

17.1.2.3 Aufbau von Fräsern

Beim Fräsen wird mit einem rotierenden Werkzeug mit geometrisch bestimmten Schneiden Material vom Werkstück entfernt. Dabei ist entweder das Werkstück fest eingespannt und das Werkzeug wird von Hand oder maschinell in vorgegebenen Bahnen bewegt, oder das Werkzeug ist in einer feststehenden Motorspindel eingespannt und das Werkstück wird bewegt. In der Laborpraxis wird meist sowohl das im Handstück eingespannte Werkzeug als auch das Werkstück von Hand bewegt. Man spricht hier vom Freiformfräsen.

17.1.2.3.1 Schneidengeometrie

Für die Beschreibung eines Fräfers ist zunächst die Schneidengeometrie maßgeblich. Sie wird durch drei Winkel bestimmt: den Spanwinkel, den Keilwinkel und den Freiwinkel (Abb. 17.13).

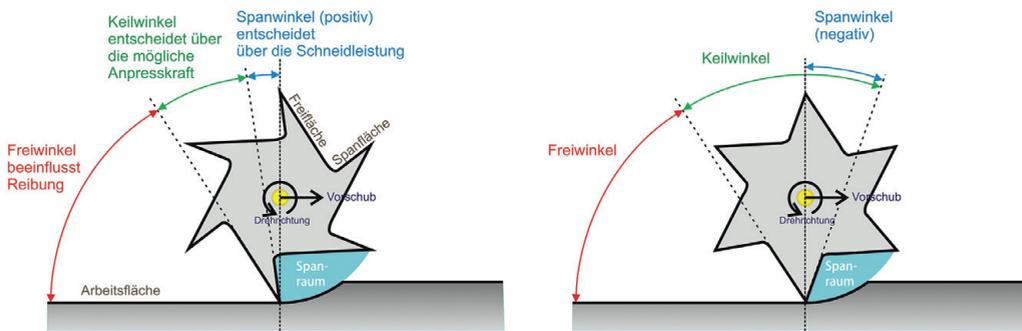
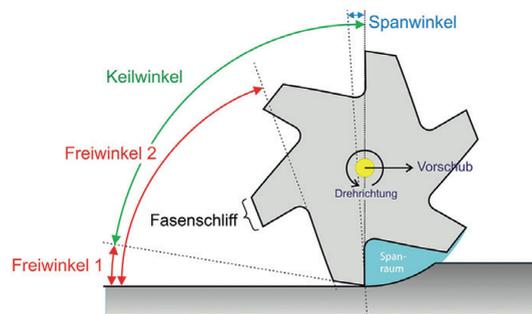


Abb. 17.13 Die Schneidengeometrie der Fräserwerkzeuge wird durch drei Winkel bestimmt. Links: Fräser mit positivem Spanwinkel, rechts: Fräser mit negativem Spanwinkel.

Der Spanwinkel wird zwischen einer senkrechten Linie durch den Mittelpunkt der Rotationsachse und der Spanfläche gemessen. Er ist für die Spanbildung, die Schneidleistung und die Schnittkräfte maßgeblich. Eine hohe Schneidleistung wird durch einen möglichst großen Spanwinkel erzielt. Mit zunehmender Schneidleistung nimmt aber die Schnittkraft zu. Gleichzeitig wird der Keilwinkel – das ist der Winkel zwischen der Spanfläche und der Freifläche – immer

Abb. 17.14 Schneidengeometrie eines Fräfers mit negativem Spanwinkel und Fasenschliff



kleiner. Dadurch wird die Kraft auf die Scheidkante so groß, dass sich die Schneide entweder verformt oder abbricht. Fräser mit positiven Schneidwinkeln wird man also vor allem bei Werkzeugen für die Bearbeitung weicher Werkstoffe wie etwa Wachs oder sogenannter „weichbleibender“ Kunststoffe finden.

Fräser für harte Werkstoffe wie NEM oder Keramik haben durchweg negative Spanwinkel. Auf diese Weise entsteht ein stabilerer Schneidkeil, der nun nicht mehr schneidet, sondern schabt. Gleichzeitig ermöglicht der massivere Schneidkeil eine bessere Wärmeabfuhr durch das Werkzeug. Der Freiwinkel beeinflusst die Größe des Spanraums. Der Spanraum muss mindestens so groß sein, dass er die beim Schneid- bzw. Schabvorgang entstehenden Späne oder Spanbruchstücke problemlos aufnehmen kann. Wird der Spanraum zu klein, so bremst das abgetragene Material, das nicht mehr ungehindert entweichen kann, das Werkzeug aus. Die dabei entstehende hohe Reibung führt zu einer kräftigen Erwärmung von Werkzeug und Materialoberfläche.

Eine Vergrößerung des Schneidkeils und damit einen ruhigeren Lauf und eine höhere Standzeit erreicht man, indem die Schneide mit einem sogenannten Fasenschliff versehen wird (Abb. 17.14). Eine Fase ist eine abgeschrägte Fläche an einer Werkstückkante. Die Schneidengeometrie erhält dadurch eine weitere Fläche, die einen zweiten Freiwinkel bildet. Dieser zweite Freiwinkel ist maßgeblich für die Spanraumgröße.

17.1.2.3.2 Verzahnungsarten

Ziel des Fräsvorgangs ist eine möglichst glatte Oberfläche. Dabei spielt neben der Schneidengeometrie auch die Anordnung der Schneiden auf dem Werkzeug eine entscheidende Rolle. Beim Abschälen des Spanes erzeugen die Schneiden des Fräswerkzeugs ein wellenförmiges Profil (Abb. 17.15). Die Rautiefe dieses Profils hängt zum einen von der Schneidengeometrie ab: Je kleiner der Keilwinkel, desto ausgeprägter ist das Profil. Die Schneidenzahl spielt eine weitere wichtige Rolle: Je größer die Schneidenzahl, desto feiner ist die Verzahnung und desto geringer ist die Rautiefe. Schließlich hängt das Oberflächenprofil vom Winkel zwischen den Schneiden und der Rotationsachse des Werkstücks, dem sogenannten Drall sowie von Unterbrechungen der Schneiden durch einen sogenannten Querhieb ab.

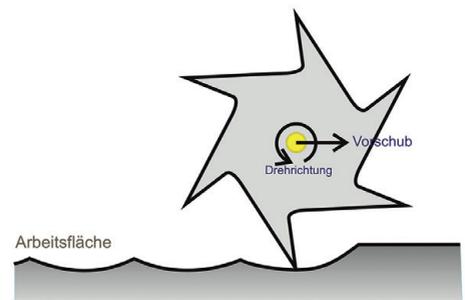


Abb. 17.15 Beim Abschälen des Spanes erzeugen die Schneiden des Fräswerkzeugs ein wellenförmiges Profil

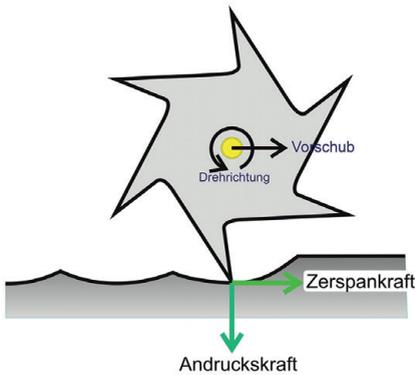


Abb. 17.16 Kräfte, die auf die Schneide eines Fräsers wirken

Die einfachsten Fräser sind zylinderförmig aufgebaut mit gerader Verzahnung. Beim Fräsen dringen die Schneiden während der Rotation des Werkzeugs in regelmäßigen Abständen in das Werkstück ein und tragen Späne ab. Dabei nimmt die Andruckkraft und die Zerspankraft bei jedem Schnitt kräftig zu, um auf Null zurückzugehen, sobald die Schneide den Kontakt mit dem Werkstück verliert (Abb. 17.16). Die Werkzeugachse wird dadurch periodisch be- und entlastet. Es kommt zu Vibrationen, wenn das Werkzeug nicht mit einer feststehenden Maschine verbunden ist. Für das Freiformfräsen sind solche Fräser nur geeignet, wenn entweder das Material sehr weich ist oder wenn mit sehr kleinen Werkzeugen wie zum Beispiel bestimmten Finierern gearbeitet wird. Die Andruck- und Zerspankräfte lassen sich gleichmäßig verteilen, wenn man die Schneiden des Fräsers schräg anordnet (Abb. 17.17). Die Schneiden winden sich um den Fräser, man sagt, der Fräser hat einen Drall. Jede Schneide greift dann je nach Drallrichtung von oben nach unten oder von unten nach oben sanft in das

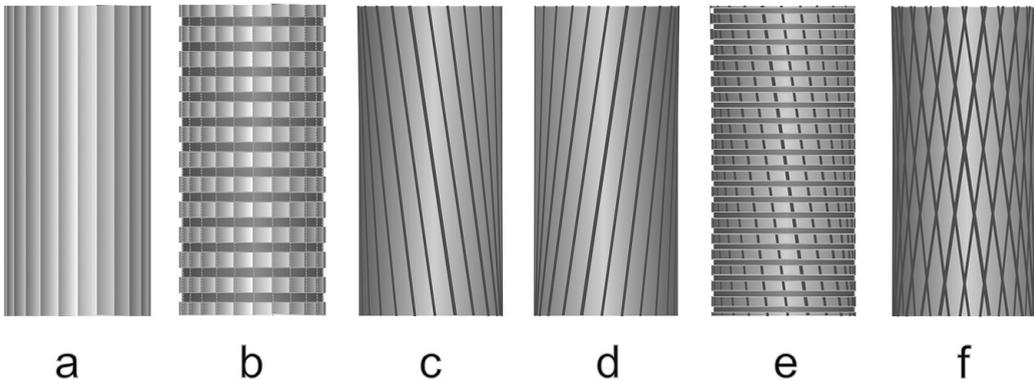


Abb. 17.17 Verzahnungsarten von Fräsern: a. gerade Verzahnung; b. gerade Verzahnung mit Querhieb; c. rechtsgewundene Verzahnung; d. linksgewundene Verzahnung; e. rechtsgewundene Verzahnung mit Querhieb; f. Kreuzverzahnung

Werkstück ein. Wenn die Schneide das Werkstück verlässt, beginnt bereits die nächste Schneide in das Werkstück einzugreifen. Solche schräg verzahnten Werkzeuge laufen vibrationsfrei. Der Winkel zwischen der Zylinderachse und dem Schneidenverlauf wird als Drallwinkel bezeichnet. Er hat einen Einfluss auf die Spandicke und die Rautiefe. Je größer der Drallwinkel, desto geringer wird die Spandicke bei gleicher Vorschubgeschwindigkeit (Abb. 17.18). Die Rautiefe wird gleichzeitig geringer, das heißt, die Oberfläche glatter. Die schraubenförmige Verzahnung bedingt eine Besonderheit dieser Werkzeuge: Je nach Drallrichtung ziehen sie das Werkstück beim Frä-

sen entweder aus der Halterung heraus oder sie drücken es in die Halterung hinein (Abb. 17.19). Sowohl Werkzeuge mit gerader Verzahnung als auch solche mit gewundenen Schneiden erzeugen beim Fräsen lange, spitze Späne. Solche Späne können insbesondere, wenn es sich um Metallspäne handelt, in die Haut eindringen und zu entzündlichen Reaktionen führen.

Kurze Späne entstehen bei Werkzeugen mit einem sogenannten Querhieb oder Spanbrecher. Durch einen umlaufenden Einschnitt werden die Schneiden in regelmäßigen Abständen unterbrochen. Es entstehen dadurch kurze, kantige Späne. Glatte Oberflächen sind mit solchen Fräsern nicht zu realisieren. Sie werden beispielsweise zum Aufrauen von Kunststoffoberflächen benutzt.

Werkzeuge mit einer Kreuzverzahnung haben alle beschriebenen Nachteile nicht. Sie schieben oder drücken nicht, sie erzeugen körnige Späne, sie sind laufruhig und ergeben eine glatte Oberfläche. Solche Fräser sind für das Freiformfräsen, bei dem sowohl das Werkstück als auch das Werkzeug von Hand geführt werden, am besten geeignet. Bei der Kreuzverzahnung werden zwei Schneiden mit entgegengesetztem Drall in das Werkzeug geschliffen (Abb. 17.20). Je nach Schneidengeometrie und Drallwinkel entstehen Werkzeuge für die verschiedensten Werkstoffe und Verwendungszwecke.

17.1.2.4 Laufrichtung

Fräser können grundsätzlich in beiden Laufrichtungen eingesetzt werden. Im Gegensatz zum Schleifen hängen jedoch sowohl der Fräsvorgang als auch das Ergebnis von der Laufrichtung ab.

Beim Gegenlaufräsen gleitet die Schneide beim Eintreten in den Werkstoff auf der Arbeitsfläche entlang (Abb. 17.21 links). Dabei

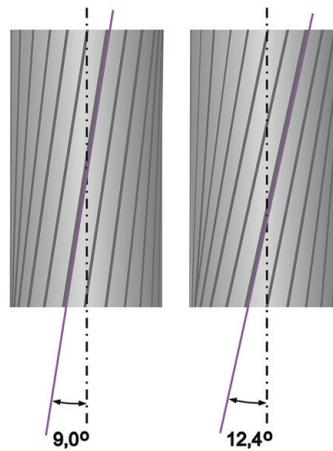


Abb. 17.18 Verschiedene Drallwinkel

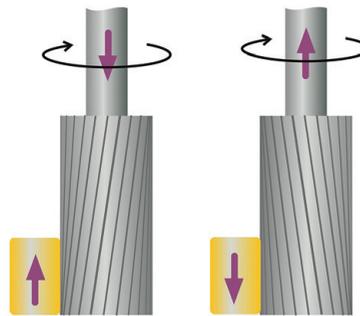


Abb. 17.19 Beim rechtsgewundenen Werkzeug wird das Werkstück aus der Halterung herausgezogen. Beim linksgewundenen Werkzeug wird das Werkstück in die Halterung und gleichzeitig das Werkzeug in die Spannzone hineingedrückt.



Abb. 17.20 So sieht eine klassische Kreuzverzahnung aus: Parallelfräser für Titan und NEM von Brasseler

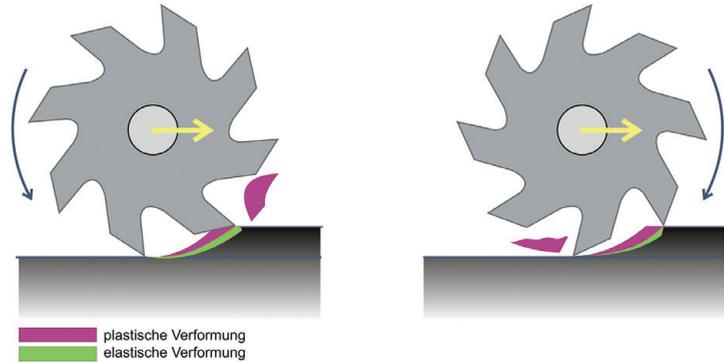


Abb. 17.21 Laufrichtungen beim Fräsen: links: Gegenlaufräsen, rechts: Gleichlaufräsen

kommt es zunächst zu einer elastischen Verformung, die sich hinter der Schneide wieder zurückstellt. Erst wenn die Andruckskraft groß genug geworden ist, greift die Schneide in den Werkstoff ein und bildet einen Span. Die Zerspankraft nimmt dabei allmählich zu, bis sie kurz vor dem Austritt der Schneide ein Maximum erreicht und dann schlagartig abbricht.

Der sanfte Eingriff der Schneiden empfiehlt das Gegenlaufräsen für das Freihandfräsen. Der Druck verläuft überwiegend in die Vor- schubrichtung, das Werkzeug lässt sich besser führen. Die Oberflächen zeigen allerdings wegen der elastischen Rückstellung der Arbeitsfläche eine stärkere Welligkeit.

Im Gegensatz dazu hacken die Schneiden beim Gleichlaufräsen in die Werkstückoberfläche hinein (Abb. 17.21 rechts). Die Andruckskraft erreicht dadurch schlagartig einen hohen Wert, der mit zunehmendem Eintritt der Schneide kontinuierlich abnimmt. Am Ende wirkt die Kraft nur noch in Zerspanrichtung. Der Span wird mit minimaler Andruckkraft von der Arbeitsfläche abgeschält. Da keine elastische Rückstellung stattfindet, bleibt die Arbeitsfläche deutlich glatter als beim Gegenlaufräsen. Voraussetzung ist allerdings, dass sowohl das Werkstück als auch das Werkzeug in einem Gerät so fest eingespannt sind, dass sie sich durch die Andrucks- und Zerspankraft nicht aus ihrer jeweiligen Position bewegen lassen.

17.1.2.5 Bohren und Sägen

Bohrer sind rotierende Werkzeuge zum Fertigen Bohrungen. Im Gegensatz zu Fräsern haben sie nur an ihrer Spitze Schneiden. Die bekanntesten Bohrer sind die Spiralbohrer. Sie haben zwei Hauptschneiden, die durch eine kurze Querschneide miteinander ver-