



# Das Einmaleins des Fräsens

| Thomas Dürr

Es gibt kein Universalwerkzeug. Stattdessen bietet der Markt eine Vielzahl rotierender Instrumente mit unterschiedlichen Verzahnungen an. Ob hart, zäh/hart oder weich – zu verschieden sind die Eigenschaften der Werkstoffe in der modernen Zahntechnik, als dass sie mit einem einzigen Fräser bearbeitet werden könnten. Folgender Beitrag bringt Licht ins Dunkel der zahlreichen Verzahnungen und zeigt, worauf es beim Fräsen wirklich ankommt.

**A**ls um das Jahr 1900 die industrielle Fertigung von Stahlbohrern begann, ahnte man nicht, welch rasanten Verlauf deren Weiterentwicklung nehmen würde. Doch je leis-

[ der autor ]



**Thomas Dürr**  
 Mehlandsdeichweg 19  
 28357 Bremen  
 Tel.: 04 21/3 64 99 10  
 Mobil: 01 51/14 13 68 10  
 E-Mail: info@thomas-duerr-bremen.de  
 www.thomas-duerr-bremen.de

tungsfähiger die Antriebstechnik wurde, umso verschleißfester mussten auch die Werkzeuge werden. So gesellten sich zu den zunächst gefertigten Stahlbohrern für Metalle schnell keramisch gebundene Schleifkörper mit Siliziumkarbid für die damaligen Porzellane hinzu.

Um bei der immer breiter werdenden Werkstoffpalette stets erstklassige Arbeitsergebnisse zu erzielen, wurden dann im weiteren Verlauf des Jahrhunderts hochwertige Schneidstoffe mit speziellen Schneidengeometrien entwickelt und in unterschiedlichste Formen und Größen von Fräsern umgesetzt. Heute reicht das Angebot über Hartmetallfräser und Schleifkörper mit Diamantbelegung bis hin zu Werkzeugen zum Bearbeiten moderner Hartkern-Keramiken wie Zirkoniumdioxid und Aluminiumdioxid. So kann der moderne Anwender für jeden Werkstoff und jedes Aufgabengebiet ein speziell entwickeltes Werkzeug auswählen.

## | Vom Schleifen und Polieren

Die Deutsche Industrie-Norm DIN 8580 unterscheidet spanende Bearbeitungsverfahren in zwei verschiedene Gruppen. Zunächst beschäftigen wir uns mit dem Spanen mit geometrisch unbestimmten Schneiden. Derartige Schleifkörper werden zum Schleifen und Polieren verwendet. Bei Instrumenten mit unbestimmten Schneiden ist ein Schleifmittel in ein Bindungsmaterial eingebunden. Je nach Anforderungen werden verschiedene Schleifmittel verwendet. Keramisch gebundene Schleifkörper mit Edelmetall (Aluminiumoxid) eignen sich zum Beschleifen von Metalllegierungen. Soll Keramik beschliffen werden, müssen Schleifkörper mit Siliziumkarbid oder Diamant an die Arbeit (Abb. 1).

Natürliche oder synthetische Diamanten besitzen eine raue und unregelmäßige Oberfläche. Wenn die Schleifer qualitativ hochwertig belegt sind, besitzen sie eine dauerhafte Schleifleistung (Abb. 2). Bei qualitativ minderen Produkten ist die Belegung oft mangelhaft (Abb. 3).

Man unterscheidet galvanische, gesinterte kunstharzgebundene und keramische Schleifer sowie Standard- und Diamant-Polierer (Abb. 4). Entscheidend für den Erfolg aller hier vorgestellten Schleifkörper ist die Härte des eingebundenen Schleifmittels und seine Warmhärte und Temperaturbeständigkeit (Abb. 5).

## | Vom Bohren und Fräsen

Die zweite Methode, in die die Deutsche Industrie-Norm DIN 8580 die spanenden Bearbeitungsverfahren einteilt, ist das Spanen mit geometrisch bestimmten Schneiden. Hierzu gehören das Bohren und Fräsen. Im Folgenden konzentrieren wir uns also ausschließlich auf den Bereich der Schleifkörper mit geometrischen Schneiden.

Für die Fräser kamen und kommen hauptsächlich drei verschiedene Werkstoffe zum Einsatz. Zum einen ist das der sogenannte Werkzeugstahl (WS), der aus Wolfram und Vanadium legiert wird, der heute nur noch für Industriewerkzeuge verwendet wird. Rostfreier Stahl (RFS) dagegen besteht aus hochlegierten Chrom-Nickel-Stählen. RF-Stahl wird überwiegend für chirurgische Instrumente, Diamant-Rohlinge und Hartmetallschäfte verwendet. Eine Sonderstellung nimmt

das Hartmetall (HM) ein. Dies ist ein feinkörniger Sinterwerkstoff auf Wolfram-Kobalt-Basis, der heiß-isostatisch nachverdichtet (gehipt) wird. Die Mikrohärtigkeit von Hartmetall liegt ungefähr eineinhalbmals höher als die von Werkzeugstahl. Die Temperaturbestän-

digkeit von Hartmetall ist ebenfalls mehr als doppelt so hoch. Damit sind Fräser aus Hartmetall deutlich widerstandsfähiger gegen Verschleiß und Überbelastung. Daneben sind sie korrosionsbeständig gegen chemische und elektrochemische Prozesse.

### Vom Spanen und von Spänen

Die Schneidleistung beim Zerspanen hängt von Faktoren wie den Schnittkräften, dem Eindringwiderstand ins Material, der Wärmeentwicklung durch die Reibung und von der Oberfläche des zu bearbeitenden Werkstoffes ab. Diese Faktoren sind abhängig von den Schneidwinkeln (Abb. 6). Der Spanwinkel beeinflusst die Spanentstehung, die Abtragsleistung und die Schnittkraft. Positive Spanwinkel mit einem Winkel von weniger als 90 Grad dringen leichter ins Material ein, dabei transportiert der abfliegende Span den größten Teil der Wärme mit ab. Um bei der Zerspanung harter Werkstoffe die Stabilität der Schneide zu erhöhen, wird ein negativer Spanwinkel gewählt. Der Freiwinkel beschreibt den Winkel des Spanraumes. Der Freiwinkel wird immer so groß gewählt, dass das Werkzeug genügend Hohlraum für das zu zerspanende Material hat. Für die Bearbeitung harter Werkstoffe wählt man einen kleinen Freiwinkel. Für kurzspanende Werkstoffe, wie weiche verformbare Kunststoffe, benötigt man einen großen Freiwinkel. Der Drallwinkel beeinflusst die Oberflächenqualität. Je größer der Winkel,

Schleifmittel			Siliziumkarbid (SiC) 655			Edelkorund (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )														
			635			625		635												
Werkstoff Anwendungstechnik [Drehzahlbereich]	Formgebung		Bindungshärte																	
	Vorschleifen	Formschleifen	mittel		weich		mittel		hart											
			Grob	Mittel	Fein	Grob	Mittel	Fein	Grob	Mittel										
Korngröße																				
<table border="1"> <tr> <td>533 (140)</td> <td>523 (130)</td> <td>513 (120)</td> <td>532 (240)</td> <td>522 (230)</td> <td>512 (220)</td> <td>533 (340)</td> <td>523 (330)</td> <td>534 (440)</td> <td>524 (430)</td> </tr> </table>											533 (140)	523 (130)	513 (120)	532 (240)	522 (230)	512 (220)	533 (340)	523 (330)	534 (440)	524 (430)
533 (140)	523 (130)	513 (120)	532 (240)	522 (230)	512 (220)	533 (340)	523 (330)	534 (440)	524 (430)											
<b>Metall-Legierungen</b> Schnelles Schleifen [30 000–50 000 min <sup>-1</sup> ]	*					●	●	●	●											
<b>Metall-Legierungen</b> Universelles Schleifen [20 000–30 000 min <sup>-1</sup> ]	*	*	●	●	●	●	●	●	●	●										
<b>Metall-Legierungen</b> Formstabiles Schleifen [10 000–20 000 min <sup>-1</sup> ]	*	*	●	●			●	●	●	●										
<b>Keramik</b> Schnelles Schleifen [30 000–50 000 min <sup>-1</sup> ]	*	*	●	●																
<b>Keramik</b> Universelles Schleifen [20 000–30 000 min <sup>-1</sup> ]	*	*	●	●	●	●	●	●	●	●										
<b>Keramik</b> Formstabiles Schleifen [10 000–20 000 min <sup>-1</sup> ]	*	*	●	●																

● = gut geeignet    ○ = geeignet

Abb. 1: Schleifkörper werden nach ihrem jeweiligen Aufgabengebiet ausgewählt. Soll Keramik beschliffen werden, müssen Schleifkörper mit Siliziumkarbid oder Diamant an die Arbeit.

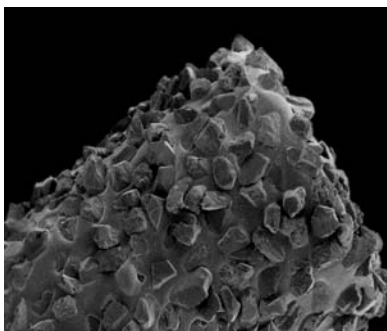


Abb. 2: Rau und unregelmäßig. – Nur wenn die Schleifer qualitativ hochwertig belegt sind, besitzen sie eine dauerhafte Schleifleistung.

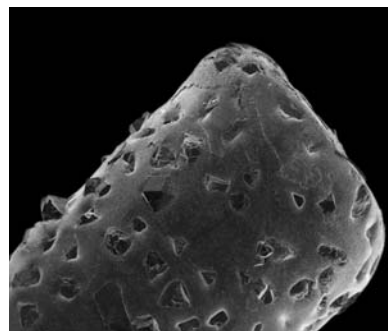


Abb. 3: Bei minderwertigen Fräsern ist die Belegung mit Diamanten oft mangelhaft.

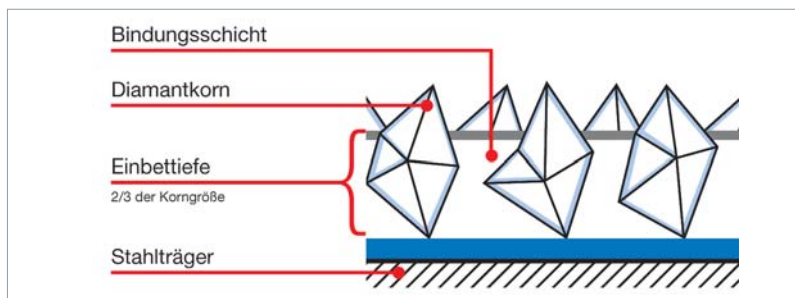


Abb. 4: Natur-Diamanten können galvanisch mit dem Schaft verbunden werden. Synthetik-Diamanten verbindet man galvanisch oder sintert sie an den Rohling aus Stahl.

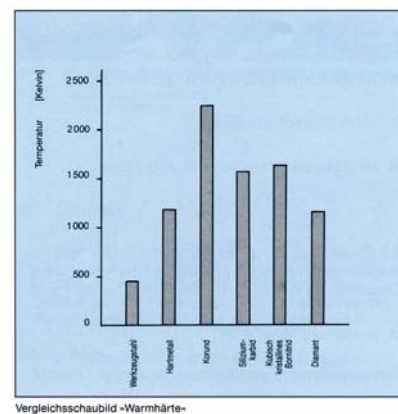
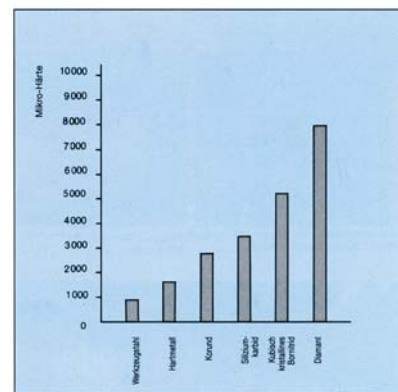


Abb. 5: Entscheidend für den Erfolg aller Schleifkörper ist die Härte des Schleifmittels, seine Warmhärte und Temperaturbeständigkeit.



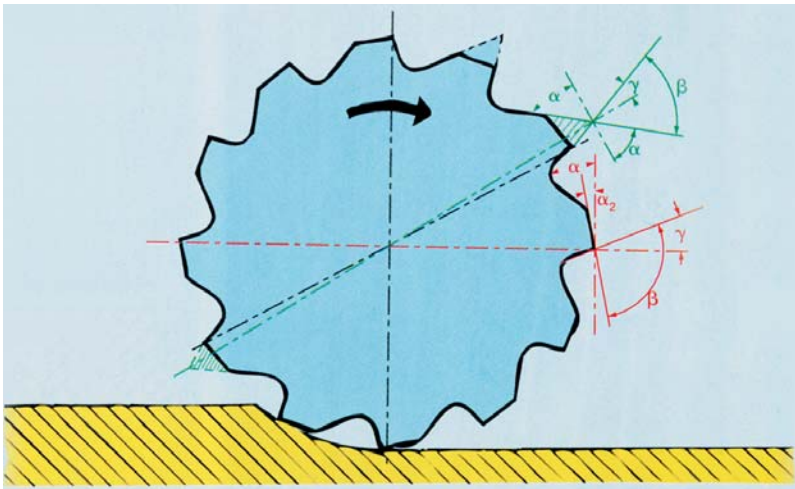


Abb. 6: Die Schneidleistung hängt von den Schnittkräften, dem Eindringwiderstand, der Wärmeentwicklung und von der Oberfläche des zu bearbeitenden Werkstoffes ab.

desto feiner die Oberfläche. Eine aktuelle Übersicht der Firma GEBR. BRASSELER gibt einen Überblick über die Auswahl an Fräserverzahnungen für die verschiedenen Einsatzgebiete (Abb. 7).

### Materialieigenschaften

Unter Berücksichtigung der Erkenntnisse um die verschiedenen Winkel wurden zur Bearbeitung der unterschiedlichen Werkstoffe Fräser mit spezifisch abgestimmten Schneidengeometrien entwickelt (Abb. 8). Alle für spezifische Aufgaben entwickelten Fräser unterscheiden sich in ihrer Gestaltung und Dimension. Gips ist beispielsweise leicht zerspanbar. Superhartgips bricht jedoch leicht aus und feuchter Gips schmiert. Fräser für Gips benötigen daher ein großes Volumen, das große Mengen an Spänen aufnehmen kann (Abb. 9). Trockene Gipse können am einfachsten mit einer groben Kreuzverzahnung bearbeitet werden. Für feuchte Gipse hingegen benötigt man eine supergrobe Kreuzverzahnung. Edelmetalle sind im Verhältnis weich bis mittelhart. Sie schmieren schnell, können leicht zerspannt werden und bieten nur geringen Eindringwiderstand. Hier sind je nach Härte feine und feinste Kreuzverzahnungen mit einer

	Schneidstoff			Schleifstoff		
	RF-Stahl	Wkzg.-Stahl	Hartmetall	Diamant	Edelkorund	Siliciumcavid
Wachs						
Gips		•				
Edelmetall					•	
NEM-Legierungen					•	
Kunststoffverblendungen		•				
Prothesenkunststoff						
Weichbl. Unterfütterung						
Softkunststoffe						
Keramik						•

Abb. 7: Die aktuelle Übersicht der Firma GEBR. BRASSELER gibt einen Überblick über die Auswahl an Fräserverzahnungen für die verschiedenen Einsatzgebiete.



Abb. 8: Schleifkörper mit feiner Diamantverzahnung eignen sich zum Aufrauen von Keramik.



Abb. 9: Fräser für Gips müssen große Mengen an Spänen aufnehmen. Für feuchte Gipse verwendet man supergrobe Kreuzverzahnungen.



Abb. 10: Für Edelmetalle verwendet man feine und feinste Kreuzverzahnungen mit einer Richtdrehzahl von 15.000 bis 25.000 Umdrehungen pro Minute.



Abb. 11: Nichtedelmetalle sind hart und entwickeln Hitze. Am besten fräst man mit Kreuzverzahnungen oder grober, gewundener Spiralverzahnung bis 15.000 U/min.



Abb. 12: Für zäh/hartes Titan hat sich die FST-Verzahnung bei 15.000 U/min bewährt.



Abb. 13: Für Verblendkunststoffe mit Füllkörpern aus Glas oder Keramik sollten schnittfreundige Verzahnungen benutzt werden.



Abb. 14: Prothesen- und weichbleibender Kunststoff kann mit einfachen gewundenen Verzahnungen, normalen Kreuzverzahnungen oder Fräsern mit Q- oder FSQ-Verzahnung bei 10.000 bis 15.000 U/min ausgearbeitet werden.



Abb. 15: Softkunststoffe werden am besten mit grober, schnittfreudiger Verzahnung und Querhieb bearbeitet.

**allg. Drehzahlempfehlungen**  
für zahntechnische Werkzeuge

*Komet*

Werkstoff	opt.	
	Ausarbeitung	Politur
Gips	15.000 min <sup>-1</sup>	
EM   hochgoldhaltig	15.000 min <sup>-1</sup>	5.000 min <sup>-1</sup>
EM   goldhaltig	25.000 min <sup>-1</sup>	5.000 min <sup>-1</sup>
EM   Gold reduziert	15.000 min <sup>-1</sup>	5.000 min <sup>-1</sup>
NEM-Legierung	15.000 min <sup>-1</sup>	5.000 min <sup>-1</sup>
Modellguss	15.000 min <sup>-1</sup>	5.000 min <sup>-1</sup>
Titan	15.000 min <sup>-1</sup>	5.000 min <sup>-1</sup>
Kunststoff	15.000 min <sup>-1</sup>	5.000 min <sup>-1</sup>
Verblendkunststoff	15.000 min <sup>-1</sup>	5.000 min <sup>-1</sup>
weichbl. Unterfütterung	15.000 min <sup>-1</sup>	
Softkunststoff	15.000 min <sup>-1</sup>	
Keramik	25.000 min <sup>-1</sup>	5.000 min <sup>-1</sup>

Hinweis: Bei kleineren Größen Drehzahl erhöhen, bei größeren senken!

Abb. 16: Die Firma GEBR. BRASSELER gibt zu allen Produkten eine Drehzahlempfehlung heraus.

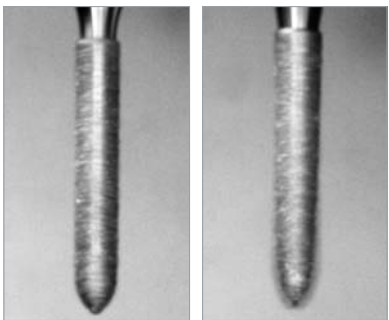


Abb. 17: Rotierende Werkzeuge müssen rund laufen (links). Andernfalls sollten sie sicherheits- halber sofort ausgetauscht werden.

Richtdrehzahl von 15.000 bis 25.000 U/min die erste Wahl (Abb. 10). Nichtedelmetalle dagegen sind hart, elastisch und schwer zerspanbar. Sie entwickeln bei erhöhtem Eindringwiderstand verstärkt Wärme, sodass am besten Fräser mit Kreuzverzahnung oder grober, gewundener Spiralverzahnung verwendet werden (Abb. 11). Sie sollten mit nicht mehr als 15.000 U/min eingesetzt werden. Für das zäh/harte und schwer zerspanbare Titan haben sich Instrumente mit FST-Verzahnung bei einer Drehzahl von 15.000 U/min

bewährt (Abb. 12). Aber Vorsicht: Titan neigt zur Funkenbildung.

Verblendkunststoffe der neuen Generation mit Füllkörpern aus Glas oder Keramik sind ebenfalls schwerer zerspanbar. Für sie sollten schnittfreudige Verzahnungen benutzt werden (Abb. 13). Im Gegensatz dazu bietet Prothesenkunststoff nach wie vor nur geringen Eindringwiderstand. Er kann mit einfachen gewundenen Verzahnungen, normalen Kreuzverzahnungen oder Fräsern mit Q- oder FSQ-Verzahnung bei 10.000 bis 15.000 U/min ausgearbeitet werden (Abb. 14). Das Gleiche gilt für weichbleibenden Kunststoff und Löffelmaterial. Softkunststoffe können am besten mit grober, schnittfreudiger Verzahnung und Querhieb bearbeitet werden (Abb. 15). Die Firma GEBR. BRASSELER gibt zu all ihren Produkten eine Drehzahlempfehlung heraus (Abb. 16).

### Der richtige Umgang

Immer wieder kommt es vor, dass Zahn- techniker rotierende Instrumente nicht sachgemäß anwenden. Das beginnt schon mit der Lagerung. Zusammengewürfelte

Schleifkörper in einer großen Kiste verunreinigen schnell und können beim Bearbeiten von Keramikverblendflächen Einschlüsse verursachen, die das Verblendergebnis negativ beeinflussen. Handstücke, die nicht regelmäßig gewartet werden, haben oft verunreinigte Spannzangen. Rotierende Instrumente müssen aber so tief wie möglich in die Spannzange eingeführt und eingespannt werden, damit sie während des rotierenden Betriebs keine Gefahr bilden. Das wiederum ist jedoch nur möglich, wenn die Spannzange regelmäßig gereinigt wird. Schneiden mit einer Sicherheitsverzahnung (Linksdrall – die nach rechts drehen) halten übrigens den Fräser sicher in der Spannzange. Generell sollte immer Augenschutz und Absaugung verwendet werden und schon bevor der Schleifkörper am Werkstück angesetzt wird, hat er die Arbeitsdrehzahl erreicht. Die ideale Arbeitskraft liegt zwischen 0,2 und 4 Newton.

Vorsicht: Wer beim Einsatz der Werkzeuge, die auf der Verpackung angegebene maximal zulässige Drehzahl überschreitet, setzt sich und seine Kollegen einem erhöhten Sicherheitsrisiko aus. Gerade großvolumige Fräser könnten bei zu hoher Anpresskraft eine Unwucht bekommen. Das stört den Rundlauf, verursacht Vibrationen und verhindert präzise schmale Schnitte (Abb. 17). Außerdem wird das Lager des Handstückes über Gebühr belastet und verschleißt schneller. Auch ausgebrochene und unförmige Schneiden verursachen solche Vibrationen. Wenn Instrumente nicht mehr rund laufen, wie auf Abbildung 17 zu sehen, oder verbogen sind, sollten sie sicherheitshalber sofort ausgetauscht werden. Insgesamt kann man sagen, dass jede unsachgemäße Anwendung automatisch zu schlechteren Arbeitsergebnissen und erhöhtem Risiko führen kann.

### Fazit

Die Hartmetall-Bohrer und -Fräser sind Präzisionswerkzeuge. Hohe Qualität der Werkzeuge hilft, dass auch die Arbeitsergebnisse topp sind. Jeder Zahn- techniker hat es selbst in der Hand, mit welchen Werkzeugen er arbeitet und wie lange diese Werkzeuge gebrauchsfähig sind. Wenn ersich für Hochleistungswerkzeuge entscheidet, sie fachgerecht einsetzt und den Anwendungsempfehlungen des Herstellers folgt, wird er lange und wirtschaftlich mit ihnen arbeiten können. |