



Božina Perović

Vorrichtungen im Werkzeug- maschinenbau

Grundlagen, Berechnung und
Konstruktion



VDI

 Springer Vieweg

Vorrichtungen im Werkzeugmaschinenbau

Božina Perović

Vorrichtungen im Werkzeugmaschinenbau

Grundlagen, Berechnung und Konstruktion

Prof. Dr.-Ing. Božina Perović
Berlin
Deutschland

ISBN 978-3-642-32706-3 ISBN 978-3-642-32707-0 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-642-32707-0

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Springer Vieweg

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer Vieweg ist eine Marke von Springer DE. Springer DE ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media
www.springer-vieweg.de

Vorwort

Vorrichtungen gehören zu Betriebsmitteln, die an Werkstücke gebunden sind und unmittelbar in Beziehung zum Arbeitsvorgang stehen. Sie dienen dazu, Werkstücke zu positionieren, zu halten und zu spannen und gegebenenfalls ein oder mehrere Werkzeuge zu führen. So vielfältig wie das Einsatzgebiet der Vorrichtungen, sind auch ihre konstruktive Ausführungen und die Gestaltungen von Spannelementen, Spannwerkzeugen und Vorrichtungsteilen. Durch die wachsende Automatisierung gewinnt der Einsatz von Vorrichtungen ständig an Bedeutung.

Ziel dieses Buches ist es, Konstrukteuren und Studenten die Grundlagen zu vermitteln, die es ermöglichen, Vorrichtungen optimal zu berechnen und zu konstruieren. Besonderer Wert wird auf die theoretischen Grundlagen des Bestimmens und des Spannens des Werkstücks in der Vorrichtung mit vielen Berechnungs- und Konstruktionsbeispielen und auf die Darstellung aller Spannelemente und Spannwerkzeuge gelegt. Für alle dargestellten Spannelemente und Spannwerkzeuge werden, wenn vorhanden, DIN- und Werksnormen von Herstellerfirmen angegeben. Diese Kenntnisse ermöglichen den Konstrukteuren und den Studierenden für alle gestellten Aufgaben eine Vorrichtung optimal und schnell zu berechnen und zu konstruieren. Es ist ein leicht verständliches, wissenschaftlich fundiertes Buch, das sämtliche Gebiete des Positionierens und Spannens des Werkstücks behandelt.

Die theoretischen Grundlagen des Bestimmens mit vielen Berechnungs- und Konstruktionsbeispielen werden in den Kapiteln 1, 2 und 3 „Bestimmen des Werkstücks in der Vorrichtung“ behandelt. Die theoretischen Grundlagen des Spannens mit vielen Berechnungs- und Konstruktionsbeispielen werden in dem Kap. 4 „Spannen des Werkstücks in der Vorrichtung“ behandelt. Dieses Kapitel befasst sich mit der Beziehung zwischen Zerspankraft und Spannkraft, aus der die erforderlichen Spannkraften ermittelt werden. Da zur Ermittlung der Spannkraft die Zerspankraft bekannt sein muss, werden für die wichtigsten Fertigungsverfahren Bohren, Fräsen und Drehen die Grundlagen zur Berechnung von Zerspankräften mit Berechnungsbeispielen angeboten.

Im Kap. 5 des Buches „Vorrichtungskonstruktionen“ werden Baukastenvorrichtungen, Vorrichtungen für spanende Bearbeitung (Bohrvorrichtungen, Fräsvorrichtungen, Drehvorrichtungen, Schleifvorrichtungen), Vorrichtungen für Bearbeitungszentren und Trans-

ferstraßen, Teilvorrichtungen, Messvorrichtungen, Montagevorrichtungen und Nietvorrichtungen behandelt.

Das Kap. 6 „Vorrichtungsteile“ behandelt sämtliche Bauteile der Vorrichtung, erläutert sie durch Anwendungsbeispiele und gibt alle Werksnormen und Herstellerfirmen an. Zum Ende des Buches befinden sich folgende Kapitel: Berechnungsformeln, Firmenverzeichnis, Verwendete DIN-Normen und Verwendete Werksnormen.

Großer dank gilt dem Springer-Verlag, besonders Frau Hestermann-Beyerle, für die vertrauensvolle und anregende Zusammenarbeit.

Winter 2012
Berlin

Božina Perović

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1 | Allgemeines | 1 |
| 1.1 | Begriff und Einteilung | 1 |
| 1.2 | Aufgaben und Ziele | 3 |
| 2 | Bestimmen und Spannen der Vorrichtung auf dem Werkzeugmaschinentisch | 5 |
| 2.1 | Bestimmen mit festen Nutzensteinen | 5 |
| 2.2 | Bestimmen mit losen Nutzensteinen | 5 |
| 3 | Bestimmen des Werkstücks in der Vorrichtung | 9 |
| 3.1 | Bestimmen prismatischer Werkstücke | 9 |
| 3.1.1 | Begriffe: Bezugsebene, Bestimmebene und Bestimmfläche | 10 |
| 3.2 | Bestimmen zylindrischer Werkstücke | 15 |
| 3.3 | Konstruktionsbeispiele | 23 |
| 4 | Spannen des Werkstücks in der Vorrichtung | 31 |
| 4.1 | Grundsätze des Spannens | 31 |
| 4.1.1 | Starres und elastisches Spannen | 31 |
| 4.2 | Bestimmung von Zerspankräften | 33 |
| 4.2.1 | Zerspankräfte beim Bohren | 33 |
| 4.2.2 | Zerspankräfte beim Fräsen | 36 |
| 4.2.3 | Zerspankräfte beim Drehen | 44 |
| 4.3 | Beziehung zwischen Zerspankraft und Spannkraft | 51 |
| 4.3.1 | Berechnungsbeispiel beim Bohren | 52 |
| 4.3.2 | Berechnungsbeispiel beim Stirnfräsen | 53 |
| 4.3.3 | Berechnungsbeispiel beim Umfangsfräsen | 56 |
| 4.3.4 | Berechnungsbeispiel beim Drehen | 57 |
| 4.4 | Starres Spannen mit mechanischen Spannelementen | 58 |
| 4.4.1 | Spannkeile | 59 |
| 4.4.2 | Spannschrauben und Spannmuttern | 61 |

| | | |
|----------|-------------------------------------------------------------------|------------|
| 4.4.3 | Spannexzenter | 65 |
| 4.4.4 | Spannspirale | 70 |
| 4.4.5 | Spannzangen | 72 |
| 4.4.6 | Federspanner | 75 |
| 4.4.7 | Ringspann-Spannscheiben | 80 |
| 4.4.8 | Spannelemente Ringfeder RfN 8006 | 85 |
| 4.4.9 | Spannsätze Ringfeder RfN 7012 | 92 |
| 4.4.10 | Druckhülsen | 99 |
| 4.4.11 | Kniehebelspanner | 103 |
| 4.5 | Elastisches Spannen mit Druckübertragungsmedien | 105 |
| 4.5.1 | Spannen mit plastischen Medien | 105 |
| 4.5.2 | ETP-Spannbuchsen | 111 |
| 4.5.3 | Klemmhülse | 113 |
| 4.5.4 | Hydraulischer Spanner | 116 |
| 4.5.5 | Pneumatischer Spanner | 121 |
| 4.6 | Spannwerkzeuge | 123 |
| 4.6.1 | Spanneisen und Abstützelemente | 123 |
| 4.6.2 | Spannpratzen oder Spannhaken | 126 |
| 4.6.3 | Schwenkspanner | 127 |
| 4.6.4 | Niederzugspanner | 129 |
| 4.6.5 | Spannelement „arness“ | 131 |
| 4.6.6 | Schnellspanner vertikal mit Kniehebel | 131 |
| 4.6.7 | Spannelement actima | 133 |
| 4.6.8 | Schwimmspanner | 134 |
| 4.6.9 | Aufsitzspanner | 135 |
| 4.6.10 | Horizontaler Pneumatikspanner | 137 |
| 4.6.11 | Vorrichtungsspanner mit Festbacke | 137 |
| 4.6.12 | Hydraulisches Abstützelement mit Schwenkspanner | 138 |
| 4.6.13 | Kompaktspanner | 139 |
| 4.6.14 | Hebelspanner | 140 |
| 4.6.15 | Zentrisch Positionier- und Spannelemente für gerade Flächen | 141 |
| 4.6.16 | Zentrier- und Spannelemente für Bohrungen | 142 |
| 4.6.17 | Zugspanner | 144 |
| 4.6.18 | Ausgleichspanner | 146 |
| 4.6.19 | Keilspanner | 147 |
| 5 | Vorrichtungskonstruktionen | 149 |
| 5.1 | Baukastenvorrichtungen | 149 |
| 5.2 | Vorrichtungen für spanende Bearbeitung | 152 |
| 5.2.1 | Bohrvorrichtungen | 152 |
| 5.2.2 | Fräsvorrichtungen | 160 |
| 5.2.3 | Drehvorrichtungen | 166 |

| | | |
|----------|-----------------------------------------------------------------|------------|
| 5.2.4 | Spanndorne und Spannfutter | 167 |
| 5.2.5 | Schleifvorrichtungen | 179 |
| 5.3 | Teilvorrichtungen | 180 |
| 5.4 | Messvorrichtungen | 183 |
| 5.5 | Vorrichtungen für Bearbeitungszentren und Transferstraßen | 185 |
| 5.5.1 | Basiselemente | 187 |
| 5.6 | Montagevorrichtungen | 190 |
| 5.7 | Nietvorrichtungen | 192 |
| 6 | Vorrichtungsteile | 195 |
| 6.1 | Grundplatten | 195 |
| 6.2 | Vorrichtungsfüße | 196 |
| 6.3 | Verschlusselemente an Vorrichtungen | 197 |
| 6.4 | Federnde Druckstücke | 198 |
| 6.5 | Spannhebel mit Außengewinde | 199 |
| 6.6 | Raster | 199 |
| 6.7 | Klemmhebel | 200 |
| 6.8 | Klemmmodul | 202 |
| 6.9 | Spannriegel | 202 |
| 6.10 | Griffstange | 204 |
| 6.11 | Auflagebolzen und Pendelaufgaben | 204 |
| 6.12 | Handrad, Handkurbel | 205 |
| 6.13 | Gabelstück und Gabelgelenk | 206 |
| 6.14 | Abstützelemente | 206 |
| 6.15 | Spannunterlagen, Schraubböcke, Höhenzylinder | 212 |
| 6.16 | Prismen-Böcke und Prismenaufsätze | 213 |
| | Berechnungsformeln | 215 |
| | Firmenverzeichnis | 221 |
| | Verwendete DIN-Normen | 223 |
| | Verwendete Werksnormen | 227 |
| | Literaturverzeichnis | 231 |
| | Sachverzeichnis | 233 |

1.1 Begriff und Einteilung

Vorrichtungen sind nach DIN 6300 Fertigungsmittel und gehören zu Betriebsmitteln, die an Werkstücke gebunden sind und unmittelbar in Beziehung zum Arbeitsvorgang stehen. Sie dienen dazu, Werkstücke zu positionieren, zu halten oder zu spannen und gegebenenfalls ein oder mehrere Werkzeuge zu führen.

Zu den *Betriebsmitteln* gehören:

- Werkzeugmaschinen,
- Werkzeuge,
- Vorrichtungen,
- Werkzeugspanner,
- Messzeuge,
- Lehren und
- andere Betriebsmittel.

Vorrichtungen können nach den Werkstücken, in Standardvorrichtungen und Sondervorrichtungen unterteilt werden. Standardvorrichtungen werden für verschiedene, jedoch geometrisch ähnliche Werkstücke verwendet. Sondervorrichtungen werden speziell für ein bestimmtes Werkstück und für eine bestimmte Aufgabe konzipiert.

Zu den *Standardvorrichtungen* gehören:

- Allgemeine Spannzeuge (Schraubstöcke, Spanndorne, Spannfutter)
- Normalvorrichtungen (Schnellspannsäulenvorrichtung, Klappenbohrvorrichtung, Wendevorrichtungen)
- Baukastenvorrichtungen (Bohrungssystem, T-Nutsystem),

Zu den *Sondervorrichtungen* gehören:

- Vorrichtungen für spanende Bearbeitung (Bohr-, Fräs-, Schleif-, Hobel-, Stoß-, Räum-, Dreh-, Rundschleifvorrichtung),

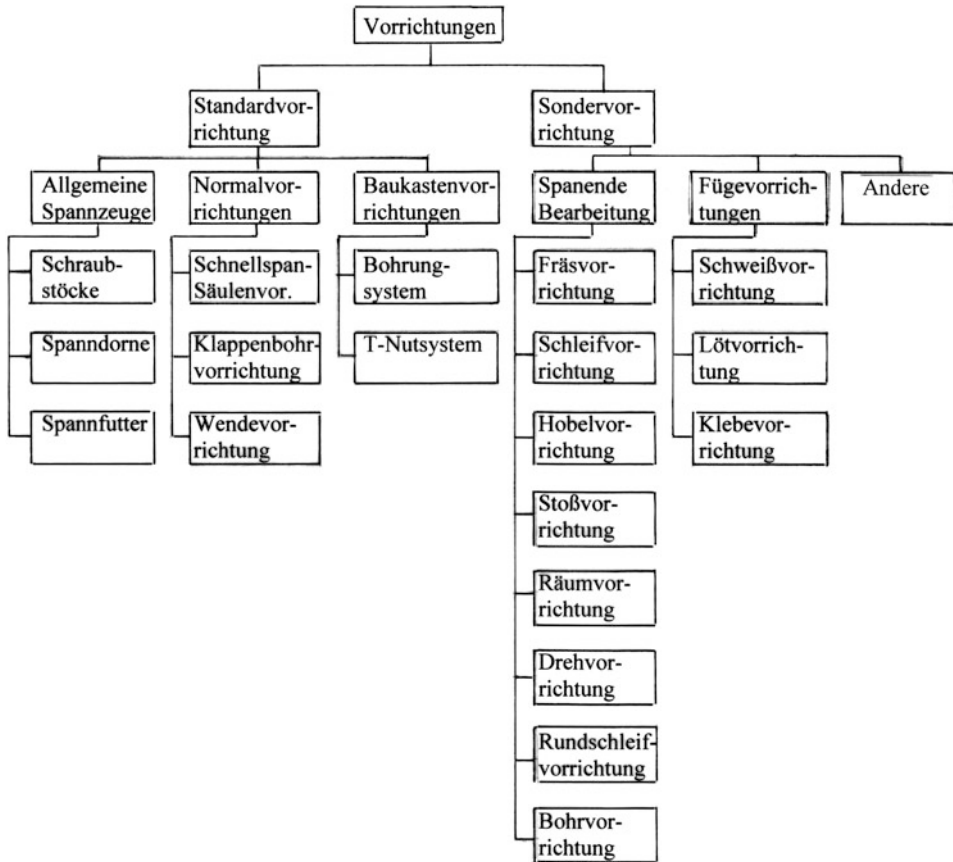


Abb. 1.1 Einteilung der Vorrichtungen

- Teilvorrichtungen,
- Mess- und Prüfvorrichtungen,
- Montagevorrichtungen
- Nietvorrichtungen

Die Einteilung der Vorrichtungen ist in Abb. 1.1 dargestellt.

In diesem Buch werden eingehend Spannvorrichtungen behandelt, die anderen Vorrichtungen, wie Teil-, Mess-, Montage- und Nietvorrichtungen werden durch relevante Abbildungen dargestellt und erläutert.

Vorrichtungen die zum Spannen der Werkstücke verwendet werden, werden *Werkstückspanner* genannt.

Vorrichtungen die zum Spannen der Werkzeuge verwendet werden, werden *Werkzeugspanner* genannt.

Eine weitere Einteilung der Vorrichtungen ist nach der Art der betätigenden Kraft in:

- *Handkraftbetätigte* Vorrichtung,
- *Kraftbetätigte* Vorrichtung (elektrisch, hydraulisch, pneumatisch).

1.2 Aufgaben und Ziele

Aufgabe der Spannvorrichtung ist, die zu bearbeitenden Werkstücke aufzunehmen und unter allen Bearbeitungsbedingungen während der Fertigung festzuhalten. Die Zielsetzung ist die Erhöhung der Flexibilität und die Verkürzung der Nebenzeiten.

Durch den Einsatz von Vorrichtungen in der Fertigung ergeben sich folgende Vorteile:

- Verkürzung von Nebenzeiten für das Ausrichten, Spannen und Messen
- Nebenarbeiten wie Anreißen, Ankörnen, Anpassen entfallen
- Der Bedarf an Messzeugen und Lehren wird verringert
- Die Nacharbeiten entfallen
- Durch die Lagebestimmung der Werkstücke in der Vorrichtung können die Maße aller in dieser Vorrichtung gefertigten Werkstücke innerhalb der vorgeschriebenen Toleranzen gehalten werden, dadurch werden die Werkstücke austauschbar
- Arbeitserleichterung durch geringeren körperlichen Einsatz
- Durch den Einsatz von Mehrstück-Vorrichtungen werden mehrere Werkstücke gleichzeitig bearbeitet, die Hauptzeiten werden verkürzt
- Durch sichere Werkstückspannung wird der Werkzeugverschleiß verringert und die Werkzeugkosten gesenkt.

2.1 Bestimmen mit festen Nutensteinen

Bei der Aufnahme der Vorrichtung auf dem Werkzeugmaschinentisch wird die Lage der Vorrichtung bestimmt und anschließend wird die Vorrichtung auf dem Tisch gespannt.

Bestimmen (Lagebestimmen) oder Positionieren ist das Anbringen der Vorrichtung in eine eindeutige für die Durchführung des Bearbeitungsvorganges erforderliche Lage. Das Bestimmen und Spannen der Vorrichtung auf dem Werkzeugmaschinentisch kann mit Hilfe von T-Nuten nach DIN 650, die sich auf dem Werkzeugmaschinentisch befinden, durchgeführt werden (Abb. 2.1).

In die zwei Nuten des Vorrichtungskörpers 1 werden von unten vier feste Nutensteine 2 eingeschoben und mit vier Nutenschrauben befestigt.

Die Vorrichtung wird nach den T-Nuten des Werkzeugmaschinentisches 3 so bestimmt, dass die festen Nutensteine 2 in die T- Nuten des Werkzeugmaschinentisches hinein geschoben werden. Die festen Nutensteine haben den Nachteil, dass sie aus dem Vorrichtungskörper herausragen und beim Auflegen der Vorrichtung auf den Werkzeugmaschinentisch den Tisch und die Nutensteine leicht beschädigen können. Die Vorrichtung wird an dem Werkzeugmaschinentisch durch vier Nutenschrauben gespannt.

2.2 Bestimmen mit losen Nutensteinen

Abbildung 2.2 zeigt das Bestimmen einer Vorrichtung mit Hilfe der losen Nutensteine nach T-Nuten des Werkzeugmaschinentisches.

Lose Nutensteine sind der jeweiligen Werkzeugmaschine zugeordnet und verbleiben an der Maschine. Vier lose Nutensteine 2 nach DIN 6323 befinden sich in den zwei T-Nuten des Werkzeugmaschinentisches 3, sie werden von oben in die zwei T-Nuten des Vorrichtungskörpers 1 hineingeschoben (Abb. 2.2a).

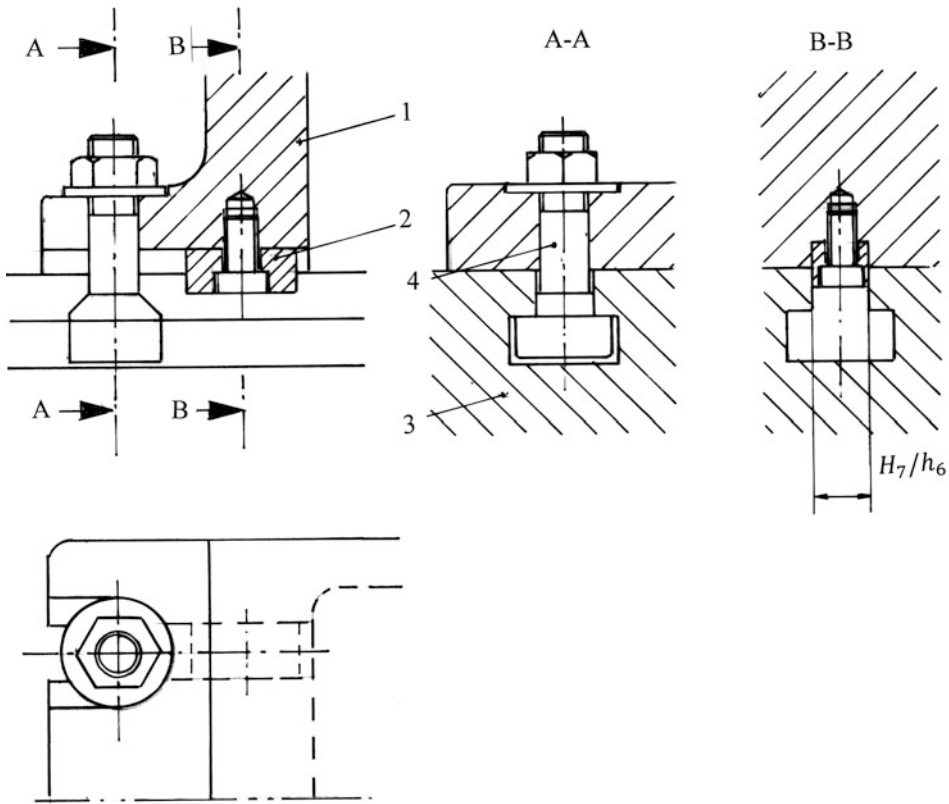


Abb. 2.1 Bestimmen und Spannen einer Vorrichtung mit Hilfe der festen Nutensteine nach T-Nuten des Werkzeugmaschinentisches 1 Vorrichtungskörper, 2 fester Nutenstein (nach DIN 6322A), 3 Werkzeugmaschinentisch, 4 Nutenschraube (nach DIN 787 oder Stiftschraube nach DIN 6379 mit T-Nutenstein nach DIN 508, dazu Scheibe nach DIN 125 und Sechskantmutter nach DIN 931)

Bei den losen Nutensteinen 4 mit Zapfen (Abb. 2.2b) werden die Nuten im Vorrichtungskörper 1 durch vier Bohrungen mit gehärteten Buchsen 5 ersetzt. Vier solche lose Nutensteine befinden sich in den zwei T-Nuten des Werkzeugmaschinentisches, sie werden von oben mit dem Vorrichtungskörper so verbunden, dass vier Zapfen der losen Nutensteine in die vier gehärteten Buchsen des Vorrichtungskörpers hineingeschoben werden. Auch bei der Verwendung von losen Nutensteinen wird die Vorrichtung durch Nutenschrauben nach DIN 787 gespannt.

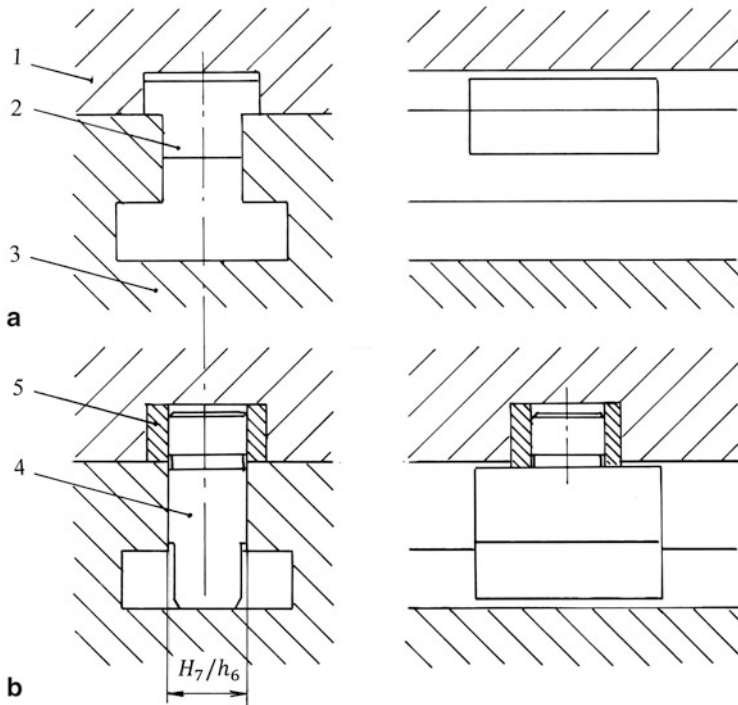


Abb. 2.2 Bestimmen einer Vorrichtung mit Hilfe der losen Nutensteine nach T-Nuten des Werkzeugmaschinentisches. **a** Loser Nutenstein nach DIN 6323. **b** Loser Nutenstein mit Zapfen. 1 Vorrichtungskörper, 2 loser Nutenstein nach DIN 6323, 3 Werkzeugmaschinentisch, 4 loser Nutenstein mit Zapfen, 5 gehärtete Buchse

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

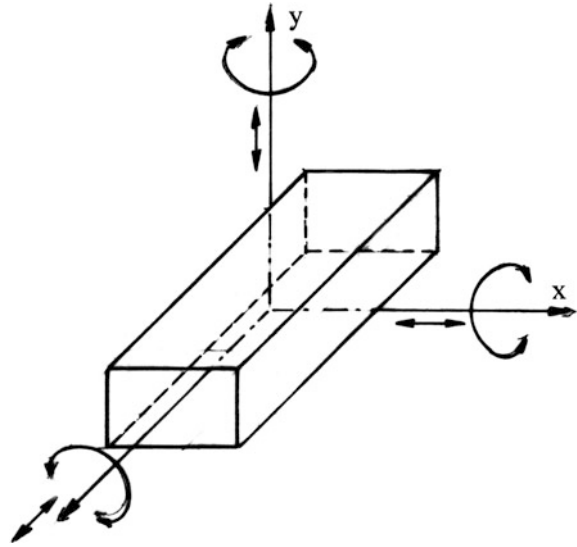
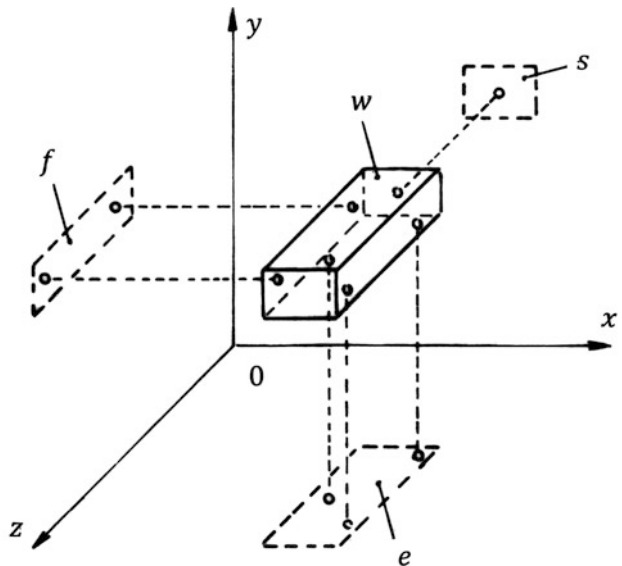


Abb. 3.2 Räumliche Bestimmung prismatischer Werkstücke. e Einstellfläche, f Führungsfläche, s Stützfläche, w Werkstück



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

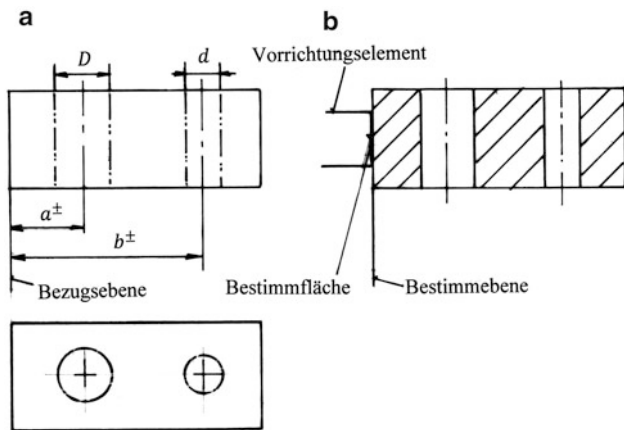
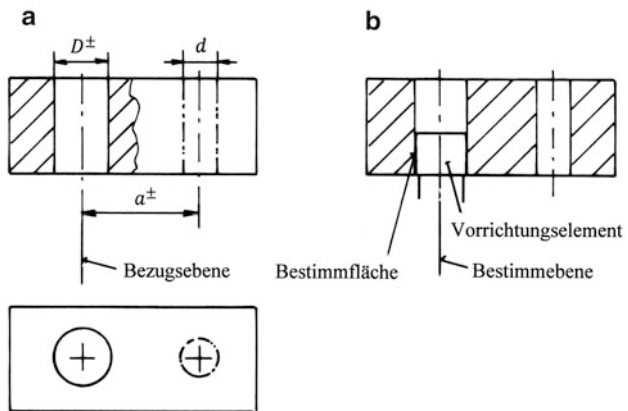


Abb. 3.4 Wahl der Bezugsebene, der Bestimmebene und der Bestimmfläche. **a** Bezugsebene wird durch den Bohrungsabstand a festgelegt. **b** Wahl der Bestimmebene und der Bestimmfläche



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.

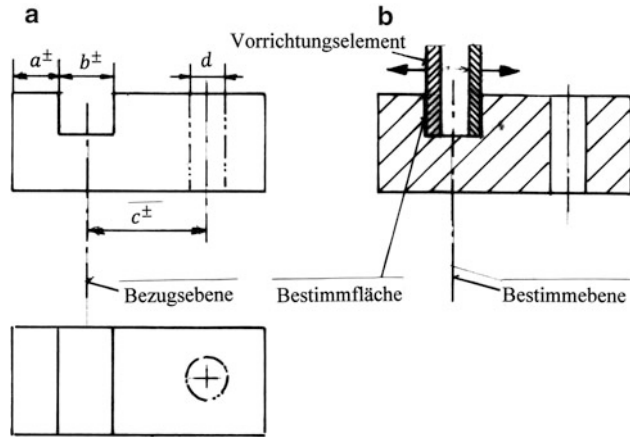
Die Ebene, die durch den Kontakt zwischen Werkstück und Bestimmelementen (Vorrichtung) entsteht, wird *Bestimmebene* genannt.

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 stirnfräst 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

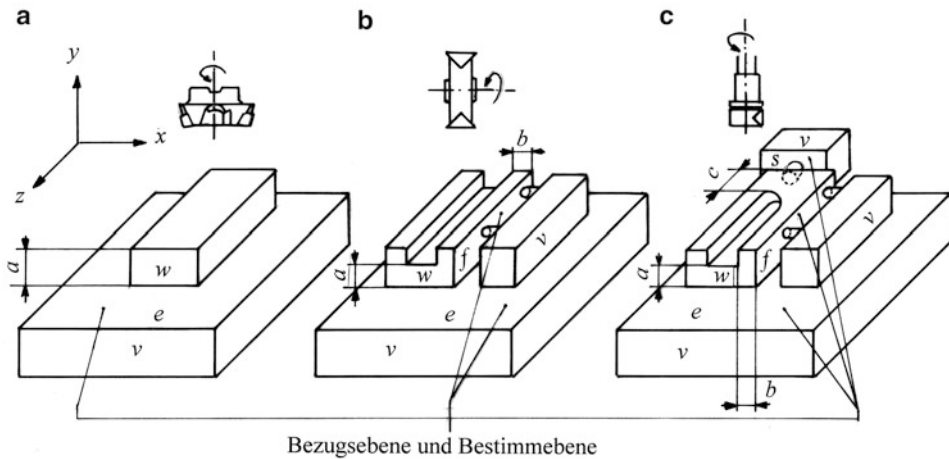


Abb. 3.6 Bestimmungsarten des Werkstücks abhängig von den Arten der Bearbeitung [1]. **a** Bestimmen durch Einstellfläche e beim Stirnfräsen durch Stirnfräser. **b** Bestimmen durch Einstellfläche e und Führungsfläche f beim Nutenfräsen durch Scheibenfräser. **c** Bestimmen durch Einstellfläche e , Führungsfläche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

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 *Bestimmebenen*. 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

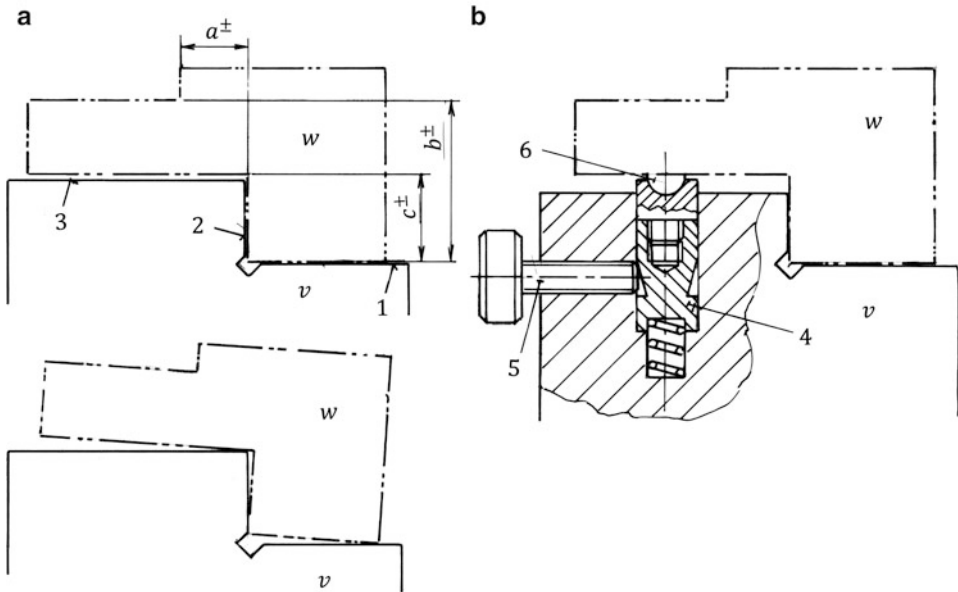


Abb. 3.7 Überbestimmen und richtiges Bestimmen eines Werkstücks. **a** Überbestimmen durch zwei Bestimmebenen. **b** Richtiges Bestimmen durch eine Bestimmebene und eine selbsttätig einstellbare Stütze. w Werkstück, v Vorrichtung

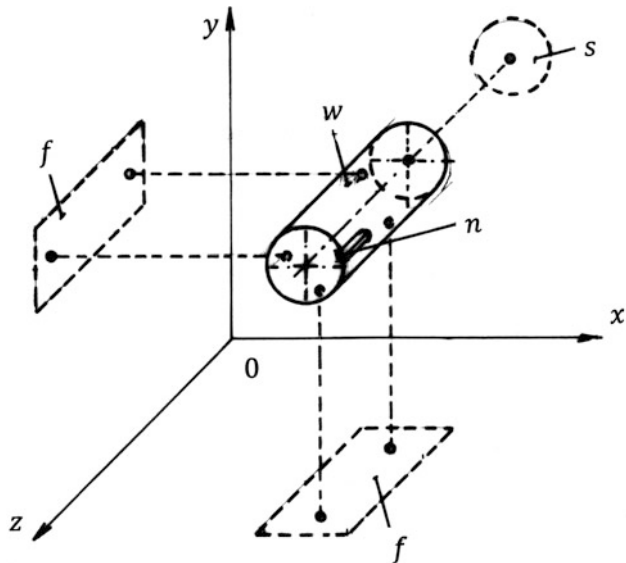
Ebene, auf die sich das Maß c bezieht, sind die Bezugsebenen des Werkstücks für die Maße a , b und c . Da der Konstrukteur diese drei Ebenen des Werkstücks als Kontaktflächen zur Vorrichtung gewählt hat, sind diese drei Ebenen auch die *Bestimmebenen*. Die untere Fläche des Werkstücks, die Fläche zwischen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

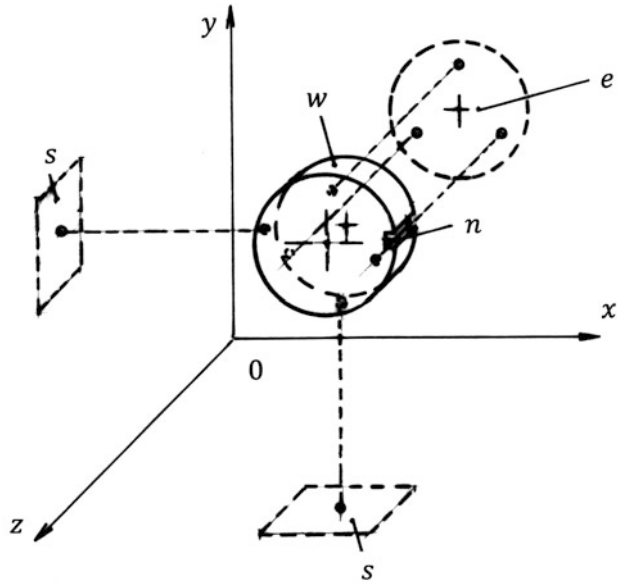
Zur räumlichen Lagebestimmung der *wellenförmigen Werkstücke* sind sechs Bestimmungspunkte, die auf drei Werkstückflächen verteilt sind, notwendig (Abb. 3.8).

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

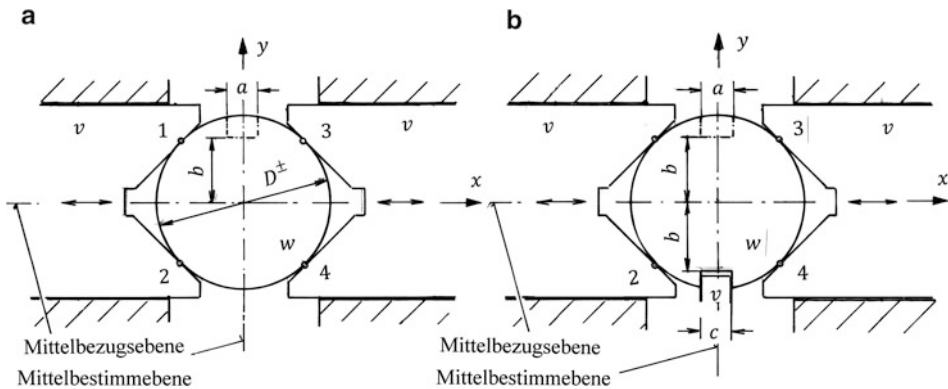


Abb. 3.10 Bestimmen des zylindrischen Werkstücks nach zwei Mittelbezugsebenen durch ein Doppelprisma. **a** Bestimmen durch ein Doppelprisma. **b** Bestimmen durch ein Doppelprisma und eine Nut

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