen ebenen Backen. **a** Fester ebener Backen, beweglicher Prismenbacken. **b** Fester Prismenbacken, beweglicher ebener Backen. w Werkstück, D größter Werkstückdurchmesser, d kleinster Werkstückdurchmesser, f_1 Verschiebung der senkrechten Mittellinie des Werkstücks, f_2 Verschiebung der Außenkonturen des Werkstücks. 1, 2, 3 Kontakt zwischen Werkstück und Vorrichtung durch die Mantellinien

Bestimmflächen darstellen, sind die senkrechte und die waagerechte Mittelbezugsebenen auch die Mittelbestimmebenen des Werkstücks. Das Werkstück ist teilbestimmt und kann noch die lineare und die Drehbewegung um die eigene Achse (z -Achse) ausführen.

Bei dem in Abb. 3.10b dargestellten zylindrischen Werkstück wird eine Nut, Breite a mittig und symmetrisch zur vorhandenen Nut, Breite c auf der ganzen Länge des Werkstücks gefräst. Deshalb muss das Werkstück in der Vorrichtung in der Nut der Breite c aufgenommen werden. Die senkrecht liegenden Seitenflächen der Nut der Breite c sind die Bestimmflächen des Werkstücks, die senkrechte Mittellinie des Werkstücks ist die Mittelbezugsebene für das Maß a und gleichzeitig die Mittelbestimmebene. Da die Nut auf Abstand b von der waagerechten Mittellinie des Werkstücks gefräst werden soll, ist die waagerechte Mittellinie die Mittelbezugsebene für das Maß b . Da der Kontakt zwischen Werkstück und Vorrichtung durch die Mantellinien 1, 2, 3, 4 erfolgt, die die Bestimmflächen darstellen, sind die senkrechte und die waagerechte Mittelbezugsebenen auch die Mittelbestimmebenen des Werkstücks. Das Werkstück ist teilbestimmt und kann noch die lineare Bewegung um die eigene Achse (z -Achse) ausführen. Dieses Werkstück wird nach fünf Bestimmflächen bestimmt.

Abbildung 3.11 zeigt wie ein zylindrisches Werkstück durch einen *Prismenbacken* und einen *ebenen Backen* bestimmt wird. In Abb. 3.11a ist der ebene Backen fest, der Prismenbacken ist beweglich, in Abb. 3.11b ist der Prismenbacken fest, der ebene Backen ist beweglich.

Durch die Toleranz des Werkstücks werden die senkrechte Mittellinie des Werkstücks um den Betrag f_1 und Außenkonturen des Werkstücks um den Betrag f_2 verschoben. Bei der Verschiebung der senkrechten Mittellinie des Werkstücks entstehen *Bestimmfehler*, wenn z. B. eine Bohrung oder eine Nut in der Mitte des Werkstücks bearbeitet werden.

Vorrichtungen im Werkzeugmaschinenbau
Grundlagen, Berechnung und Konstruktion

Perovic, B.

2013, X, 245 S. 167 Abb., Hardcover

ISBN: 978-3-642-32706-3