

# Leseprobe

**Christiani**

seit 1931

## Grundkenntnisse der Metallbearbeitung

Teil D Maschinenarbeiten  
Fräsen – Frästechnik



Ausbilder/  
Lehrer

Dr.-Ing. Paul Christiani GmbH & Co. KG  
[www.christiani.de](http://www.christiani.de)

# 4 Fräsen

## -1 Inhaltsverzeichnis

<b>4.</b>	<b>Fräsen</b>	Seite	5
<b>4.1</b>	<b>Allgemeines</b>		5
<b>4.2</b>	<b>Fräsmaschinen</b>		5
4.2.1	Waagrechtfräsmaschinen		5
4.2.2	Senkrechtfräsmaschinen		6
4.2.3	Universalfräsmaschinen		6
4.2.3.1	Aufbau einer Universalfräsmaschine		7
4.2.3.2	Erläuterungen zu den Hauptteilen einer Universalfräsmaschine		7 – 9
4.2.4	Universal-Werkzeugfräsmaschinen		9 – 10
4.2.5	Bewegungsvorgänge beim Fräsen		10
4.2.6	Größenangabe bei Fräsmaschinen und Richtungen der Achsbewegungen		10
4.2.7	Wartung und Pflege von Fräsmaschinen		11
<b>4.3</b>	<b>Fräswerkzeuge</b>		11
4.3.1	Schneidstoffe für Fräser		11
4.3.2	Fräserarten		11
4.3.2.1	Herstellungsarten der Fräser		11 – 12
4.3.2.2	Zahnrichtungen der Fräser		13 – 14
4.3.2.3	Fräsertypen		14
4.3.2.4	Fräserformen		15 – 18
4.3.3	Schneiden, Flächen und Winkel am Fräserzahn		18
4.3.3.1	Schneiden am Fräserzahn		18
4.3.3.2	Flächen am Fräserzahn		19
4.3.3.3	Winkel an der Fräferschneide		19
4.3.3.4	Richtwerte für die Winkel an der Fräferschneide		20
4.3.4	Schärfen der Fräswerkzeuge		20
4.3.4.1	Schärfen von spitzverzahnten Fräsern		20
4.3.4.2	Schärfen von hinterdrehten Fräsern		20
<b>4.4</b>	<b>Spannen der Werkzeuge</b>		21
4.4.1	Spannzeuge		21
4.4.1.1	Fräsdorne		21
4.4.1.2	Aufsteckdorne		21 – 22
4.4.1.3	Fräspannfutter		22
4.4.1.4	Fräserhülsen		22
4.4.2	Aufspannregeln beim Fräsen		23
4.4.3	Spannbeispiele		23
4.4.3.1	Spannen mit einem Fräsdorn		23 – 24
4.4.3.2	Spannen mit einem Aufsteckdorn		24
4.4.3.3	Spannen mit einem Fräspannfutter		24
4.4.3.4	Spannen mit einer Fräserhülse		25
<b>4.5</b>	<b>Spannen der Werkstücke</b>		25
4.5.1	Spannmittel		25
4.5.1.1	Maschinenschraubstöcke		25 – 27
4.5.1.2	Spanneisen und Spannpratzen		27 – 28
4.5.1.3	Aufspannwinkel		29
4.5.1.4	Winkelaufspannplatten		29
4.5.1.5	Magnetspannplatten		29 – 30
4.5.1.6	Spannvorrichtungen		30
<b>4.6</b>	<b>Fräsvorgang und Fräsarten</b>		30
4.6.1	Fräsvorgang		30
4.6.1.1	Spannbildung		30
4.6.2	Fräsarten		31
4.6.2.1	Umfangsfräsen		31
4.6.2.1.1	Gegenlaufräsen		31
4.6.2.1.2	Gleichlaufräsen		32
4.6.2.1.3	Vorteile und Nachteile des Gegenlauf- und GleichlaufräSENS		33
4.6.2.2	Stirnfräsen		33 – 34
4.6.2.3	Stirn-Umfangsfräsen		34
4.6.2.4	Unterscheidung zwischen Gegenlauf- und Gleichlaufräsen aufgrund des Vorschubrichtungswinkels $\varphi$		34 – 35
4.6.3	Spanarten		35

4.6.4	Spanformen	36
4.6.5	Verschleiß und Standzeit	36
<b>4.7</b>	<b>Fräsverfahren</b> (Einteilung nach DIN 8589, Teil 3)	<b>36</b>
4.7.1	Planfräsen	37
4.7.1.1	Umfangs-Planfräsen	37
4.7.1.2	Stirn-Planfräsen	37
4.7.1.3	Stirn-Umfangs-Planfräsen	37 – 38
4.7.2	Rundfräsen	38
4.7.3	Schraubfräsen	38
4.7.4	Walzfräsen	38 – 39
4.7.5	Profilfräsen	39
4.7.6	Formfräsen	40
4.7.7	Arbeitshinweise für das Fräsen	40
<b>4.8</b>	<b>Ausgewählte Fräsarbeiten</b>	<b>41 – 43</b>
<b>4.9</b>	<b>Teilen</b>	<b>44</b>
4.9.1	Teilapparate	44
4.9.1.1	Einfache Teilapparate	44
4.9.1.2	Universal-Teilapparate	44 – 45
4.9.1.3	Optische Teilapparate	45 – 46
4.9.1.4	Rundtisch mit Indirekt-Teileinrichtung	46
4.9.2	Direktes Teilen	46 – 47
4.9.3	Indirektes Teilen	47 – 48
4.9.4	Differentialteilen (Ausgleichsteilen)	48 – 50
<b>4.10</b>	<b>Fräsen von Wendelnuten</b>	<b>51 – 52</b>
<b>4.11</b>	<b>Drehen auf Fräsmaschinen</b>	<b>52</b>
4.11.1	Universal-Plan- und Ausdrehkopf	52 – 53
4.11.2	Plandrehen	53
4.11.3	Innen- und Außendrehen	53
<b>4.12</b>	<b>Fehler beim Fräsen</b>	<b>54 – 55</b>
<b>4.13</b>	<b>Kühlschmierstoff für das Fräsen</b>	<b>55</b>
<b>4.14</b>	<b>Geschwindigkeiten, Drehzahl und Zahnvorschub</b>	<b>56</b>
4.14.1	Schnittgeschwindigkeit und Drehzahl	56
4.14.1.1	Schnittgeschwindigkeit $v_c$	56
4.14.1.2	Drehzahl $n$ (Spindeldrehzahl)	56
4.14.2	Zahnvorschub und Vorschubgeschwindigkeit	56
4.14.2.1	Zahnvorschub $f_z$	56
4.14.2.2	Vorschubgeschwindigkeit $v_f$	56
4.14.3	Beispielaufgaben zur Berechnung von Schnittwerten und Fräserabmessungen	57
4.14.4	Richtwerte für Schnittgeschwindigkeit $v_c$ und Zahnvorschub $f_z$	58
4.14.4.1	Richtwerttabelle für verschiedene Fräswerkzeuge (Tabelle 4/9 bis 4/12)	58 – 60
4.14.4.2	Richtwerte für Schnitt- und Vorschubgeschwindigkeit bei Metall-Kreissägen	60
<b>4.15</b>	<b>Eingriffs- und Spanungsgrößen beim Fräsen (DIN 6580)</b>	<b>61</b>
4.15.1	Eingriffs- und Spanungsgrößen beim Umfangsfräsen	61
4.15.1.1	Wichtige Eingriffsgrößen (Schnittgrößen) beim Umfangsfräsen	61 – 62
4.15.1.2	Wichtige Spanungsgrößen beim Umfangsfräsen	62 – 63
4.15.1.3	Hinweise zur Wahl des Fräserdurchmessers beim Umfangsfräsen	64
4.15.2	Eingriffs- und Spanungsgrößen beim Stirnfräsen	64
4.15.2.1	Wichtige Eingriffsgrößen (Schnittgrößen) beim Stirnfräsen	64 – 65
4.15.2.2	Wichtige Spanungsgrößen beim Stirnfräsen	65 – 66
4.15.2.3	Hinweise zur Wahl des Fräserdurchmessers beim Stirnfräsen	66
<b>4.16</b>	<b>Kräfte, Leistungsbedarf und Zeitspannungsvolumen beim Fräsen</b>	<b>66</b>
4.16.1	Vereinfachte Darstellung der Kräfte und Leistungen am Fräserzahn	66 – 67
4.16.2	Vereinfachte Berechnung von Schnittkraft, Leistungsbedarf und Zeitspannungsvolumen	67
4.16.2.1	Formelzusammenstellung (Tabelle 4/15)	68
4.16.2.2	Korrekturfaktoren und Verfahrensmultiplikator zur spezifischen Schnittkraftberechnung	69
4.16.2.3	Beispielaufgabe zur Berechnung der Kräfte und Leistungen	69 – 74
<b>4.17</b>	<b>Unfallverhütung</b>	<b>75</b>
<b>4.18</b>	<b>Sonderfräsmaschinen</b>	<b>76</b>
4.18.1	Abwälzfräsmaschinen (Zahnradfräsmaschinen)	76
4.18.2	Langlochfräsmaschinen (Keilnutenfräsmaschinen)	76
4.18.3	Kopierfräsmaschinen (Nachformfräsmaschinen)	77
4.18.4	Gravierfräsmaschinen	77
4.18.5	CNC-gesteuerte Fräsmaschinen	78

## Hinweise für Ausbilder und Lehrer

Die Lehrgangreihe »Grundkenntnisse der Metallbearbeitung« besteht aus den 3 Unterrichtswerken: »Schraubstockarbeiten«, »Passen-Fügen-Verbinden« und »Maschinenarbeiten«.

Aus methodischen und didaktischen Gründen, aber auch wegen der großen Stofffülle, wurde das Unterrichtswerk »Maschinenarbeiten« in die 2 Einzellehrgänge »DREHEN« und »FRÄSEN« unterteilt.

Die gesamte Lehrgangreihe wurde aus den Erfahrungen der Ausbildungs- und Unterrichtspraxis heraus entwickelt. Die Verfasser sind erfahrene Ausbildungsmeister und Fachlehrer.

Der vorliegende Lehrgang »FRÄSEN« vermittelt den notwendigen theoretischen Hintergrund für eine sinnvolle praktische Ausbildung an Werkzeugfräsmaschinen. Die im Lehrgang behandelten Themen sind also auf den praktischen Teil der Ausbildung in Metallberufen abgestimmt.

Die Themen »Eingriffs- und Spanungsgrößen beim Fräsen« sowie »Kräfte, Leistungsbedarf und Zeitspannungsvolumen beim Fräsen« wurden bewusst ausführlicher behandelt, als es für einen Grundlehrgang erforderlich wäre. Die Verfasser haben damit versucht, die neuen Spannungsbegriffe sowohl für das Umfangfräsen als auch für das Stirnfräsen ausbildungsgerecht darzustellen und verständlich zu erläutern.

Des Weiteren haben sich die Verfasser bemüht, anhand eines praxisgerechten Rechenbeispiels die Wirtschaftlichkeit verschiedener Fräsverfahren und Fräsarten herauszuarbeiten. Das Rechenbeispiel ist zwar umfangreich, dafür ist es aber klar und deutlich dargestellt. Am Schluss des Rechenbeispiels werden die Ergebnisse in einer Tabelle zusammengefasst. Dadurch ist es möglich, die bei den verschiedenen Fräsverfahren und Fräsarten auftretenden Schnittkräfte und Leistungsanforderungen sowie die geleisteten Zeitspannungsvolumen vergleichen und hinsichtlich ihrer Wirtschaftlichkeit beurteilen zu können.

Selbstverständlich kann – je nach Ausbildungsziel, Wissensstand und Ausbildungszeit – die Berechnung der Schnittkraft, des Leistungsbedarfs und des Zeitspannungsvolumens auch entfallen.

Im Gegensatz zum reinen Fachbuch vermittelt der Lehrgang »FRÄSEN« das Wissen und die Kenntnisse bereits methodisch aufbereitet. Die Erläuterungen in den einzelnen Unterrichtseinheiten stellen den theoretischen Wissensstoff bereit, der für die praktische Ausbildung erforderlich ist.

Die Erläuterungen, Informationen und Hinweise sind – soweit dies möglich war – kurz und prägnant gehalten, um die Lernenden nicht mit unnötigem Wissen zu belasten.

Besonderer Wert wurde auf aussagefähige und informative Bilder gelegt. Bewusst wurden nur Zeichnungen und keine Fotografien verwendet. Die großzügige Auslegung des Textteils und die Darstellung der Bilder führten zu einer lerngerechten Gestaltung des Lehrgangs.

Der verständlich geschriebene Informationstext und die aussagefähigen Bilder ermöglichen es, dass die Lernenden die Aufgaben und Erkenntnisfragen weitgehend selbsttätig beantworten können. Ein so erworbenes Wissen haftet bekanntlich länger und wirkt nachhaltiger.

Für Ausbilder und Lehrer gibt der Lehrgang Hinweise, wie das Fachwissen in Unterricht umgesetzt werden kann. Der Lehrgang ermöglicht einen pädagogisch sinnvollen Wechsel der Unterrichtsform. Er lässt sich sowohl im Anschluss an ein Unterrichtsgespräch mit Erläuterungen als auch beider Einzel-, Partner- oder Gruppenarbeit einsetzen. In der nachfolgenden Besprechung können anstehende Probleme ausführlich diskutiert werden.

Die Gliederung des Lehrgangs in einzelne, jeweils in sich abgeschlossene Unterrichtseinheiten (Abschnitte), ermöglicht einen nicht-chronologischen Ablauf, d.h. die Reihenfolge der zu behandelnden Unterrichtseinheiten muss nicht wie vorgegeben eingehalten werden. Auch muss man nicht unbedingt alle Unterrichtseinheiten behandeln. Man kann – je nach Ausbildungsberuf und Betrieb – bestimmte Schwerpunkte setzen.

Die entsprechenden Unterrichtseinheiten sollten vor Beginn der jeweiligen praktischen Ausbildung behandelt werden. Im Verlauf oder am Ende einer Unterrichtseinheit sollte eine Demonstration der Werkzeuge, Geräte und Maschinen erfolgen. Durch Besprechung und Demonstration wird das notwendige Grundwissen vermittelt, das Voraussetzung für jede gute praktische Tätigkeit ist.

Die Lösung der Aufgaben und Beantwortung der Erkenntnisfragen kann in Einzel-, Partner- oder Gruppenarbeit erfolgen, muss dann aber in einem Unterrichtsgespräch kontrolliert werden. Es ist ratsam, umfangreiche Themen in Teilschritte zu gliedern, um zu vermeiden, dass die Aufmerksamkeit der Auszubildenden erlahmt.

Folgender Unterrichtsablauf wird empfohlen:

**Erläutern:** Der beste Erfolg ist zu erwarten, wenn der Stoff anhand des Lehrgangs durchgesprochen und erläutert wird, wobei „Handlungsorientierung“ nicht vernachlässigt werden sollte.

**Erarbeiten:** Die vorgesehenen Antworten können dabei gemeinsam erarbeitet werden. Durch gezielte Fragen sind die Auszubildenden auf die Antworten hinzuführen.

**Eintragen:** Die erarbeiteten Antworten können gemeinsam richtig formuliert und im Lehrgangsheft eingetragen werden.

Der genannte Unterrichtsablauf ist zwar nicht zwingend vorgeschrieben, er bietet sich aber aufgrund seines logischen Aufbaus an. Die beschriebene Methode motiviert zur Mitarbeit und aktiviert das Mitdenken der Auszubildenden. Selbstverständlich können auch andere Unterrichtsmethoden mit Hilfe dieses Lehrgangs erfolgreich angewandt werden.

Für die verwendeten Begriffe, Definitionen, Einheiten und Darstellungen wurden die entsprechenden Regelwerke beachtet und berücksichtigt.

Die Verfasser haben sich bemüht, den Lehrgang »FRÄSEN« optimal und praxisgerecht zu gestalten. Für konstruktive Kritik sind sie dankbar.

Dr.-Ing. Paul Christiani GmbH & Co. KG, 78464 Konstanz

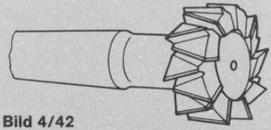
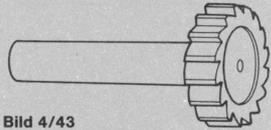
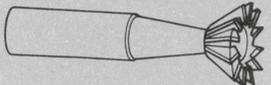
Fräserform und Benennung	Zahnform	Verlauf der Span-Nuten	Verwendung
<b>T-Nutenfräser</b> DIN 851  Bild 4/42	<u>spitzverzahnt</u> _____ _____ _____	<u>über Kreuz</u> <u>(kreuzver-</u> <u>zahnt)</u> _____ _____	<u>Zum Fräsen von vorgegossenen oder</u> <u>vorgearbeiteten T-Nuten</u> _____ _____
<b>Schlitzfräser</b> DIN 850  Bild 4/43	<u>spitzverzahnt</u> _____ _____ _____	<u>gerade oder</u> <u>über Kreuz</u> _____ _____	<u>Zum Fräsen von Schlitz- und Schei-</u> <u>benfedernuten</u> _____ _____
<b>Winkelfräser</b> DIN 1833  Bild 4/44	<u>spitzverzahnt</u> _____ _____ _____	<u>gerade</u> _____ _____ _____	<u>Zum Fräsen von Schwalbenschwanz-</u> <u>führungen</u> _____ _____

Tabelle 4/3: Fräserformen

### 4.3.3 Schneiden, Flächen und Winkel am Fräserzahn

Fräterschneiden werden durch Flächen und Winkel gebildet, die bei der Herstellung und beim Schleifen der Fräser entstehen. Die richtige Gestaltung der Schneiden ist eine wichtige Voraussetzung für den Zerspanungsvorgang.

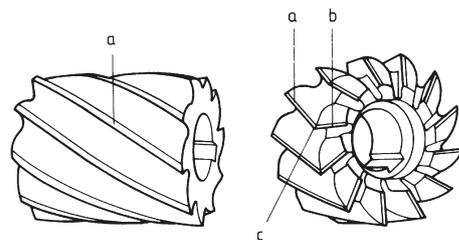
#### 4.3.3.1 Schneiden am Fräserzahn

Die Schneiden am Fräserzahn bezeichnet man als Haupt- und Nebenschneide. Es gibt Fräser, deren Zähne nur Hauptschneiden haben (Bild 4/45) und solche mit Haupt- und Nebenschneiden (Bild 4/46). Die Schneidkeile der Hauptschneiden heben den Hauptspan ab, während die Schneidkeile der Nebenschneiden die seitlichen Werkstückflächen freischneiden. Durch die Nebenschneiden wird ein seitliches Reiben verhindert, was eine geringere Reibungswärme zur Folge hat.

Den Berührungspunkt der Haupt- und Nebenschneide bezeichnet man als Schneidenecke.

Es bedeuten:

Bild 4/45 und 4/46: Schneiden am Fräserzahn



- a) Hauptschneide \_\_\_\_\_
- b) Nebenschneide \_\_\_\_\_
- c) Schneidenecke \_\_\_\_\_

# 4 – 13 Spannen der Werkstücke

Name \_\_\_\_\_  
 Klasse \_\_\_\_\_  
 Datum \_\_\_\_\_

## • Einspannregeln beim Spannen mit dem Maschinenschraubstock

1. Schraubstock auf dem Frästisch so spannen, dass der Schnittdruck beim Fräsen gegen den festen Backen wirkt (Bild 4/71)!
2. Schraubstock genau ausrichten (Messuhr, Messsysteme etc.)!
3. Nur entgratete und gesäuberte Werkstücke einspannen.
4. Werkstück möglichst tief einspannen! Bei dünnwandigen Werkstücken geeignete Parallelunterlagen verwenden (Bild 4/72).
5. Spannkraft so wählen, dass das eingespannte Werkstück nicht beschädigt wird!
6. Vor wiederholtem Spannen ist der Schraubstock zu säubern!

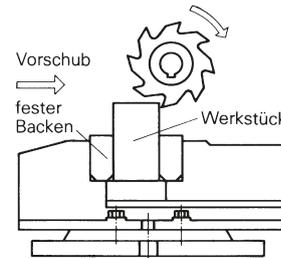


Bild 4/71: Schnittdruck wirkt gegen festen Backen

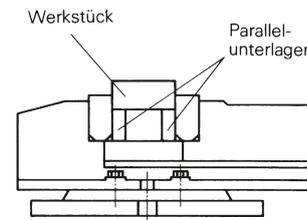


Bild 4/72: Maschinenschraubstock mit Parallelunterlagen

### 4.5.1.2 Spanneisen und Spannpratzen

Spanneisen und Spannpratzen sind verhältnismäßig einfache Spann-elemente. Ihre Verwendung erfolgt in Verbindung mit Spanschrauben und Spannunterlagen. Beim Anziehen der Spanschraube wird die von der Schraube ausgehende Spannkraft über das Spanneisen auf das Werkstück übertragen. Die Spannunterlage dient dabei als Ausgleichselement. Die Durchgangsbohrungen der Spanneisen sind meistens als Langlöcher ausgebildet. Dadurch kann das Spanneisen beim Auswechseln des Werkstücks verschoben werden.

Sind Spanneisen, Spanschrauben und Spannunterlagen zu einem Element vereinigt, dann bezeichnet man dieses als Spannpratze oder Werkstückspanner.

Spanneisen und Spannpratzen gibt es in verschiedenen Ausführungen und Größen. Nachfolgend werden einige gebräuchliche Ausführungen dargestellt:

## • Spanneisen mit Spannbeispielen (Bild 4/73 bis 4/78)

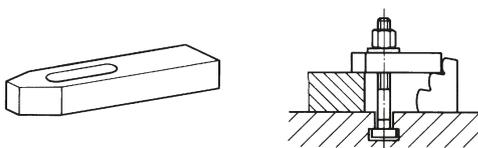


Bild 4/73: einfaches Spanneisen

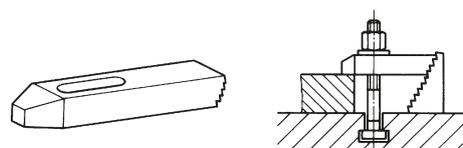


Bild 4/74: Spanneisen mit Treppenzähnen

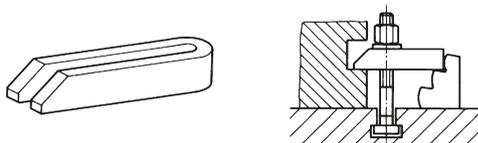


Bild 4/75: Gabelspanneisen

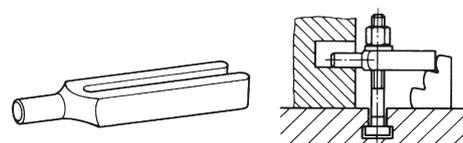


Bild 4/76: Gabelspanneisen mit rundem Spannansatz

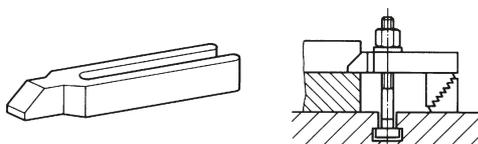


Bild 4/77: Gabelspanneisen mit Nase

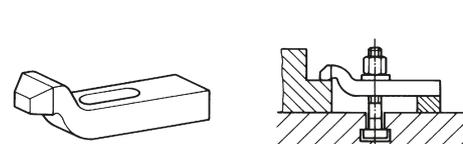


Bild 4/78: Spanneisen, einfach gekröpft

Gegeben:  $d = 100 \text{ mm}$ ;  $P = 400 \text{ mm}$ ;  $T = 12$  Wendelnuten;  $i = 40:1 = 40$ ,  $i_1 = 1:1$ ;  $P_T = 6$

Gesucht: a)  $n_k = ?$ ; b)  $z_t = ?$ ; c)  $z_g = ?$

Lösung: a)  $n_k = \frac{i}{T} = \frac{40}{12} = 3 \frac{4}{12} = 3 \frac{4 \cdot 2}{12 \cdot 2} = 3 \frac{8}{24} = 3 \text{ volle Umdrehungen}$   
 und 8 Löcher auf dem 24er Lochkreis

b)  $\tan \beta = \frac{\pi \cdot d}{P} = \frac{3,14 \cdot 100 \text{ mm}}{400 \text{ mm}} = 0,785398$ ;  $\beta = 38,146^\circ = 38^\circ 8,76'$

c)  $\frac{z_t}{z_g} = \frac{P_T \cdot i \cdot i_1}{P} = \frac{6 \text{ mm} \cdot 40 \cdot 1}{400 \text{ mm}} = \frac{240}{400} = \frac{24}{40}$   
 $z_t = 24 \text{ Zähne}$ ;  $z_g = 40 \text{ Zähne}$

#### 4.11 Drehen auf Fräsmaschinen

Mit Fräsmaschinen kann man unter Verwendung eines Zusatzwerkzeuges bestimmte Dreharbeiten ausführen, z. B.: Plandrehen, Innen- und Außendrehen, Feinbohren, Einstechen und Kegeldrehen.

Als Zusatzwerkzeug verwendet man einen sogenannten Universal-Plan- und Ausdrehkopf.

##### 4.11.1 Universal-Plan- und Ausdrehkopf

Universal-Plan- und Ausdrehköpfe (Bild 4/146) gibt es in verschiedenen Größen und Ausführungen. Sie bestehen im Wesentlichen aus dem Grundkörper und dem Werkzeugschlitten. Die Aufnahme in der Frässpindel erfolgt durch den Werkzeugkegel.

Der Werkzeugschlitten ist von der Mitte ausgehend (Nullstellung) quer zur Frässpindelachse beweglich. Dadurch ist das Plandrehen und das Zustellen beim Ausdrehen und Außendrehen möglich. Im Werkzeugschlitten befinden sich die Bohrungen für die Aufnahme der Drehwerkzeuge.

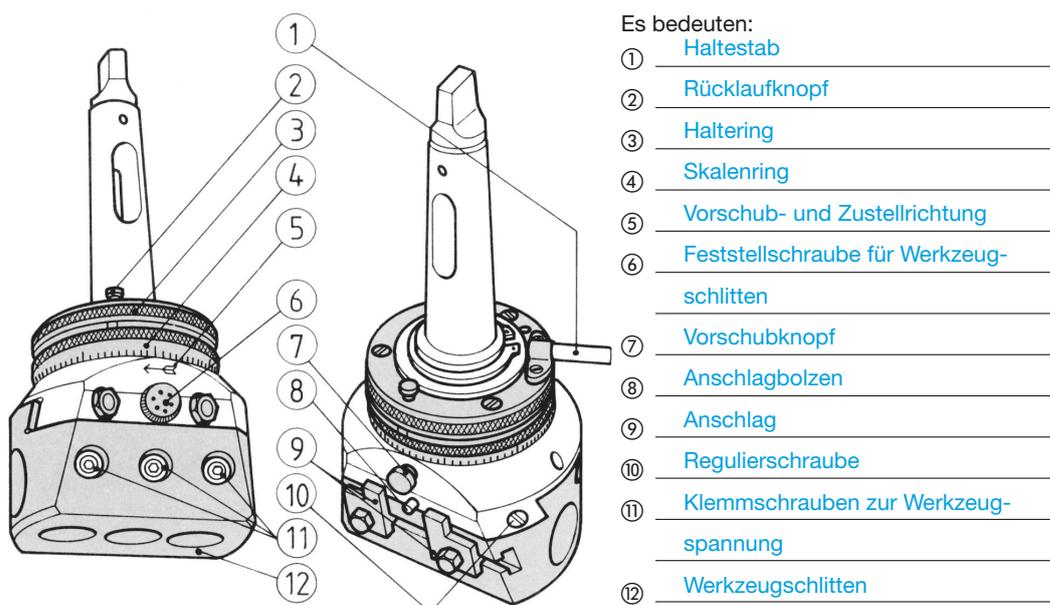


Bild 4/146: Universal-Plan- und Ausdrehkopf