

FERTIGUNGSTECHNIK



Wintersemester 2020/21

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		

2.3 Trennen

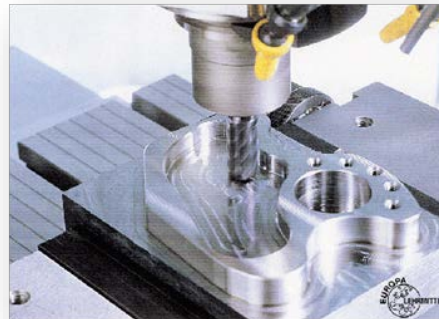
DEFINITION TRENNEN

Trennen ist das Herstellen geometrisch bestimmter fester Körper mittels Werkzeugen durch **Änderung der Form und Minderung des Stoffzusammenhaltes**.

Geometrisch bestimmte feste Körper sind Halbzeuge, montagefertige Einzelteile oder Werkzeuge.

Dabei ist die **Endform des Werkstückes in der Ausgangsform enthalten**.

Zum Trennen wird auch das Zerlegen zusammengesetzter Körper zugerechnet (DIN 8580).



EINTEILUNG

Trennen

Zerteilen	Spanen mit geometrisch bestimmter Schneide	Spanen mit geometrisch unbestimmter Schneide	Abtragen	Zerlegen	Reinigen
DIN 8588	DIN 8589-0	DIN 8589-0	DIN 8590	DIN 8591	DIN 8592

ZERTEILEN

Nach DIN 8588 wird unter Zerteilen das **mechanische Trennen** von Werkstücken **ohne Entstehen von formlosem Stoff**, also auch ohne Späne (spanlos) verstanden.

Es wird unterschieden zwischen:

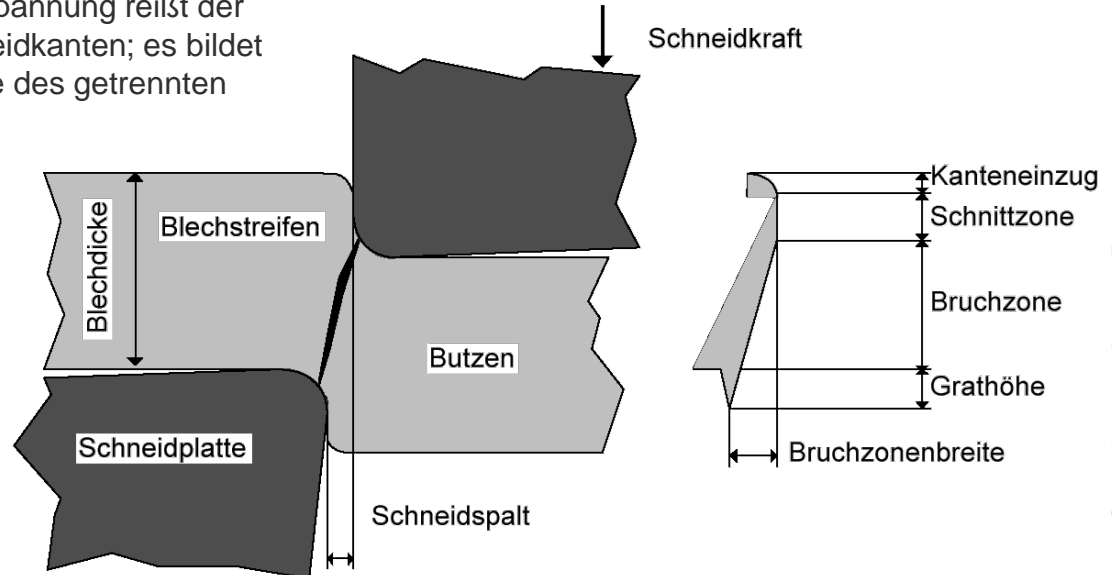
- Scherschneiden (industrielle Anwendung)
- Messerschneiden
- Beißschneiden
- Spalten
- Reißen
- Brechen

2.3 Trennen

SCHNEIDVORGANG BEIM SCHERSCHNEIDEN

Beim Aufsetzen des Werkzeuges erfolgt erst **elastisches** und dann **plastisches** Verformen des Blechs.

Das Werkzeug dringt in den Werkstoff ein, wobei beiderseits des Blechs ein Kanteneinzug und eine Schnittzone entstehen. Mit fortschreitendem Eindringen nimmt die Schneidkraft zu und die Schubspannung im Werkstoff steigt. Beim Erreichen der maximalen Schubspannung reißt der Werkstoff ausgehend von beiden Schneidkanten; es bildet sich eine Bruchzone und auf jeder Seite des getrennten Bleches ein scharfkantiger Grat.



2.3 Trennen

VERFAHRENSVARIANTEN NACH WERKZEUGGEOMETRIE

Nach DIN 8588 ist das Scherschneiden das **Zerteilen** von Werkstücken **zwischen zwei Schneiden, die sich aneinander vorbeibewegen**.

Nach ihrer Geometrie werden die **Werkzeuge** unterteilt in:

- **Scherschneidmesser** (Trennen durch eine oder mehrere Hubbewegungen) und
- **Rollenschneidmesser** (Trennen durch fortlaufende Drehbewegung).

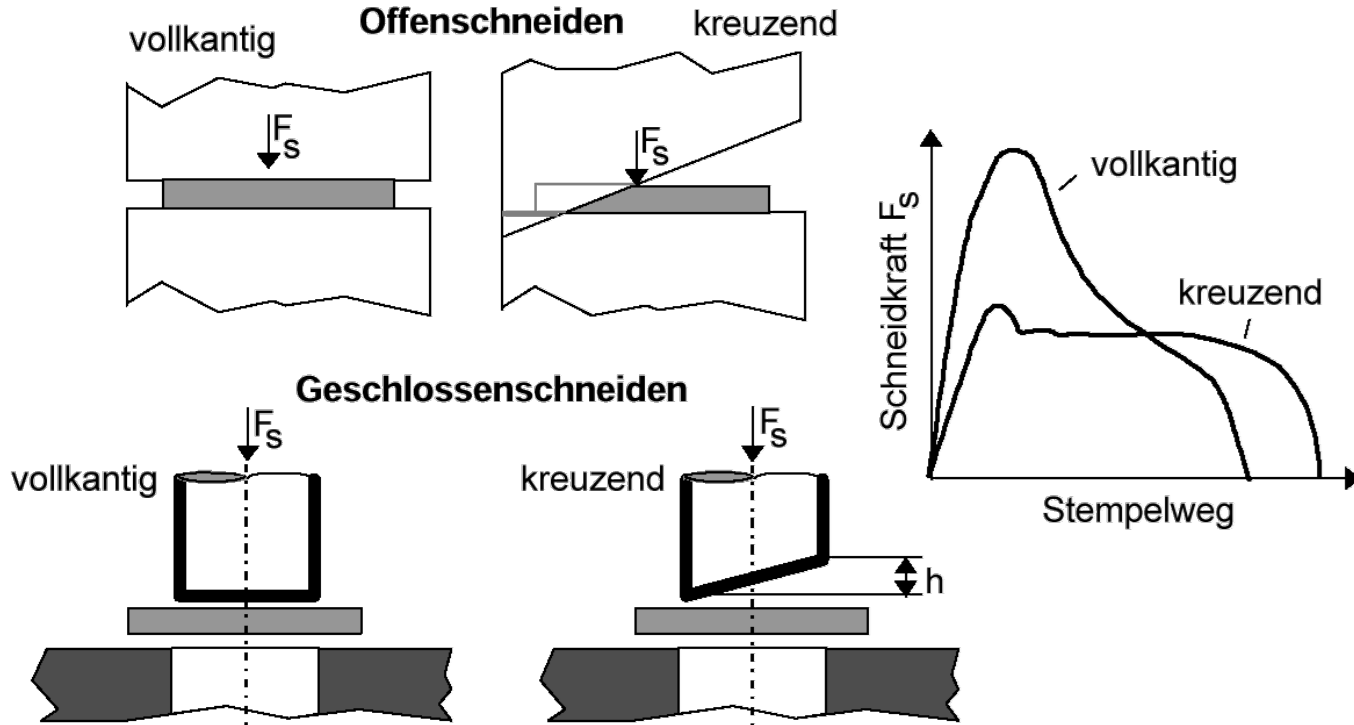
Nach **Form der Schneiden** in der Projektion auf die Werkstückoberfläche wird unterschieden in:

- **Offenschneiden** (Trennen durch offene Schnittlinie) und
- **Geschlossenschneiden** (aus Werkstück wird Teil mit geschlossener Kontur ausgeschnitten).

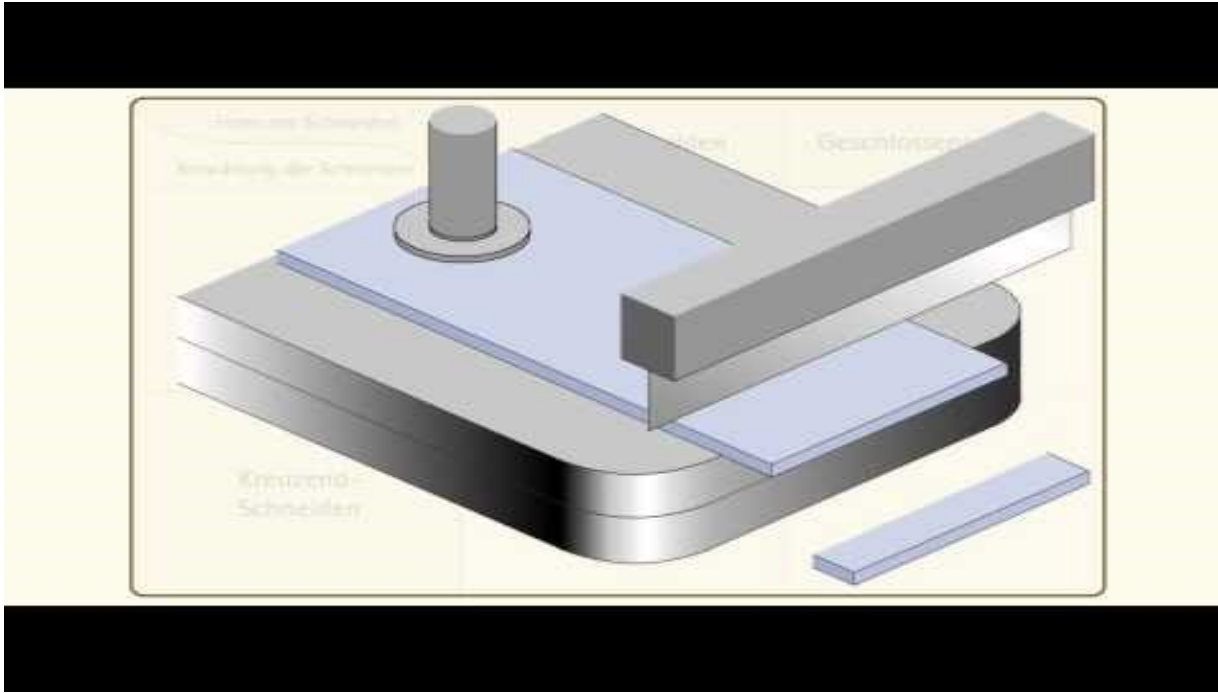
Die **Anordnung der Schneiden** kann auf zwei unterschiedliche Arten erfolgen:

- Beim **Vollkantig**-Schneiden haben die Schneiden überall den gleichen Abstand in der Schnittebene. Die Schneiden kommen entlang der ganzen Schnittlinie zum Eingriff.
- Beim **Kreuzend**-Schneiden kreuzen sich die Schneiden in der Schnittebene, so dass sie nur allmählich in das Werkstück eindringen.
Die max. Schneidkraft ist wesentlich geringer; es entsteht allerdings auch eine Kraftkomponente, die das Schnittteil verformt.

VERFAHRENSVARIANTEN NACH WERKZEUGGEOMETRIE



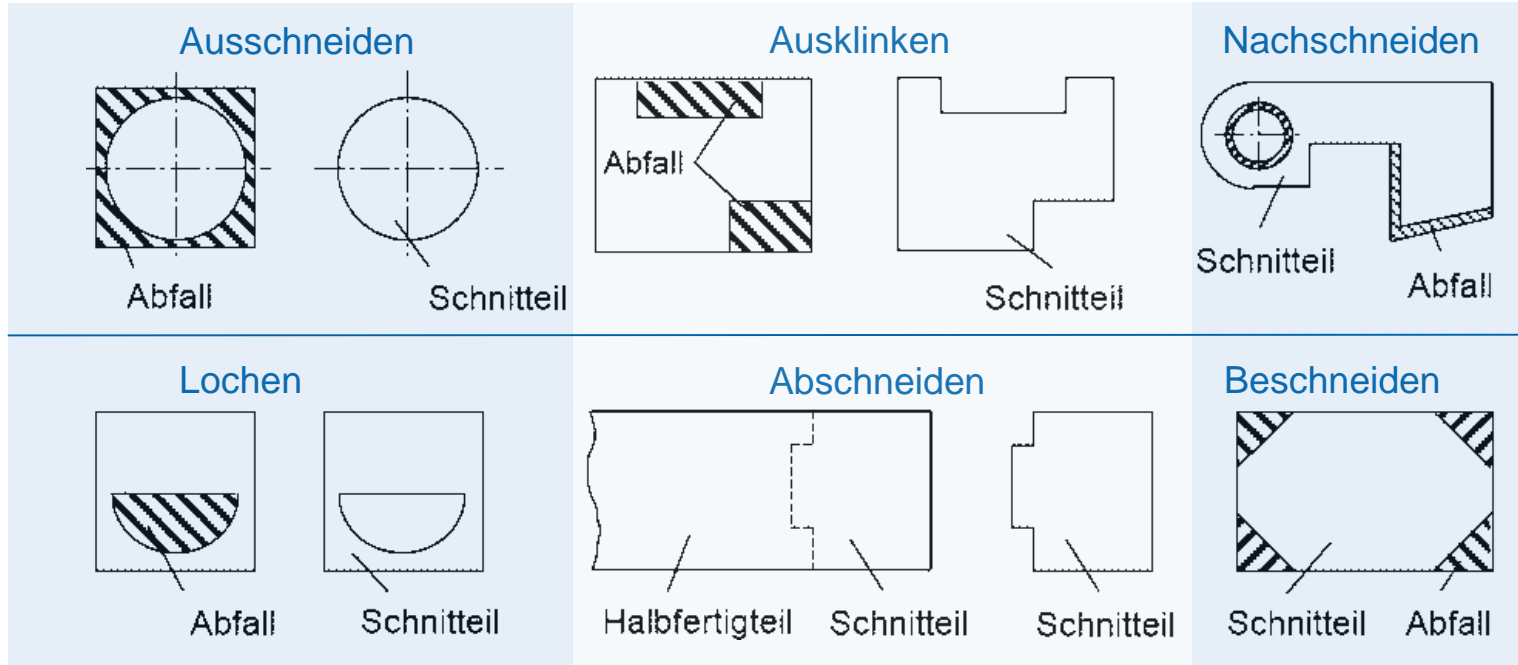
SCHNEIDEN



2.3 Trennen

SCHNEIDVERFAHREN

Schneidverfahren nach Lage der Schnittfläche zur Werkstückbegrenzung

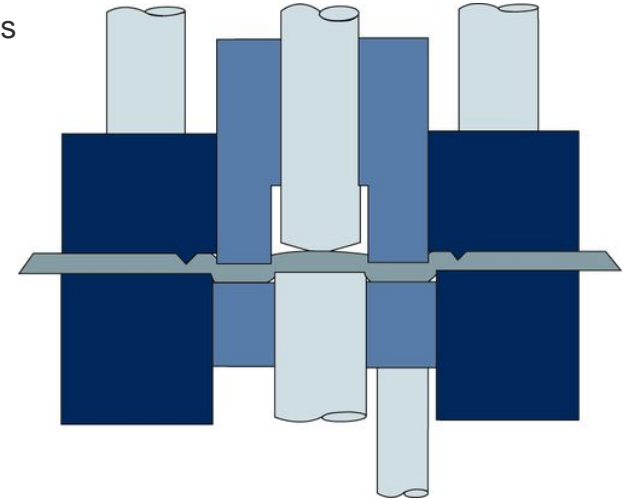


SCHEMATISCHE DARSTELLUNG DES FEINSCHNEIDENS

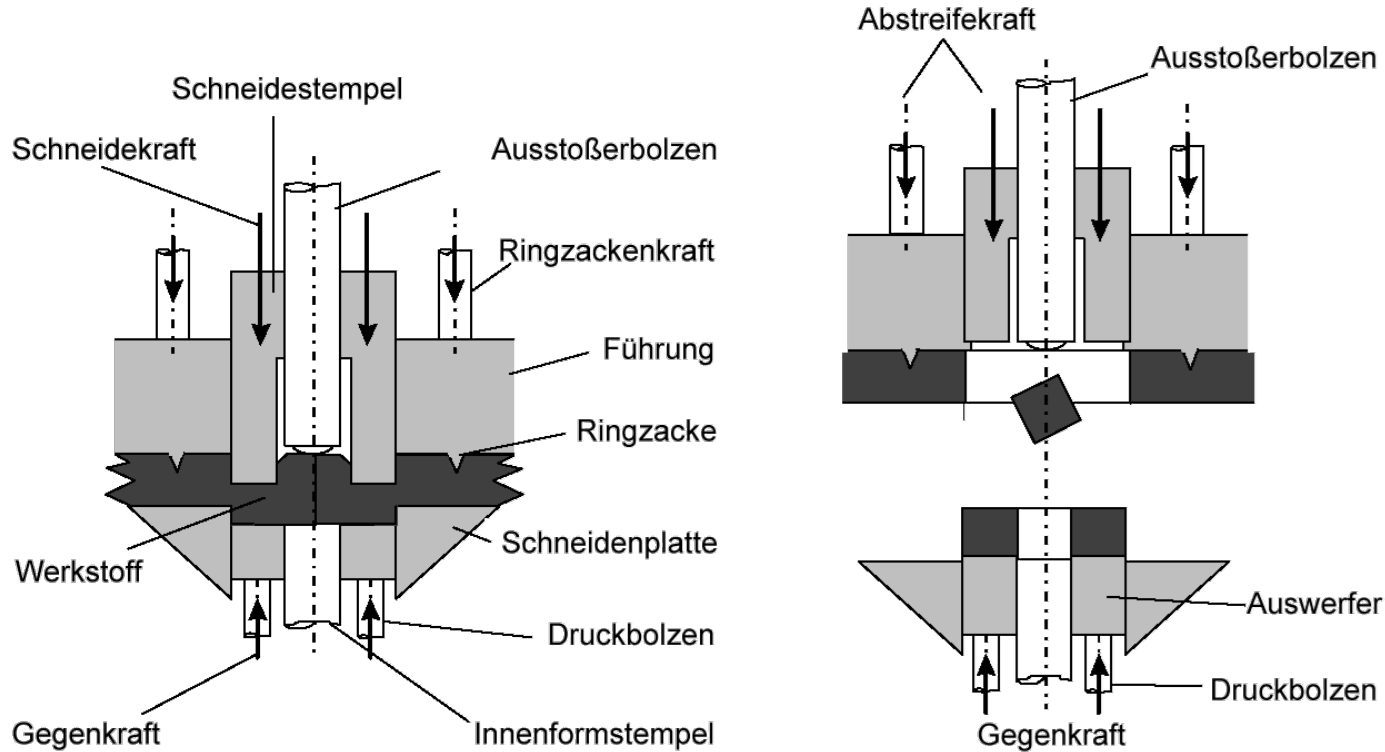
Mit einer **Druckplatte** wird zunächst eine im konstanten Abstand zur Schnittlinie verlaufende **Ringzacke** eingepresst. Diese verhindert beim Schneidvorgang ein Nachfließen (Hineinziehen) des Werkstoffes in den Schneidspalt und bewirkt durch die entstehenden Druckspannungen, dass die zum Reißen erforderliche Schubbruchspannung größer wird als die Schubfließspannung, die den Fließ-Schervorgang herbeiführt.

Ein **Gegenstempel**, der gleichzeitig als **Auswerfer** dient, verhindert das Durchbiegen des Schnittteils während des Schneidvorgangs. Die Schneidgeschwindigkeit wird je nach Werkstoffdicke relativ niedrig gehalten, damit der Werkstoff Zeit zum Fließen hat. Maße und Anzahl der Ringzacken sind ebenfalls von der Dicke des zu schneidenden Werkstoffes abhängig.

Der **Schneidspalt ist sehr gering** (Blechdicke 1 mm, Spalt 0,01 mm). Die Schneidkraft ist jedoch höher als beim herkömmlichen Schneiden.



SCHEMATISCHE DARSTELLUNG DES FEINSCHNEIDENS

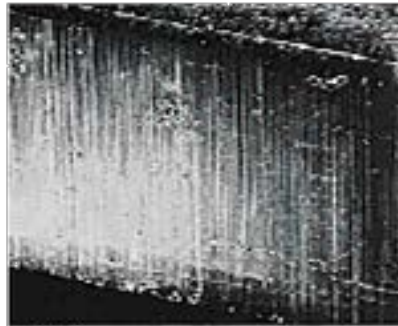


2.3 Trennen

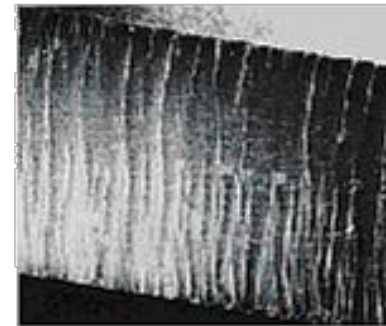
SCHNITTFLÄCHEN VON TRENNVERFAHREN



Scherschneiden



Feinschneiden

Laserstrahlschneiden
(abtragendes Verfahren)

BEISPIEL FEINSCHNEIDEN



Feinschneiden:
<https://youtu.be/iczaFcr8u7E>



SPANEN

Definition nach DIN 8589:

Trennen, bei dem **durch die Schneiden eines Werkzeuges** von einem Werkstück **Werkstoffschichten in Form von Spänen** auf **mechanischem Wege abgetrennt** werden.

2.3 Trennen

SPANEN: TECHNISCHE UND WIRTSCHAFTLICHE BEDEUTUNG

Fertigungsverfahren stehen miteinander im „Wettbewerb“

➤ Vorteile spanender Fertigungsverfahren

- Hohe Fertigungsgenauigkeit (Feinbearbeitung)
- Hohe Reproduzierbarkeit der Qualität
- Nahezu unbegrenzte Bearbeitungsmöglichkeiten
- Hohe auftrags- und stückbezogene Flexibilität
- Geringe Werkzeugkosten

➤ Nachteile spanender Fertigungsverfahren

- Späneabfall / Materialverbrauch
- Unterbrochener Faserverlauf (Festigkeit)
- Geringe Produktivität / Zeiteinheit

GEOMETRISCH BESTIMMTE VS. UNBESTIMMTE SCHNEIDE

Geometrisch bestimmte Schneide	Geometrisch unbestimmte Schneide
Schneidenanzahl bestimmt	Schneidenanzahl unbekannt
Geometrie der Schneidkeile durch das Werkzeug festgelegt	Werkzeugwinkel streuen in einem weiten Bereich
Lage der Schneiden zum Werkstück ist definiert	Schneidenlage zum Werkstück ist nicht bekannt

2.3 Trennen

KLASSIFIZIERUNG DER SPANENDEN FERTIGUNGSVERFAHREN

nach dem Automatisierungsgrad:

maschinell	manuell
automatisiert	unbestimmte Relativbewegung zwischen Werkzeug und Werkstück
Drehen, Schleifen, Honen	Feilen, Schaben, Sägen

nach der geometrischen Art der Schneide:

geometrisch bestimmte Schneiden	geometrisch unbestimmte Schneiden
Schneidenanzahl, Geometrie der Schneidkeile und Lage der Schneiden zum Werkstück sind bekannt	Schneidenanzahl, Geometrie der Schneidkeile und Lage der Schneiden zum Werkstück sind nicht bekannt
Drehen, Fräsen, Bohren, Räumen	Schleifen, Läppen, Wasserabrasivstrahlschneiden

nach der Art der zu erzeugenden Fläche (Formelement):

einfache Grundkinematik	komplizierte Grundkinematik
ebene Fläche – Planfräsen Schraubfläche - Gewindestrehlen	Formfläche – NC-Formdrehen Verzahnungsfläche - Wälzfräsen

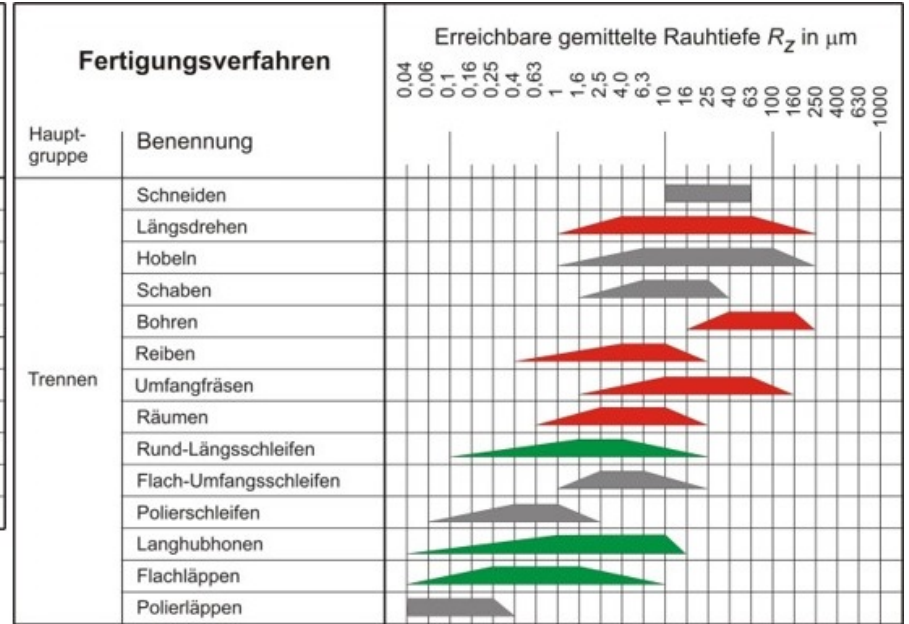
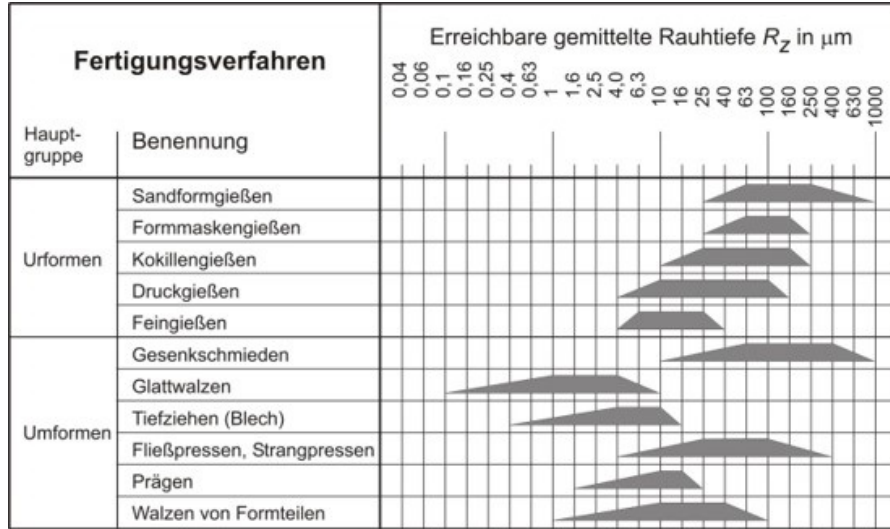
EINTEILUNG

Trennen

Zerteilen	Spanen mit geometrisch bestimmter Schneide	Spanen mit geometrisch unbestimmter Schneide	Abtragen	Zerlegen	Reinigen
DIN 8588	DIN 8589-0	DIN 8589-0	DIN 8590	DIN 8591	DIN 8592

2.3 Trennen

FERTIGUNGSVERFAHREN IM QUALITÄTSVERGLEICH



- Spanen mit geometrisch unbestimmten Schneiden
- Spanen mit geometrisch bestimmten Schneiden

EINTEILUNG

Trennen

Zerteilen	Spanen mit geometrisch bestimmter Schneide	Spanen mit geometrisch unbestimmter Schneide	Abtragen	Zerlegen	Reinigen
DIN 8588	DIN 8589-0	DIN 8589-0	DIN 8590	DIN 8591	DIN 8592

SPANEN MIT GEOMETRISCH BESTIMMTEN SCHNEIDEN

Nach DIN 8589 wird beim **Spanen mit geometrisch bestimmten Schneiden** ein Werkzeug verwendet, dessen **Schneidenanzahl, Geometrie der Schneidteile und Lage der Schneiden** zum Werkstück **bestimmt** sind.

Es wird unterschieden zwischen:

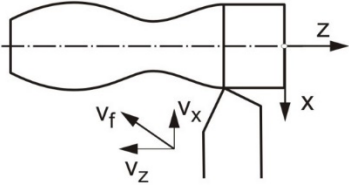
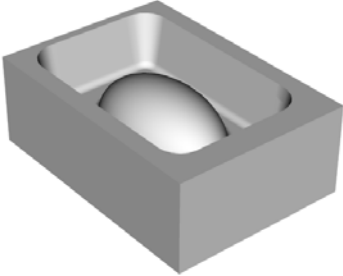
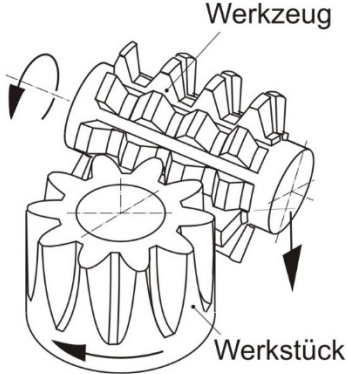
- Drehen
- Bohren, Senken, Reiben
- Fräsen
- Hobeln, Stoßen
- Räumen
- Sägen
- Feilen, Raspeln
- Bürstspanen
- Schaben, Meißeln

EINFACHE GRUNDKINEMATIKEN

Ebene Fläche		Kreiszyllindrische Fläche
Plandrehen	Planfräsen	Runddrehen

Schraubflächen	Profilflächen
Abbilden mit Werkzeugprofil	Form implizit im Werkzeug
Gewindestrehlen	Profildrehen

KOMPLIZIERTE GRUNDKINEMATIKEN

Formflächen einfacher Art	Freiformflächen	Verzahnungsflächen
		
<p>Räumliche Steuerung der Vorschub- bzw. Schnittgeschwindigkeit beim Formdrehen</p>	<p>z. B. Hohlformen (Gesenke) 5-Achsbearbeitung beim Formfräsen</p>	<p>Fräser mit Bezugsprofil führt mit der Vorschubbewegung simultane Werkzeugbewegungen aus</p>

DREHEN



DREHEN – DEFINITION UND EINTEILUNG

Drehen ist Spanen mit geschlossener, **meist kreisförmiger Schnittbewegung** und beliebiger, **senkrecht zur Schnittrichtung liegender Vorschubbewegung** des Werkzeuges.

Die Drehverfahren werden nach Form, Lage und Güte der erzeugten Oberfläche sowie nach der Kinematik des Zerspanvorgangs eingeteilt.

- **Plandrehen:** Erzeugung einer ebenen, senkrecht zur Drehachse des Werkstücks liegenden Fläche.
- **Runddrehen:** Erzeugung einer kreiszylindrischen, zur Drehachse coaxial liegenden Fläche.
- **Schraubdrehen:** Erzeugung von Schraubflächen mit Profilwerkzeug.
- **Walzdrehen:** rotationssymmetrische Walzflächen.
- **Profildrehen:** Abbildung des Profilwerkzeuges.
- **Formdrehen:** Werkstückform durch Steuerung der Vorschub- und Schnittbewegung erzeugt.
- **Außen-, Innendrehen:** Lage der Oberfläche.
- **Schrupp-, Schlicht-, Feindrehen:** (Oberflächengüte).
- **Längs-, Quer-, Form-, Wälz-, Rund-, Unrunddrehen:** Kinematik des Zerspanvorgangs.

DREHEN



2.3 Trennen

BEWEGUNG BEIM DREHEN

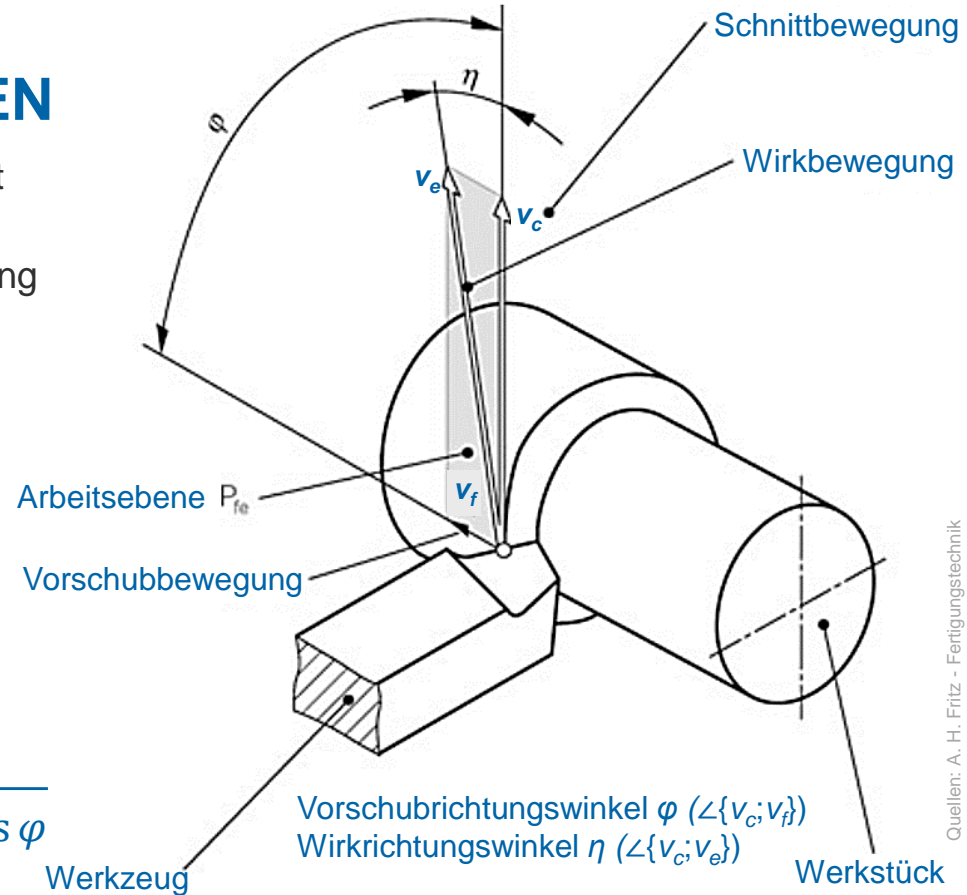
Bewegung wird durch Werkstück ausgeführt
→ Werkzeug ruht

Spanabnahme wird durch Vorschubbewegung
und Schnittbewegung ermöglicht

Werkstückform wird bestimmt durch:

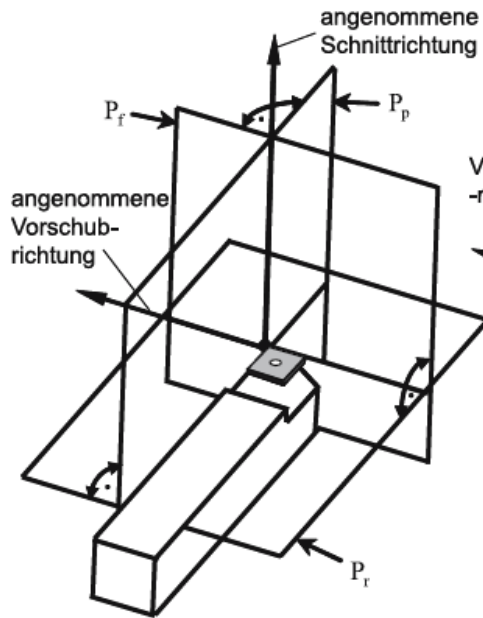
- Werkzeuggeometrie
- Relativbewegung zw. Werkstück und Werkzeug
- Relativbewegung (v_e)
- ist zusammengesetzt aus Schnitt (v_c) -
und Vorschubbewegung (v_f)

- Allg. Zusammenhang: $\tan \eta = \frac{\sin \varphi}{\frac{v_c}{v_f} + \cos \varphi}$

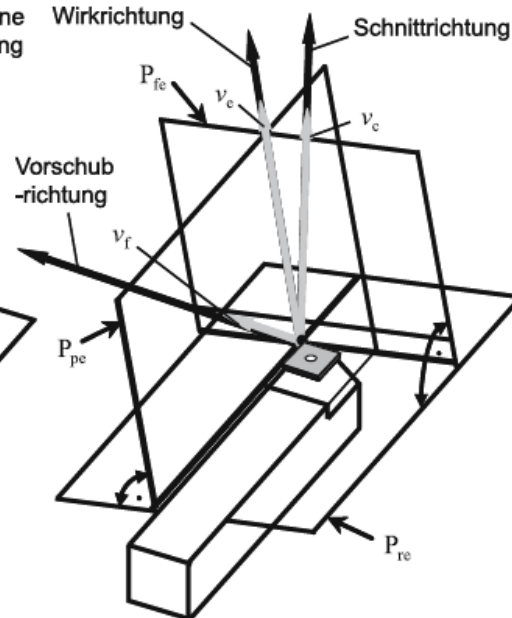


BEZUGSSYSTEME

Werkzeug-
Bezugssystem



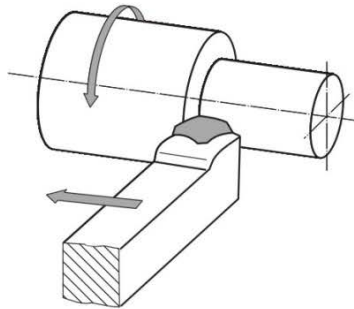
Wirk-
Bezugssystem



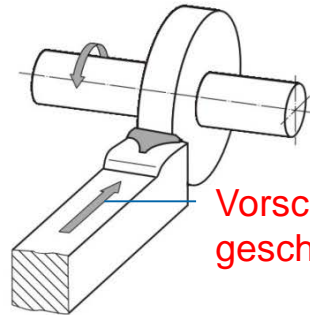
2.3 Trennen

DREHEN – DEFINITION UND EINTEILUNG

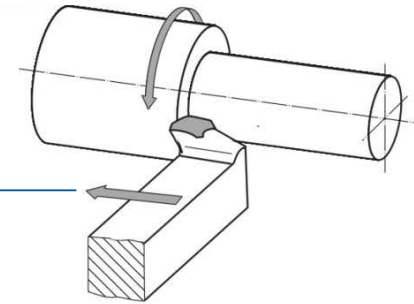
Rund



Längs-Runddrehen



Quer-Runddrehen

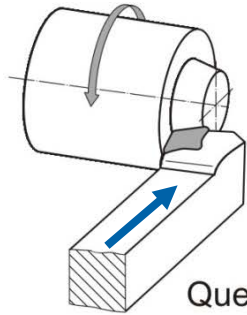


Breitschichtdrehen

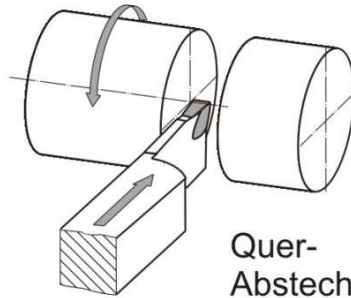
Vorschub-
geschwindigkeit

DREHEN – DEFINITION UND EINTEILUNG

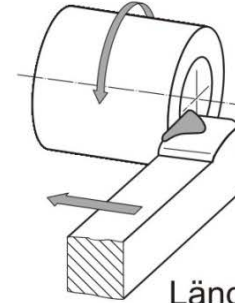
Plan



Quer-Plandrehen



Quer-
Abstechdrehen

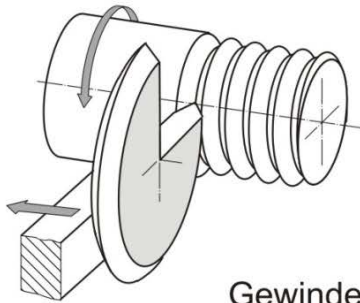


Längs-Plandrehen

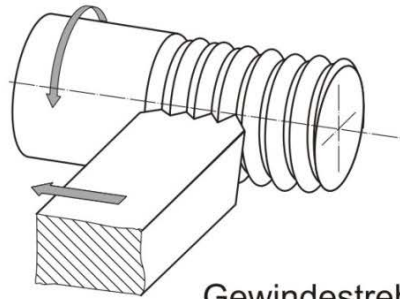
2.3 Trennen

DREHEN – DEFINITION UND EINTEILUNG

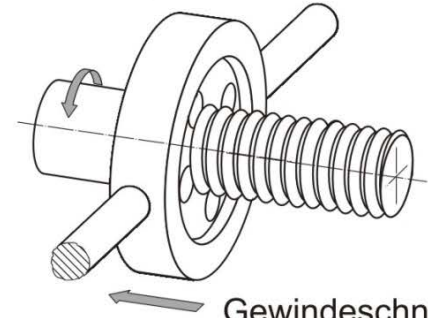
Schraub



Gewindedrehen



Gewindestrehlen

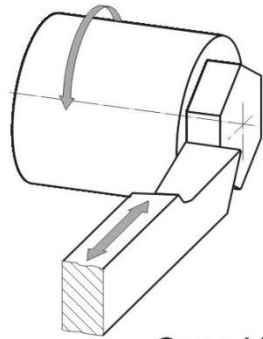


Gewindeschneiden

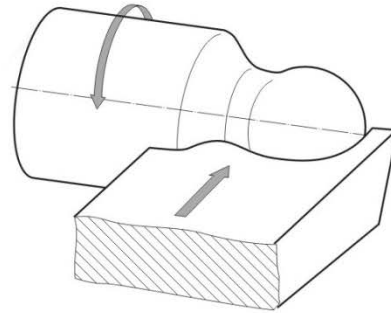
2.3 Trennen

DREHEN – DEFINITION UND EINTEILUNG

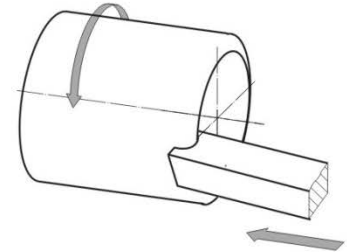
Profil



Quer-Unrunddrehen



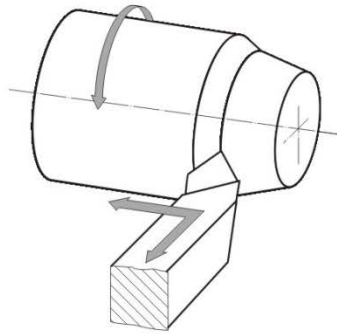
Quer-Profildrehen



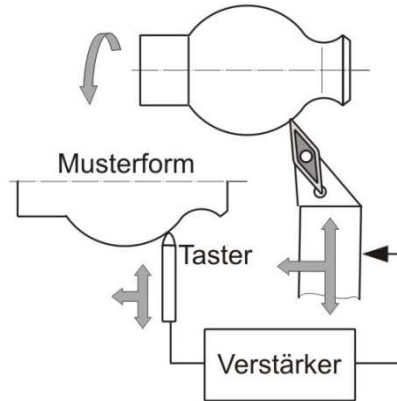
Längs-Profildrehen

DREHEN – DEFINITION UND EINTEILUNG

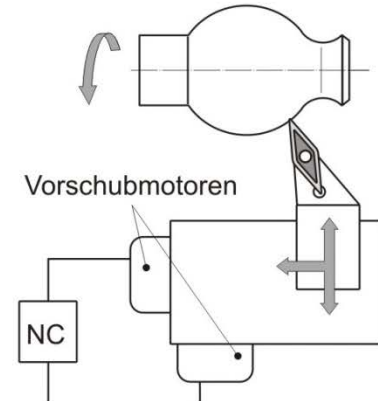
Form



Kegeldrehen



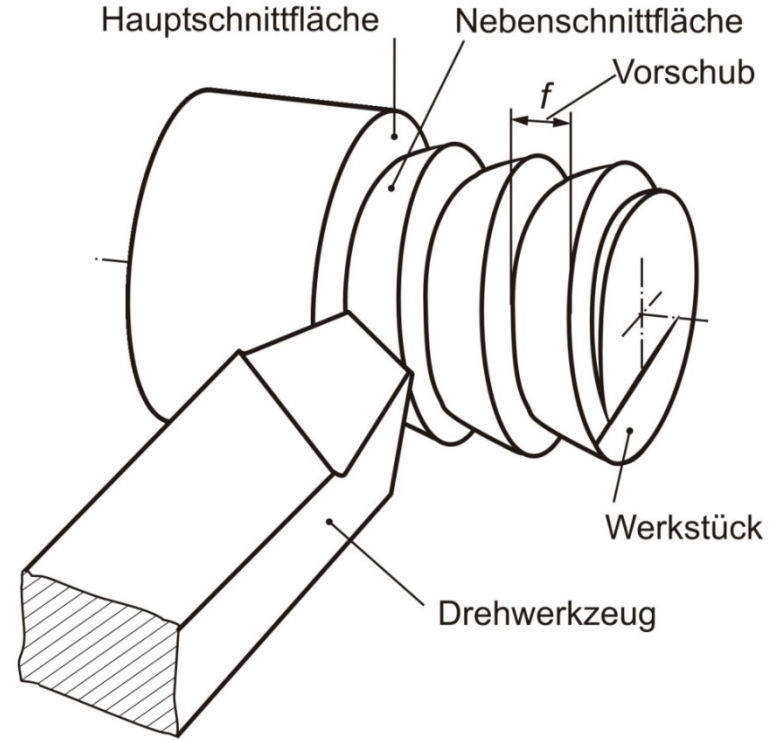
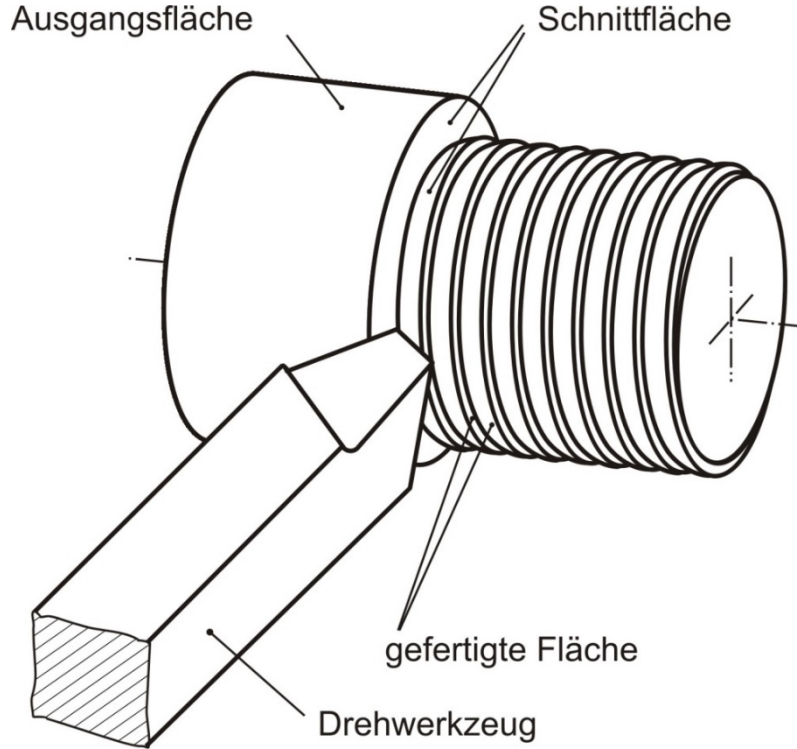
Nachformdehen



NC-Formdrehen

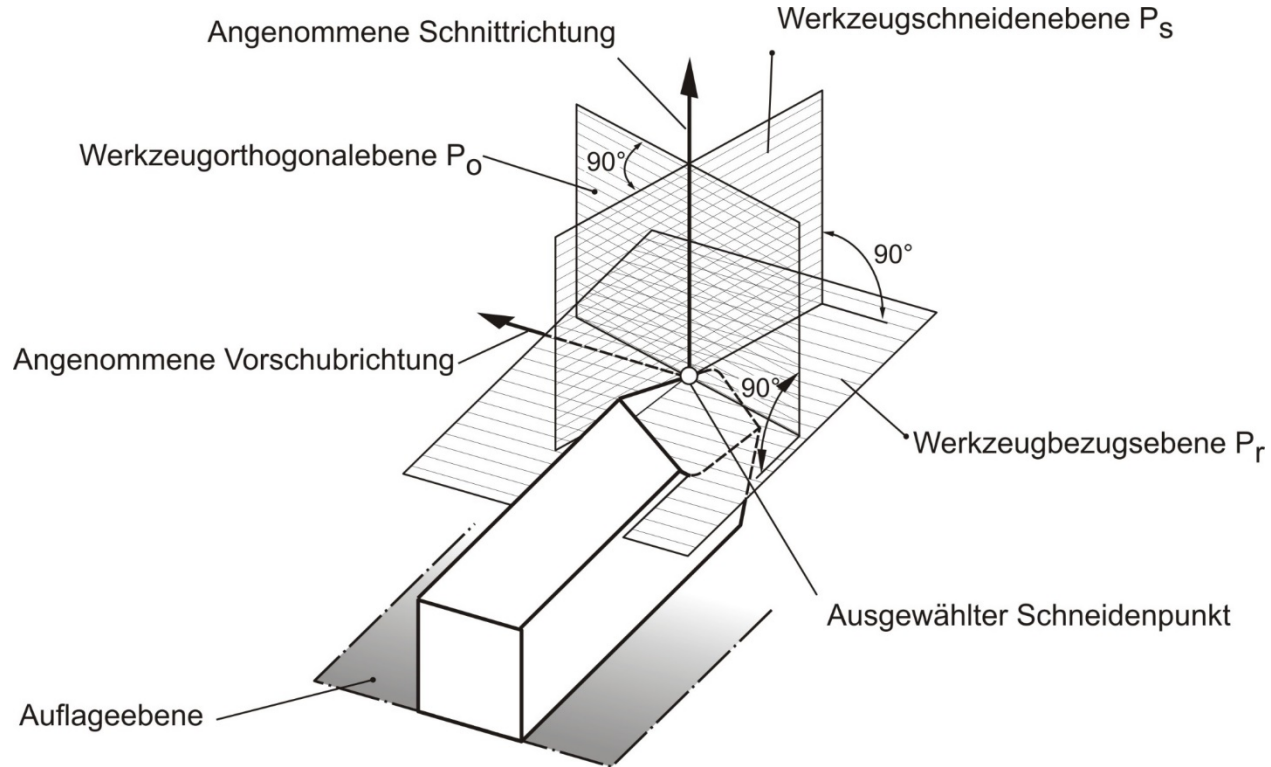
2.3 Trennen

FLÄCHEN AM WERKSTÜCK

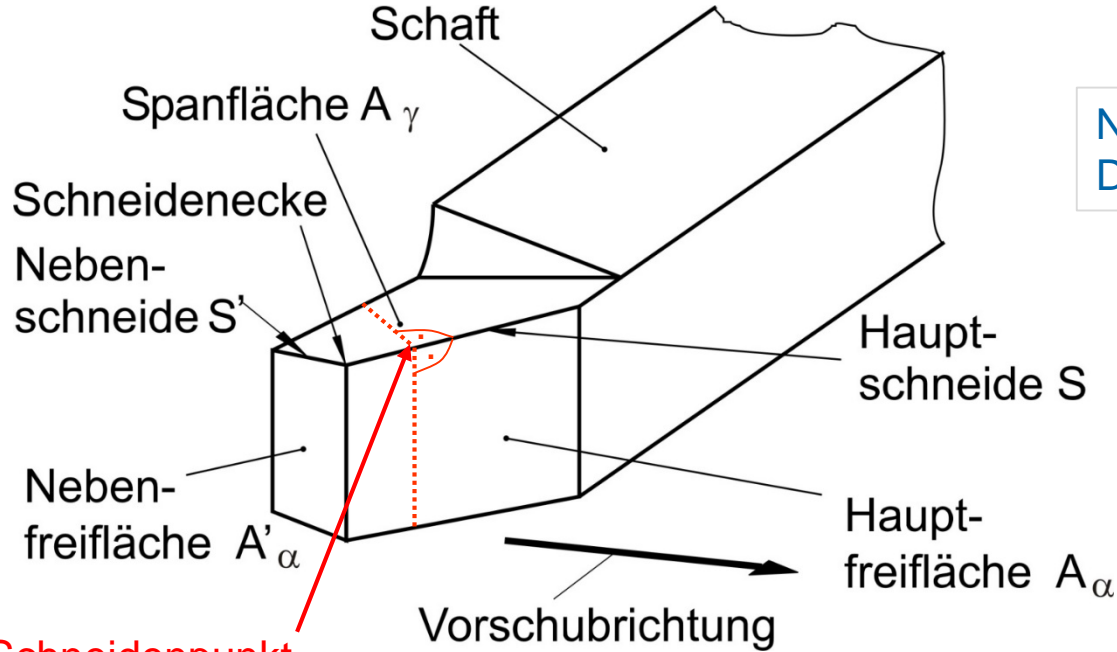


2.3 Trennen

EBENEN IM WERKZEUGBEZUGSSYSTEM



SCHNEIDEN UND FLÄCHEN AM DREHMEISSEL

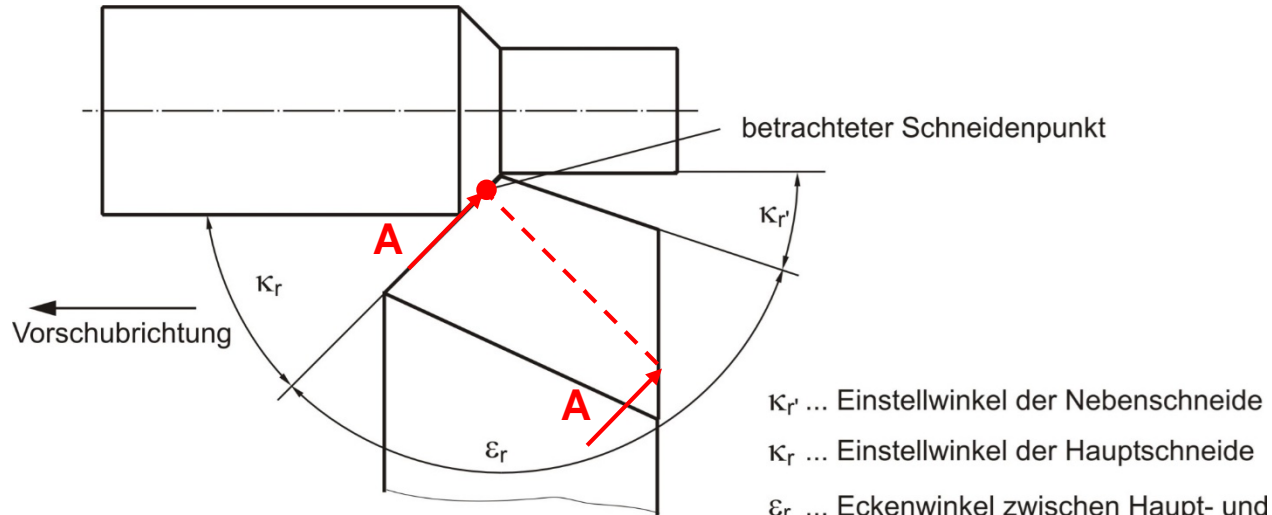


Nachschlagen:
DIN 6581

betrachteter Schneidpunkt

2.3 Trennen

WERKZEUGEINSTELLWINKEL



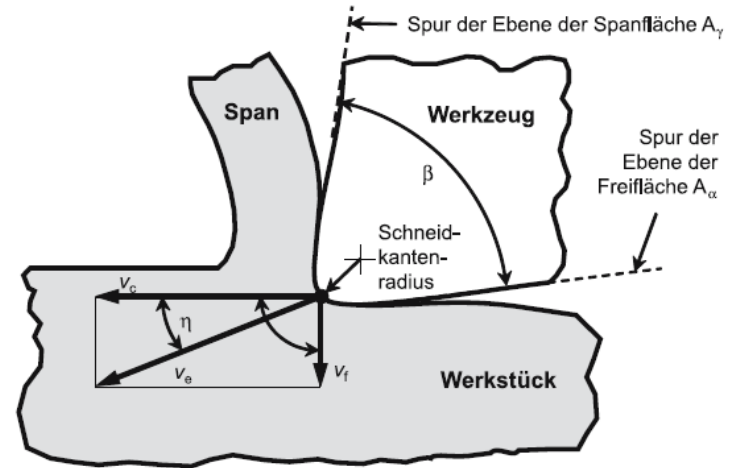
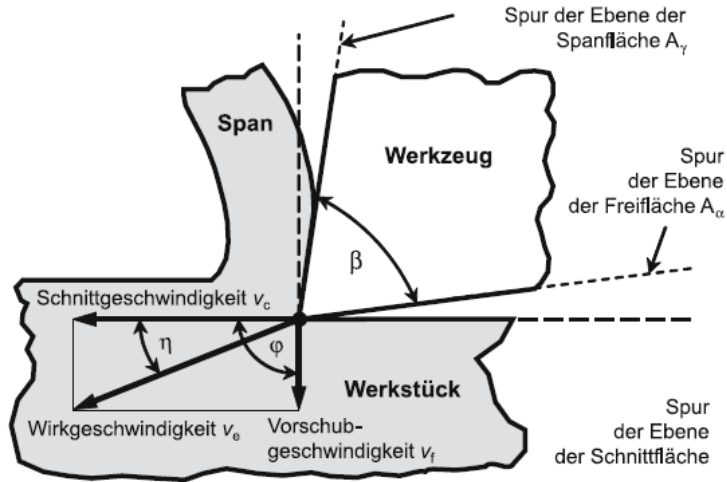
Bildebene =
Werkzeug-
bezugsebene

- $\kappa_{r'}$... Einstellwinkel der Nebenschneide
- κ_r ... Einstellwinkel der Hauptschneide
- ϵ_r ... Eckenwinkel zwischen Haupt- und Nebenschneide

$$\kappa_r + \kappa_{r'} + \epsilon_r = 180^\circ$$

gemessen in der
Werkzeugbezugsebene P_r

SCHNEIDKEIL IDEAL vs. REAL

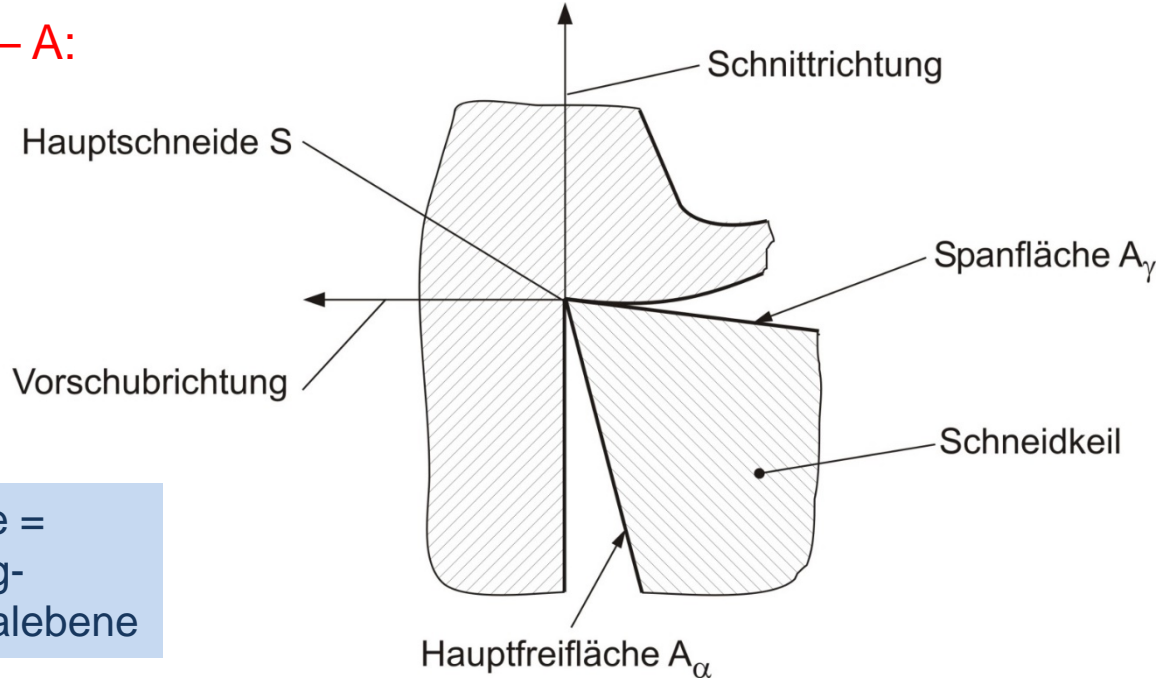


2.3 Trennen

SCHNEIDKEIL AM ZERSPANWERKZEUG

Schnitt senkrecht zur Hauptschneide: Schneiden und Flächen

Schnitt A – A:



Bildebene =
Werkzeug-
orthogonalebene

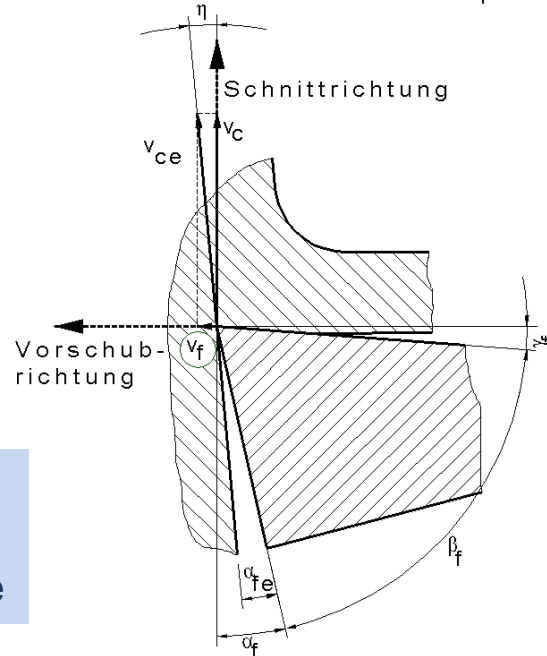
2.3 Trennen

SCHNEIDKEIL AM ZERSPANWERKZEUG

Schnitt senkrecht zur Hauptschneide: Vektoren und Winkel

Schnitt A – A:

Zeichenebene = Arbeitsebene (P_f)



Bildebene =
Werkzeug-
orthogonalebene

- v_c Schnittgeschwindigkeit (c...“cut“)
- v_f Vorschubgeschwindigkeit (f...“feedrate“)
- α Freiwinkel
- β Keilwinkel
- γ Spanwinkel
- Index: e...“effective“ (Wirk~)

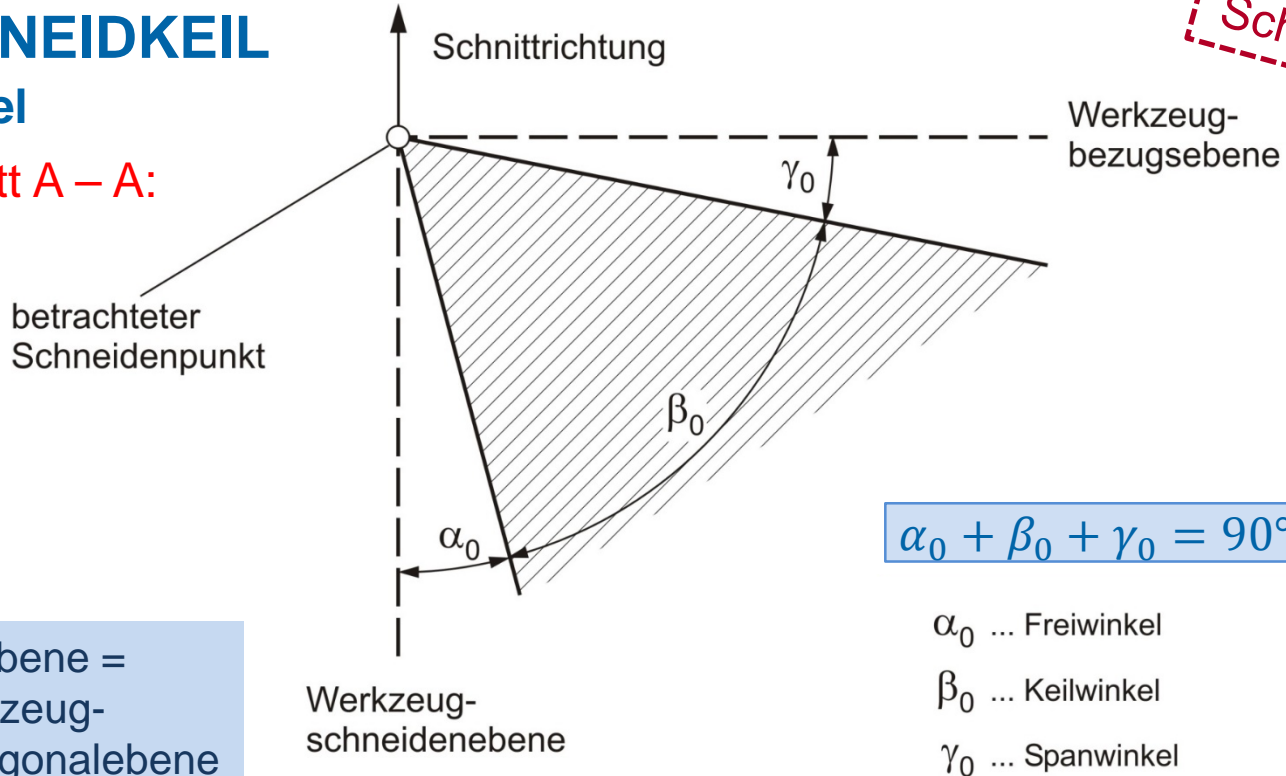
2.3 Trennen

SCHNEIDKEIL

Winkel

Schnitt A – A:

Schematisch!



Bildebene =
Werkzeug-
orthogonalebene

$$\alpha_0 + \beta_0 + \gamma_0 = 90^\circ$$

- α_0 ... Freiwinkel
- β_0 ... Keilwinkel
- γ_0 ... Spanwinkel

2.3 Trennen

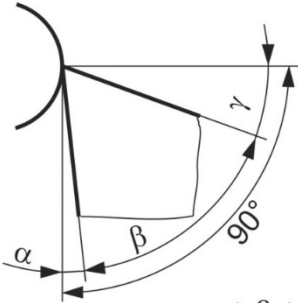
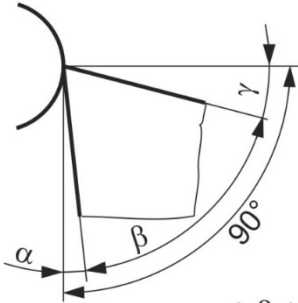
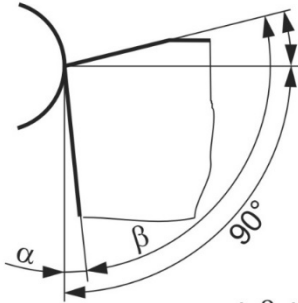
WIRKUNG DER GEOMETRIEN

- Freiwinkel:** verhindert Reiben der Freifläche des Werkzeuges am Werkstück (5 - 10° bei Drehwerkzeugen).
 α_0
- Keilwinkel:** bestimmt die Stabilität des Werkzeuges. Große Winkel sind für eine gute Wärmeableitung von der Wirkstelle vorteilhaft.
 β_0
- Spanwinkel:** beeinflusst Spannungszustand im Schneidkeil und in der Spanwurzel und damit die Spanbildung. Positive oder negative Werte (5 - 30°) möglich.
 γ_0
- Eckenwinkel:** Stabilität der Schneidecke (häufig 90°). (Folie 38!)
 ε_r
- Einstellwinkel:** beeinflusst bei gegebener Schnitttiefe die belastete Breite der Schneide und geht in die Berechnung der Schnittkraft mit ein. (Folie 38!)
 κ_r

2.3 Trennen

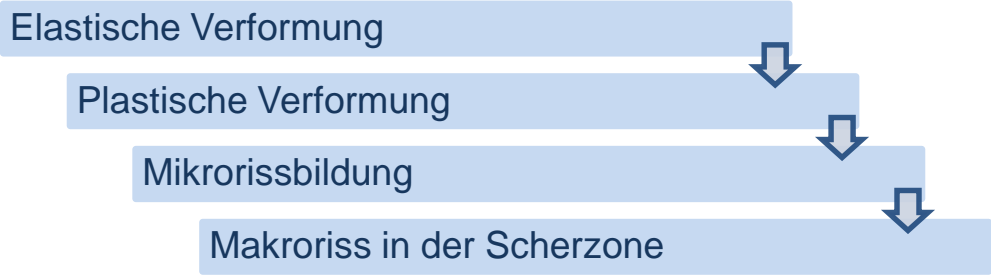
SCHNEIDKEIL

Winkel für verschiedene Werkstoffe

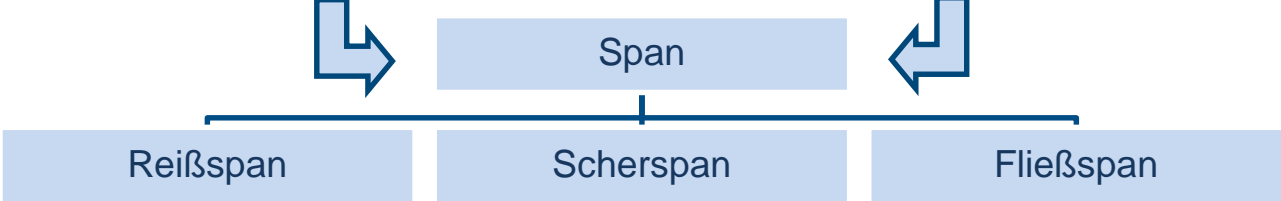
für weiche Werkstoffe (z. B. Al- und Al-Legierungen)	für mittelharte feste Werkstoffe (z. B. Stahl)	für harte und spröde Werkstoffe (z. B. Hartguss)
 <p>Beispiel $\alpha = 12^\circ$ $\beta = 53^\circ$ $\gamma = 25^\circ$ $\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ$</p>	 <p>Beispiel $\alpha = 10^\circ$ $\beta = 70^\circ$ $\gamma = 10^\circ$ $\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ$</p>	 <p>Beispiel $\alpha = 8^\circ$ $\beta = 97^\circ$ $\gamma = -15^\circ$ $\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ$</p>
<p>großer Freiwinkel kleiner Keilwinkel großer Spanwinkel</p>	<p>mittlerer Freiwinkel großer Keilwinkel mittlerer Spanwinkel</p>	<p>kleiner Freiwinkel sehr großer Keilwinkel negativer Spanwinkel</p>

VORGÄNGE BEI DER SPANBILDUNG

Schneidkeil der Hauptschneide dringt in den zu spanenden Werkstoff ein



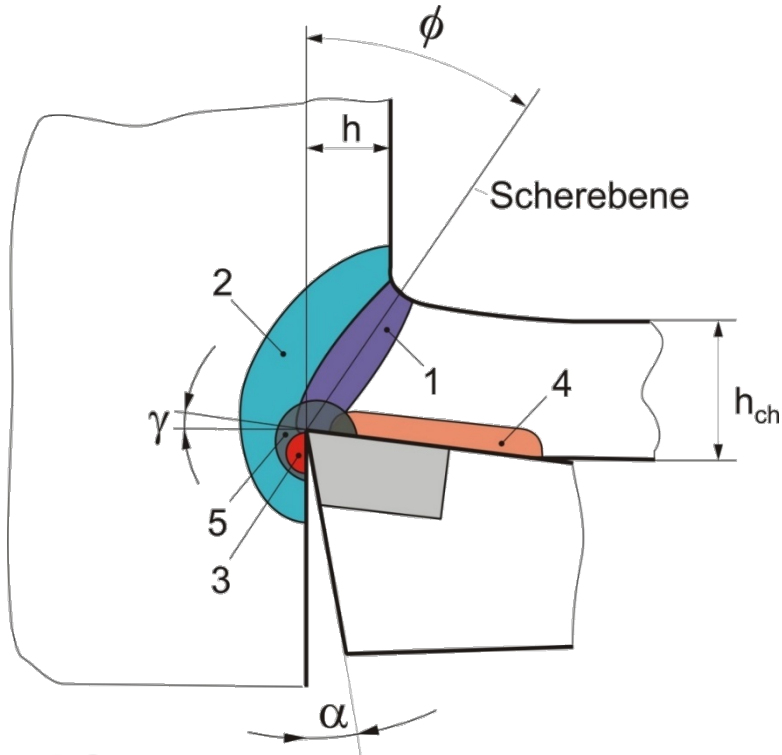
Abscheren bzw. Abgleiten des Werkstoffs in der Scherzone



EINFLUSS AUF SPANBILDUNG

- Werkstückwerkstoff
- Verschleißzustand des Werkzeugs
- Werkzeugmaschine
- Schneidstoff
- Spanlenkung
- Schnittbedingungen / Schnittparameter
- Schneidengeometrien
- Kühlung

SPANBILDUNGSMODELL NACH WARNECKE



- α Freiwinkel
- γ Spanwinkel
- ϕ Scherwinkel
- h Spanungsdicke
- h_{ch} Spandicke
- 1 primäre Scherzone (Spanentstehungszone)
- 2 Verformungsvorlaufzone
- 3; 4 sekundäre Scherzonen (Reibungszone zwischen Werkzeugfreifläche und gefertigter Fläche bzw. Werkzeugspanfläche und Spanunterseite)
- 5 Trenngebiet

2.3 Trennen

SPANENSTEHUNG

- Schneidkeil bewirkt in der Spanwurzel (Scherzone) einen Spannungszustand, der zum Überschreiten der Fließgrenze bzw. der Schubbruchspannung (Spanabtrennung) führt.
- Spanbildung ist abhängig von: Werkstoff, Schnittbedingungen, Schneidstoff, Werkzeugwinkel, Temperatur usw.

Verschiedene Spanarten:

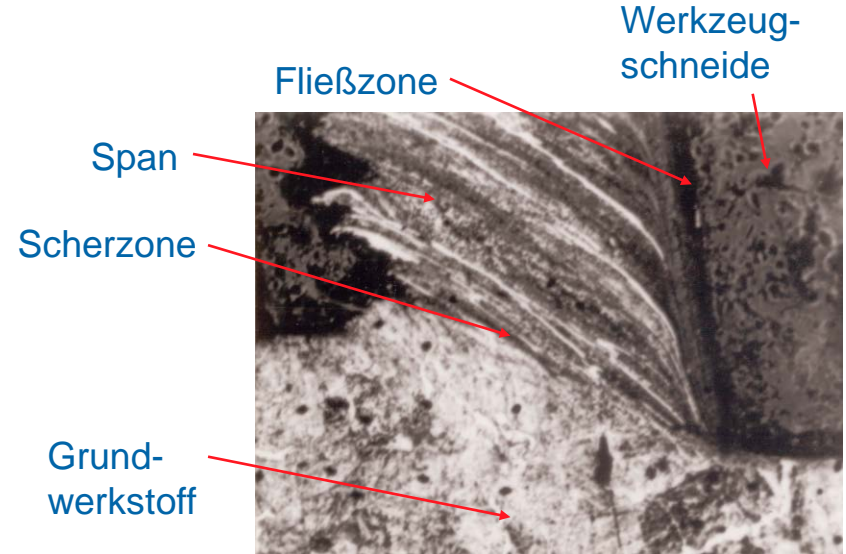
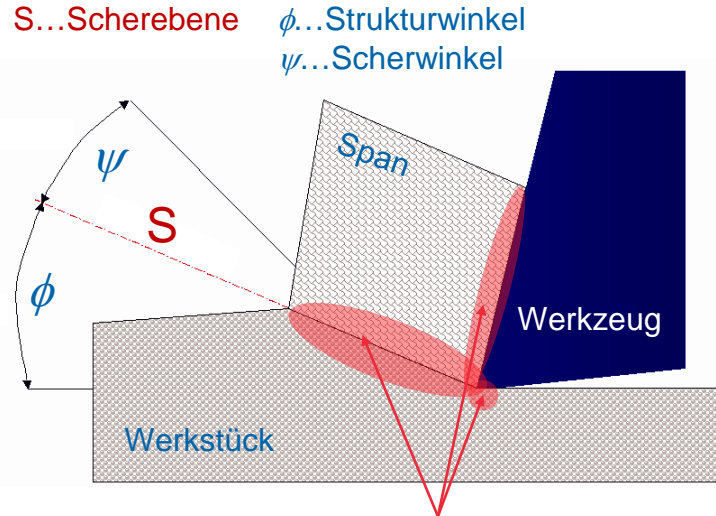
- **Fließspan:** zusammenhängende Späne
- **Lamellenspan:** Zwischenform von Fließ- und Scherspan
- **Scherspan:** schuppenförmige, teilweise verschweißte Späne
- **Reißspan:** einzelne Partikel (bei spröden Werkstoffen)
- weitere Zwischenformen



2.3 Trennen

SPANENTSTEHUNG


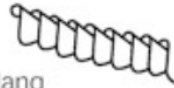
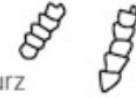



- **Abscheren** und **Abgleiten** von Werkstoffpartikeln in der Scherebene. Umorientierung der Kristalle in Strukturlinien.
- **Ausbildung** eines **Spanes** (deformierte Werkstoffpartikel).
- Ablaufen des Spans über die Spanfläche des Werkzeuges.



Bereiche starker plastischer Verformung

2.3 Trennen

SPANFORMEN

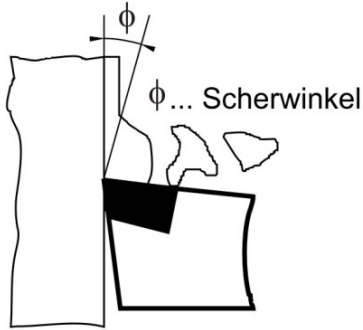
Spanform		Spanraumzahl R	Beurteilung	Spanform		Spanraumzahl R	Beurteilung
Bandspäne		≥ 90	ungünstig	Wendel- späne	lang 	≥ 50	brauchbar
					kurz 	≥ 25	gut
Wirrspäne				Spiral- späne		≥ 8	
$R = \frac{\text{Raumbedarf der Spanmenge}}{\text{Werkstoffvolumen der gleichen Spanmenge}}$				Spanbruch- stücke		≥ 3	brauchbar

Quellen: A. H. Fritz - Fertigungstechnik

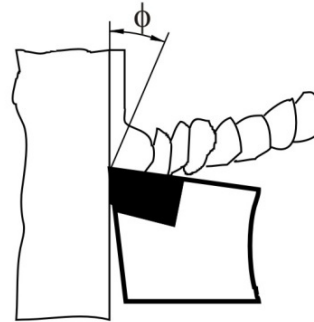
2.3 Trennen

SPANARTEN

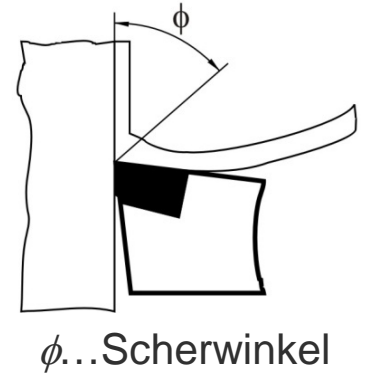
Reißspan



Scherspan



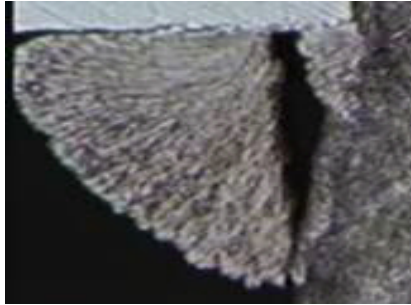
Fließspan



Schnittgeschwindigkeit v_c ↑

2.3 Trennen

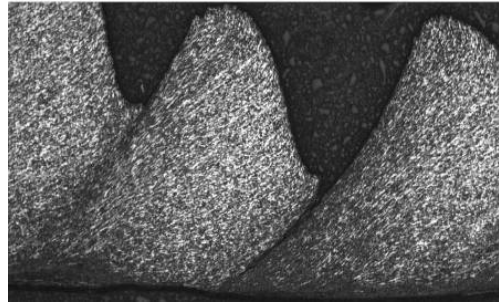
SPANARTEN



Reißspan (Bröckelspan)

Übersteigen des Formänderungsvermögens verbunden mit dem Abreißen einzelner Spanteile

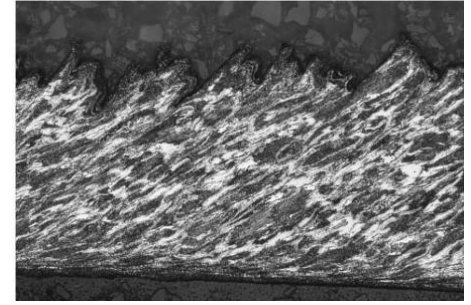
Werkstückoberfläche wird häufig durch kleine Ausbrüche beschädigt



Scherspan

Übersteigen des Formänderungsvermögens des Werkstoffes

Bildung unterschiedlich langer, zusammenhängender Spanelemente



Fließspan

Werkstoffe mit ausreichendem Formänderungsvermögen
zusammenhängendes Werkstoffgefüge im Span

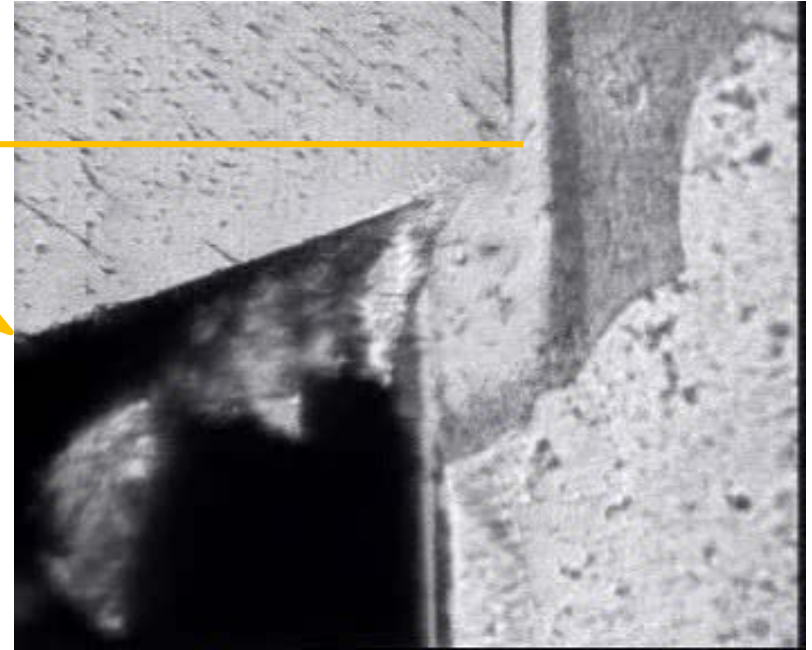
2.3 Trennen

SPANARTEN IN ABHÄNGIGKEIT VON γ

Werkstoff: aushärtbare Al-Knetlegierung, ungünstige Zerspanungseigenschaften

$\gamma = -20^\circ$

- Wesentliche Zunahme der Spanstauchung und damit der Werkstoffverformung
- Unregelmäßige Bildung von Scherspänen, teilweise Reißspäne



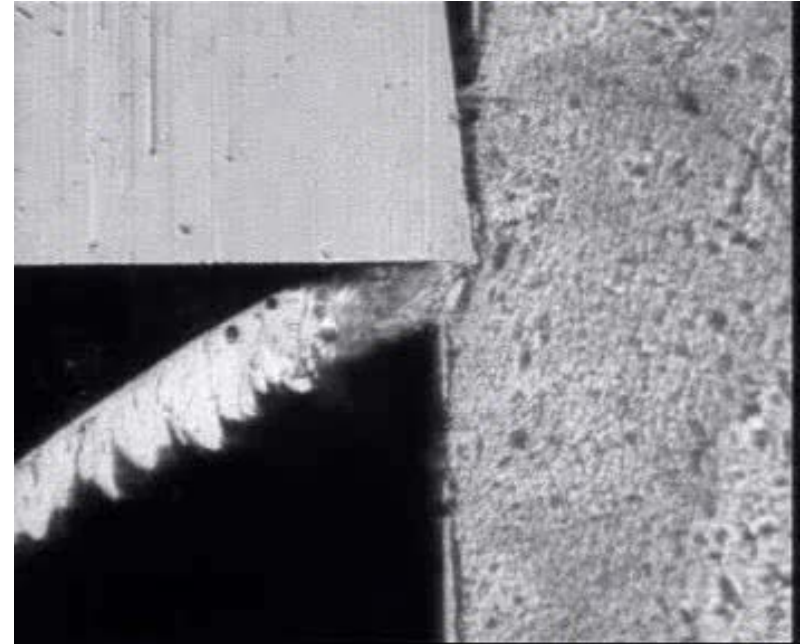
2.3 Trennen

SPANARTEN IN ABHÄNGIGKEIT VON γ

Werkstoff: aushärtbare Al-Knetlegierung, ungünstige Zerspanungseigenschaften

$\gamma = 0^\circ$

- Verstärkte Stauchwirkung
- Reibwärme verursacht zusätzlich plastische Verformung
- **Wechsel** zwischen Fließ- und Scherspan

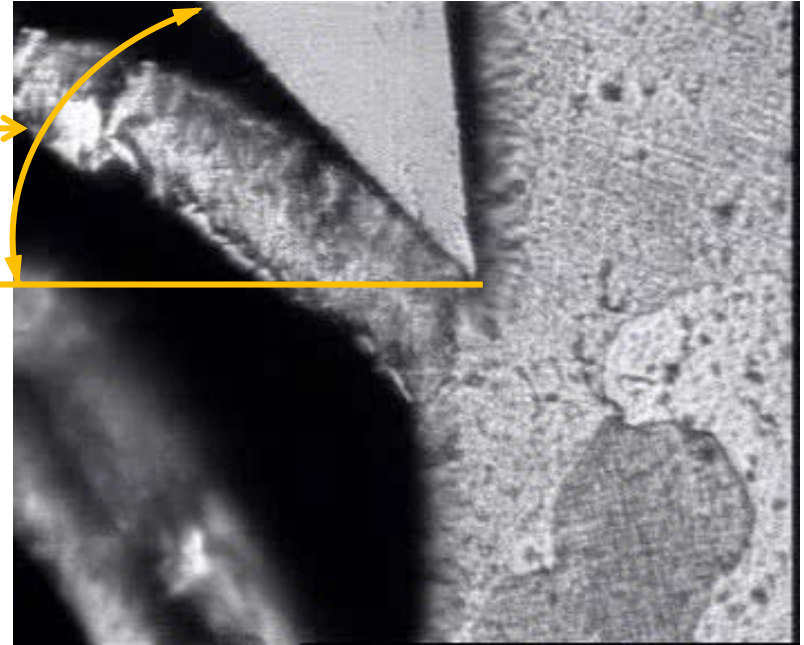


2.3 Trennen

SPANARTEN IN ABHÄNGIGKEIT VON γ

Werkstoff: aushärtbare Al-Knetlegierung, ungünstige Zerspanungseigenschaften

$\gamma = 45^\circ$



- geringe Werkstoffbeanspruchung durch geringe Stauchwirkung
- Gleichförmiger Fließspan

2.3 Trennen

WÄRMEENTSTEHUNG UND TEMPERATURVERTEILUNG bei der Spanbildung

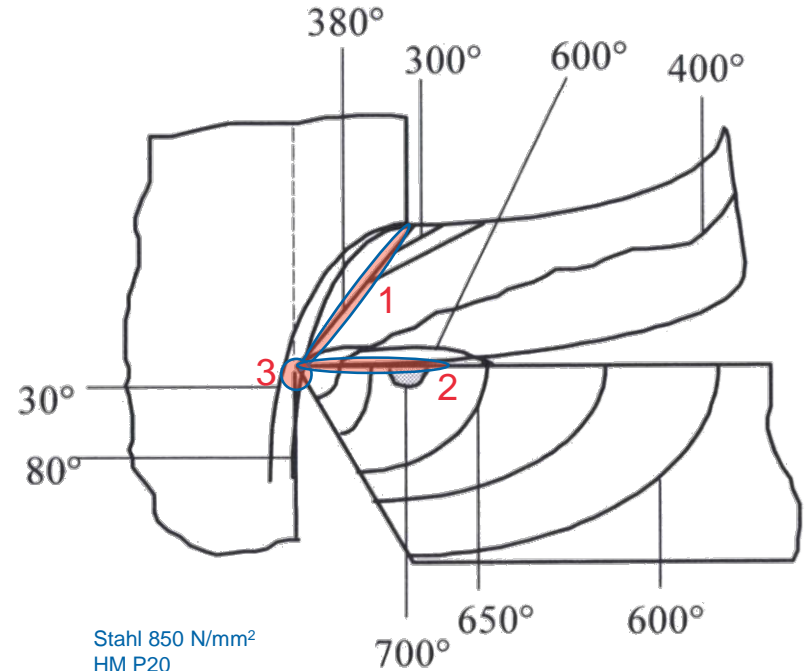
Nahezu die gesamte aufgewandte Energie beim Zerspanen wird in Wärme umgesetzt

Wärmeentstehungszonen:

1. Scherebene
Wärme aus Zerstörung molekularer/atomarer Werkstoffstrukturen
2. Kontaktzone Spanfläche – Span
Wärme aus Reibung und Verformungsarbeit
3. Kontaktzone Freifläche – Werkstück
Reibungswärme

Temperaturverteilung:

Höchste Temperatur an der Kontaktzone zwischen Span und Werkzeug



Stahl 850 N/mm²
 HM P20
 $v_c = 60$ m/min
 $h = 0,32$ mm
 Spanwinkel 10°

(nach Vieregge)

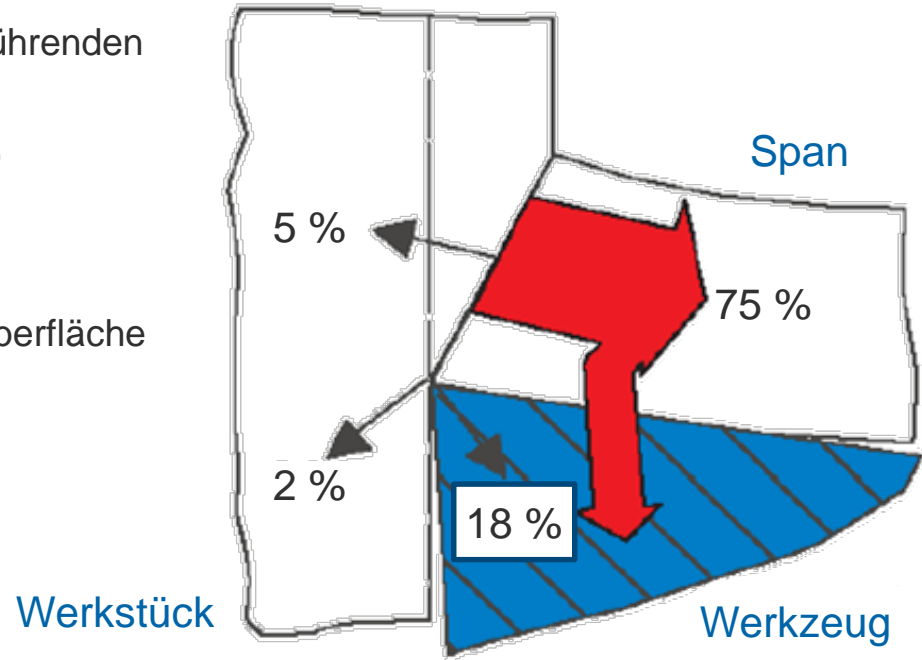
Quellen: TU Chemnitz

2.3 Trennen

VERTEILUNG DER ZERSpanungSWÄRME

Verteilung der aus der Scherzone abzuführenden Wärme bei kontinuierlichen Schnitt:

- insbesondere auf den **Span** (ca. 75%)
- auf das **Werkzeug** (ca. 18%)
- auf das **Werkstück** (ca. 7%)
davon ca. 2% auf die neu erzeugte Oberfläche



(nach Kronenberg)

2.3 Trennen

WERKZEUGEINGRIFF

Vorschub f ist die Ortsveränderung des Werkzeugs in Richtung der Vorschubbewegung je Umdrehung in der Arbeitsebene.

Schnitttiefe a_p ist die Eingriffstiefe des Werkzeugs senkrecht zur Arbeitsebene

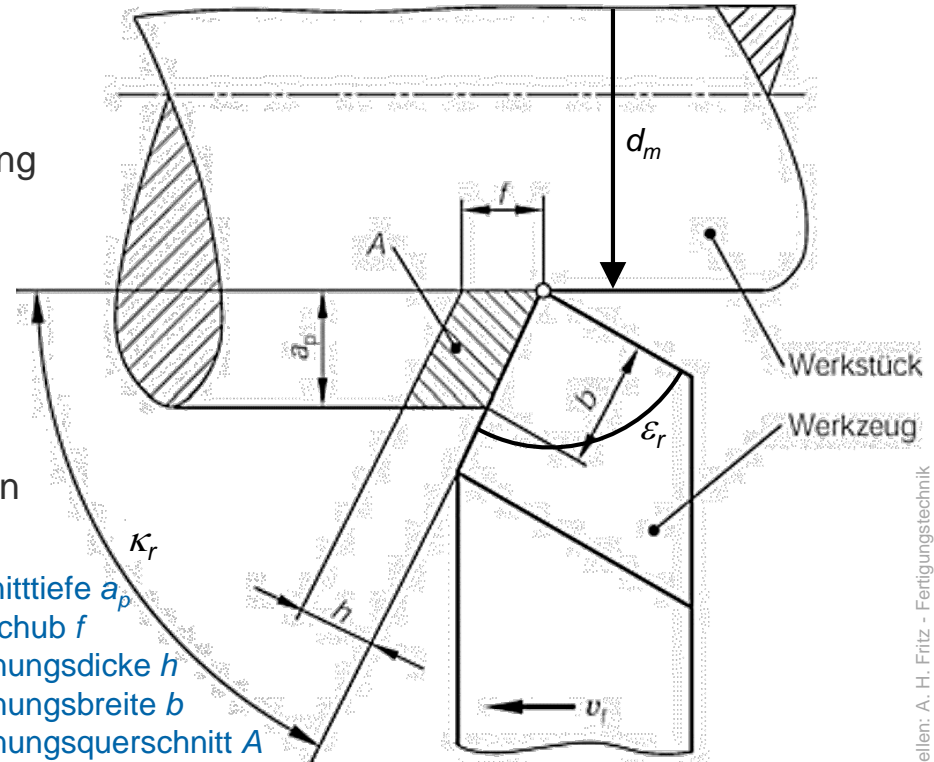
$$A = b f \sin \kappa_r$$

Zum Vergleich spanender Fertigungsverfahren wird das Zeitspanungsvolumen Q_w herangezogen.

$$Q_w = A v_c = d_m a_p v_f$$

Mit: d_m = Mittlerer Durchmesser des Werkstücks nach einem Spanvorgang

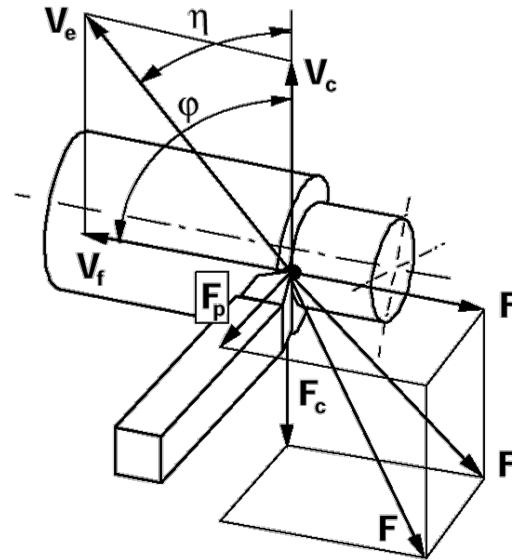
Schnitttiefe a_p
 Vorschub f
 Spanungsdicke h
 Spanungsbreite b
 Spanungsquerschnitt A
 Einstellwinkel κ_r
 Eckenwinkel ε_r



2.3 Trennen

KRÄFTE UND GESCHWINDIGKEITEN BEIM DREHEN

- Schnittbewegung bewirkt einmalige Spanabnahme je Umdrehung bzw. Hub.
- Vorschubbewegung ermöglicht mit Schnittbewegung stetige Spanabnahme.
- Wirkbewegung ist resultierende aus Schnitt- und Vorschubbewegung.
- Zerspankraft F setzt sich aus Schnittkraft F_c , Vorschubkraft F_f und Passivkraft F_p zusammen.
- Aktivkraft F_a setzt sich aus Schnitt- und Vorschubkraft zusammen.
- Schnittkraft bestimmt Schnittleistung und ist vom Spanungsquerschnitt und der spezifischen Schnittkraft abhängig.



- v_c : Schnittgeschwindigkeit
- v_f : Vorschubgeschwindigkeit
- v_e : Wirkgeschwindigkeit
- F_c : Schnittkraft
- F_f : Vorschubkraft
- F_a : Aktivkraft
- F_p : Passivkraft
- F : Zerspankraft
- φ : Vorschubrichtungswinkel
- η : Wirkrichtungswinkel

2.3 Trennen

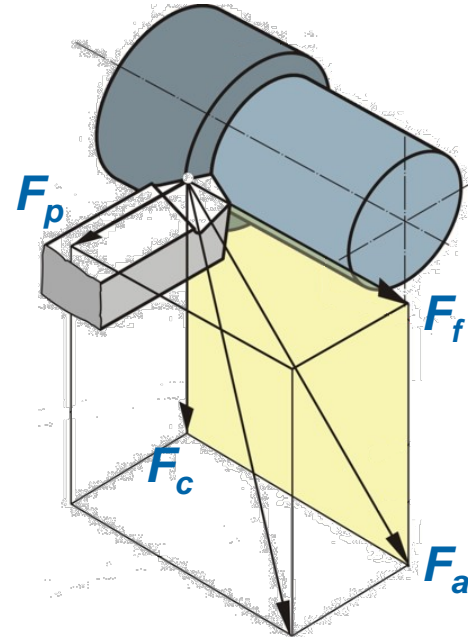
BERECHNUNG DER SCHNITTKRAFT

Berechnung der Schnittkraft mit bezogener spezifischer Schnittkraft $k_{c1.1}$ (auf Querschnitt bh bezogen) und Spannungsdickenexponent m_c (abhängig von Werkzeug-, Werkstückwerkstoff, Schneidengeometrie, Schnittgeschwindigkeit, Kühlschmiermittel usw.).

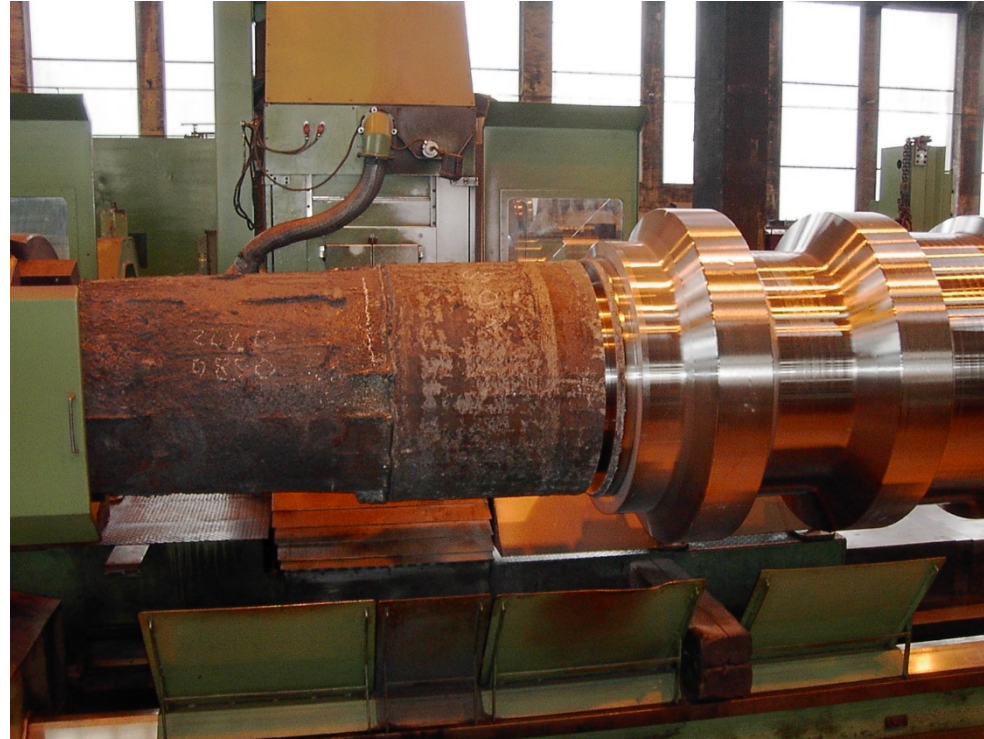
$$F_c = b \cdot h \cdot k_c = a \cdot f \cdot k_c \quad \text{mit: } k_c = \frac{k_{c1.1}}{h^{m_c}}$$

Schnittleistung ergibt sich aus Schnittkraft und Schnittgeschwindigkeit. Die Schnittgeschwindigkeit ist Abhängig von dem Werkstückdurchmesser d sowie der Drehzahl n

$$P_c = F_c \times v_c \quad \text{mit: } v_c = \pi d n$$



DREHEN VON WALZEN AUS HARTGUSS



DREHVORGANG





Additive Fertigung

FERTIGUNGSTECHNIK 20/21 - 09

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



imkf
INSTITUT FÜR MASCHINENELEMENTE
KONSTRUKTION UND FERTIGUNG



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