

# Fräsen und Fräsmaschinen

## 1. Allgemeines

Fräsen ist ein Zerspanungsverfahren mit kreisförmiger Schnittbewegung und beliebiger, quer zur Drehachse liegender Vorschubbewegung. Die Drehachse der Schnittbewegung behält ihre Lage zum Werkstück, unabhängig von der Vorschubbewegung, bei. Das Fräsen erfolgt mit mehrschneidigen Werkzeugen, und ist gekennzeichnet durch eine diskontinuierliche Spanabnahme (rhythmisch wiederkehrende Spanunterbrechung und Schnittkraftschwankung). Die rotierende Hauptbewegung wird vom Werkzeug ausgeführt.

## 2. Übersicht der Fräsverfahren

Im allgemeinen werden die Fräsverfahren wie folgt benannt:

- Fräsverfahren, die nach der Arbeitsweise des Fräasers benannt sind:
  - Walzenfräsen
  - Stirnfräsen
  - Formfräsen
- Fräsverfahren, die nach der Form des Werkstücks benannt sind:
- Fräsverfahren, die nach der Vorschubrichtung des Fräasers benannt sind:
  - Gegenlaufräsen:  
Vorschubrichtung des Werkstücks und Drehsinn des Fräasers sind entgegengerichtet. (Abb. 1)
  - Gleichlaufräsen  
Vorschub des Werkstücks und Drehsinn des Fräasers sind gleichgerichtet. (Abb. 2)

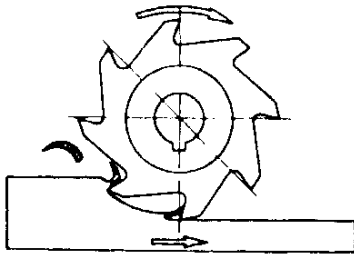


Abb. 1: Gegenlaufräsen

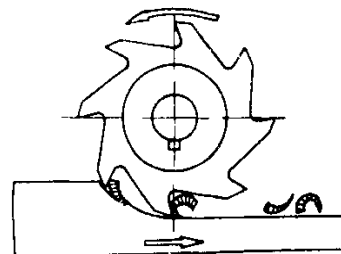


Abb. 2: Gleichlaufräsen

## 2.1 Verfahren, die nach der Arbeitsweise des Fräasers benannt sind

### a.) Walzfräsen (Abb. 3)

Beim Walzfräsen liegt die Fräsachse parallel zur bearbeiteten Fläche des Werkstücks. Der Fräser arbeitet nur mit den Umfangsschneiden. Durch den ungleichmäßigen Span ist die Belastung von Werkzeug und Maschinen ebenfalls ungleichmäßig.

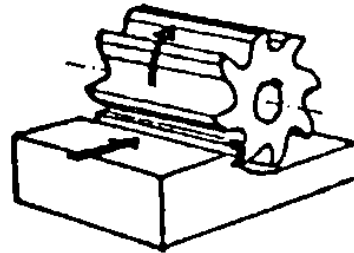


Abb. 3: Walzfräsen

### b.) Stirnfräsen (Abb. 4)

Beim Stirnfräsen steht die Fräserachse senkrecht zur bearbeiteten Fläche des Werkstücks. Die Schneiden des Fräasers befinden sich sowohl am Umfang, als auch auf der Stirnseite des Werkzeugs. Der Fräser zerspant den Werkstoff nur mit dem Umfangsschneiden, während die Stirnschneiden die bearbeitete Fläche glattschaben. Das Stirnfräsen wird zur Erzeugung ebener Flächen eingesetzt.

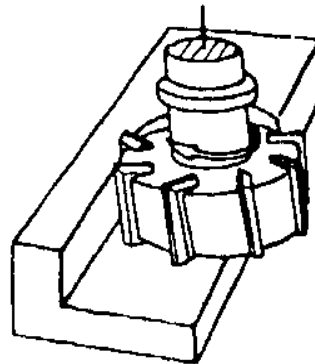


Abb. 4: Stirnfräsen

Beim Stirnfräsen kommt es zum gleichzeitigen Gegen- und Gleichlaufräsen. Bei Werkzeug-Maschinen, die nicht zum Gleichlaufräsen geeignet sind, muß der Gleichlaufwinkel  $\alpha$  kleiner sein als der Gegenlaufwinkel  $\beta$ . (Abb. 5)

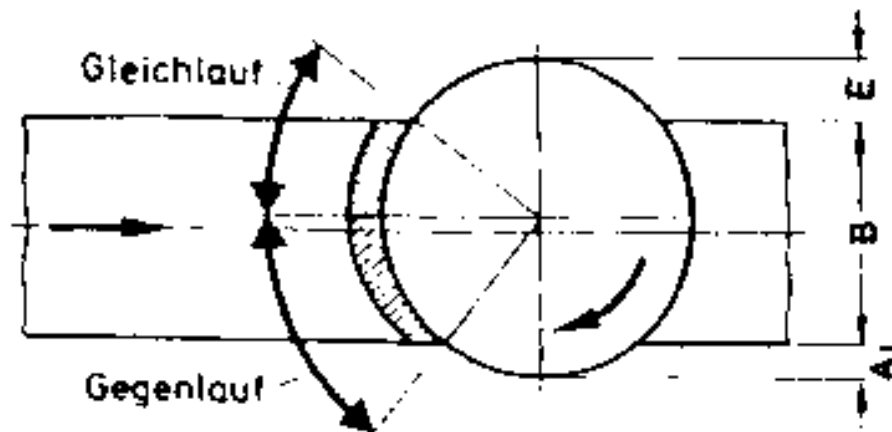
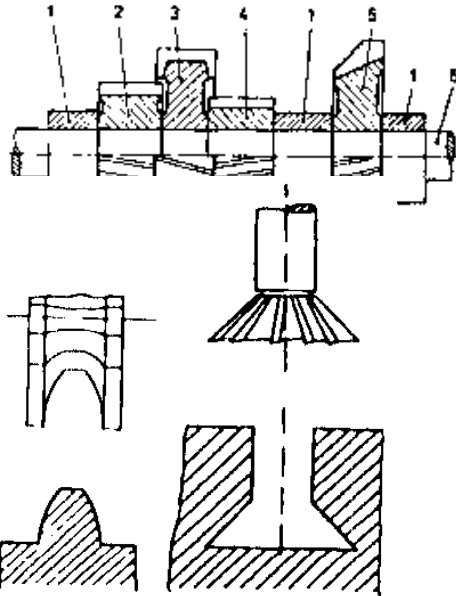


Abb. 5: Gleichzeitiges Gleich- und Gegenlaufräsen beim Stirnfräsen

c.) Formfräsen

Verfahren zur Herstellung spezieller Oberflächen

a.) Satzfräsen zur gleichzeitigen Bearbeitung des Werkstücks an mehreren Flächen (wirtschaftliches Verfahren) (Abb. 6).



b.) Profilfräsen zur Herstellung spezieller Profile (z. B. Führungen, ..) (Abb. 7)

Abb. 6: Satzfräser (6-teilig)

1 Zwischenringe  
2 Umfangsfräser

c.) Nutenfräsen:

3 Kreuzverzahnter Scheibenfräser  
4 Umfangsfräser  
5 Winkelfräser  
6 Fräsdorn

- Tauchfräsen mit Schaftfräser (nur bei geringer Nuttiefe, ungenau, keine exakte gerade

Abb. 7: Profilfräser

Nut). (Abb. 8)

- Schrittfräsen mit Schaftfräser (seitlich stufenförmige Oberfläche) (Abb. 9)
- Walzenfräsen mit Scheibenfräser (Abb. 10)

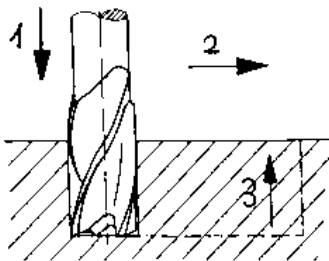


Abb. 8: Tauchfräsen

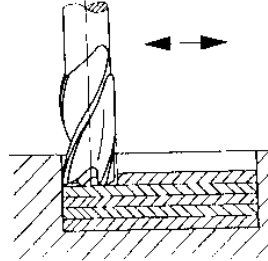


Abb. 9: Schrittfräsen

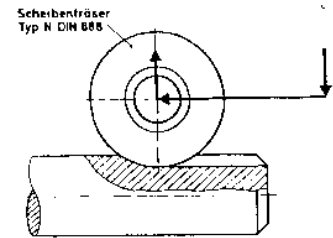


Abb. 10: Nutenfräsen

d.) Drehfräsen: Keine aufwendige Steuerung notwendig; geeignet für robuste Werkzeug-Maschinen. Nach einer Werkstückumdrehung fertig. wirtschaftliches Verfahren.

## 6.2.2 Verfahren, die nach der Form des Werkstücks benannt sind

### Erzeugen ebener Flächen

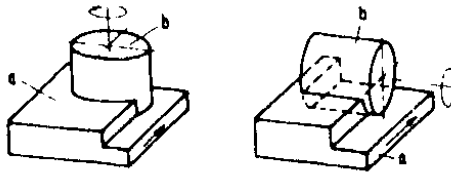


Abb. 11: Erzeugen ebener Flächen  
1.) Umfangstirnfräsen  
2.) Umfangstirnplanfräsen

### Erzeugung von Schraubenflächen

Die Schraubenfläche wird durch gleichzeitige Dreh- und Längsvorschubbewegung des Werkstücks erzeugt. Für die Erzeugung von Lang- oder Kurzgewinde können ein- oder mehrschneidige Fräser verwendet werden.

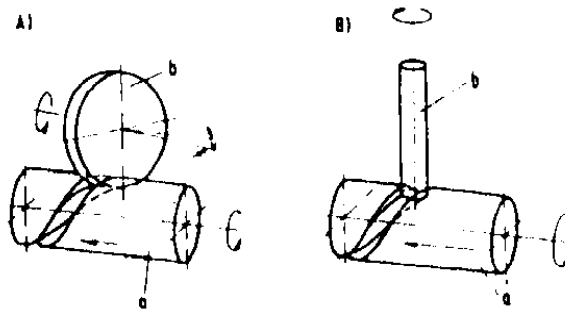


Abb. 12: Erzeugen von Schraubenflächen

A: mit Scheibenfräser  
B: mit Nutenfräser

### Nachformfräsen - Kopierfräsen

Außer einem zylindrischen Werkzeug kann auch ein profiliertes Werkzeug verwendet werden. Wichtig ist, daß der Durchmesser des Nachformfühlers dem mittleren Arbeitsdurchmesser des Werkzeugs entspricht.

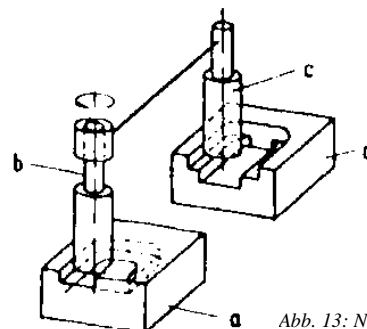


Abb. 13: Nachform - Raumfräsen

## 6.3 Fräswerkzeuge

Nach der Vielseitigkeit der Fräsverfahren ist eine Vielzahl von Werkzeugen entwickelt worden. Die Fräswerkzeuge unterscheiden sich im wesentlichen durch ihren Anwendungszweck.

Mögliche Einteilung:

- a.) Nach der Anordnung der Zähne: Mantelschneiden, Stirnschneiden
- b.) Nach der Form der Zähne: Spitzverzahnte und hinterdrehte Fräser
- c.) Nach der Form des Meridians: Zylindrischer Fräser, Kegelfräser, Profilfräser
- d.) Nach dem Verlauf des Zähne: Gerade oder schraubenförmig gerichtete Zähne.

Während bereits seit Jahren die Anwendung der Walzen- und Scheibenfräser aus Werkzeugstahl in Folge des Einsatzes von Hartmetall- bestückten Messerköpfen wesentlich zurückgegangen ist, werden nun auch die Profilfräser mit gelötet und, zum Teil sogar geklemmt, Hartmetall-Wendeschneideplättchen bestückt  $\Rightarrow$  höhere Standzeit, kein Nachschleifen.

### 6.3.1 Winkel an der Fräferschneide

Wie bei den anderen Werkzeugen in der spanenden Bearbeitung, kann auch beim Fräsen zwischen Frei-, Keil- und Spanwinkel unterschieden werden. Die Größe der Winkel hängt von der jeweiligen Werkzeug/Werkstück-Kombination ab. (Abb. 14)

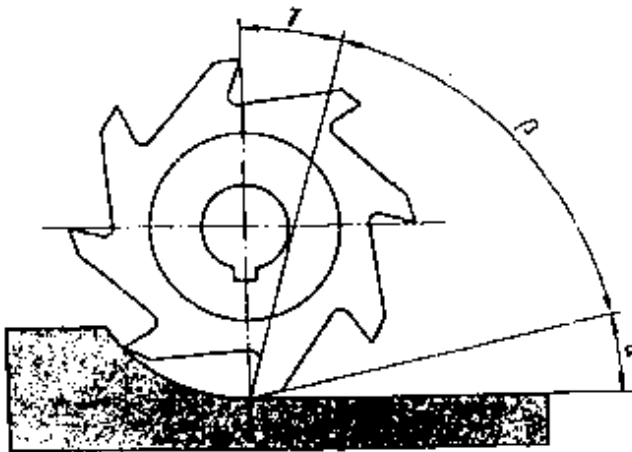


Abb. 14: Winkel am Fräser  
 $\alpha$  (Freiwinkel)  
 $\beta$  (Keilwinkel)  
 $\gamma$  (Spanwinkel)

### 6.3.2 Kräfte am Werkzeug

Die am Fräser wirksamen Kräfte setzen sich aus den Einzelkräften, der mit dem Werkstück im Eingriff befindlichen Zähne zusammen. Sie sind weder nach der Größe, noch nach der Richtung konstant, sondern pulsieren zwischen einem Minimal- und einem Maximalwert.

Mittlere Zerspankraft eines Fräserzahnes:

$$F_{1mz} \approx F_{1ms} = b \cdot h_m \cdot k_s \cdot K$$

Anzahl der Zähne im Eingriff:

$$z_e = \frac{\varphi_s [\text{rad}]}{2p} \cdot z = \frac{\varphi_s [\text{grad}]}{360} \cdot z$$

Mittlere Zerspankraft des Fräasers:

$$F_{mz} = F_{1mz} \cdot z_e = b \cdot h_m \cdot k_s \cdot \frac{\varphi_s}{2p} \cdot z \cdot K$$

mit  $K = K_\gamma \cdot K_v \cdot K_{st} \cdot K_{ver}$

## 6.4 Übersicht der Fräsmaschinen

Fräsmaschinen dienen der spanenden Bearbeitung mit umlaufenden, ein- oder mehrschneidigen Werkzeugen. Durch die Zahngriffverhältnisse entstehen nach Größe und Richtung sich fortwährend ändernde Zerspankräfte. Daher sind Fräsmaschinen hohen statischen und dynamischen Beanspruchungen ausgesetzt.

Das schwächste Element im Kraftfluß zwischen Maschine, Werkzeug, Werkstück und Spannvorrichtung bestimmt die bei der Bearbeitung eines Werkstückes anwendbaren Zerspanbedingungen.

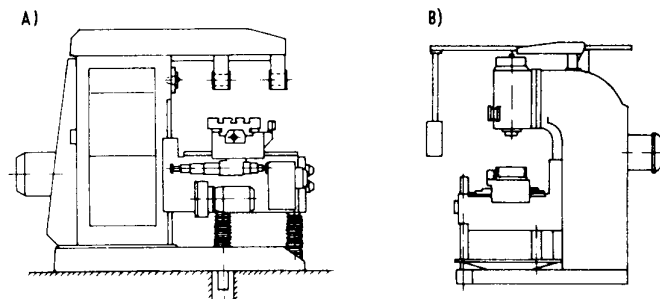
Die Erzeugung winkelliger, ebener und formtreu gewölbter Schnittflächen, sowie eine gute Wiederholgenauigkeit beim Positionieren erfordern hohe geometrische Genauigkeit und Spielfreiheit der Führungen und Vorschubantriebe.

Wegen der Vielfältigkeit der Bearbeitungsaufgaben gibt es viele unterschiedliche Bauarten von Fräsmaschinen. Je nach Bauformen gibt es:

- Konsolfräsmaschinen
- Bettfräsmaschinen
- Langfräsmaschinen, Bohr- und Fräswerke, Planfräsmaschinen
- Universalfräsmaschinen
- Rundtisch-Fräsmaschinen
- Nachformfräsmaschinen
- NC-Fräsmaschinen
- Vielspindelige Fräsmaschinen
- Sonderfräsmaschinen

### 6.4.1 Konsolfräsmaschine

Konsolfräsmaschinen bestehen vorwiegend aus einem Ständer mit gegossener Grundplatte, einer Konsole für die Vertikalbewegung, darauf einem Kreuzschlitten, der die Querbewegung ausführt und die Führung für den Längstisch trägt. Die Maschine eignet sich für allgemeine Fräsarbeiten. Ihr Kennzeichen ist die waagrecht oder senkrecht gelagerte Frässpindel und der auf einer Konsole aufgebaute Tisch. Bild A zeigt eine horizontale, Bild B eine vertikale Konsolfräsmaschine:





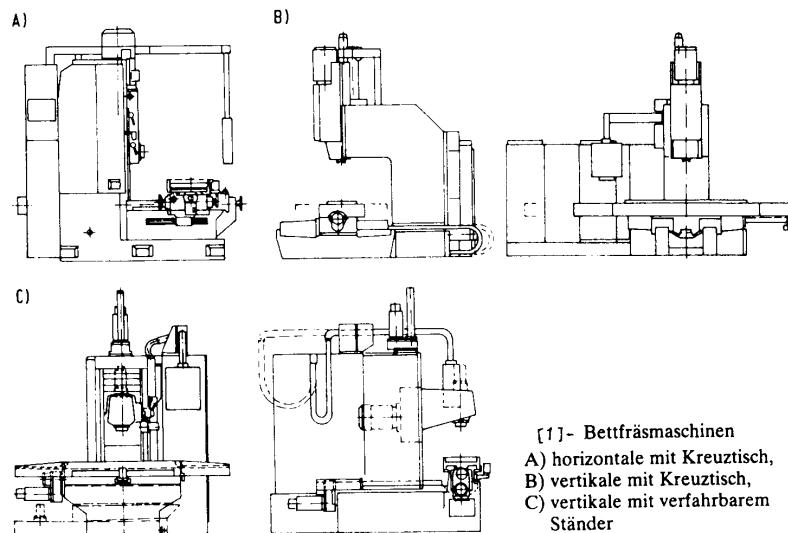
Mit den Vertikalfräsmaschinen werden überwiegend Stirnfräsarbeiten ausgeführt. Der Fräskopf ist um eine horizontale Achse drehbar, so daß die Spindel auch in eine schräge Lage gebracht werden kann.

#### 6.4.2 Bettfräsmaschine

Die Benennung von Fräsmaschinen geht von unterschiedlichen Gesichtspunkten aus, teils wird nach konstruktiven Merkmalen unterschieden, teils nach bestimmten Bearbeitungsaufgaben und teils nach Steuerungsart.

Die Bettfräsmaschine führt ihren Namen nach dem Maschinenbett, auf das sich die ganze Maschine aufbaut. Mit dieser Bauweise verknüpft, ist die unveränderliche Höhenlage des Aufspanntisches und damit des Werkstücks. Als Gegenstück zur Bettfräsmaschine ist damit die Konsolfräsmaschine anzusehen, bei der die Höhenlage des Tisches veränderlich ist.

Bettfräsmaschinen bestehen meistens aus einem Unterteil, mit dem ein Ständer fest verschraubt ist. Der Ständer enthält eine Vertikalführung, in der entweder eine Horizontalfräseinheit oder eine Vertikalfräseinheit in vertikaler Richtung verschiebbar angeordnet ist. Das Grundgestell trägt eine Querverführung, auf der ein Kreuzschlitten und auf diesem der Maschinenlängstisch gleitet.



Durch den Verzicht auf eine Konsole erhöht sich die Steifigkeit dieser Maschinenkonzeption. Das Verlegen der Vertikalbewegung in die Ständerführung hat den Vorteil, daß die Vorschubkraft genau im Massenschwerpunkt angreifen kann und sich dessen Lage nicht durch Querfahren des Kreuzschlittens ändert.

Je nach Anordnung der Hauptspindel unterscheidet man zwischen Vertikal- und Horizontalfräsmaschinen. Die meisten Bettfräsmaschinen können wahlweise mit Fräseinheiten der einen oder anderen Art ausgeschaltet werden und bieten darüberhinaus Kombinationsmöglichkeiten.

### 6.4.3 Langfräsmaschine, Bohr- und Fräswerke

Bei der Langfräsmaschine ist das meist sperrige Werkstück auf einem stabilen Tisch gespannt, der auf einem langen Bett die Vorschubbewegung ausführt. Auf dem einen seitlich angeordneten Ständer bzw. am Portal bei den Zweiständerbauarten sind leistungsstarke Fräseinheiten angeordnet. An die solide gelagerte Arbeitsspindel werden Messerköpfe großen Durchmessers geflanscht, die mit HM-Schneiden bestückt sind.

Haupteinsatzgebiet von Langfräsmaschinen ist die Bearbeitung von mittelgroßen oder großen bis langen Werkstücken. Kennzeichnend ist die senkrechte Verstellmöglichkeit des Fräswerkzeuges durch Höhenverstellung des an einem Einzelständer oder im Portal geführten Frässupports. Ohne zusätzliches Umsetzen oder Drehen des Werkstückes ist durch einen Frässupport am Querbalken mit Winkelfräskopf und anderen Zusatzeinrichtungen fünfseitige Bearbeitung möglich.

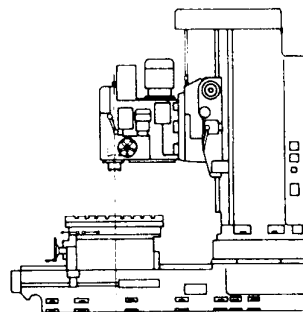
### 6.4.4 Universalfräsmaschine (Werkzeugfräsmaschine)

Sie haben einen breiten Anwendungsbereich im Werkzeug- und Vorrichtungsbau. Sie besitzen einen großen, feingestufteten Drehzahl- und Vorschubbereich, hohe Arbeitsgenauigkeit und variables Baukastenprogramm von Zusatzeinrichtungen für verschiedenartige Arbeitsverfahren. So wird Fräsen, Bohren, Drehen, Stoßen und Schleifen in einer Aufspannung möglich. Vielfältige Aufspann- und Teilvorrichtungen gestatten die Fertigung komplizierter Formen.

Hauptmerkmale dieser Maschinen:

- Einfache Ausstattung der Grundmaschine in Konsol- oder Bettbauweise
- Vielseitige Verstellmöglichkeiten
- Zusatzeinrichtungen wie Winkelfräskopf, Teilkopf, Rundtisch, Winkeltisch usw.

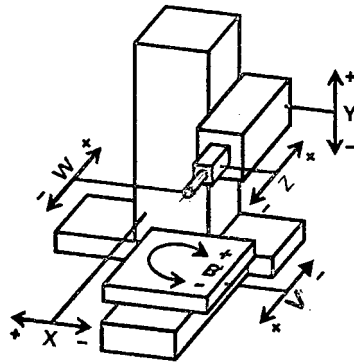
Die Universal-Werkzeugfräsmaschine in Bild 6.36 ist in Bettbauform konzipiert und weist speziell für die Bedürfnisse des Werkzeugbaues einen schwenkbaren Fräskopf sowie einen drehbaren Tisch auf.



Die vielseitige Verstellmöglichkeit dient dem Zweck, daß komplizierte Werkzeuge möglichst in einer Aufspannung aus allen Richtungen bearbeitet werden können. Abhängig vom Verwendungszweck werden solche Universalfräsmaschinen in kleinen bis mittleren Arbeitsbereichen und mit Antriebsleistungen von 2 bis 15 kW gebaut.

### 6.4.5 Waagrecht- Bohr- und Fräsmaschine

Waagrecht- Bohr- und Fräsmaschinen haben grundsätzlich eine waagrecht liegende Hauptspindel, die axial verschiebbar ist. Die rotierenden Bearbeitungswerkzeuge werden in die Werkzeugaufnahme am vorderen Ende der Hauptspindel eingesetzt. Die Hauptspindel ist in einer rotierenden, axial feststehenden Spindelhülse geführt. Diese Spindelhülse ragt aus der Spindelkastenvorderwand heraus und trägt ebenfalls eine Werkzeugbefestigung, die vorwiegend zur Aufnahme von Fräswerkzeugen und Planscheiben benutzt wird.



1. X-Achse = Ständer quer
2. Y-Achse = Spindelkasten senkrecht
3. Z-Achse = Tragbalken längs
4. W-Achse = Spindel längs
5. B- Achse = Tisch rund
6. V-Achse = Tisch längs