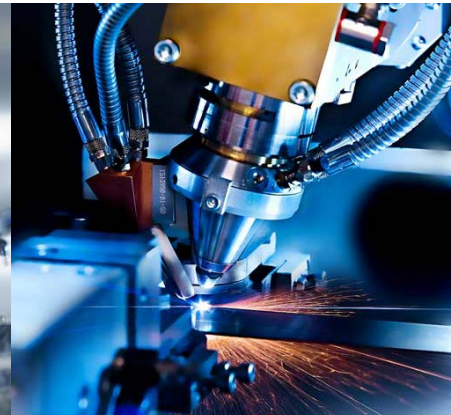




TECHNISCHE UNIVERSITÄT
BERGAKADEMIE FREIBERG

Die Ressourcenuniversität. Seit 1765.

FERTIGUNGSTECHNIK



Wintersemester 2020/21



TU Bergakademie Freiberg | Institut für Maschinenelemente, Konstruktion und Fertigung | Professur für Additive Fertigung
Agricolastraße 1 | 09599 Freiberg DE | Tel.: +49 3731 39 2986 | <http://www.imkf.tu-freiberg.de> | Prof. Dr.-Ing. Henning Zeidler

GLIEDERUNG DER VORLESUNG

1	Einführung: Grundlagen der Fertigungstechnik		
2	Die verschiedenen Fertigungsverfahren		
2.1	Urformen (Gießen, Additiv, ...)	2.4	Fügen (Schweißen, Löten, ...)
2.2	Umformen (Massiv-, Blech-, ...)	2.5	Beschichten
2.3	Trennen (Drehen, Fräsen, ...)	2.6	Stoffeigenschaft ändern
3	Messen in der Fertigung		
4	Prüfungsvorbereitung		

EINTEILUNG

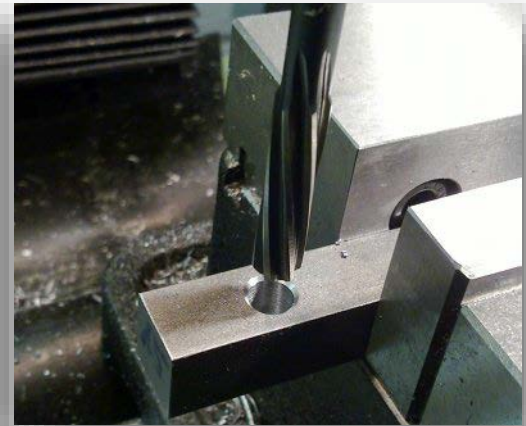
Trennen

Zerteilen	Spanen mit geometrisch bestimmter Schneide	Drehen Bohren, Senken, Reiben Fräsen Hobeln, Stoßen Räumen Sägen	Abtragen	Zerlegen	Reinigen
DIN 8588	DIN 8589-0	Feilen, Raspeln Bürstspanen Schaben, Meißeln	DIN 8590	DIN 8591	DIN 8592

2.3 Trennen

BOHREN – SENKEN – REIBEN

Bohren, Senken und Reiben gehören zur Hauptgruppe „**Trennen**“ sowie zur Gruppe „**Spanen mit geometrisch bestimmter Schneide**“



DEFINITION

Bohren ist Spanen mit **kreisförmiger Schnittbewegung**, bei dem die **Drehachse** des **Werkzeuges** und die **Achse der zu erzeugenden Innenfläche identisch** sind und die Vorschubbewegung in Richtung dieser Achse verläuft. Die Drehachse behält ihre Lage zum Werkzeug unabhängig von der Vorschubbewegung bei.

Senken ist Bohren zur Erzeugung von senkrecht zur Drehachse liegenden Planflächen oder symmetrisch zur Drehachse liegenden Kegelflächen bzw. Halbkreisflächen (Kugelgesenk), bei meist gleichzeitiger Erzeugung von zylindrischen Innenflächen.

Reiben ist Aufbohren mit geringer Spanungsdicke zur Erhöhung der Oberflächengüte.

2.3 Trennen

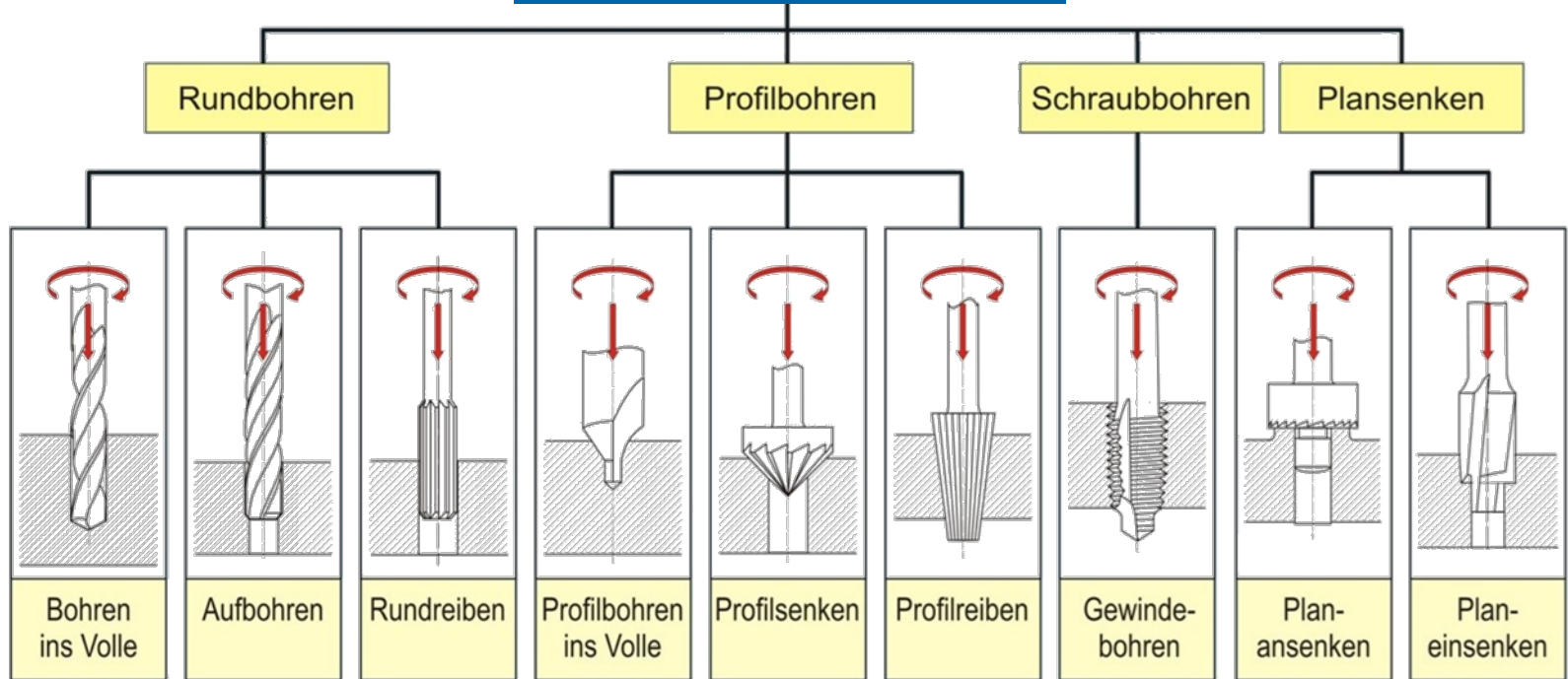
DEFINITION

Bohrverfahren werden entsprechend der zu erzeugenden **Oberfläche, Werkzeugform** und **Kinematik des Zerspanungsvorgangs** geordnet:

- **Rundbohren** (kreiszyklindrische Innenfläche, Bohren ins Volle, Vor-, Aufbohren, Reiben);
- **Kernbohren** (ringförmiges Zerspanen, kreiszyklindrischer Kern als Rest, nur für Durchgangsbohrungen);
- **Plansenken** (senkrecht zur Drehachse liegende ebene Flächen);
- **Schraubbohren** (Innenschraubflächen);
- **Profilbohren** (rotationssymmetrische Innenflächen);
- **Reiben**

VERFAHREN

Bohren, Reiben, Senken



BOHREN



2.3 Trennen

BOHREN

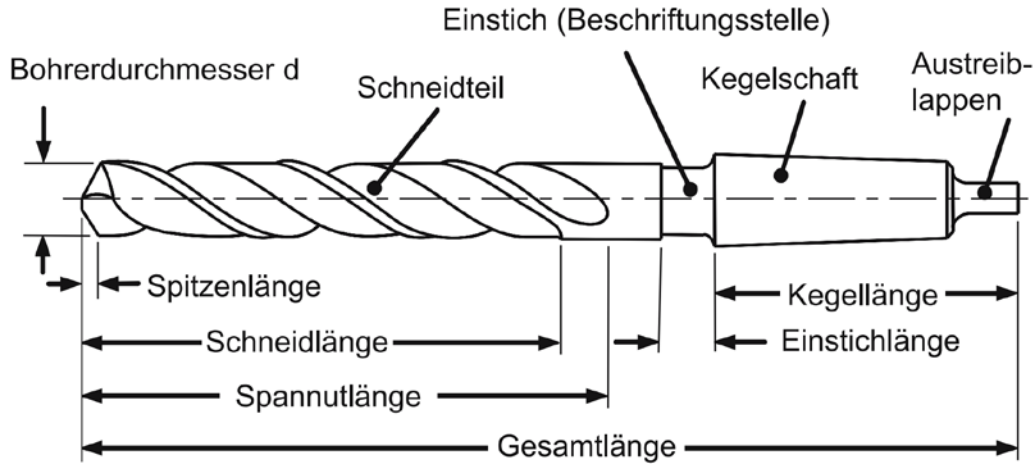
- Bis auf Null abfallende v_c in der Bohrmitte
- Schwieriger Abtransport der Späne
- Ungünstige Wärmeverteilung an der Schnittstelle
- Schwierige Prozessüberwachung (Werkzeugbrucherkennung)
- Möglichkeiten des Tieflochbohrens im Formen- und Werkzeugbau sowie bei langen Rotateilen (Rotationskörpern) bzw. Erdöl-/Erdgas-Bohrungen (Gestein)
Bohrtiefe >>> Bohrdurchmesser

Größe des Bohrer-Spitzwinkels (σ) ist werkstoffabhängig:

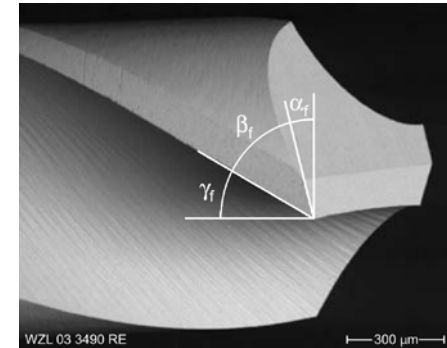
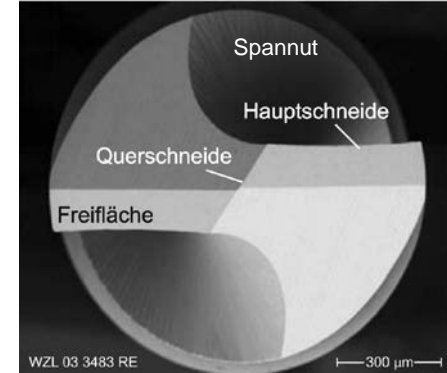
- Üblich 118°
- Kunststoff z. B. 90° (harte Kunststoffe)
- Kleiner Spitzenwinkel verbessert die Maßhaltigkeit (kein „Verlaufen“ des Bohrers)



WENDELBOHRER



γ_f Drallwinkel



2.3 Trennen

WENDELBOHRER

Je nach Bohrverfahren und Verwendungszweck haben die Bohrwerkzeuge die unterschiedlichsten Formen.

Wendelbohrer werden für das Bohren ins Volle, das Vor- und Aufbohren eingesetzt. Der Schneidenteil des Bohrers entsteht durch geeigneten Anschliff des wendelförmigen Grundkörpers. Jeder Schneidenteil besitzt eine Haupt- und Nebenschneide. Die Beziehungen der einzelnen Elemente eines Wendelbohrers sind aus dem vorhergehenden Bild ersichtlich.

Seriengefertigte Bohrwerkzeuge werden wie folgt eingeteilt:

- Art der Einspannung
- Größe des Spitzenwinkels (Stahl: 118° , Aluminium: 140° , Kunststoffe: $60 - 90^\circ$)
- Drallrichtung
- Schneidstoff

Die **Auswahl der Werkzeugmaschinen** erfolgt nach Gesichtspunkten wie: Spann-, Arbeitsbereich, Drehzahl, Genauigkeit, Automatisierungsgrad usw.

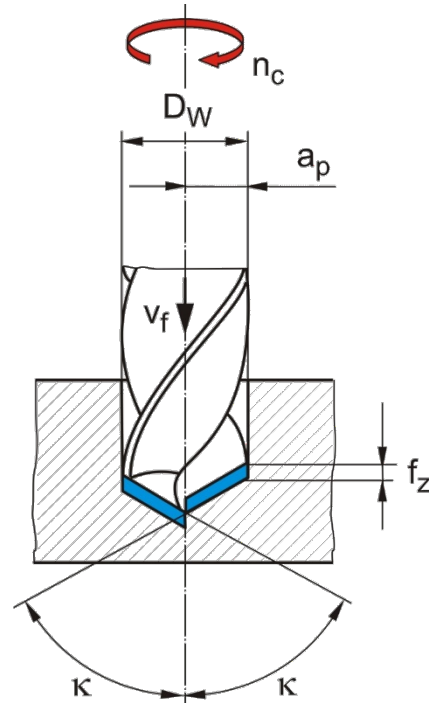
Maschinenarten sind: Tisch-, Säulen-, Ständer-, Revolver-, Mehrspindel-, Schwenk-, Koordinaten-, Fein-, Tief- und Sonderbohrmaschinen.

2.3 Trennen

TECHNOLOGISCHE KENNGRÖSSEN

Bohren ins Volle

n_c	Bohrerdrehzahl
D_w	Bohrerdurchmesser
a_p	Schnitttiefe
v_f	Vorschubgeschwindigkeit
f_z	Zahnvorschub
κ	Einstellwinkel der Hauptschneide
$2\kappa = \sigma$	Spitzenwinkel des Bohrers



$\sigma = 130^\circ$ harte Werkstoffe

$\sigma = 118^\circ$ Stahlwerkstoffe

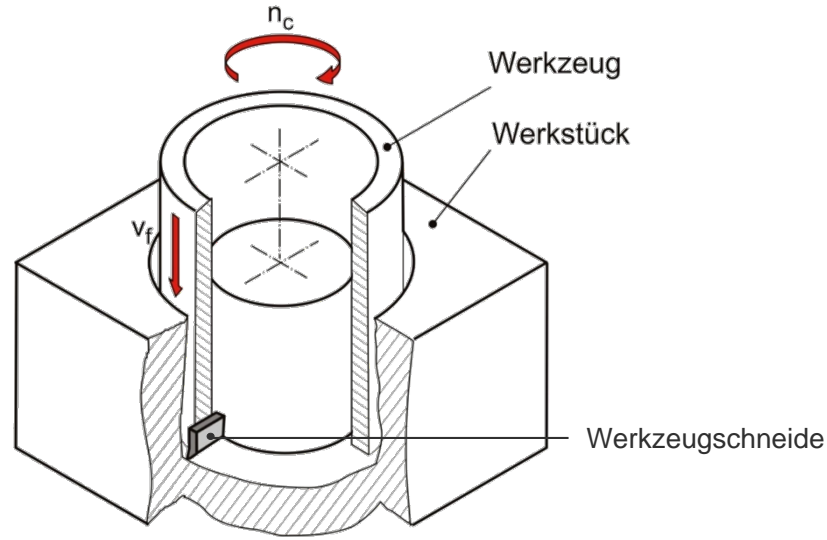
$\sigma = 90^\circ$ weiche Werkstoffe
und zum Zentrieren

2.3 Trennen

KERNBOHREN

Bsp. Holzbearbeitung

Beim Kernlochbohren wird eine zusätzliche Führung des Bohrers durch den innenliegenden Zentrierkern erreicht. Der Bohrer zerspannt den Werkstoff ringförmig.

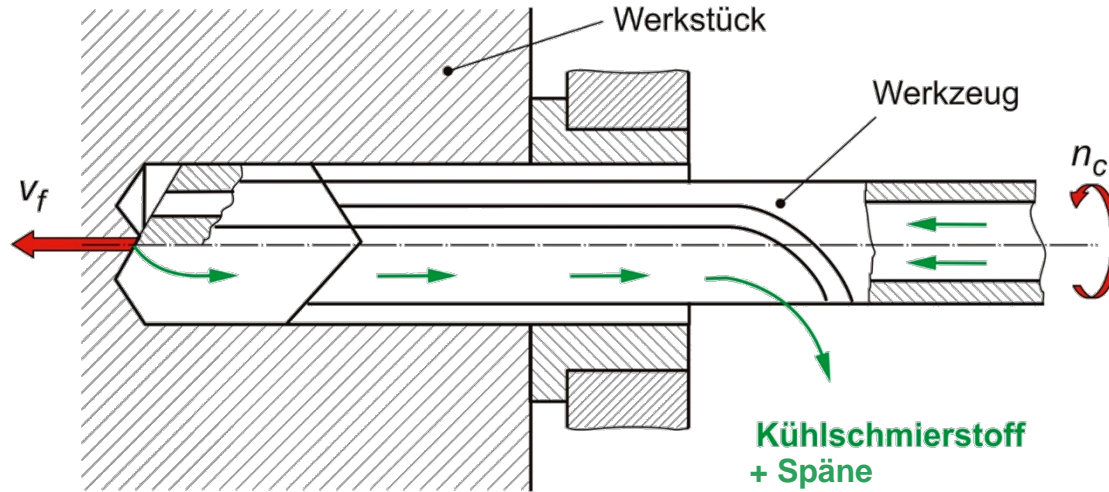


2.3 Trennen

TIEFLOCHBOHREN

Mit dem Einlippenbohrer

Das Kühlschmiermittel wird durch den Schaft des Tieflochbohrers mit Druck bis zur Bohrerschneide zugeführt und strömt zusammen mit den Spänen in einem zweiten Kanal zurück.



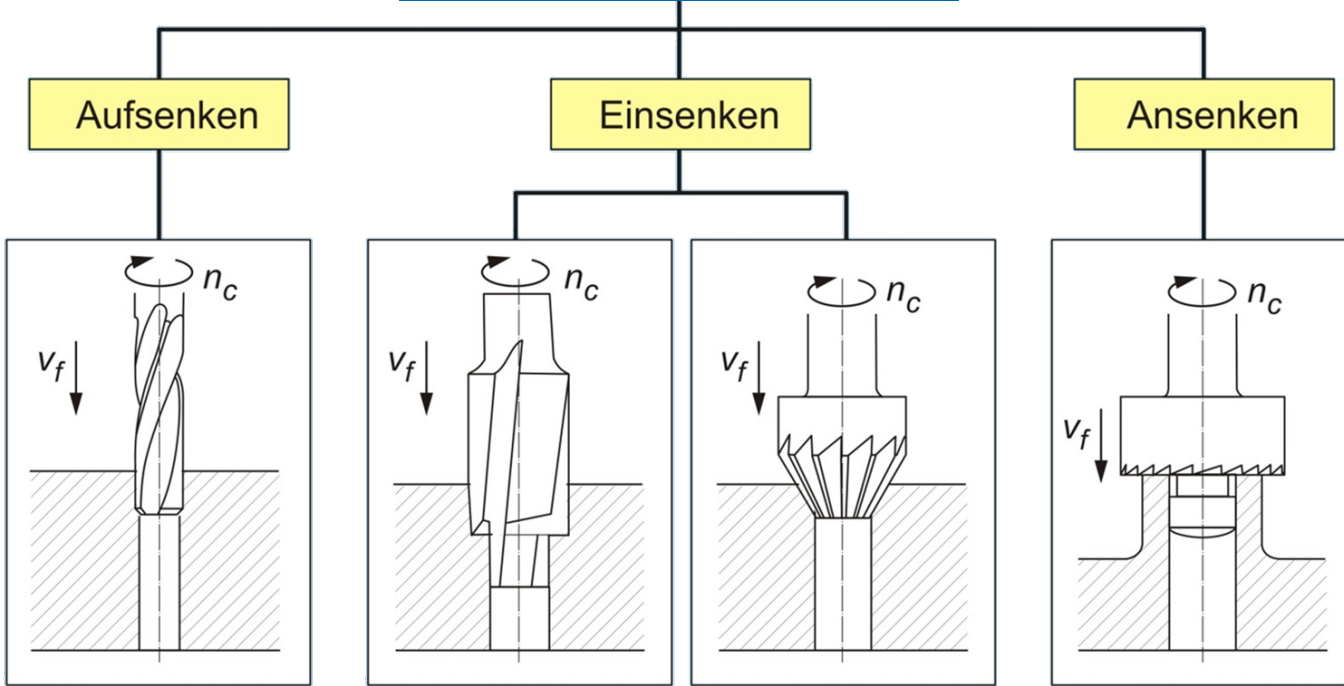


2.3 Trennen

BOTEK EINLIPPENBOHRER

SENKEN

Senkverfahren



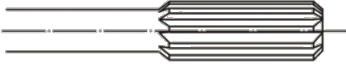


SENKEN



2.3 Trennen

REIBEN

Geometrie der Reibahlen (rechtsdrehend) in Abhängigkeit vom Werkstückwerkstoff

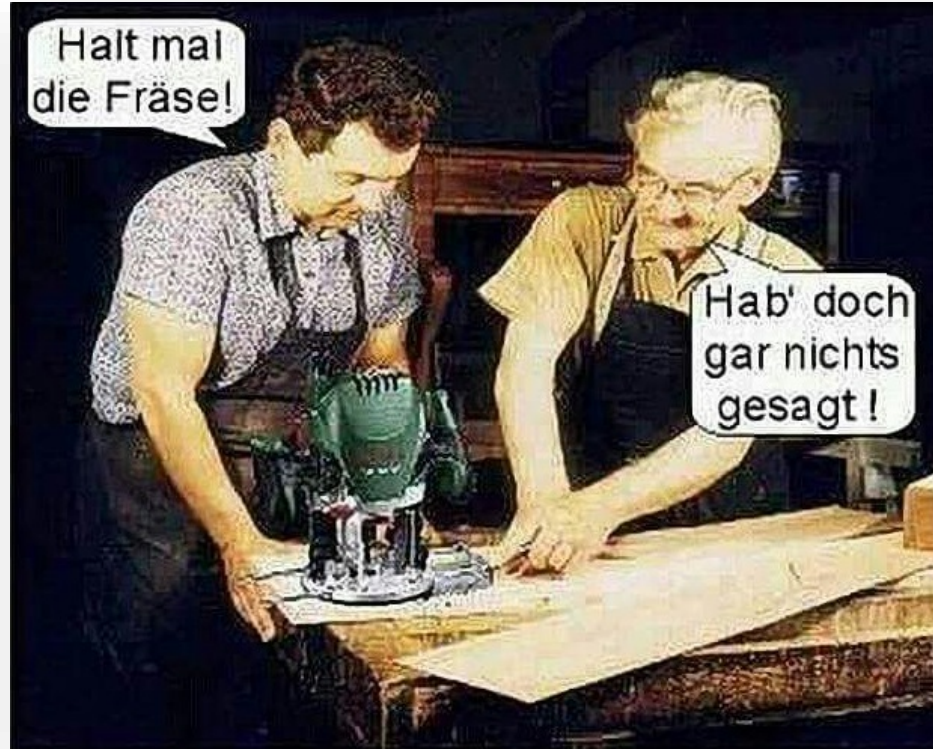
<p>geradegenutet</p> 	<p>Durchgangslöcher und Grundlöcher, für harte und spröde Werkstoffe</p>
<p>Linksdrall $\approx 7^\circ$</p> 	<p>Durchgangsbohrungen, Bohrungen mit Nuten, für weiche und langspanende Werkstoffe</p>
<p>Schälreibahle Linksdrall $\approx 45^\circ$</p> 	<p>Durchgangsbohrungen, Bohrungen mit Nuten, für weiche und langspanende Werkstoffe</p>



EINTEILUNG

Trennen

Zerteilen	Spanen mit geometrisch bestimmter Schneide	Drehen Bohren, Senken, Reiben Fräsen Hobeln, Stoßen Räumen Sägen	Abtragen	Zerlegen	Reinigen
DIN 8588	DIN 8589-0	Feilen, Raspeln Bürstspanen Schaben, Meißeln	DIN 8590	DIN 8591	DIN 8592



FRÄSEN

Definition nach DIN 8589:

Fräsen ist Spanen mit einer **kreisförmigen** und einem meist mehrzahnigen Werkzeug zugeordneten **Schnittbewegung** mit senkrecht bzw. schräg zur Drehachse des Werkzeuges verlaufender Vorschubbewegung zur Erzeugung beliebiger Werkstückoberflächen.

Die Vorschub- und/oder Zustellbewegungen werden je nach Bauart der Fräsmaschine vom Werkzeug und/oder dem Werkstück durchgeführt. Die **Schneiden der Werkzeuge befinden sich intermittierend (abwechselnd) im Eingriff**. Dabei entstehen Späne mit nicht konstanter Spannungsdicke, sog. Kommaspäne.

Eine Besonderheit der Fräsverfahren ist die **Änderung des Winkels zwischen Schnitt- und Vorschubgeschwindigkeitsvektor während der Zerspanung**.

ANWENDUNGSBEREICHE

Herstellung von:

- Werkzeugen (Umformgesenke, Spritzgusswerkzeuge,...)
- Komplex geformten Teilen (z. B. Motorengehäuse, Getriebegehäuse)
- Verzahnungen, Getriebebeschnecken
- ...

Werkstoffe:

Stahl, Alu, Messing, Magnesium, Graphit für Elektrode, Kunststoffe usw.

BEISPIEL: IMPELLER FRÄSEN

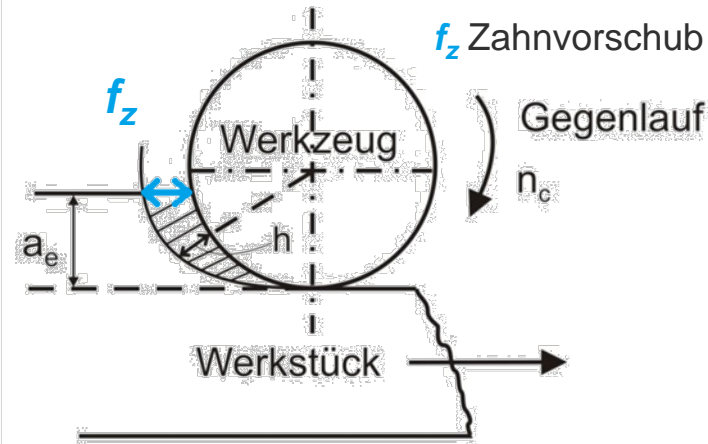


2.3 Trennen

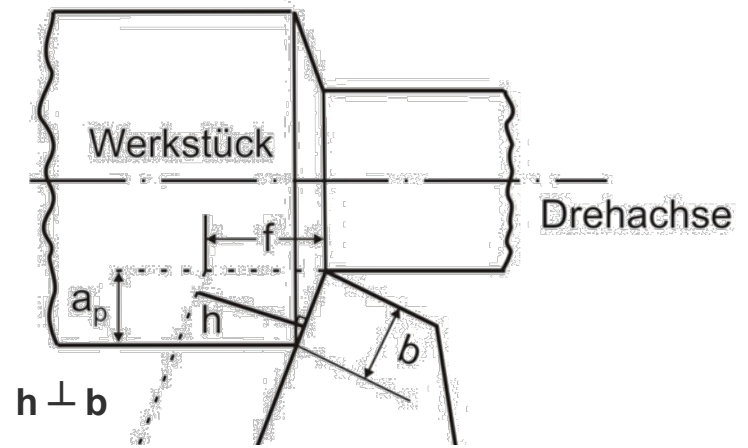
BESONDERHEITEN BEIM FRÄSEN

- Schneiden nicht ständig im Eingriff: unterbrochener Schnitt
 - Hohe Anforderung an Schneidstoff bzgl. thermischer Wechselbeanspruchung
- Spanungsdicke h verändert sich mit Eingriffswinkel des Werkzeugs

Fräsen: h ist werkzeughmesserabhängig



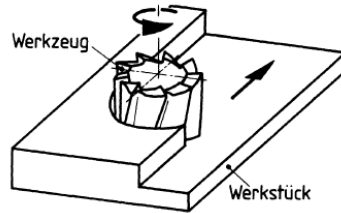
Vgl. Drehen: $h = \text{konst.}$ ($h \sim f$)



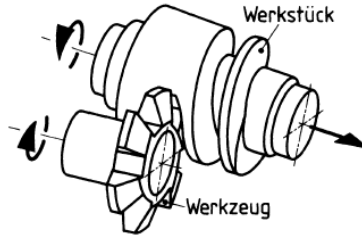
2.3 Trennen

FRÄSVERFAHREN NACH DIN8589-3

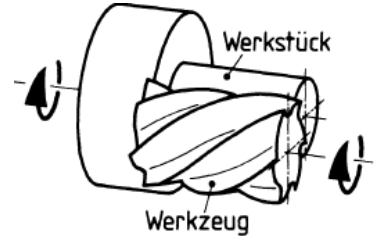
Planfräsen



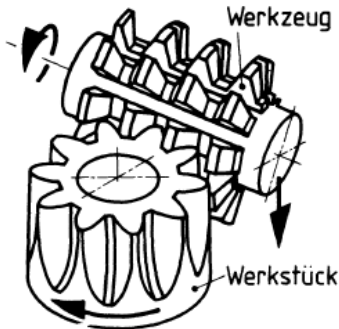
Schraubfräsen



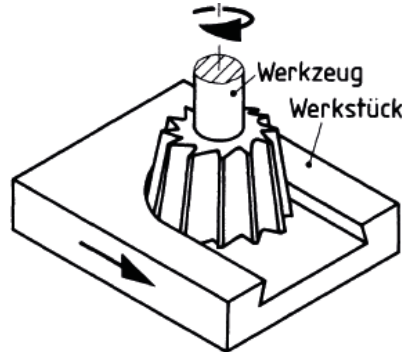
Rundfräsen



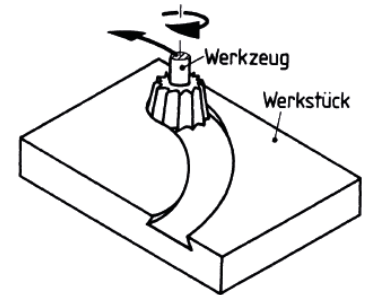
Wälzfräsen



Profilfräsen



Formfräsen

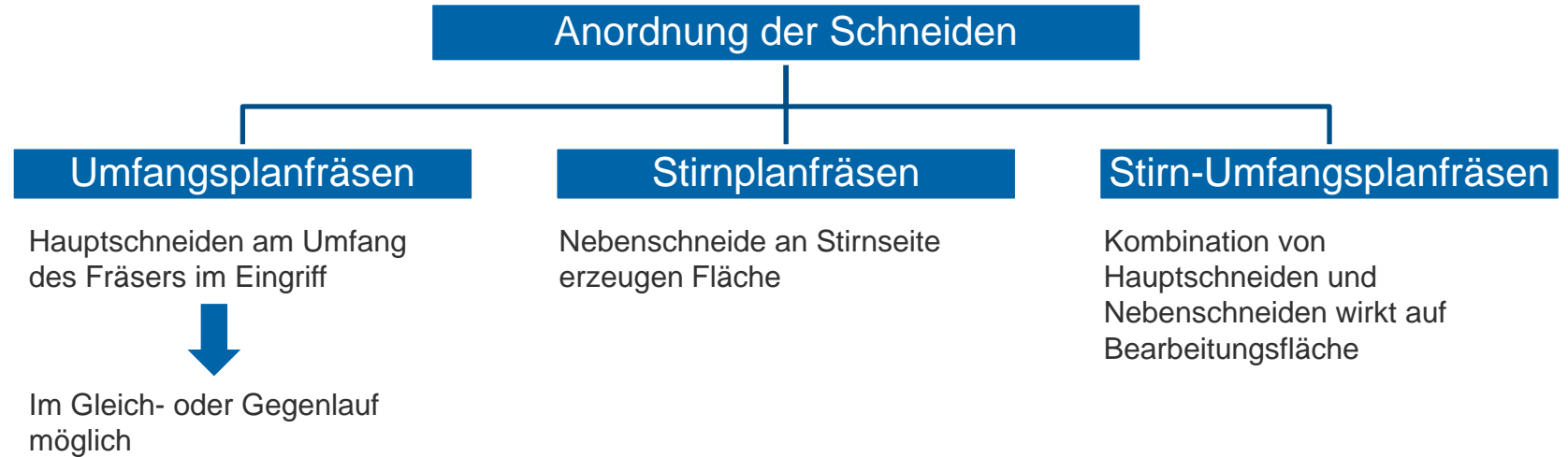


2.3 Trennen

PLANFRÄSEN

Definition:

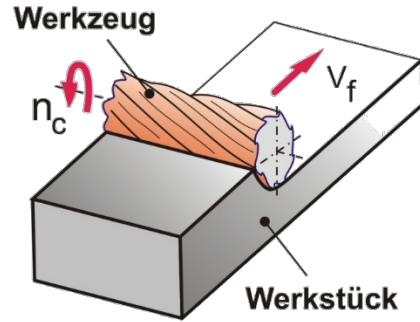
- Geradlinige Vorschubbewegung meist \perp zur Drehbewegung(-achse) des Werkzeuges
- Erzeugen ebener Flächen



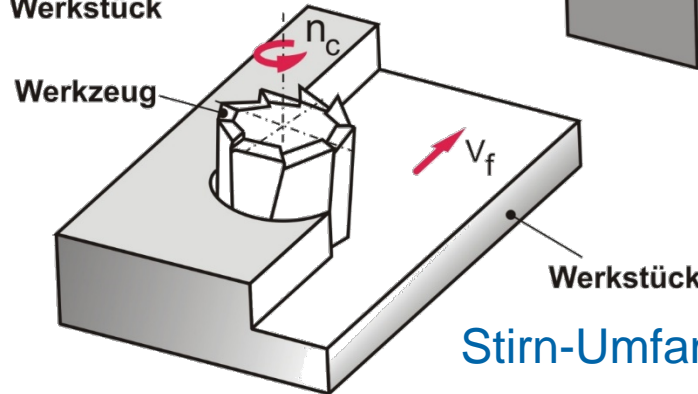
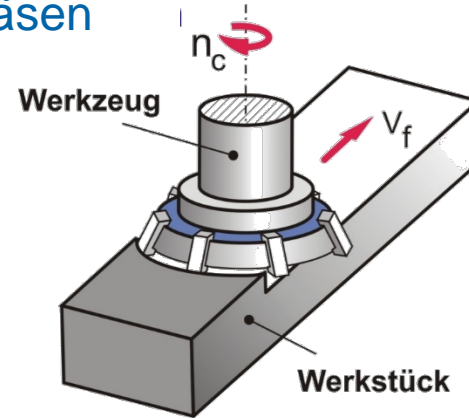
2.3 Trennen

PLANFRÄSVERFAHREN

Umfangs-Planfräsen



Stirn-Planfräsen

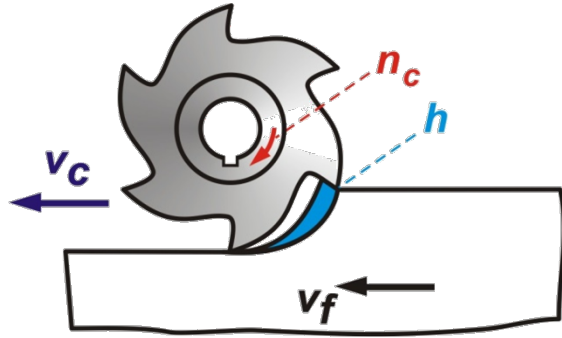


Stirn-Umfangs-Planfräsen

2.3 Trennen

UMFANGSPANFRÄSEN

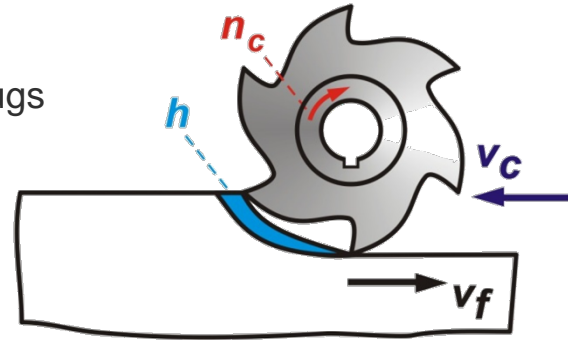
Unterschied zwischen Gleichlauf- und Gegenlauffräsen



Gleichlauffräsen

Schnittgeschwindigkeit vom Werkzeug v_c und Vorschubgeschwindigkeit v_f vom Werkstück sind **gleichgerichtet**

n_c Drehzahl des Schneidwerkzeugs



Gegenlauffräsen

Schnittgeschwindigkeit vom Werkzeug v_c und Vorschubgeschwindigkeit v_f vom Werkstück sind **gegengerichtet**

Spanungsdicke h ist beim Anschnitt **Null**

2.3 Trennen

UMFANGSPLANFRÄSEN

Unterschied zwischen Gleichlauf- und Gegenlaufräsen

Gleichlaufräsen

Vorteile:

- Zerspanung beginnt mit max. Spannungsdicke h , Schnittkraft nimmt schrittweise ab (bis auf Null); Spannbildung erfolgt mit weniger plastischen Umformungen
- i. R. bessere Oberflächengüte durch Ausschnitt mit $h = 0$
- Geringere „Ratterneigung“ (experimentell Ermittelt)

Nachteile:

- Schnittkraft ist gegen Maschinentisch gerichtet
- spielfreier Vorschubantrieb erforderlich

Gegenlaufräsen

Vor- und Nachteile vom **Gleichlaufräsen** kehren sich um

2.3 Trennen

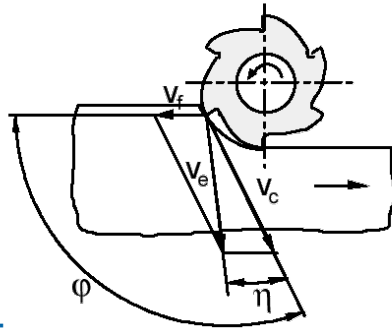
UMFANGSPANFRÄSEN



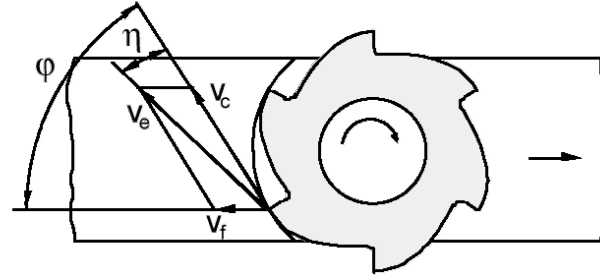
2.3 Trennen

GEOMETRIEN

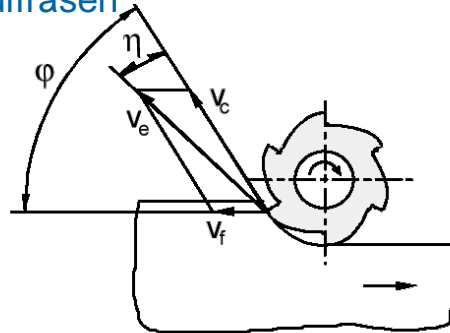
Gleichlaufräsen



Stirnfräsen



Gegenlaufräsen



- v_f Vorschubgeschwindigkeit
- v_e Wirkgeschwindigkeit
- v_c Schnittgeschwindigkeit
- ϕ Vorschubrichtungswinkel
- η Wirkrichtungswinkel

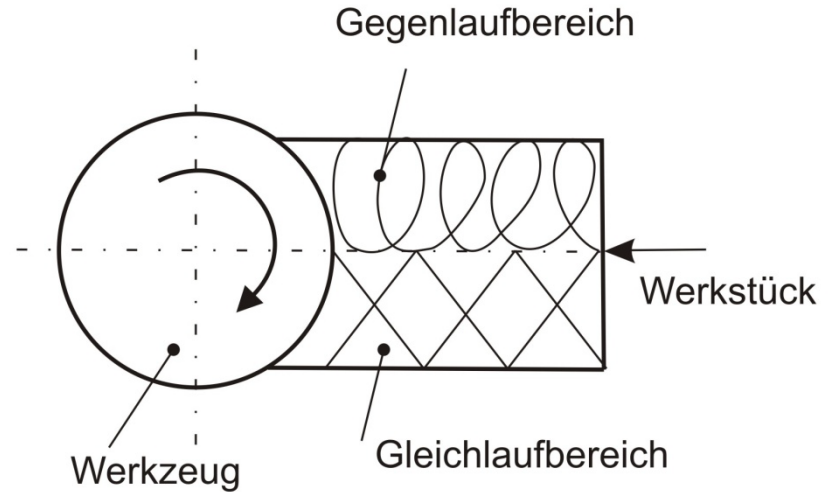
2.3 Trennen

STIRNFRÄSEN

Gleich- und Gegenlauf kombiniert

Vorteile:

- Gleichmäßigere Maschinenbelastung
- Ruhiger Lauf
- Bessere Maßhaltigkeit
IT8 Umfangsfräsen
IT6 Stirnfräsen
→ IT6 ist besser als IT8
- Geringerer Verschleiß



2.3 Trennen

DREHFRÄSEN

→ Herstellung kreiszylindrischer Flächen

Besonderheiten:

- Langsam rotierendes Werkstück mit vergleichsweise schnell rotierendem Werkzeug im Eingriff
- Linearbewegung des Werkzeuges = Vorschubbewegung

Verfahrensmodifikation:

1. Achsparalleles Drehfräsen

Achsanordnung von Werkstück und Werkzeug parallel: Außen- und Innenbearbeitung möglich

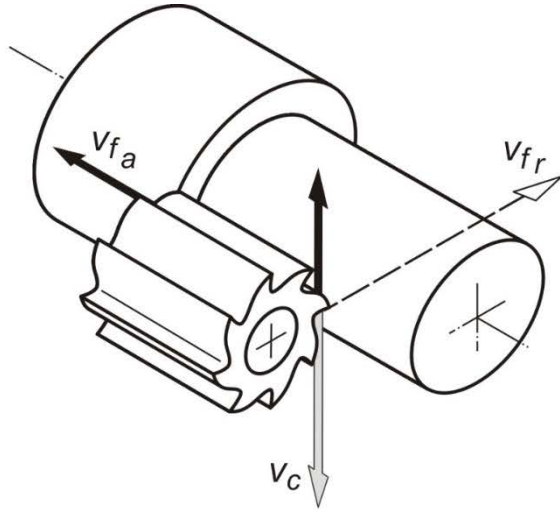
2. Orthogonales Drehfräsen oder Stirnfräsen

Achsanordnung senkrecht

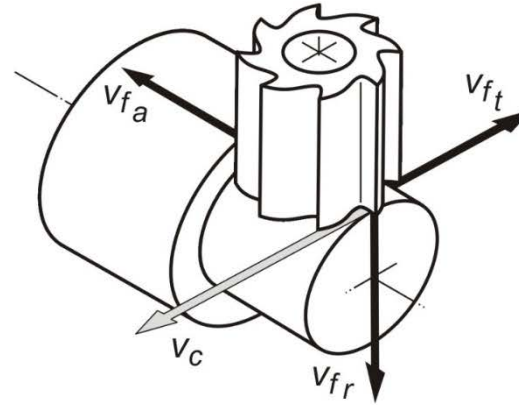
Außenbearbeitung (siehe Niles Simmons, Folie 38)

2.3 Trennen

DREHFRÄSEN



achsparell



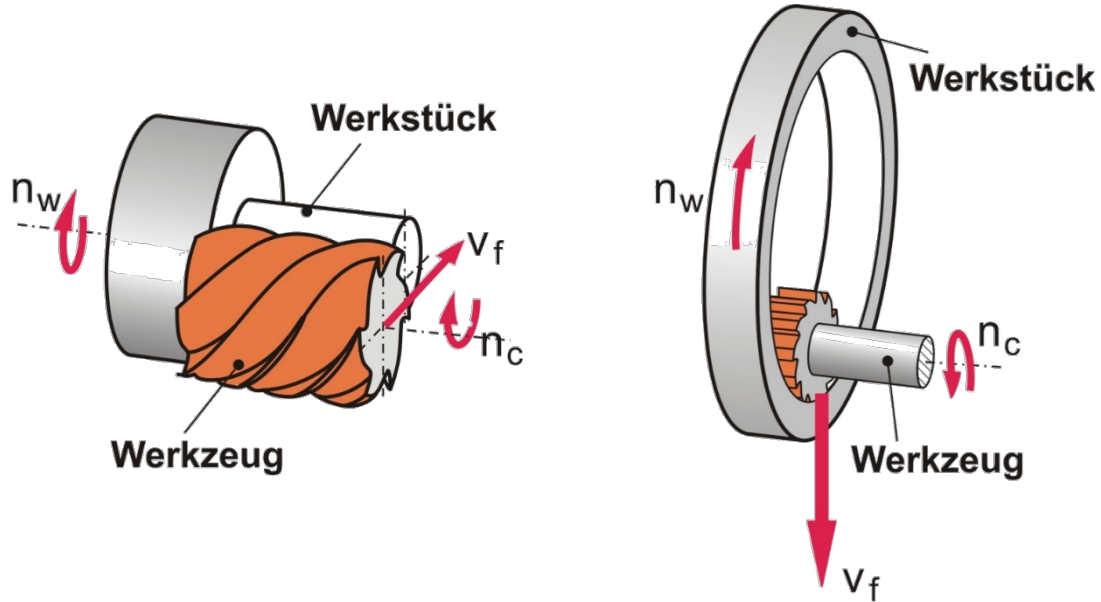
orthogonal

- v_{fa} : axiale Vorschubgeschwindigkeit
- v_{fr} : radiale Vorschubgeschwindigkeit
- v_{ft} : tangentielle Vorschubgeschwindigkeit

2.3 Trennen

DREHFRÄSEN - ACHSPARALLEL

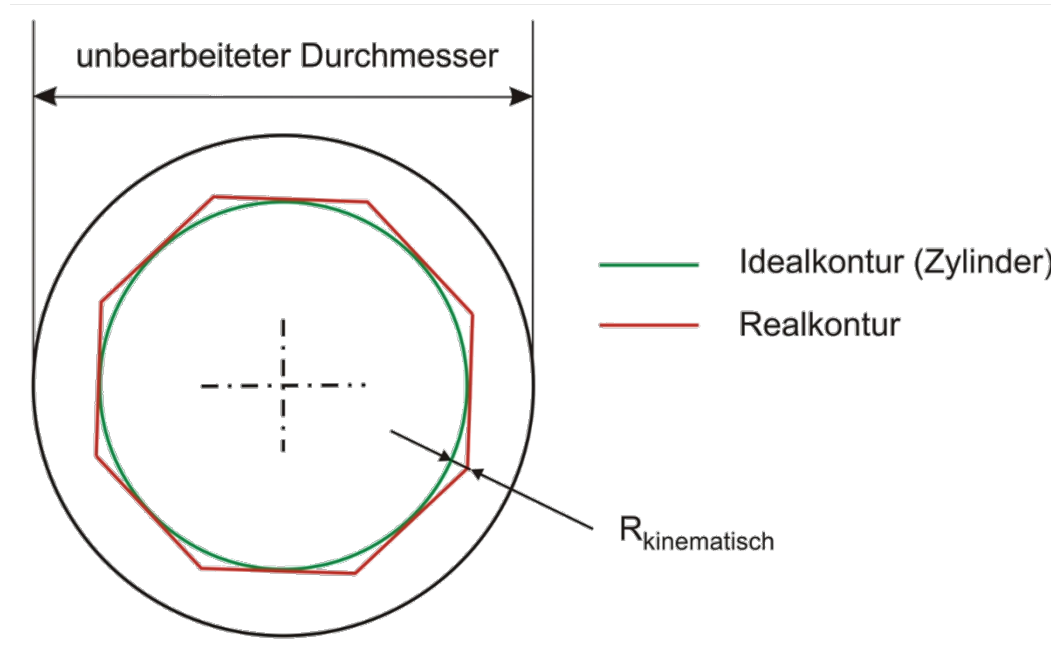
Außen- und innenbearbeitung



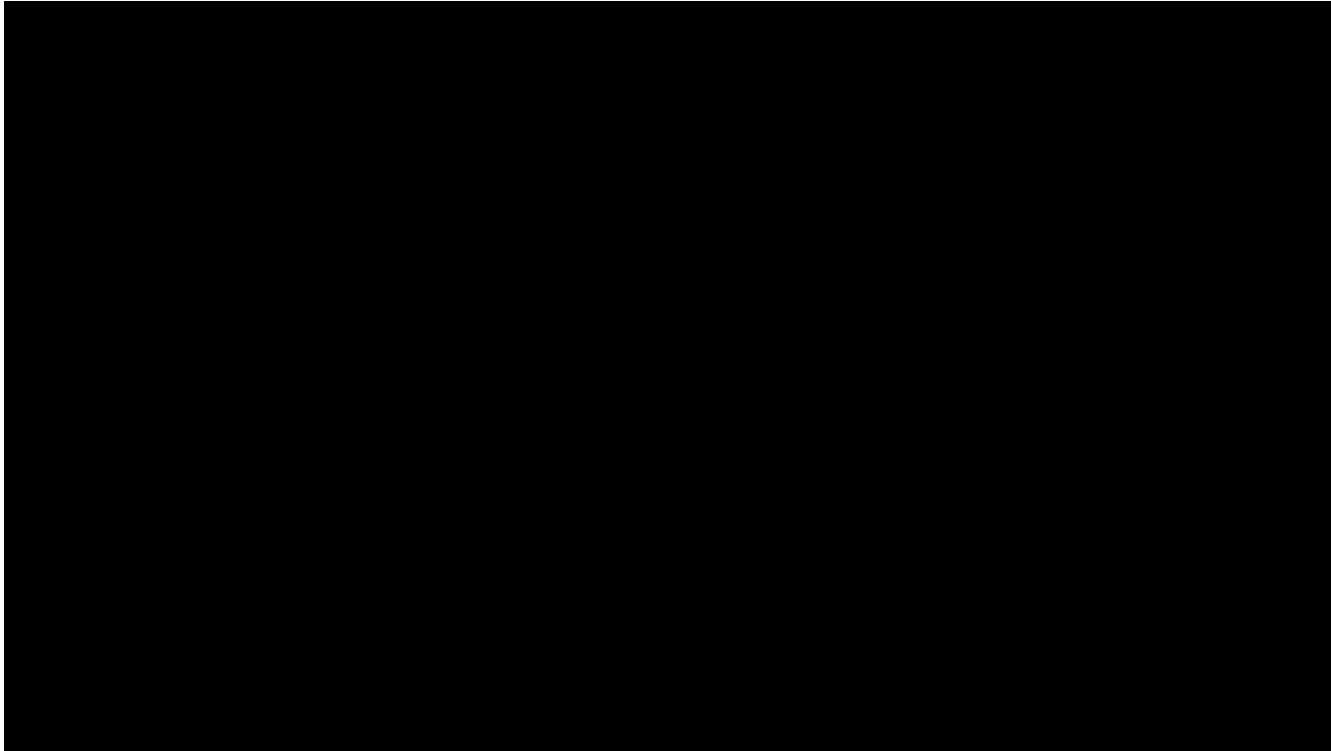
2.3 Trennen

DREHFRÄSEN - ORTHOGONAL

→ Durch den unterbrochenen Schnitt entsteht eine facettierte Oberfläche



DREHFRÄSEN



2.3 Trennen

VORTEILE DES DREHFRÄSEN

Herstellung rotationssymmetrischer Körper durch Verfahren mit unterbrochenem Schnitt (→ Fräsverfahren)

- Geringe thermische Belastung der Schneide
- Geringe thermische Belastung / Beeinflussung der Werkstückrandzone
- Keine Wirrspannbildung, einfachere Späneentsorgung
- Verminderter Einsatz von Kühlschmiermittel
- **Niedrige Drehzahl des Werkstückes**
 - Bearbeitung schwerer und Unwucht behafteter Werkstücke

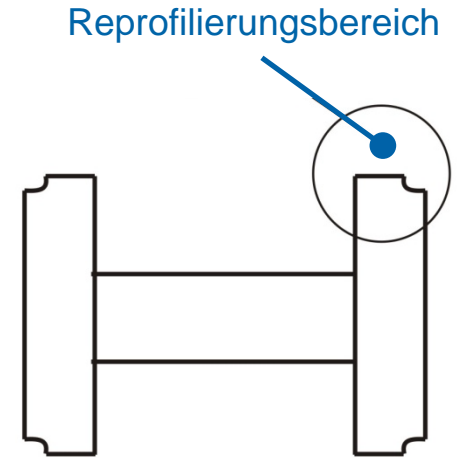
2.3 Trennen

ANWENDUNG

Radsatzbearbeitung (Straßenbahnen, Züge)

Drei Technologien zur Reprofilierung:

1. **Rund-/Formdrehen:**
Für alle Fahrzeuge (S-Bahn, U-Bahn, Lokomotiven)
2. **Orthogonales Drehfräsen:**
Für leichte Fahrzeuge im Niederflurbereich (S-Bahn, U-Bahn, Straßenbahn)
3. **Vollprofilfräsen:**
Für alle Fahrzeuge (S-Bahn, U-Bahn, Lokomotiven)



2.3 Trennen

WEITERE ANWENDUNGEN DES DREHFRÄSENS

- Komplettbearbeitung großer / schwerer Schmiedestücke mit ausgewählten Formelementen (z. B. Exzenter) durch orthogonales Drehfräsen oder Druckzylinder in der Druckindustrie z. B. Kupfertiefdruckzylinder bis 4,5 m Länge
- Radsatzbearbeitung: Reprofilierung
- Anlagenbau: großvolumige Teile z. B. Reaktorbehälter (Mantelflächen)
- Extruderschnecken: Komplettbearbeitung in einer Aufspannung (Vor- und Endbearbeitung)
- Schleifringe für Elektromotoren
- Große Kurbelwellen: Lagersitze

2.3 Trennen

VERFAHREN: ORTHOGONALES DREHFRÄSEN

Dresdener Verkehrsbetriebe
Unterflurbearbeitung
Radsatz eingespannt

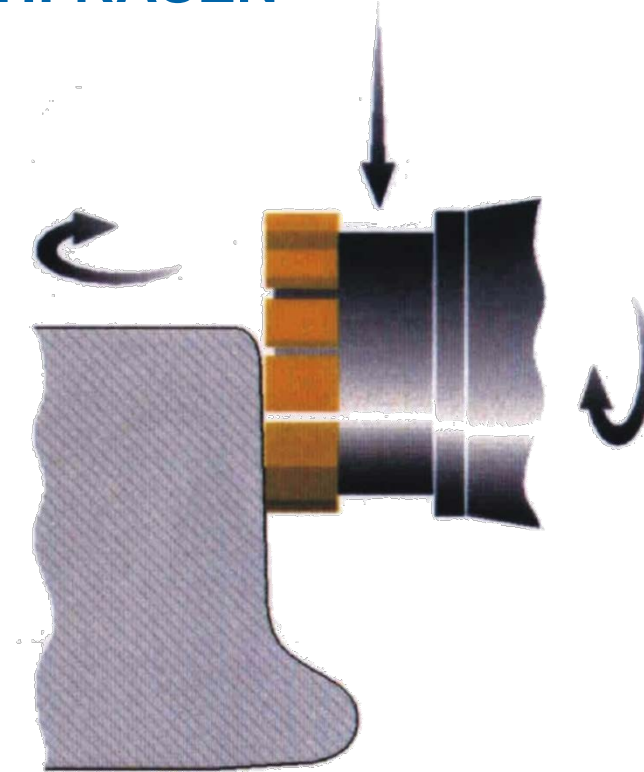


2.3 Trennen

ORTHOGONALES DREHFRÄSEN

Anwendung:

- S-Bahn
- Straßenbahn



VGL: CNC-DREHEN

Unterflurbearbeitung nach der
Technologie der Niles-Simmons
GmbH Chemnitz

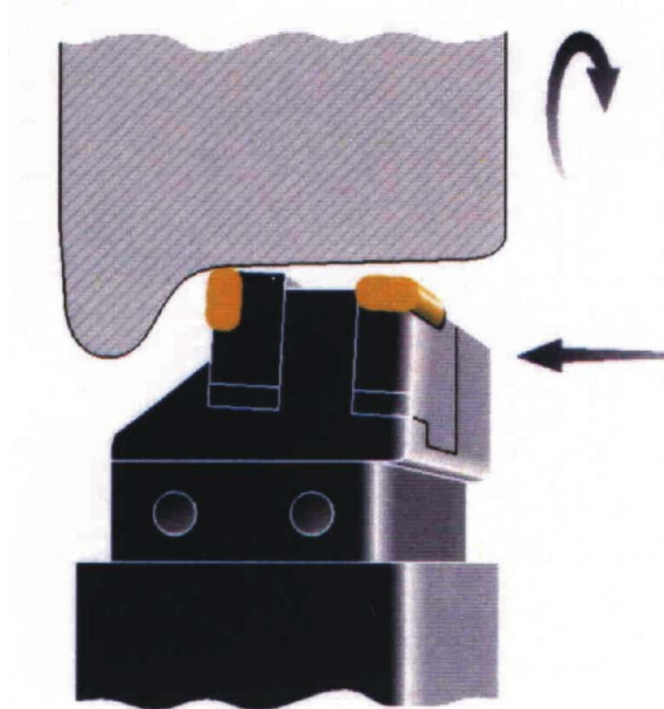


2.3 Trennen

CNC-DREHEN

Anwendung:

- S-Bahn
- Straßenbahn



2.3 Trennen

VERFAHREN: VOLLPROFILFRÄSEN

**Maschine UPM2-M
Niles-Simmons GmbH**

- Washington D. C.
- Tandemausführung für High Speed Train
- Eine Maschine auf Unterbett komplett verschiebbar, weil unterschiedliche Radabstände



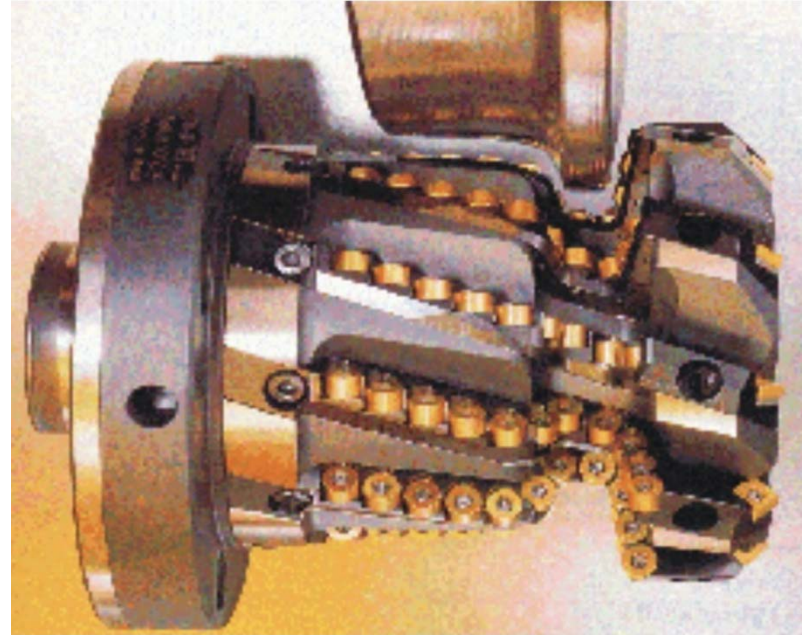
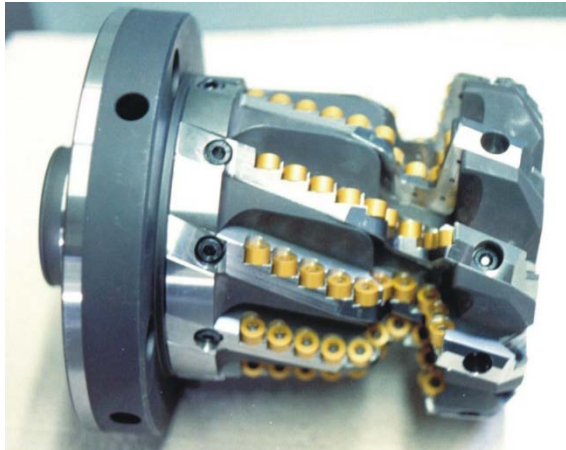
2.3 Trennen

VOLLPROFILFRÄSEN

Achsparell

Anwendung:

- Hochgeschwindigkeitszüge
- Lokomotiven
- U-/S-Bahn



2.3 Trennen

VORTEILE DER FRÄSBEARBEITUNG VON RADSÄTZEN

Dreh- und Profilfräsen

- Weniger Wartungszeiten für Reprofilierung
- Geeignet für Niederflurfahrzeuge
- Hohe Prozesssicherheit durch kurze Späne (sicherer Spanbruch)
- Ausreichend Oberflächengüte und Verfestigung
- Integration von Messeinrichtungen für Messen des Radsatzes vor und nach der Bearbeitung

2.3 Trennen

SCHRAUBFRÄSEN

Definition:

- Oft mit wendelförmiger Vorschubbewegung
- Erzeugen schraubenförmiger Flächen

Man unterscheidet:

Kurzwendefräsen

- Mehrprofiliger Fräser
- Werkzeugachse parallel zur Werkstückachse
- Vorschub entspricht Gewindesteigung pro Umdrehung
- Gewindelänge entspricht Fräserbreite d. h. zur Gewindeherstellung ist nur eine Umdrehung notwendig (konkurriert mit Gewindestrehlen (Drehverfahren))

Langwendefräsen

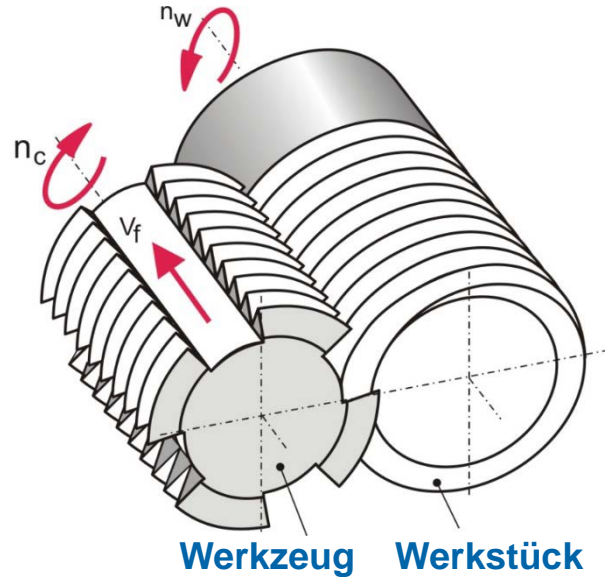
- Zylinderschneckenfräsen mit einprofiligen Werkzeugen
- Gewindewirbeln außen mit innenverzahntem Werkzeug

2.3 Trennen

SCHRAUBFRÄSEN - KURZGEWINDEFÄSEN

Werkstück führt langsam eine 360°-Drehung aus. Dabei bewegt sich der rotierende Fräser um eine Gewindesteigung in Vorschubrichtung.

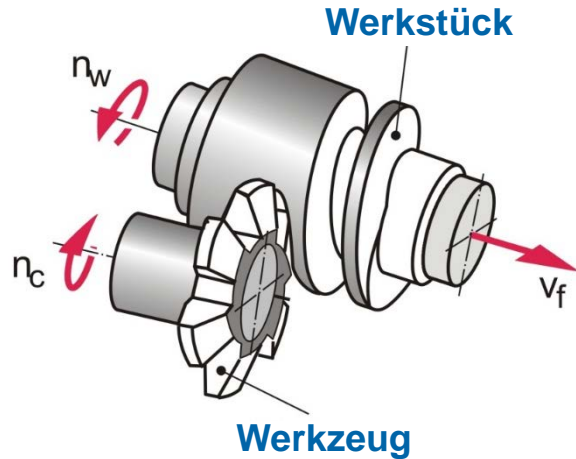
Maximale Gewindebreite entspricht Fräserbreite (Rechtsgewinde)



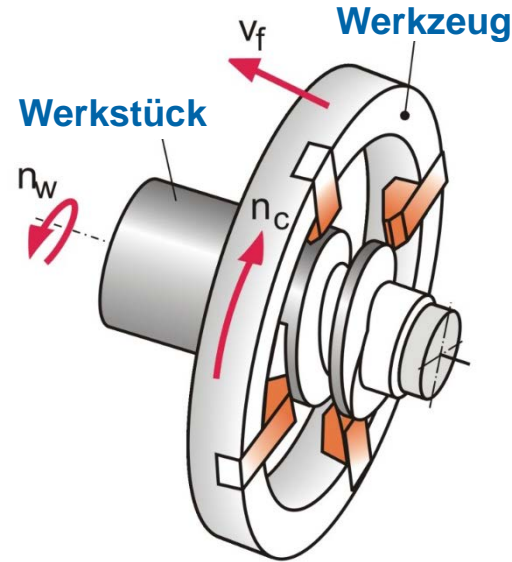
2.3 Trennen

SCHRAUBFRÄSEN - LANGGEWINDEFÄSEN

Zylinderschneckenfräsen:
„Rechtsgewinde“



Gewindewirbeln:
„Rechtsgewinde“



2.3 Trennen

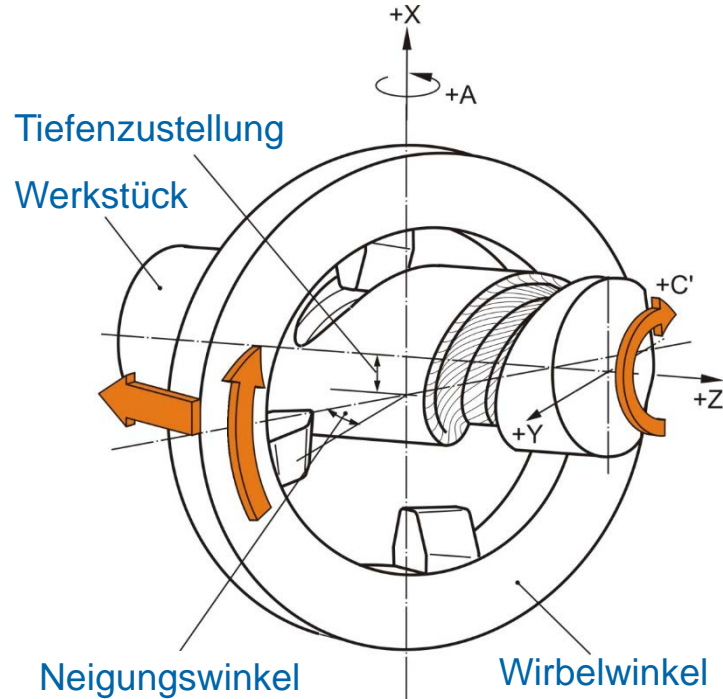
GEWINDEWIRBELN

Sonderform des Fräsens

Außenwirbeln: Fräsen mit innenverzahnten Fräsern

- Wirbelwerkzeug kreist zentrisch mit hoher Drehzahl um das langsam rotierende Werkstück
- Werkzeug wird entsprechend Gewinde- / Wendelsteigung schräg angestellt (NC-gesteuert)
- z. B. - Getriebeschnecken
 - Kieferschrauben (mit Spezialgewinde für Zahnimplantate)

ACHSANORDNUNG BEIM AUSSENWIRBELN



2.3 Trennen

BEISPIELE: AUSSENWIRBELN

Herstellung von **Klein – Getriebeschnecken** durch Wirbeln ergibt wirtschaftliche Vorteile:

- Kurze Taktzeit
- Hohe Profil- und Steigungsgenauigkeit
- Kurze Rüst- und Werkzeugwechselzeiten
- Hohe Werkzeugstandzeit
- Problemlose Späneentsorgung
- Automatisches Be- und Entladen
- Wirbeln in einer Aufspannung mit Entgraten oder Polieren



BEISPIELE: AUSSENWIRBELN

Herstellung von Schneckenwellen



BEISPIELE: AUSSENWIRBELN



WÄLZFRÄSEN

Definition:

Fräswerkzeug mit Bezugsprofil führt mit Vorschubbewegung simultane Wälzbewegung mit Werkstück aus.

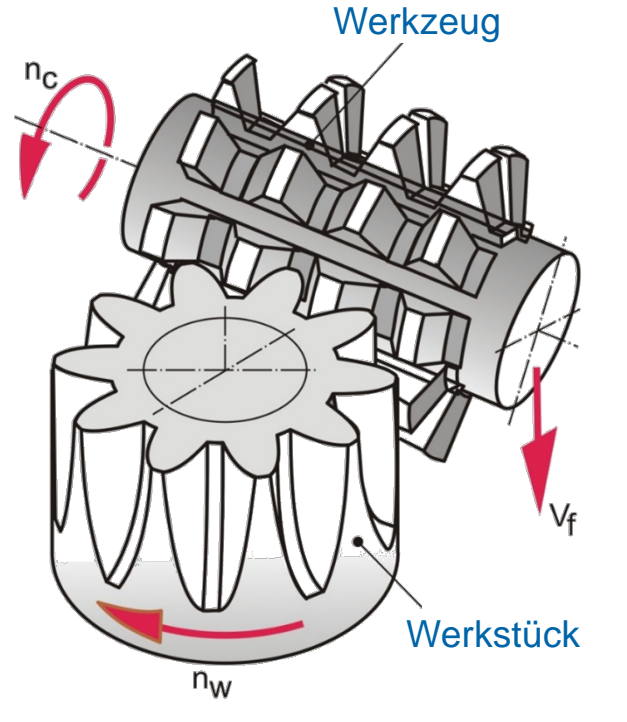
Wichtigste Verfahren für Verzahnungen:

Werkzeug und Werkstück wälzen sich gegeneinander ab, ähnlich wie Schnecke mit Schneckenrad im Schneckenradgetriebe

- Durch Spannuten unterbrochene Schnecke → entspricht Werkzeug
- Schneckenrad: zu fertigendes Teil

2.3 Trennen

WÄLZFRÄSEN: KINEMATIK



Werkzeug mit Bezugsprofil (besitzt Steigung) und simultaner Wälzbewegung und Spannuten

BEISPIELE: WALZFRÄSEN

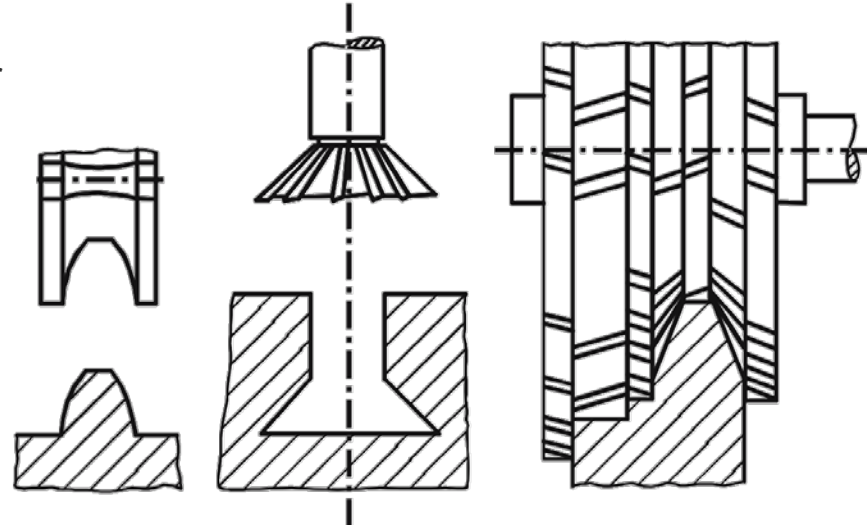


PROFILFRÄSEN

Profilfräsen ist Fräsen mit Formwerkzeugen zur Erzeugung von profilierten Flächen, z. B. beim Fräsen von Nuten, Radien, Zahnrädern und -stangen sowie Führungsbahnen.

→ **Werkzeug enthält herzustellende Form**

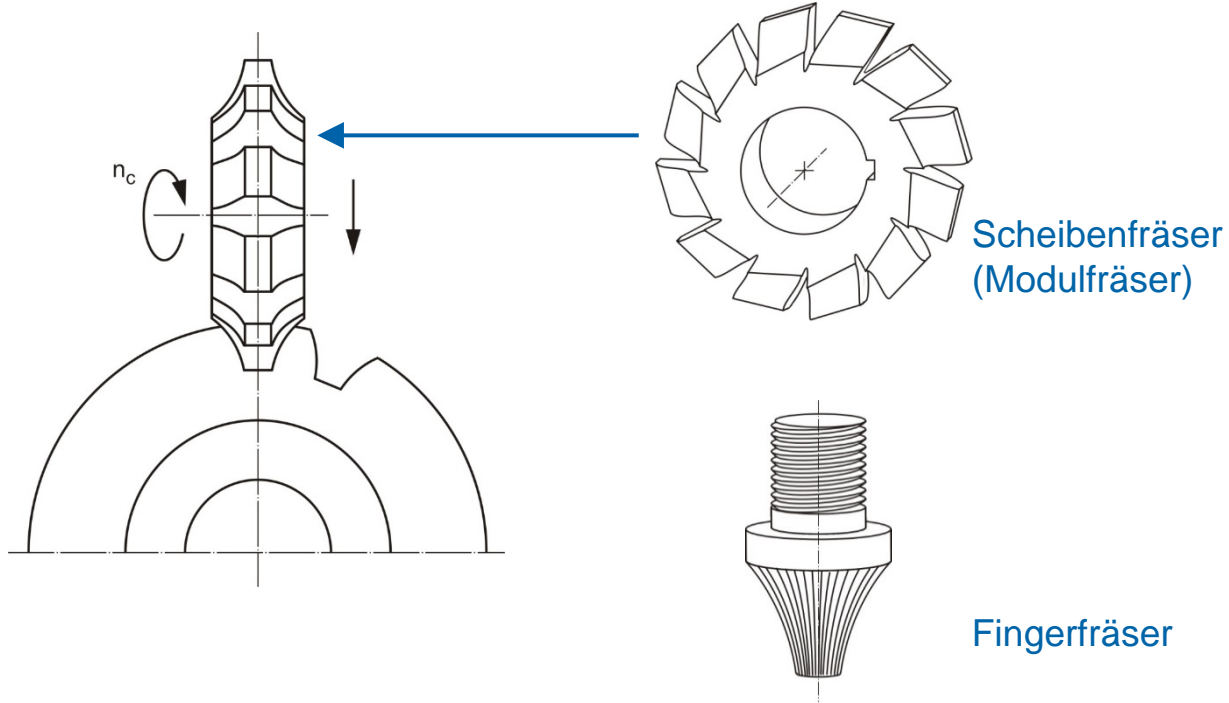
Die Profilfräswerkzeuge sind der Form des zu erzeugenden Profils angepasst. Daraus ergibt sich in den meisten Fällen ein Stirn-Umfangfräsen. Die Werkzeuge sind einteilig (Formfräser) oder mehrteilig (Satzfräser) ausgeführt.



Formfräser

Satzfräser

VERZÄHNUNG MITTELS PROFILFRÄSEN

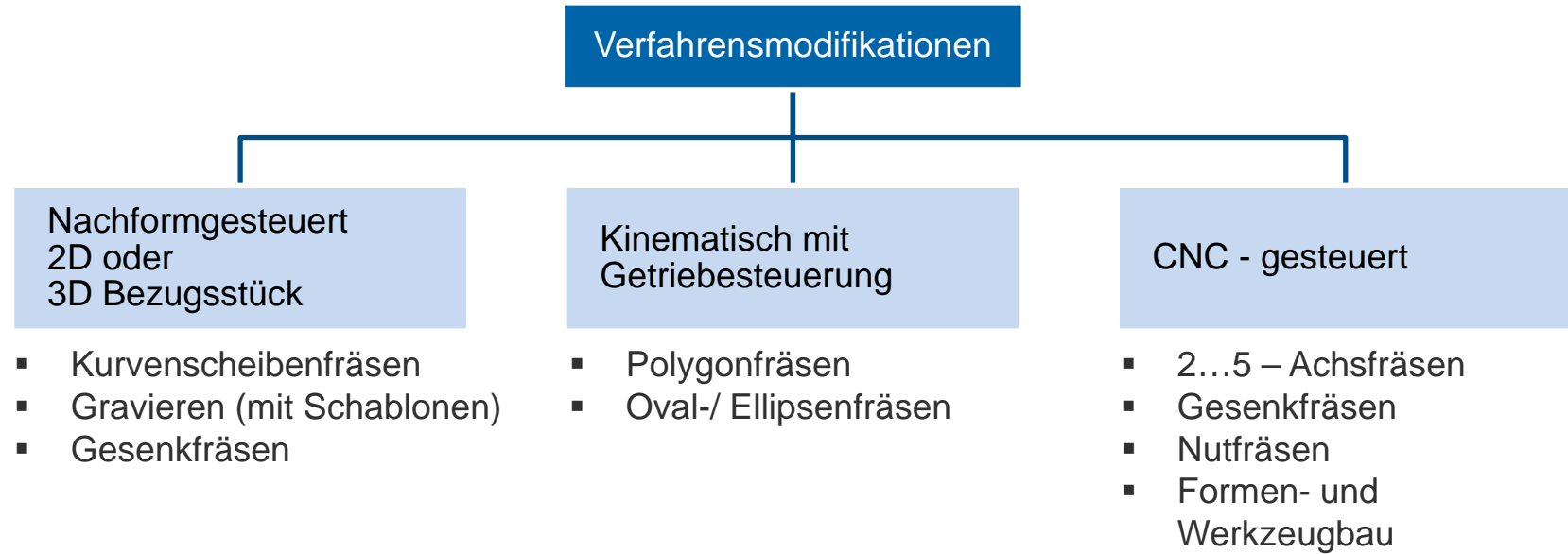


2.3 Trennen

FORMFRÄSEN

Definition:

Fräsen mit gesteuerter Vorschubbewegung (siehe auch Drehen)



2.3 Trennen

FORMFRÄSEN

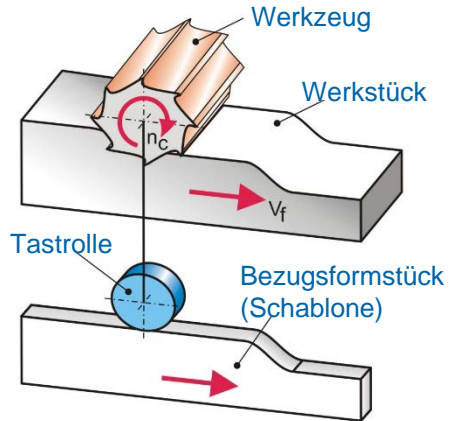
Anwendung:

i.d.R. **CNC** – gesteuertes, flexibles Fertigungsverfahren

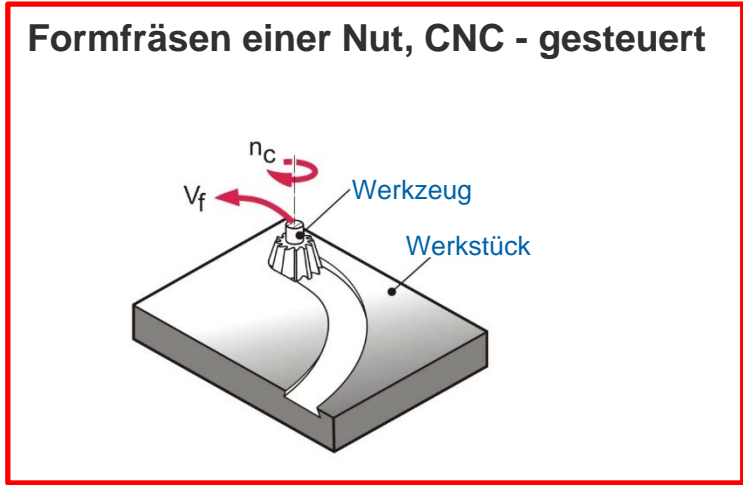
Wichtigstes Verfahren im Formen- und Werkzeugbau!

- z. B. - Tiefziehwerkzeuge für Karosserieumformung (Blechverarbeitung)
- Spritzgusswerkzeuge im Kunststoffbereich

Nachformfräsen mit 2D-Bezugsstück



Formfräsen einer Nut, CNC - gesteuert

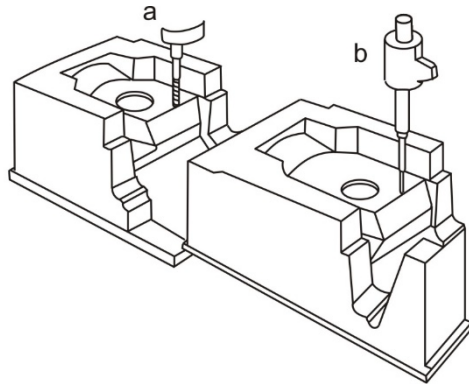


2.3 Trennen

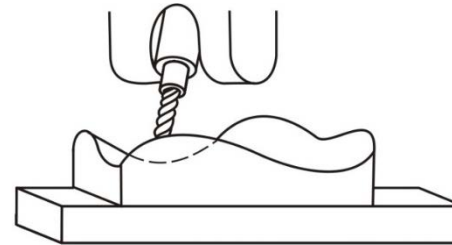
KOPIERFRÄSEN UND CNC-FRÄSEN

Fräsen eines Modells auf einer Nachformmaschine mit Kopierfühler

- a) Kopierfräsen
- b) Modellkopierfühler



Fräsen eines Modells auf einer Vertikal / Horizontal-Bohr- und Fräsmaschine mit fünf CNC-gesteuerten Achsen



2.3 Trennen

FORMFRÄSVERFAHREN

In Abhängigkeit von der Anzahl interpolierender NC – Achsen

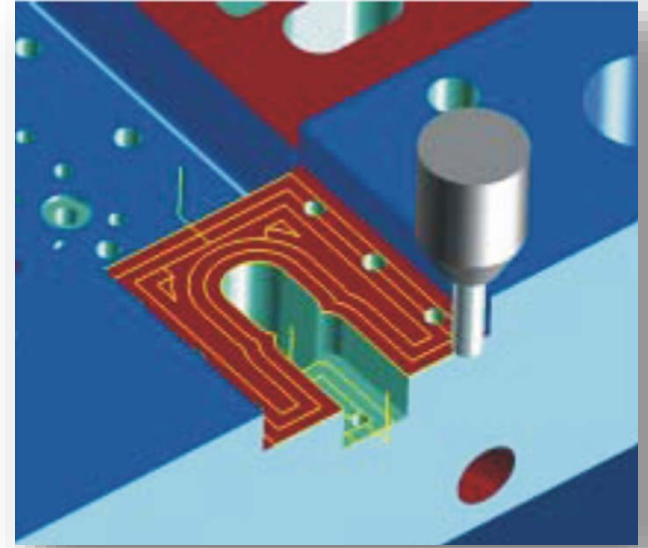
- 2D – Fräsen durch eine Interpolation von 2 NC – Achsen
- 3D – Fräsen durch eine Interpolation von 3 NC – Achsen
- 3D – Fräsen durch eine Interpolation von 3 NC – Achsen und 2 Zusatzachsen (3 + 2 – Achsfräsen)
- 3D – Fräsen durch eine Interpolation von 5 NC – Achsen (5 Achs – Fräsen)

2.3 Trennen

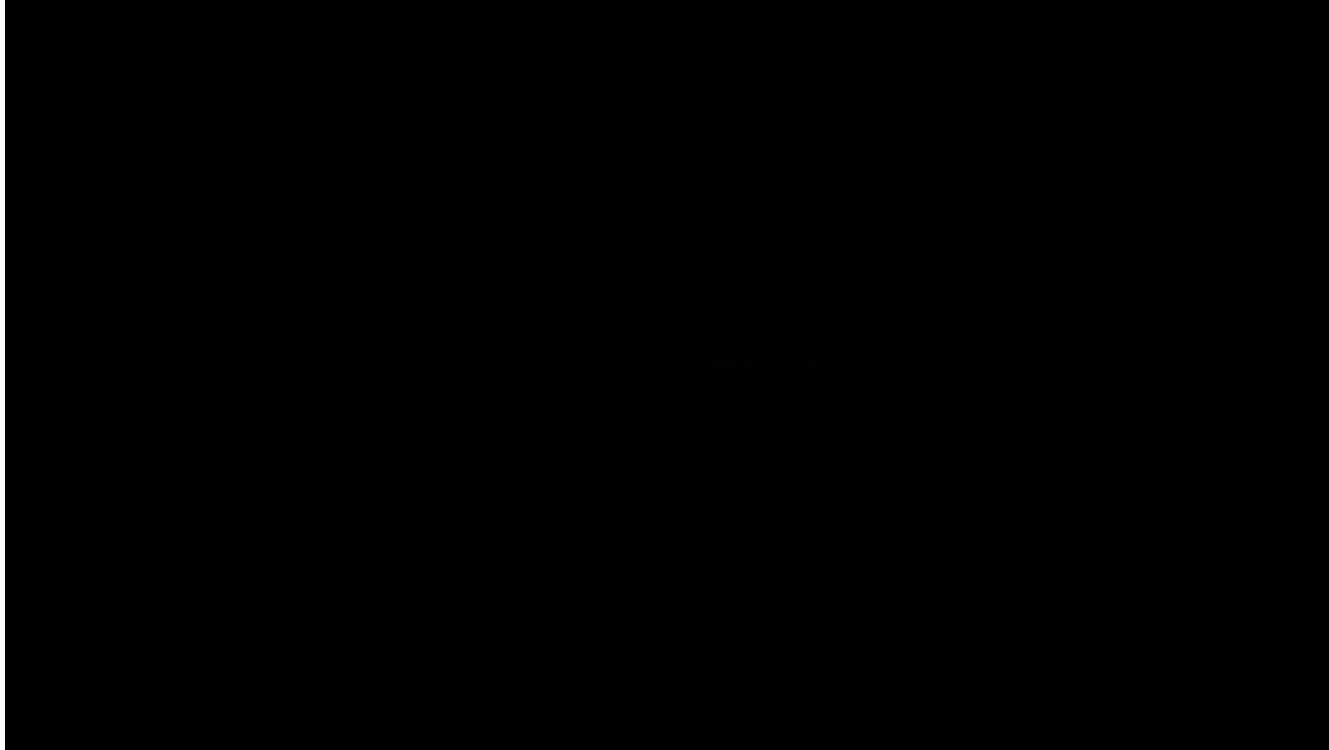
2D-FRÄSEN

Durch eine Interpolation von 2 NC-Achsen

- Reine Bahnsteuerung in 2 Achsen (i. allg. x, y)
- Verfahrensbewegung in der 3. Achse (z) nur separat möglich, nicht während der Bearbeitung
- Herstellbare Geometrien sind abhängig vom verwendeten Werkzeug, zumeist Taschen und Nuten, deren Boden parallel zur x-y-Ebene liegt
- Werkzeuge: vor allem Schaft- und Torusfräser, prinzipiell sind alle Fräserarten einsetzbar



BAUTEILHERSTELLUNG MITTELS 2D - FRÄSEN

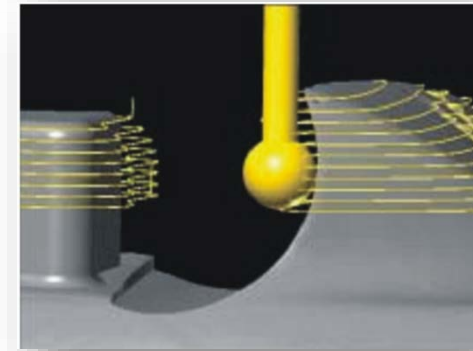
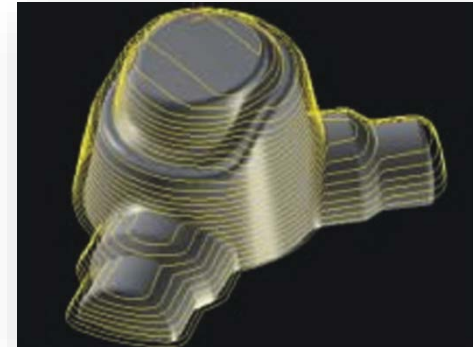


2.3 Trennen

3D-FRÄSEN

Durch eine Interpolation von 3 NC-Achsen

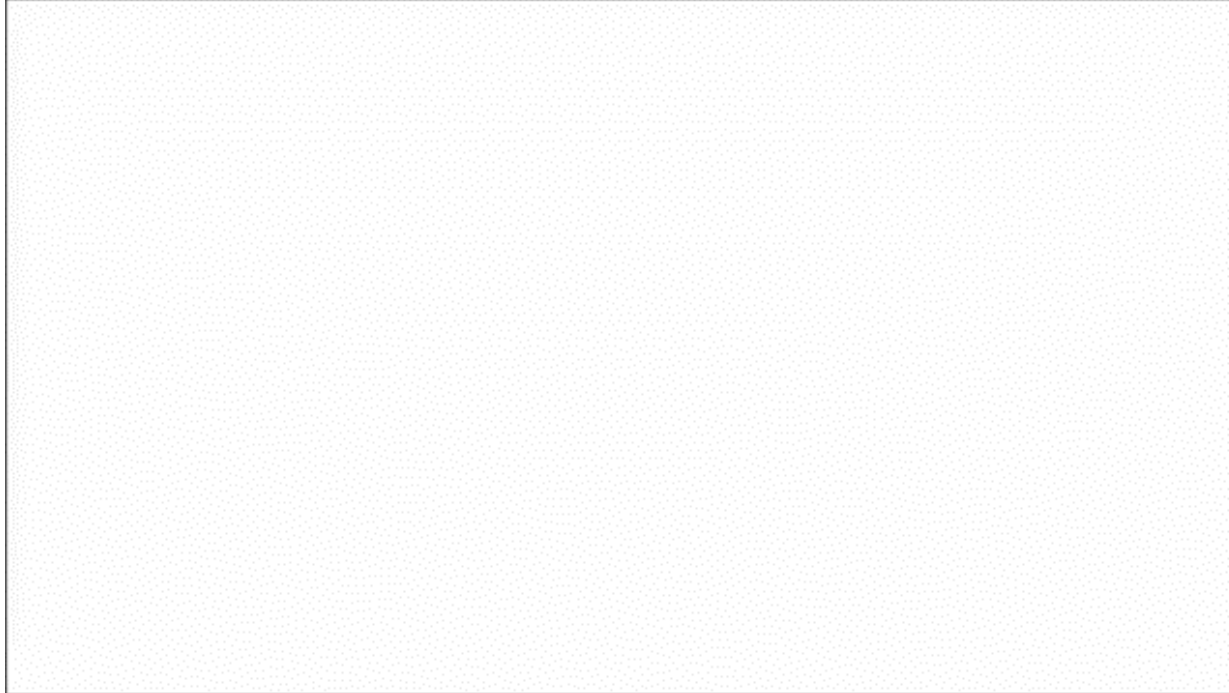
- Gleichzeitige Verfahrbewegung in 3 Achsen möglich
- Herstellbare Geometrien sind abhängig von der Zugänglichkeit für das Werkzeug
- Bei vorhandener Zugänglichkeit sind alle Bearbeitungselemente, die keine größeren Hinterschnitte aufweisen, durch 3D-Fräsen herstellbar (auch Freiformflächen)
- Verwendete Werkzeuge: zumeist Schaft- und Kugelkopf - Fräser



2.3 Trennen

FELGENHERSTELLUNG MITTELS 3D – FRÄSEN

3 NC - Achsen

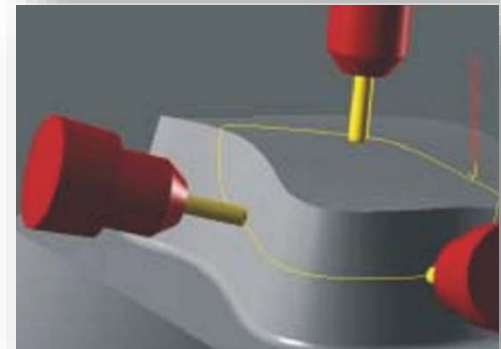


2.3 Trennen

3D-FRÄSEN

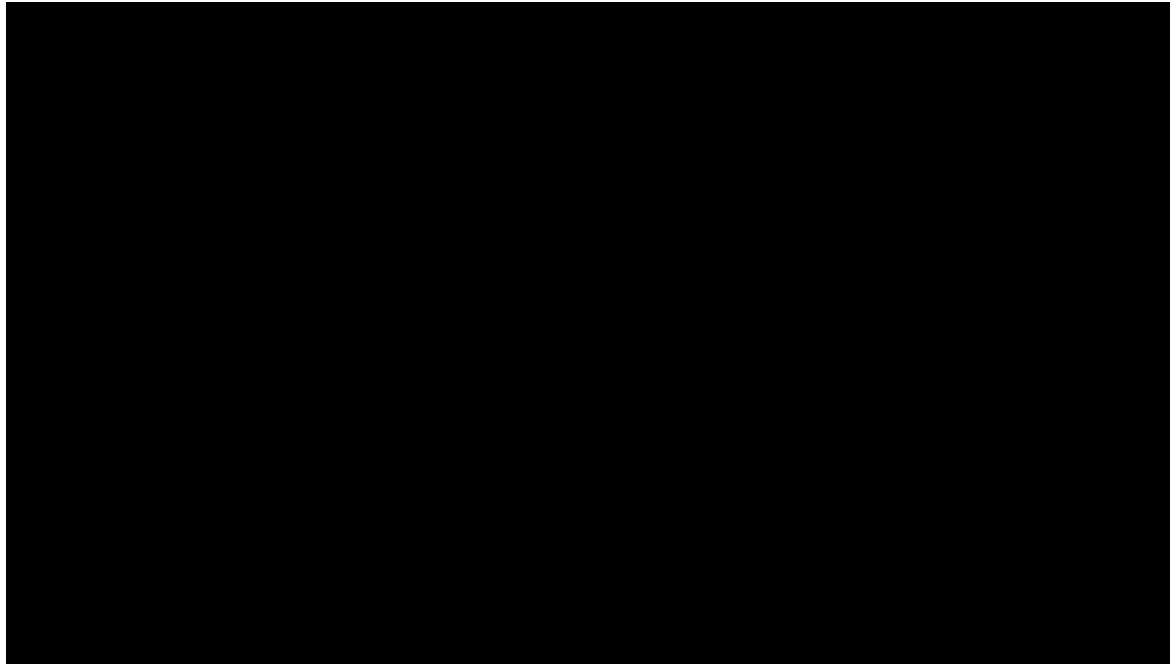
Durch eine Interpolation von 5 NC-Achsen

- Gleichzeitige Verfahrbewegung in 5 Achsen möglich
- Dadurch sind praktisch alle Punkte auf der Werkstückoberfläche durch die Werkzeugspitze erreichbar, auch Hinterschnitte
- Die Verfahrenmöglichkeit in 5 Achsen ermöglicht den Einsatz von Torusfräsern und Messerköpfen zur Bearbeitung, wodurch einerseits die Effektivität der Fräsbearbeitung gesteigert werden kann, andererseits die Qualität der Werkstückoberfläche steigt, da das Werkzeug immer senkrecht zur Bearbeitungsfläche stehen kann (vor allem bei schrägen Seitenwänden, die beim 3D – Fräsen eine typische Treppenstruktur aufweisen)



SKULPTURHERSTELLUNG MITTELS 3D - FRÄSEN

5 NC - Achsen



2.3 Trennen

WERKZEUGE

1. Werkstückgebunden:

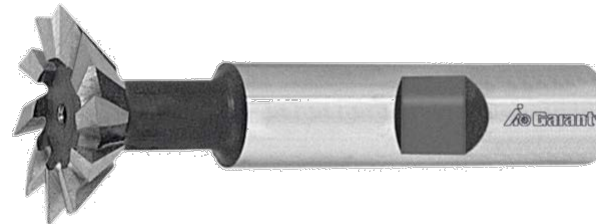
- Walzenfräser
- Stirnfräser
- Formfräser: Kugelfräser, Torusfräser, Schafffräser

2. Werkstückgebunden:

- Profilfräser: T-Nutfräser, Winkelfräser, Prismenfräser



www.ingersoll-imc.de



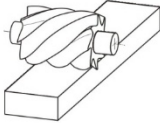
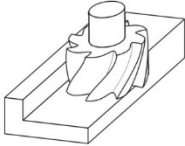
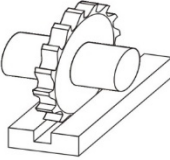
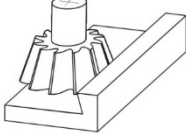
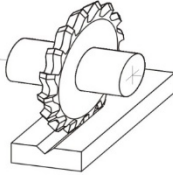
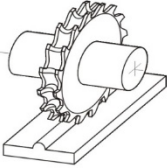
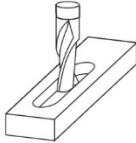
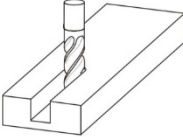
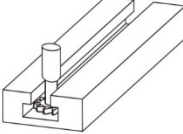
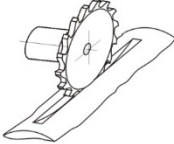
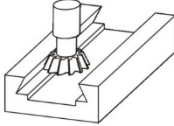
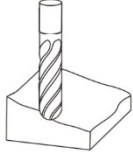
www.hoffmann-group.com



<http://www.maerklen-shop.de>

2.3 Trennen

ÜBERBLICK DER FRÄSERARTEN

 <p>Walzenfräser zum Fräsen von Planflächen</p>	 <p>Walzenstirnfräser zum Fräsen von Ecken & Planflächen</p>	 <p>Scheibenfräser zum Fräsen von Nuten</p>	<p>werkstück- gebunden</p>  <p>Winkelstirnfräser zum Fräsen von Winkelführungen</p>	<p>werkstück- gebunden</p>  <p>Prismenfräser zum Fräsen von Prismenführungen</p>	<p>werkstück- gebunden</p>  <p>Halbrundprofilfräser zum Fräsen von Halbrundführungen</p>
 <p>Langlochfräser (2- oder 3-Schneider) für Keilnuten und Taschen</p>	 <p>Schafffräser für tiefe Nuten und Peripheriefasen</p>	<p>werkstück- gebunden</p>  <p>T-Nutenfräser zum Fräsen von T-Nuten</p>	 <p>Schlitzfräser zum Fräsen von Scheibefedernuten</p>	<p>werkstück- gebunden</p>  <p>Winkelfräser zum Fräsen von Winkelführungen</p>	 <p>Gesenkfräser (Kugelkopf) zum Fräsen von Taschen & Umrissfasen</p>

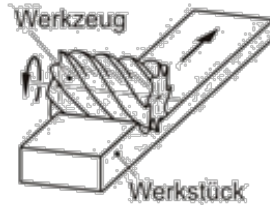
2.3 Trennen

ÜBERSICHT FRÄSVERFAHREN

Planfräsen:

Geradlinige Vorschubbewegung, ebene Flächen

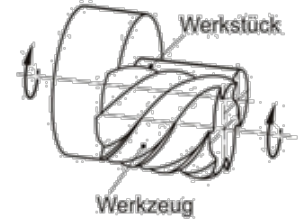
- Umfangs – Planfräsen (Bild)
- Stirn – Planfräsen
- Stirn - Umfangsfräsen



Rundfräsen:

Kreisförmige Vorschubbewegung, kreiszylindrische Flächen

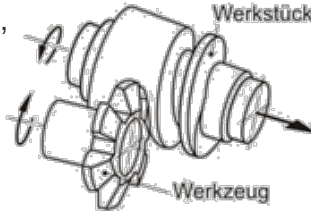
- Außenrundfräsen (Bild)
- Innenrundfräsen



Schraubfräsen:

Wendelförmige Vorschubbewegung, schraubenförmige Flächen

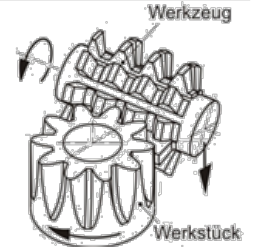
- Gewindefräsen
- Zylinderschneckenfräsen (bild)



Wälzfräsen:

Profiliertes Fräswerkzeug, gleichzeitige Vorschubbewegung und Wälzbewegung, ebene oderräumliche Flächen

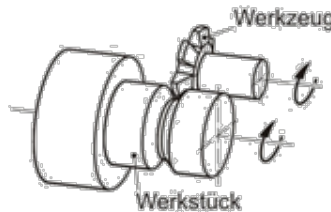
- Zahnradfräsen (Bild)



Profilfräsen:

Profil des Fräasers bildet sich auf dem Werkstück ab

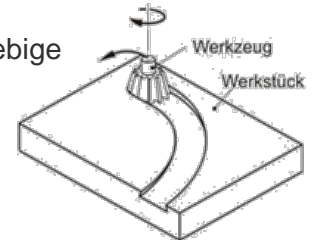
- Längs – Profilfräsen
- Rund – Profilfräsen (Bild)



Formfräsen:

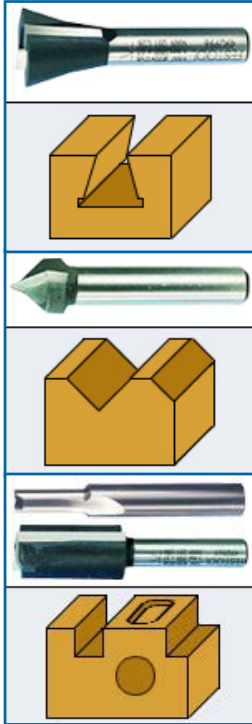
Gesteuerte Vorschubbewegung, beliebige ebene und räumliche Flächen

- Nachformfräsen
- NC – Formfräsen (Bild)



2.3 Trennen

FÜR JEDES PROFIL DER RICHTIGE FRÄSER



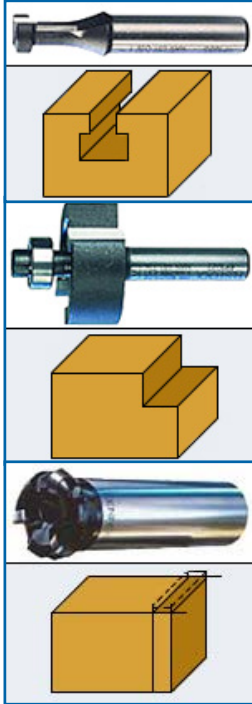
Zinken- und Gratfräser werden zum Zinken von Korpussen und Schubladen eingesetzt. Verschiedene Verzinkungsformen sind möglich: Offene, Verdeckte oder halb verdeckte (letztere in Verbindung mit dem Zinkenfräsgerät). Ein weiterer Einsatzbereich ist das Fräsen von passgenauen Gratnuten zur Aufnahme von Gratleisten (z.B. im Massivholztisch, um Verwerfungen zu verhindern). Unterschiedliche Zinken- bzw. Schwalbenschwanzverbindungen lassen sich mit Grat- und Zinkenfräsern leicht herstellen

V-Nutfräser werden zum Abfasen bzw. zur Herstellung von feinen Schriftnuten und dekorativen Ziernuten in Massivholz oder Plattenwerkstoffen eingesetzt.

Nutfräser sind die weitaus am häufigsten eingesetzten Fräser. Sie werden für die Herstellung von Nuten im Werkstück, aber auch zur Bearbeitung der Werkstückkante verwendet. Die Oberfräse wird dabei mittels eines Anschlags oder einer Schiene geführt. Nutfräser werden zum Bohren, Nuten, Falzen und Langlochfräsen, zur Herstellung von Führungsnuten für Schubladen, für universelles Fräsen, zum Nuten und Falzen mit Oberfräsen, zum Fräsen von Nuten für Sperrholzfederverbindungen, von Ziernuten in Oberflächen, aber auch zum Formatieren von regelmäßigen oder geschweiften Werkstücken verwendet.

2.3 Trennen

FÜR JEDES PROFIL DER RICHTIGE FRÄSER



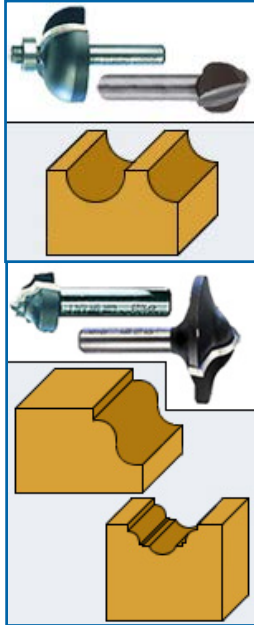
T-Nutfräser Zum Fräsen von **T-Nuten** und Bilderschlitzten (Schlüsselloch) in Massivholz und Plattenwerkstoffen.

Falzfräser sind vor allem für die Herstellung von Möbeln und im Rahmenbau (Fenster, Türen, Bilder) einsetzbar und zum Fräsen von Holz und Holzwerkstoffen. Gestellbau und Innenausbau (z.B. Einfälzen von Korpusrückwänden, Fräsen von Glasfalten in Bilderrahmen). Sie werden für rechtwinklige Abstufungen und Ausfräsungen an Werkstückkanten benutzt. Als Führung dient ein Zapfen oder ein Kugellager. Die Führungshilfen Anlauf-Zapfen und -Kugellager ermöglichen es, den Fräser direkt am Werkstück zu führen. In Verbindung mit Kugellagern verschiedener Größe lassen sich unterschiedliche Falztiefen erzielen.

Mit **Planfräsern** werden Oberflächen aneinander angepasst oder Oberflächenüberstände abgefräst. Mit dem Planfräser lassen sich flächige Überstände problemlos bündig fräsen.

2.3 Trennen

FÜR JEDES PROFIL DER RICHTIGE FRÄSER

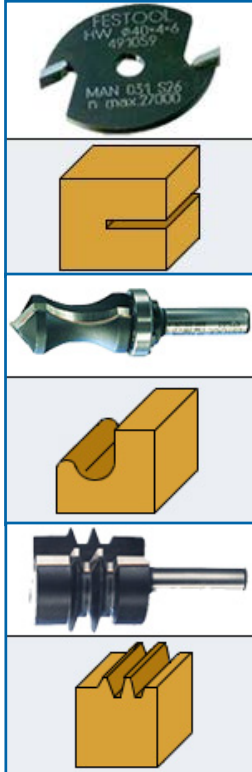


Hohlkehlfräser dienen zur Kantenprofilierung (z.B. mit Hohlkehlen), zur Konstruktion von Sekretären (Scharnierverbindungen mit Hohlkehlprofilen), zur Herstellung dekorativer Ziernuten, zur Strukturierung von Oberflächen, zum Fräsen von Safrinnen und zum Einsatz in Kopierfräsmaschinen. Die Führungshilfen Anlauf-Zapfen und Anlauf-Kugellager ermöglichen es, den Fräser direkt am Werkstück zu führen - auch an geschweiften Kanten.

Es gibt eine Vielzahl von **Profilfräsern** für die unterschiedlichsten Anforderungen. Sie finden Einsatz in der Möbeltischlerei. Einzelne Anwendungen umfassen z.B. Werkstückkanten an Korpussen, Fachböden und Rahmen, aber auch die Gestaltung von Kranz- und Rahmenprofilen. Mit den Führungshilfen Anlauf-Zapfen und Anlauf-Kugellager lassen sich Fräser direkt am Werkstück führen - auch an geschweiften Kanten. Die Verwendung von Schablonen ist nicht notwendig. Zur Herstellung von Doppelradien. Profilfräser verfügen meist über einen Führungszapfen oder ein Führungskugellager. Diese Fräser werden von der Werkstückkante geführt, der Fräser folgt also genau der Werkstückkontur. Die am häufigsten eingesetzten Profile sind der 45° Fasenfräser zum Anfasen der Kanten sowie der Abrundfräser (Viertelstabfräser) und der Hohlkehlfräser.

2.3 Trennen

FÜR JEDES PROFIL DER RICHTIGE FRÄSER



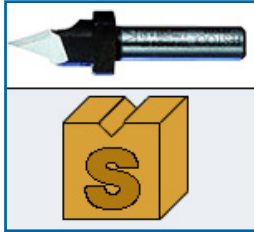
Tiefe und schmale Nuten an der Stirnfläche von Brettern können mit normalen Nutfräsern nicht hergestellt werden. Hierzu werden sogenannte **Scheibennutfräser** verwendet. Scheibennutfräser sind mehrteilig: Auf einen Schaft wird die eigentliche Frässscheibe montiert. Bei der Nut-und-Feder-Verbindung von Bauteilen wird das Gegenstück (die "Feder") mit einem zum Scheibennutfräser passenden Federfräser hergestellt. Zur Herstellung von Flachdübelverbindungen.

Zur Gestaltung von verdeckten **Griffleisten**. Geeignet zum Fräsen von Griffprofilen im Möbelbau (z.B. Griffmulde im Schubladenvorderstück, Griffleiste an Schranktüre), zum Fräsen mehrerer gleichartiger Griffprofile an verschiedenen Werkstücken wird die Verwendung einer Kopierschablone empfohlen. Je nach Einsatz sind die unterschiedlichsten Griffprofilvarianten realisierbar.

Verleimprofilfräser werden für das Profilieren von Kanten beim Fügen und Verleimen von Massivholzbrettern und -bohlen zu größeren Einheiten (z.B. Tischplatten) eingesetzt. Es lassen sich schnell und unkompliziert fehlerfreie, genaue und unverwüstliche Verleimverbindungen in Hart- und Weichholz herstellen. Ideal für Anwendungen bei denen eine Sichere Verbindung über längere Distanzen hergestellt werden soll, z.B. Türen oder Möbel Bauteile. Beim Verleimen hängt die Festigkeit direkt von der Größe der verleimten Fläche ab. Bei dünnen oder schmalen Werkstücken wird deshalb durch eine zickzackförmige Profilierung mittels eines Verleimprofilfräsers die Klebefläche vergrößert.

2.3 Trennen

FÜR JEDES PROFIL DER RICHTIGE FRÄSER

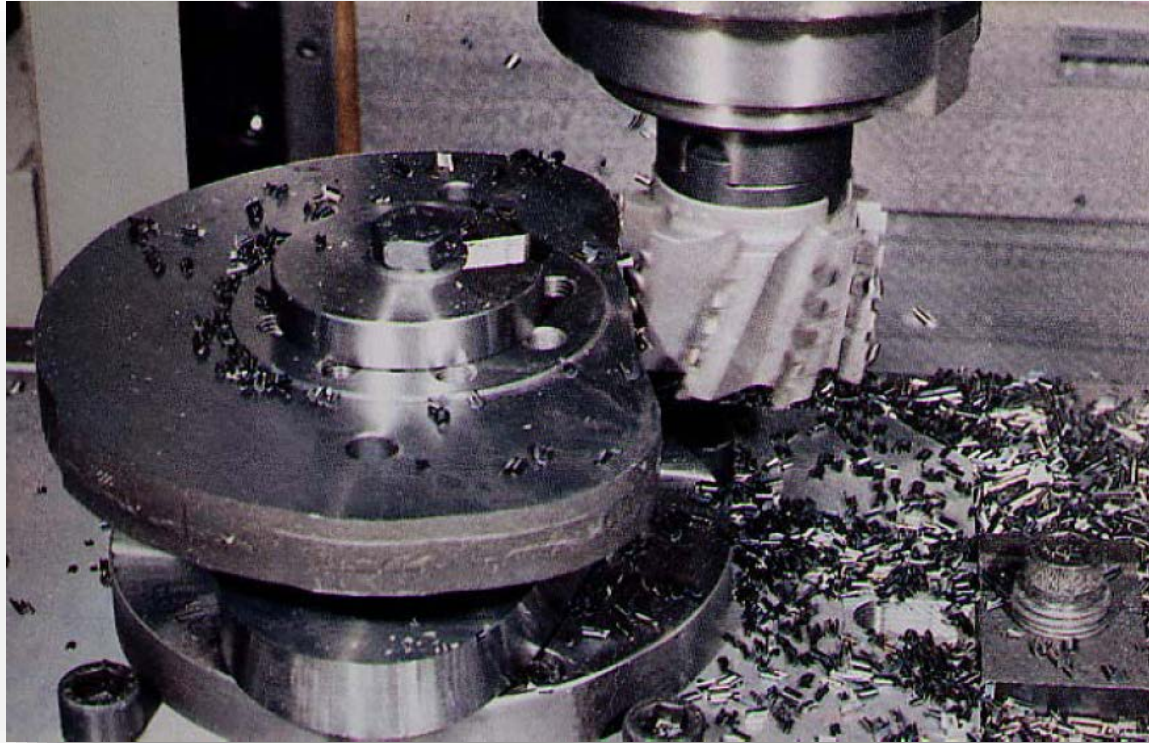


Geeignet zum Eingravieren von **Schriftzügen** in Massivholzflächen (Freihandfräsen ohne Schablone). Sorgt für saubere und fein ausgearbeitete Buchstaben. Das Umfeld wird hierbei mit dem Halbrundfräser ausgehoben und mit dem Nutfräser exakt plan gefräst. Schriften werden meist in Form schmaler Nuten mit geringer Tiefe freihand in die Werkstückoberfläche gefräst. Die Schneide ist meist neutral profiliert, damit vom Fräser keine Zugmomente ausgehen, welche das freihändige Verfahren beeinflussen könnten.

BEISPIELE: FRÄSER



SCHAFTFRÄSER MIT HARTMETALLSCHNEIDEN



2.3 Trennen

EINTEILUNG FRÄSMASCHINE

Bei **Konsolfräsmaschinen** ist die **Frässpindel ortsfest** fixiert, wobei der Tisch alle translatorischen Bewegungen ausführt. Konsolfräsmaschinen werden als Horizontal-, Vertikal- und Universalfräsmaschinen ausgeführt.

Bei **Bettfräsmaschinen** wird die Vertikalbewegung durch die Spindel ausgeführt. Bettfräsmaschinen (Ein- und Zweiständermaschinen) sind für große und schwere Werkstücke geeignet.

VERTIKALFRÄSMASCHINE



EINTEILUNG

Trennen

Zerteilen	Spanen mit geometrisch bestimmter Schneide	Drehen Bohren, Senken, Reiben Fräsen Hobeln, Stoßen Räumen Sägen	Abtragen	Zerlegen	Reinigen
DIN 8588	DIN 8589-0	Feilen, Raspeln Bürstspanen Schaben, Meißeln	DIN 8590	DIN 8591	DIN 8592

2.3 Trennen

HOBELN UND STOSSEN

Definition:

Spanen mit wiederholter, meist geradliniger Schnittbewegung und schrittweiser zur Schrittrichtung senkrechter Vorschubbewegung



Unterschied:

Hobeln: Schnittbewegung vom Werkstück (Werkstück bewegt sich)

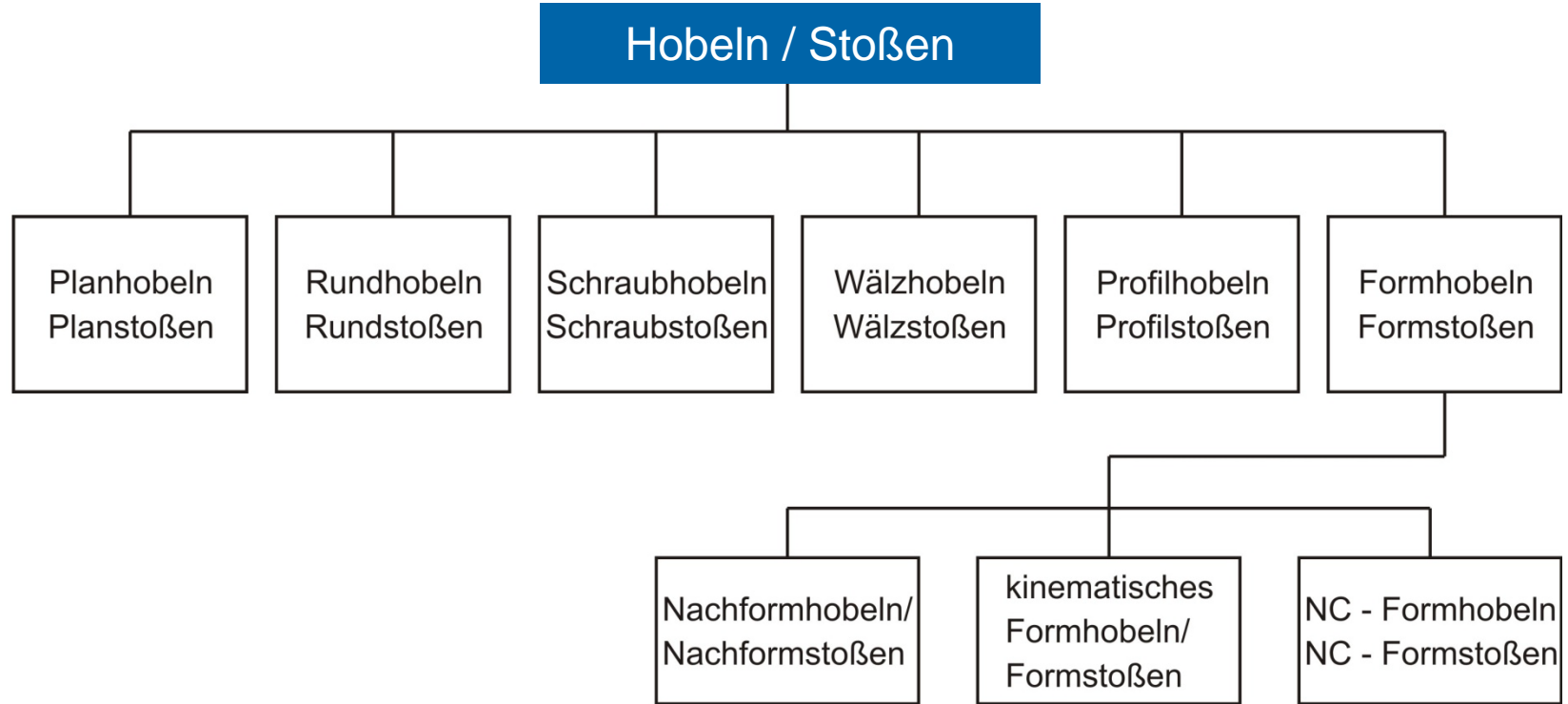
Stoßen: Schnittbewegung vom Werkzeug (Werkzeug bewegt sich)

Wichtige Anwendungen:

Stoßen von Verzahnungen bzw. langen, schmalen Profilflächen, Führungen und Aussparungen an Werkzeugmaschinen

Flächenhobeln/-stoßen durch Fräsen ersetzt

EINTEILUNG



2.3 Trennen

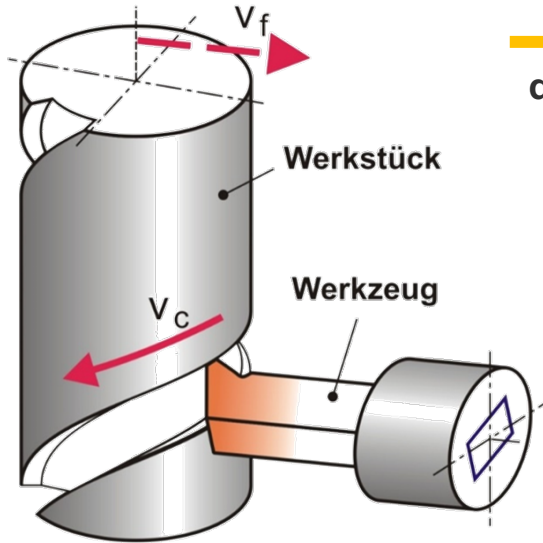
ANWENDUNG

- **Planhobeln / -stoßen:** geringe Bedeutung; durch Fräsen abgedeckt
- **Rundhobeln / -stoßen:** ohne Bedeutung
- **Schraubhobeln / -stoßen:** Hobeln schraubenförmiger Formelement (Schnecken, ...)
- **Wälzhobeln / -stoßen:** Wälzstoßen von Verzahnungen und Zahnstangen
- **Profilhobeln / -stoßen:** Stoßen von Führungsbahnen
- **Formhobeln / -stoßen** ohne Bedeutung; durch Fräsen abgedeckt

2.3 Trennen

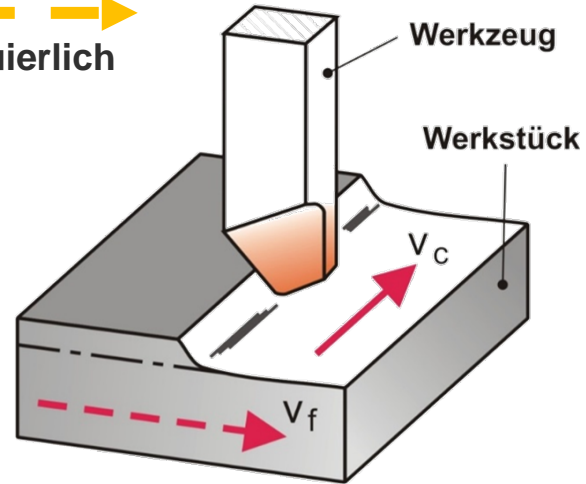
HOBELVERFAHREN

Werkzeug feststehend



Schraubhobeln

diskontinuierlich

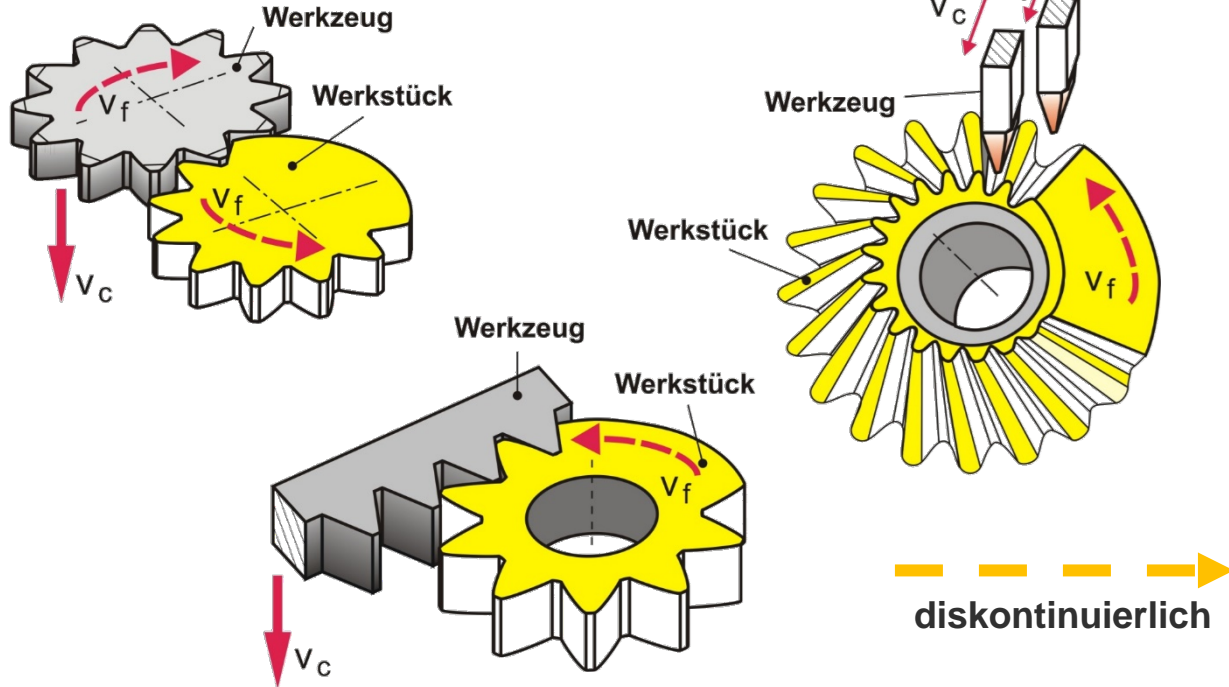


Planhobeln

2.3 Trennen

WÄLZSTOSSEN

Werkzeug in Bewegung



EINTEILUNG

Trennen

Zerteilen	Spanen mit geometrisch bestimmter Schneide	Drehen Bohren, Senken, Reiben Fräsen Hobeln, Stoßen Räumen Sägen	Abtragen	Zerlegen	Reinigen
DIN 8588	DIN 8589-0	Feilen, Raspeln Bürstspanen Schaben, Meißeln	DIN 8590	DIN 8591	DIN 8592

2.3 Trennen

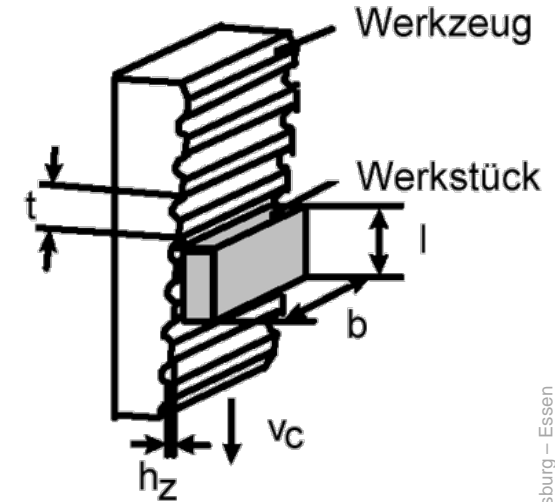
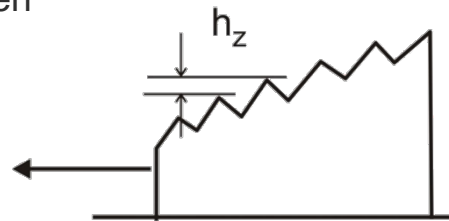
RÄUMEN

Definition:

Spanen mit mehrzahnigem Werkzeug, dessen Schneiden hintereinander liegen und jeweils um eine Spanungsdicke gestaffelt sind.

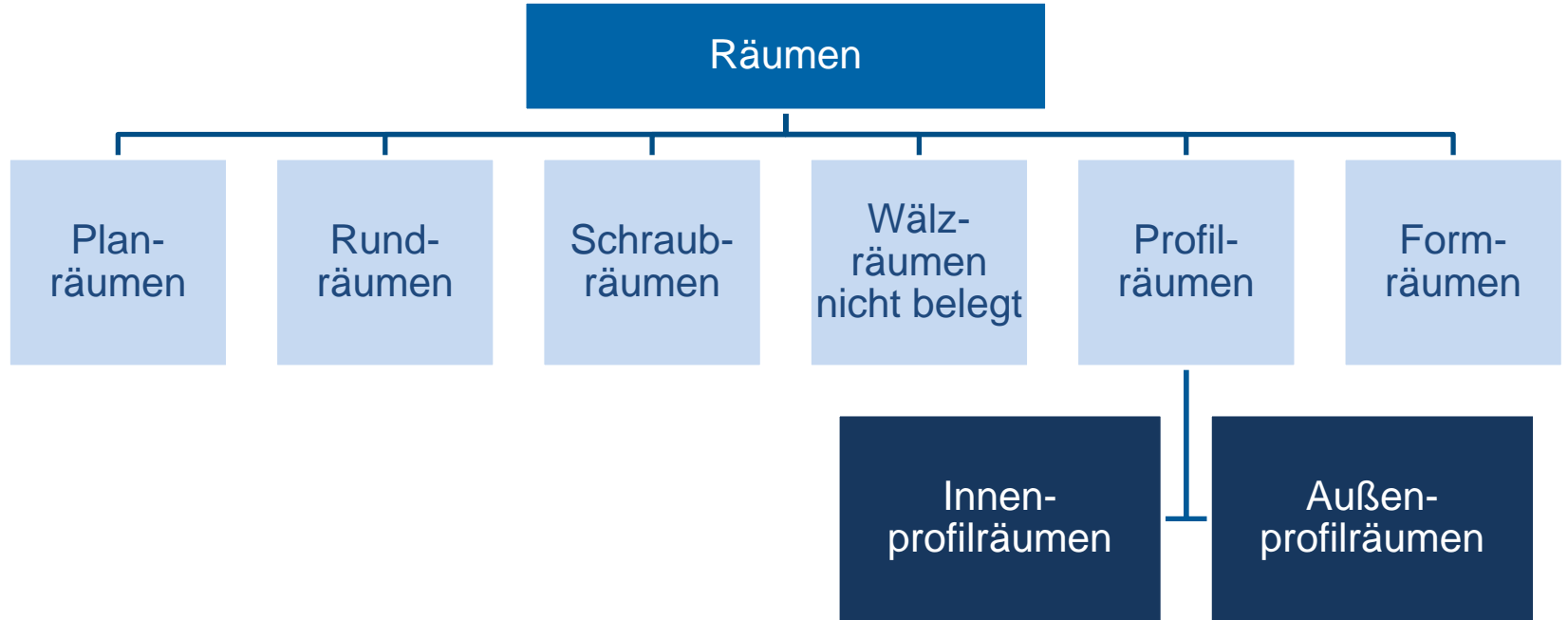
Besonderheiten:

- Vorschubbewegung wird durch Staffelung der Zähne ersetzt
- Arbeitsablauf nach einem Durchlauf / Zug des Werkzeuges beendet (fertigbearbeitet)
- Vorbereitung bei Innenprofilen erforderlich
- Man unterscheidet:
 - Außen- und Innenräumen
 - Plan-, Rund-, Schraub-, Profil- und Formräumen



- l : Länge
- b : Breite
- t : Zahnteilung
- h_z : Spanungsdicke je Zahn
- v_c : Schnittgeschwindigkeit

EINTEILUNG



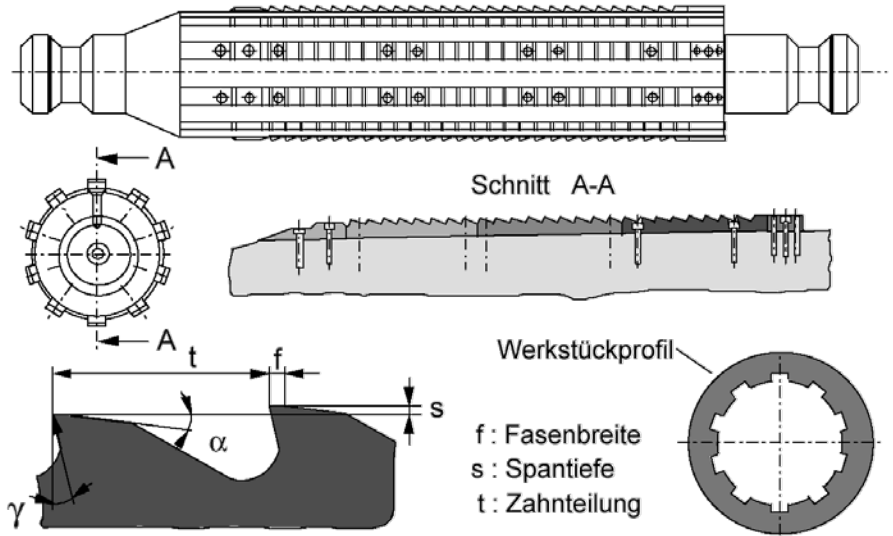
2.3 Trennen

AUFBAU EINES RÄUMWERKZEUGES

Räumwerkzeuge werden vorwiegend aus Schnellarbeitsstahl als Vollwerkzeuge hergestellt. Es sind jedoch auch Räumwerkzeuge mit Hartmetallschneiden oder diamantbelegte Räumwerkzeuge im Einsatz.

Räumwerkzeuge für das Innenräumen sind stabförmige Werkzeuge mit Schrupp-, Schlicht- und Reservezähnen. Der Aufbau und die Schneidengeometrie gehen aus dem Bild hervor.

Die Spanabnahme je Schneide ist begrenzt, da der Span während der Bearbeitung nicht abgeführt werden kann.

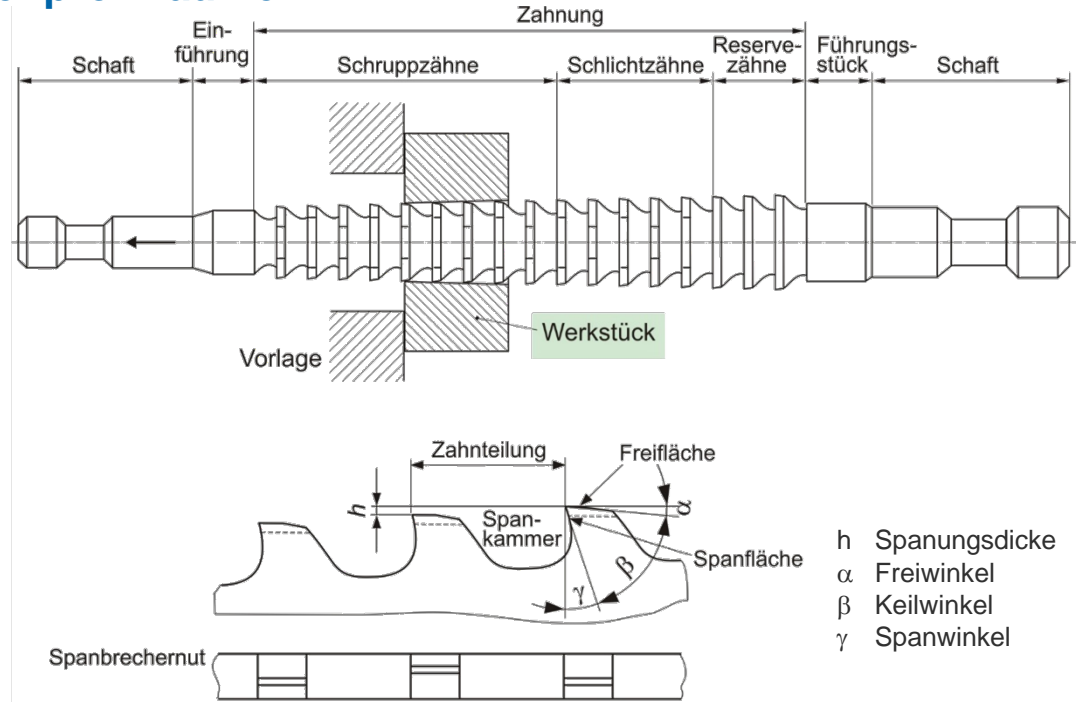


Quellen: Universität Duisburg – Essen

2.3 Trennen

AUFBAU EINER RÄUMNADEL

Zum Innenprofilräumen



2.3 Trennen

PROFILRÄUMEN

Große Anwendungsbreite

Defintion:

mit gerader Schnittbewegung zur Erzeugung von Profilflächen in einem „Zug“

Häufige Anwendung:

Innenprofilräumen z. B. Keilwellenprofil
Passfedernuten

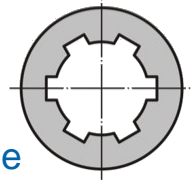
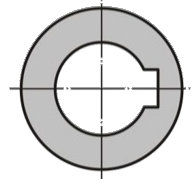
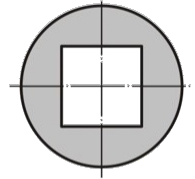
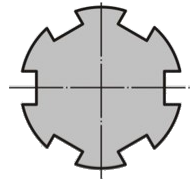
Vorteile:

- In einem „Zug“ / Bearbeitungsschritt ist die Form herstellbar
- Hohe Qualität der Oberflächen
- Hohe Produktivität

Nachteile:

- Hohe Werkzeugkosten für die „Räumnadel“

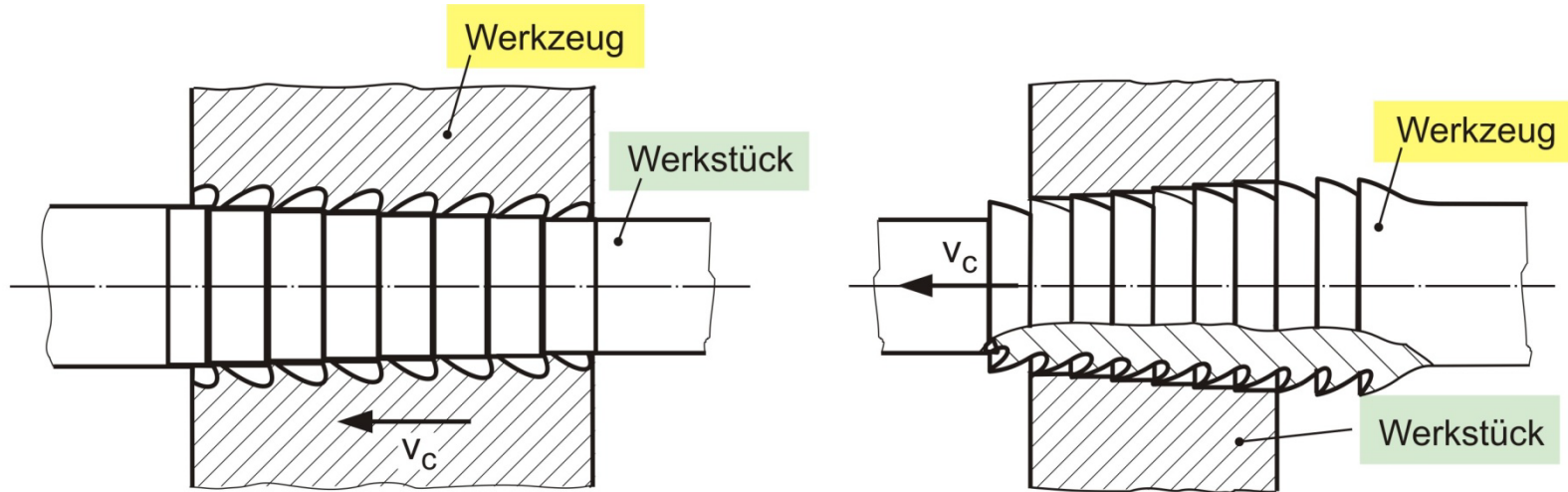
Beispiele für geräumte
Außen- und Innenprofile



2.3 Trennen

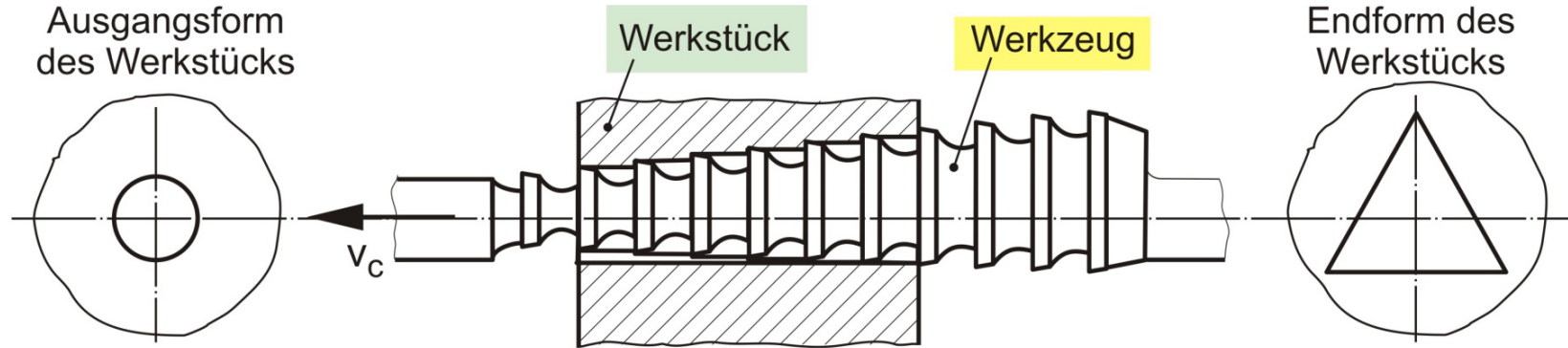
PROFILRÄUMEN

Prinzip des Außenprofilräumens (linke Abbildung) und Innenprofilräumens (rechte Abbildung)



2.3 Trennen

INNENPROFILRÄUMEN EINES DREIECKPROFILS

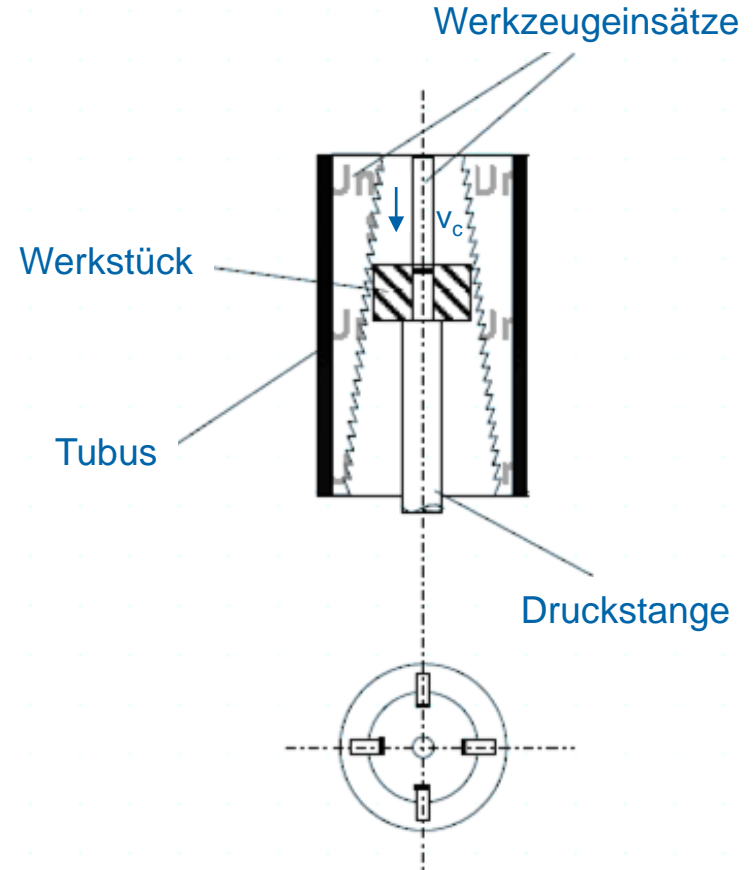
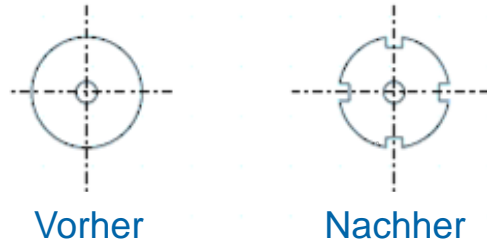


2.3 Trennen

TUBUSRÄUMEN

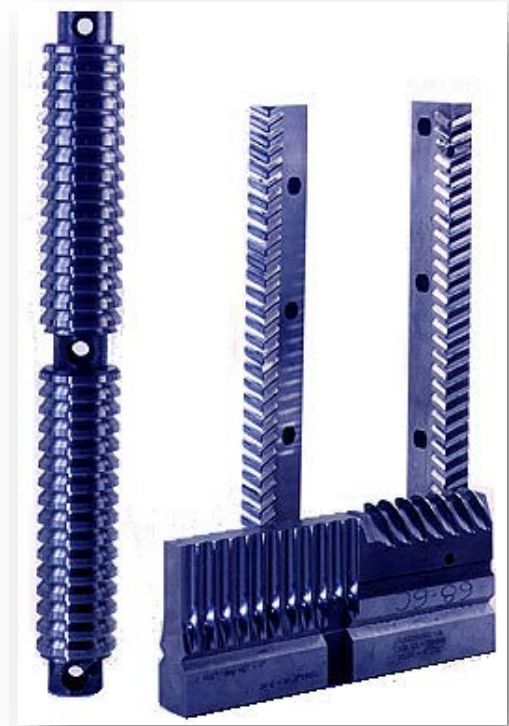
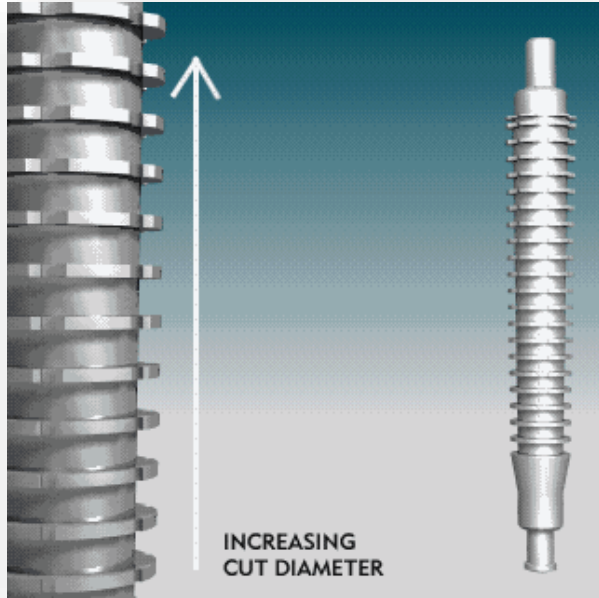
Hohlzylinder mit nach innen gerichteten Schneiden.

Werkstück wird entweder mittels Hubtisch durch das Räumwerkzeug von unten durchgedrückt oder das Räumwerkzeug wird durch das feststehende Werkstück hindurch bewegt.



2.3 Trennen

BEISPIELE



RÄUMEN





Additive Fertigung

FERTIGUNGSTECHNIK 20/21

Technische Universität Bergakademie Freiberg
IMKF - Additive Fertigung
Agricolastraße 1, 09599 Freiberg, Germany

Prof. Dr.-Ing. Henning Zeidler
Tel: +49 3731 39 30 66
henning.zeidler@imkf.tu-freiberg.de

