

Meistervorbereitungskurs

Meister im

Feinwerkmechaniker- Handwerk

Fertigungsverfahren - Trennen

Fertigungsverfahren

Fertigungstechnik ist ein Gebiet der Produktionstechnik und des Maschinenbaus. Sie ist die Lehre von der (wirtschaftlichen) Herstellung von Werkstücken und anderen geometrisch definierten festen Körpern.

Zentraler Betrachtungsgegenstand der Fertigungstechnik sind die zahlreichen Fertigungsverfahren, die in der DIN 8580 zu Hauptgruppen und Gruppen zusammengefasst werden.

Fertigungsverfahren nach DIN 8580

1. Urformen	Formgebung	Zusammenhalt schaffen
2. Umformen	Formänderung ohne Materialabtrag	Zusammenhalt beibehalten
3. Trennen	Formänderung durch Zerteilen oder Materialabtrag	Zusammenhalt vermindern
4. Fügen	Verbinden von Werkstücken	Zusammenhalt vermehren
5. Beschichten	Auftrag dünner Schichten	
6. Stoffeigenschaften ändern	z. B. durch Beeinflussung der Kristallstruktur	

Urformen (1. Hauptgruppe)

- Urformen aus dem flüssigen Zustand (z.B. Giessen)
- Urformen aus dem plastischen Zustand (z.B. Strangpressen (Extrudieren))
- Urformen aus dem breiigen Zustand (z.B. Gießen von Beton)
- Urformen aus dem körnigen oder pulverförmigen Zustand (z.B. Sandformen)
- Urformen aus dem span- oder faserförmigen Zustand (z.B. Spanplattenherstellung)
- Urformen aus dem gas- oder dampfförmigen Zustand
- Urformen aus dem ionisierten Zustand (z.B. Galvanoplastik)
- Urformen durch additive Fertigung (z.B. 3D-Druck)

Umformen (2. Hauptgruppe)

- Druckumformen (z.B. Walzen, Gesenkformen)
- Zugdruckumformen (z.B. Tiefziehen, Innenhochdruckumformen)
- Zugumformen (z.B. Längen, Weiten)
- Biegeumformen (z.B. Abkanten, Gesenkbiegen)
- Schubumformen (z.B. Verdrehen)

Trennen (3. Hauptgruppe)

Verfahren, bei denen die Form eines Werkstücks durch die Aufhebung des Werkstoffzusammenhalts an der Bearbeitungsstelle verändert wird

- Zerteilen (z.B. Scherschneiden)
- Spanen mit geometrisch bestimmter Schneide (z.B. Drehen, Fräsen, Bohren)
- Spanen mit geometrisch unbestimmter Schneide (z.B. Schleifen)
- Abtragen (z.B. Laserschneiden, Funkenerosion)
- Zerlegen (z.B. Abschrauben)
- Reinigen (z.B. Abwischen, Ultraschallreinigen, Ablaugen)

Fügen (4. Hauptgruppe)

Fügen ist das Verbinden mehrerer Werkstücke.

- Zusammensetzen
- Füllen
- An- und Einpressen (z.B. Pressverbindungen)
- Fügen durch Urformen (z.B. Eingießen)
- Fügen durch Umformen (z.B. Bördeln, Falzen, Nieten)
- Fügen durch Schweißen
- Fügen durch Löten
- Kleben
- Textiles Fügen

Beschichten (5. Hauptgruppe)

Aufbringen einer festhaftenden Schicht aus formlosem Stoff auf die Oberfläche eines Werkstückes.

Beschichtungsmaterial:

- gasförmig (z.B. chemische Gasphasenabscheidung)
- flüssig (z.B. Lackieren, Emaillieren)
- gelöst (z.B. Verzinken, Chromatieren, Galvanisieren)
- fest (z.B. Pulverbeschichten)

Stoffeigenschaften ändern (6. Hauptgruppe)

Verfahren, bei denen die Eigenschaften eines Werkstoffes gezielt und dauerhaft verändert werden.

- Verfestigen durch Umformen (z.B. Verfestigungsstrahlen, Verfestigen durch Ziehen)
- Wärmebehandeln (z.B. Glühen, Härteln, Anlassen, Nitrieren, ...)
- Thermomechanisches Behandeln
- Sintern und Brennen
- Magnetisieren
- Bestrahlung
- Photochemische Verfahren (z.B. Belichten)

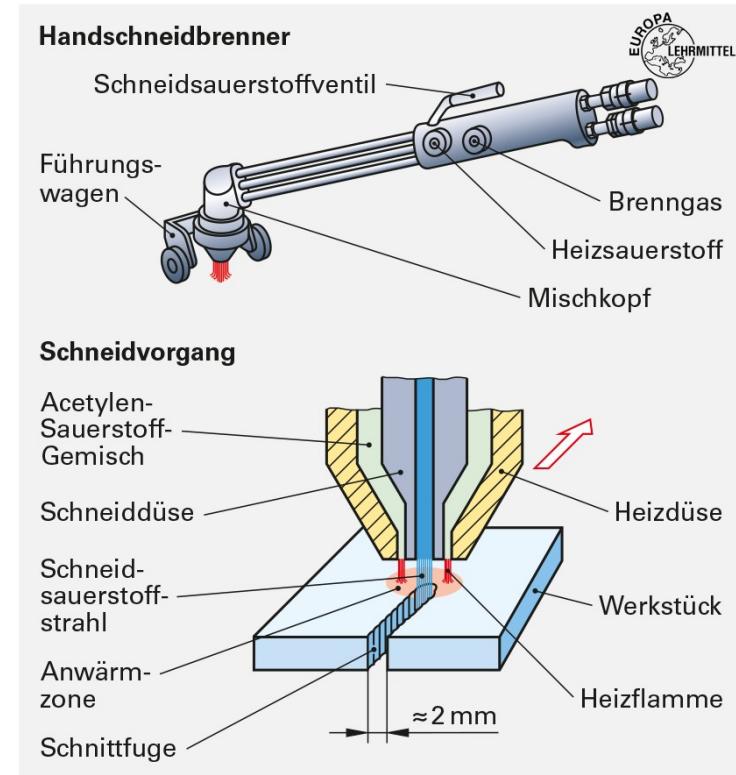
Trennen (3. Hauptgruppe)

3.1 Zerteilen	Trennen von Werkstoffteilen ohne Erzeugen von formlosem Stoff (Späne, Pulver oder ähnliches).	<ul style="list-style-type: none">• Scherschneiden
3.2 Spanen mit geometrisch bestimmter Schneide	Trennen von Werkstoffen mit Erzeugung von formlosem Stoff (Spänen) auf mechanischem Wege.	<ul style="list-style-type: none">• Drehen• Fräsen• Bohren
3.3 Spanen mit geometrisch unbestimmter Schneide	Trennen von Werkstoffen mit Erzeugung von formlosem Stoff (Spänen) auf mechanischem Wege.	<ul style="list-style-type: none">• Schleifen
3.4 Abtragen	Trennen von Werkstoffen mit Erzeugung von formlosem Stoff auf nicht mechanischem Weg, etwa thermisch oder chemisch.	<ul style="list-style-type: none">• Autogenes Brennschneiden• Plasma-Schmelzschnieden<ul style="list-style-type: none">• Laserstrahlschneiden• Wasserstrahl-Schneiden• Funkenerosives Abtragen
3.5 Zerlegen		<ul style="list-style-type: none">• Abschrauben
3.6 Reinigen		(z.B. Ultraschallreinigen, Ablaugen)

3.4.1.1 Trennen - Autogenes Brennschneiden

Das Brennschneiden beruht auf der Tatsache, dass unlegierte und niedrig legierte Stähle *in reinem Sauerstoff* verbrennen. Die Entzündungstemperatur von ca. 1200 °C liegt unterhalb der Schmelztemperatur.

Eine Brenngas-Flamme (Acetylen-Sauerstoff-Gemisch) erwärmt den Schneidpunkt am Werkstoff auf Entzündungstemperatur, der Schneid-Sauerstoff-Strahl verbrennt den Werkstoff und bläst das entstandene Eisenoxid zusammen mit dem geschmolzenem Stahl aus der Schnittfuge.



3.4.1.1 Trennen - Autogenes Brennschneiden

- nur unlegierte oder niedrig legierte Stähle
 - hohe Werkstoffdicken (über 300 mm nur durch Brennschneiden möglich)
 - Qualität der Schnittfuge bis zu Sägequalität
 - auch unter Wasser
- Achtung:
- nicht für dünne Bleche geeignet

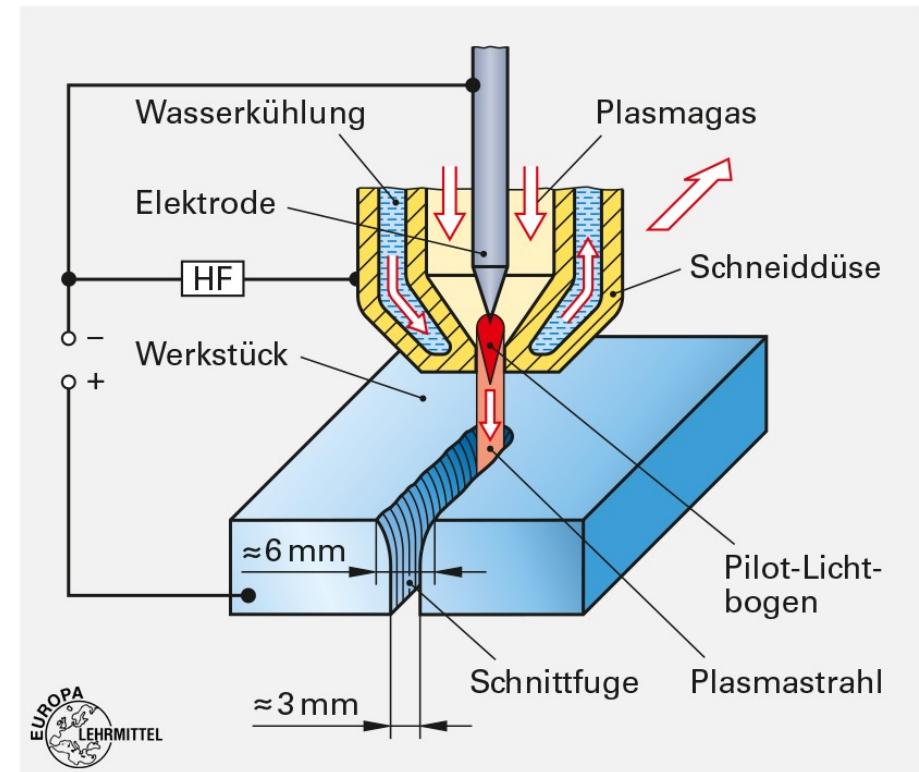
3.4.1.1 Trennen - Autogenes Brennschneiden



3.4.1.2 Trennen - Plasma-Schmelzschneiden

Plasma ist ein Teilchengemisch aus Ionen, freien Elektronen und meist auch neutralen Atomen oder Molekülen. Plasma ist elektrisch Leitfähig.

Beim Plasma-Schmelzschneiden wird ein Gas (Argon, Stickstoff, Gemische aus beiden, Helium, Druckluft) durch einen Lichtbogen in Plasma verwandelt und durch eine angelegte Spannung zwischen der Schneiddüse und dem Werkstück auf das Werkstück beschleunigt. Das bis ca. 30000 °C heiße Plasma bringt den Werkstoff zum schmelzen und bläst ihn aus der Schnittfuge.



3.4.1.2 Trennen - Plasma-Schmelzschneiden

- Legierte Stähle und NE-Metalle, auch Nichtmetalle (bei nicht leitfähigen, muss eine zusätzliche Elektrode verwendet werden)
- hohe Schnittgeschwindigkeiten
- schlechtere Schnittfugenqualität
- mittlere Werkstoffdicken (bis 160mm)

Achtung:

- Laut (Wasserbad, Einspritzen von Wasser)
- Giftige Gase Ozon Stickoxide (Absaugung)
- UV-Strahlung (Abschirmung)

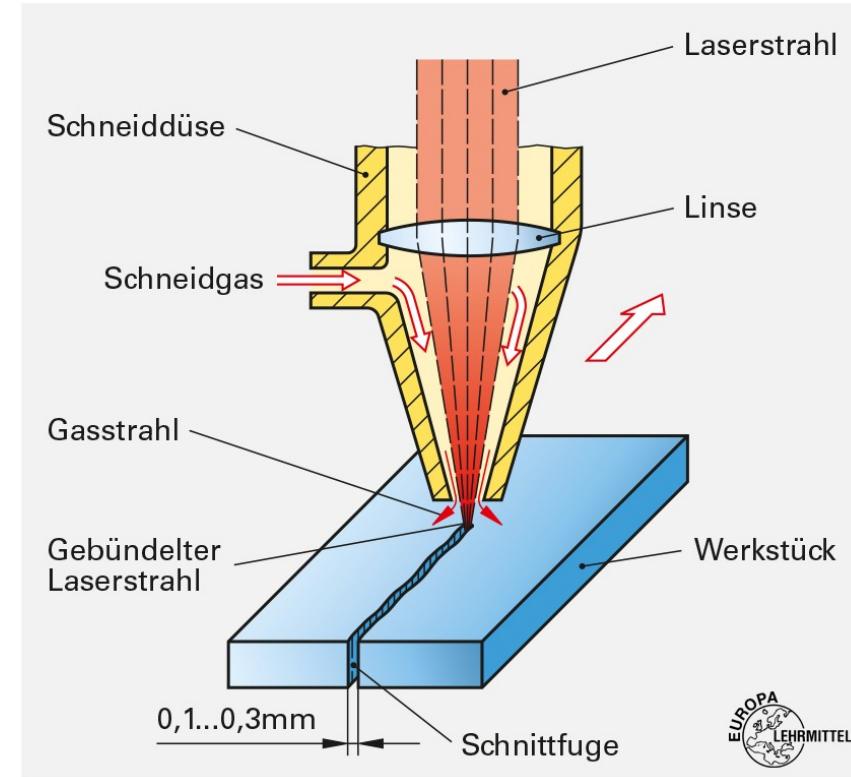
3.4.1.2 Trennen - Plasma-Schmelzschneiden



3.4.1.3 Trennen - Laserstrahlschneiden

Beim Laserstrahlschneiden wird der fokussierte Laserstrahl am Schneidpunkt am Werkstoff absorbiert und so der Werkstoff geschmolzen. Ein Prozessgas (Blasgas, Stickstoff oder Argon) bläst den abgetragenen Werkstoff aus der Schnittfuge.

Beim Laserstrahlbrennschneiden, wird wie beim autogenen Brennschneiden durch Zugabe von Sauerstoff der Werkstoff verbrannt (bei unlegierten oder niedrig legierten Stählen).



3.4.1.3 Trennen - Laserstrahlschneiden

- fast alle Materialien
- sehr hohe Schnittgeschwindigkeiten
- sehr hohe Schnittfugenqualität
- auch kleine Konturen/Bohrungen möglich
- nahezu kraftfreie Bearbeitung
- Werkstoffdicken bis 50mm (Edelstahl)

Laserstrahlquelle:

Gaslaser (CO₂-Laser) ->
Laserstrahlführung durch Umlenkspiegel

Festkörperlaser -> Laserstrahlführung
durch Glasfaserkabel

Faserlaser -> Laserstrahlführung durch
Glasfaserkabel

Achtung:

Rauch und Reizgase (Absaugung)

3.4.2 Trennen - Wasserstrahl-Schneiden

Beim Wasserstrahl-Schneiden wird mit einem dünnen Wasserstrahl, dem meist mit Strahlmittel (z.B. Quarzsand) beigemischt ist, der Werkstoff im Material abgetragen.

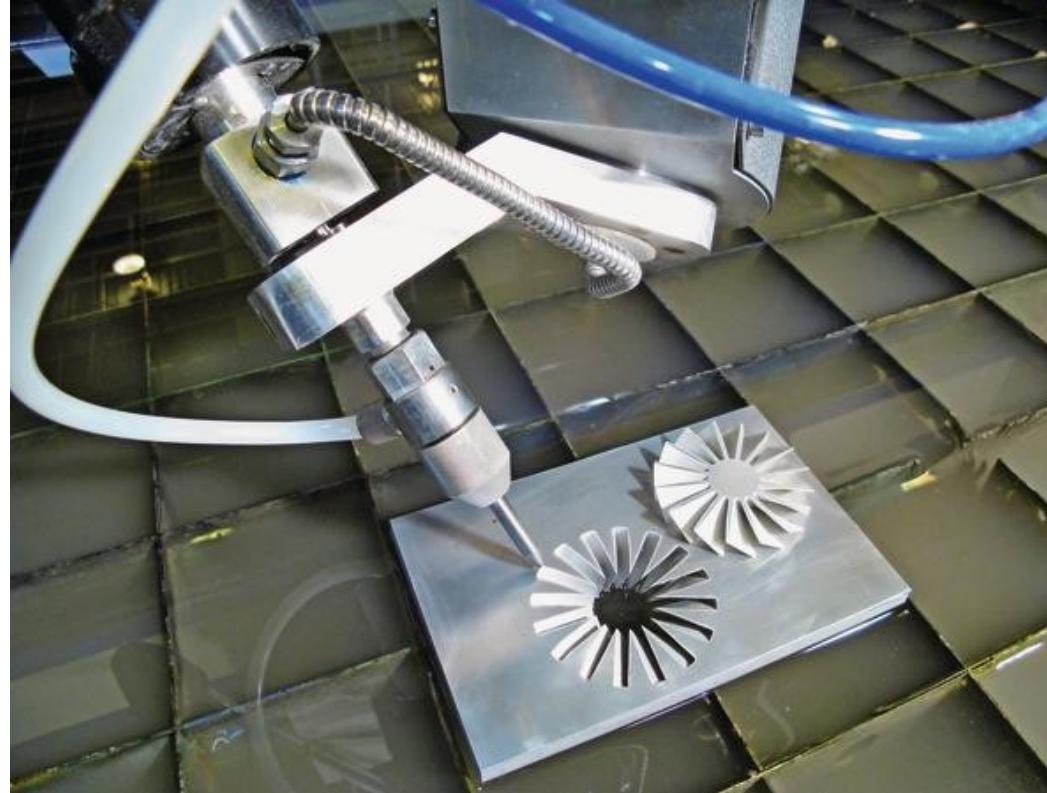
Das Wasser wird mit einem Druck von etwa 4000 bar dem Schneidkopf zugeleitet. Hier wird das Strahlmittel beigemischt und über eine Schneiddüse auf einen 0,1mm bis 0,5mm breiten Strahl auf das Werkstück gerichtet.



3.4.2 Trennen - Wasserstrahl-Schneiden

- fast alle Materialien
 - sehr hohe Schnittfugenqualität
 - auch sehr kleine Konturen/Bohrungen möglich
 - nahezu kraftfreie Bearbeitung
 - kalter Schnitt
 - sehr kleine Konturen/Bohrungen möglich
 - mittlere Werkstoffdicken (bis 100mm)
- Achtung:
- Laut (ggf. Unter Wasser)

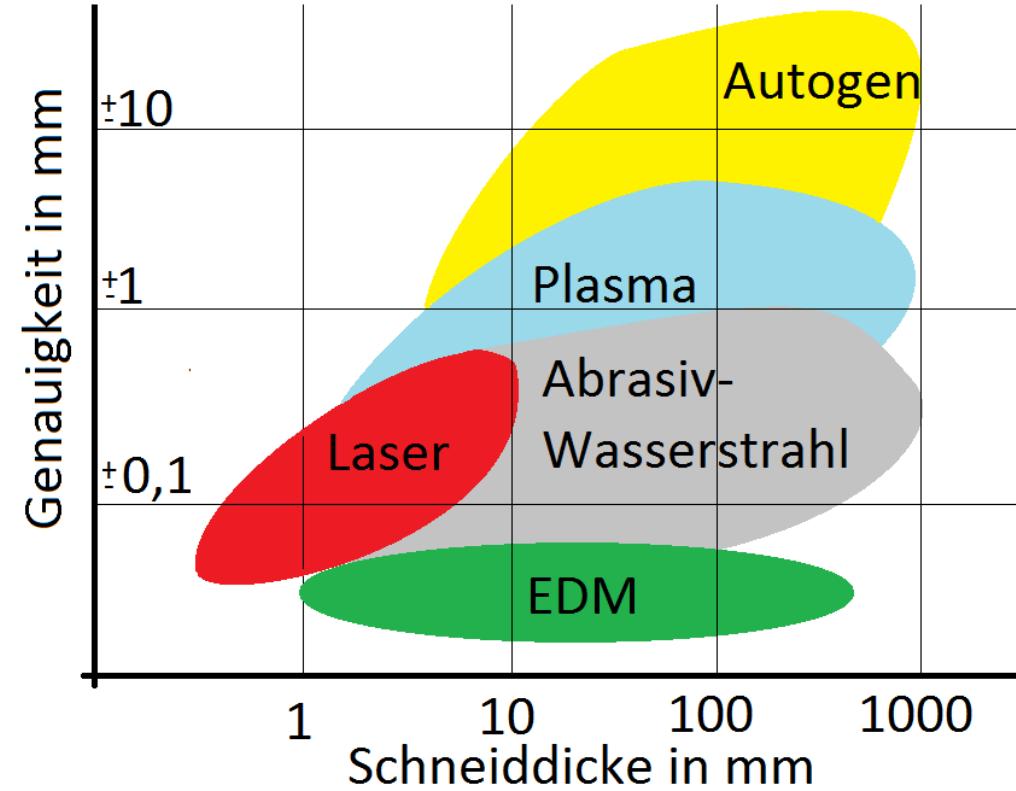
3.4.2 Trennen - Wasserstrahl-Schneiden



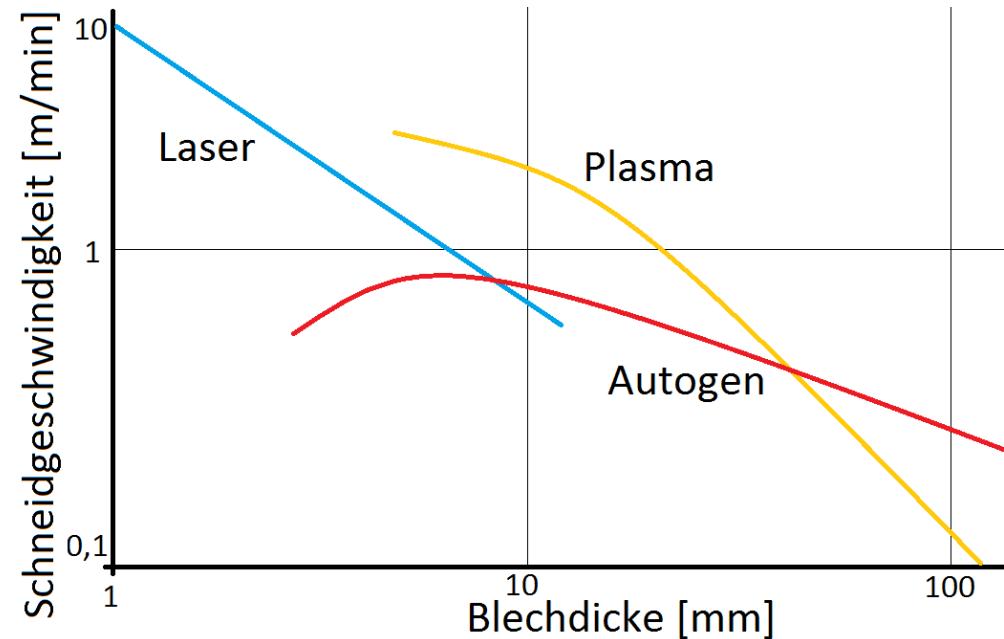
3.4.2 Trennen - Wasserstrahl-Schneiden



Strahlschneiden - Vergleich



Strahlschneiden - Vergleich



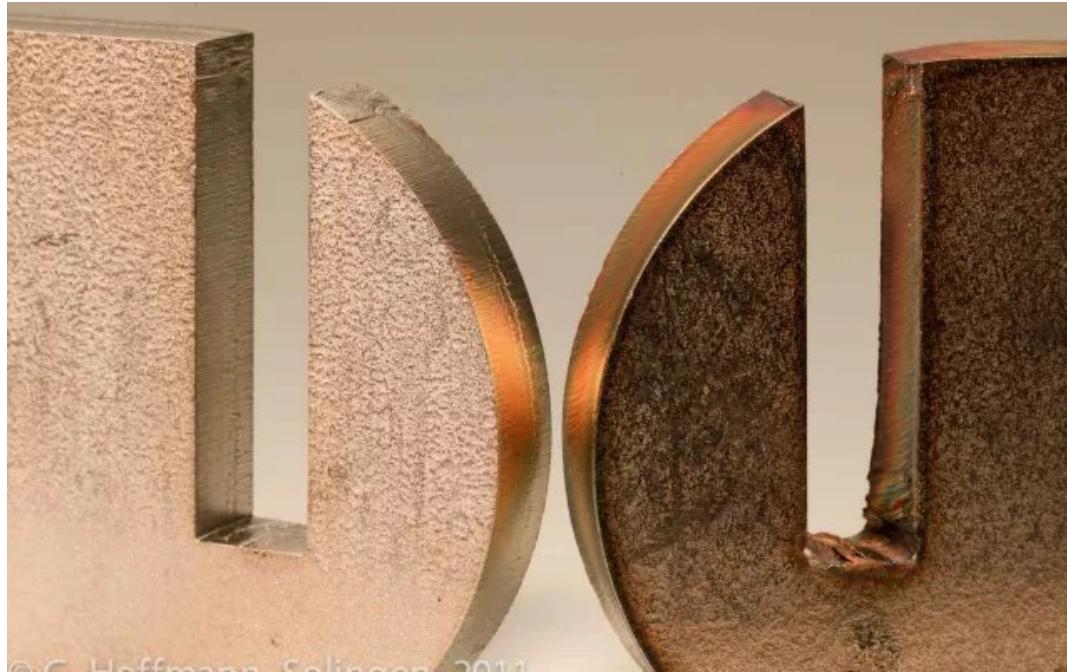
Strahlschneiden - Vergleich



Kupferenteile 10 und 15 mm dick, plasmageschnitten mit Stickstoff

© G. Hoffmann, Solingen, 2011

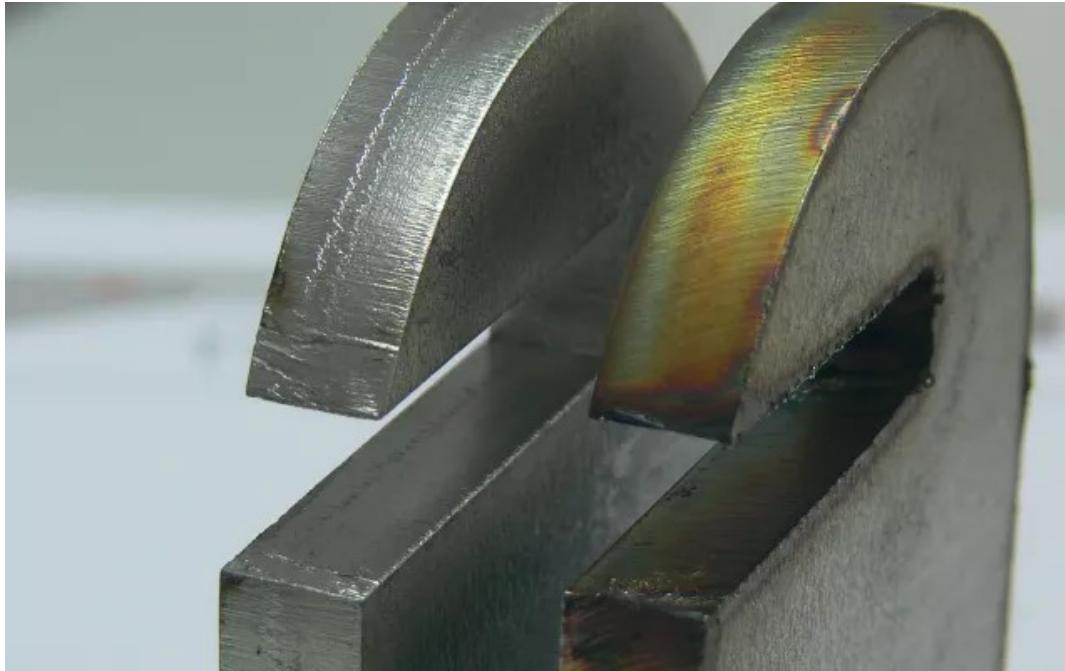
Strahlschneiden - Vergleich



Edelstahl 10mm dick: Linkes Teil: Gelasert mit CO2-Laser. Rechtes Teil: Plasmageschnitten mit Argon/Wasserstoff

Strahlschneiden - Vergleich

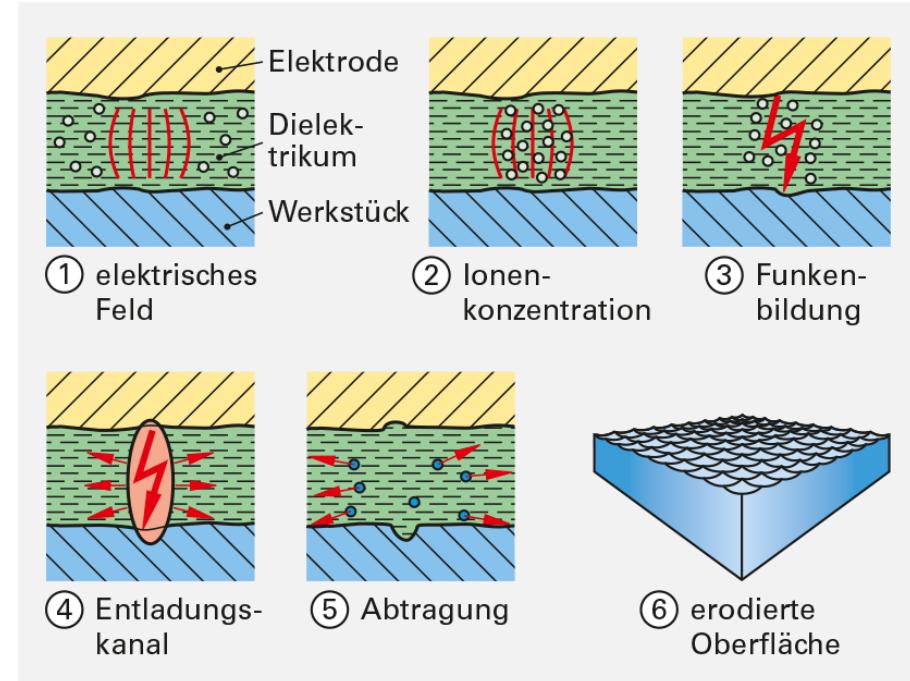
Edelstahlzuschnitt: Linkes Teil mit Laser geschnitten, rechts mit Plasma geschnitten



3.4.3 Funkenerosives Abtragen (Erodieren)

Der Abtrag erfolgt durch Schmelzen und Verdampfen von Werkstoffteilchen.

Zwischen der Elektrode und dem Werkstück befindet sich eine nichtleitende Flüssigkeit, das Dielektrikum. Wird der Abstand zwischen der Elektrode und dem Werkstück klein genug, reicht die angelegte Spannung aus einen Funkenüberschlag zu erzeugen. Es bildet sich kurzzeitig ein Entladungskanal mit Temperaturen bis zu 12000 °C. Der Werkstoff Schmilzt und Verdampft punktuell. Jeder einzelne Funke erzeugt eine kleine kraterförmige Vertiefung.

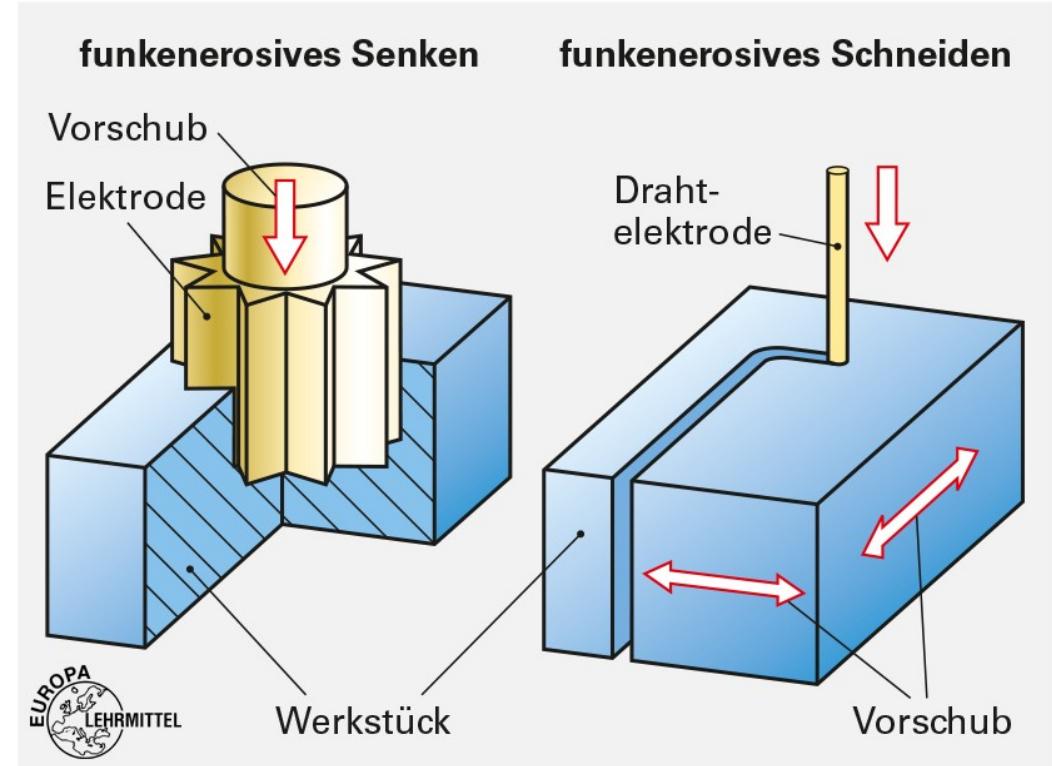


3.4.3 Funkenerosives Abtragen (Erodieren)

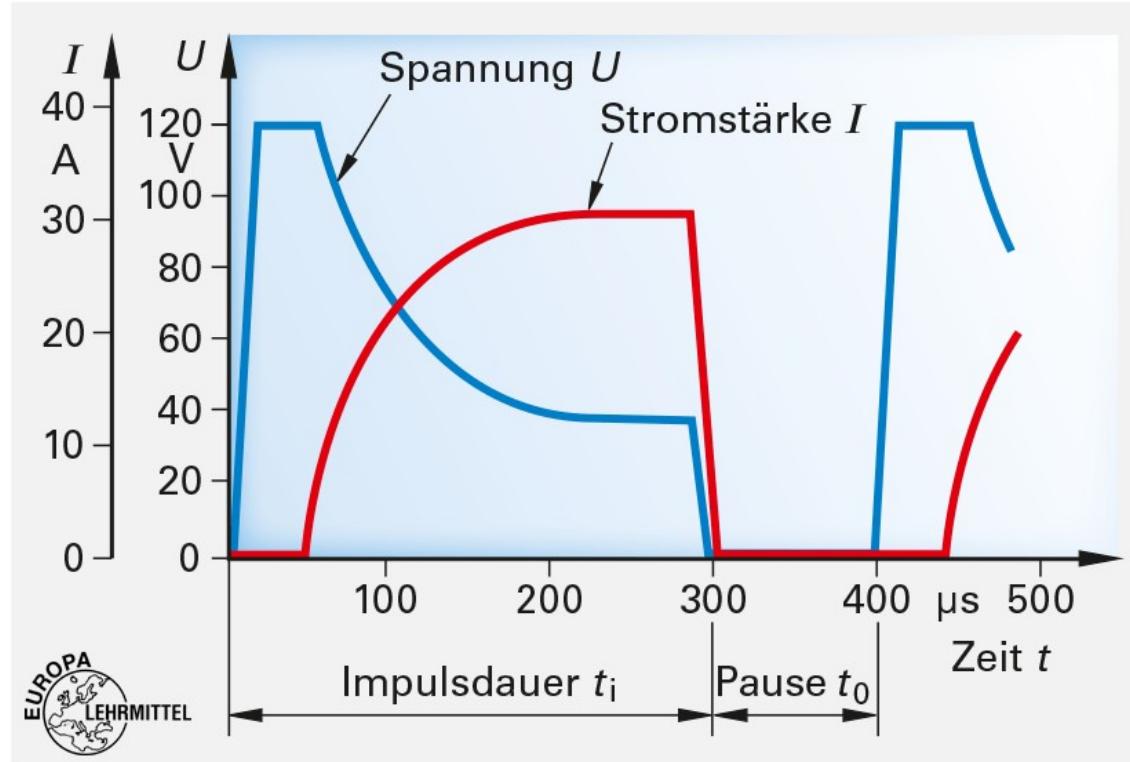
Elektoden:

- elektisch leitend
- hoher Schmelzpunkt
- geringer elektrischer Widerstand

Kupfer, Graphit, Wolfram-Kupfer,
Messingdraht (Drahterodieren).



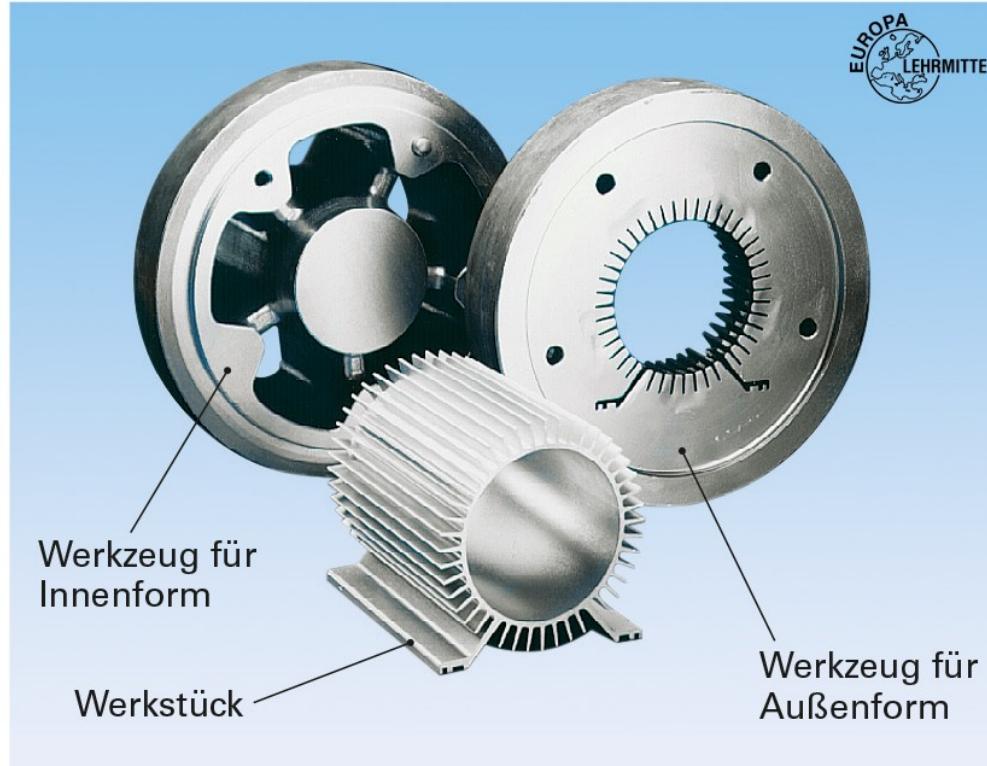
3.4.3 Funkenerosives Abtragen (Erodieren)



3.4.3 Funkenerosives Abtragen (Erodieren)

- elektrisch leitende Werkstoffe
 - besonders für harte Werkstoffe
 - komplexe Geometrien
 - hohe Mass- und Formgenauigkeit
(Abstand Werkstück Elektrode
0,004mm (fein) – 0,5mm)
- Nachteile
- geringe Abtragsleistung
 - Formabweichungen bei
Elektrodenverschleiss

3.4.3 Funkenerosives Abtragen (Erodieren)

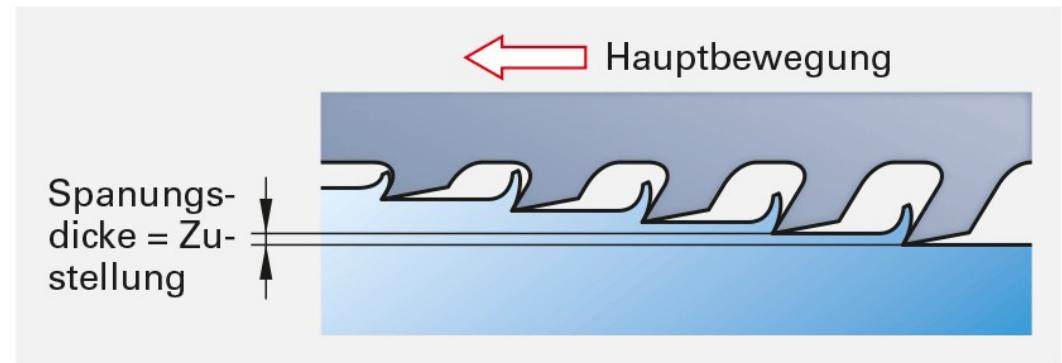


3.4 Abtragen - Fragen

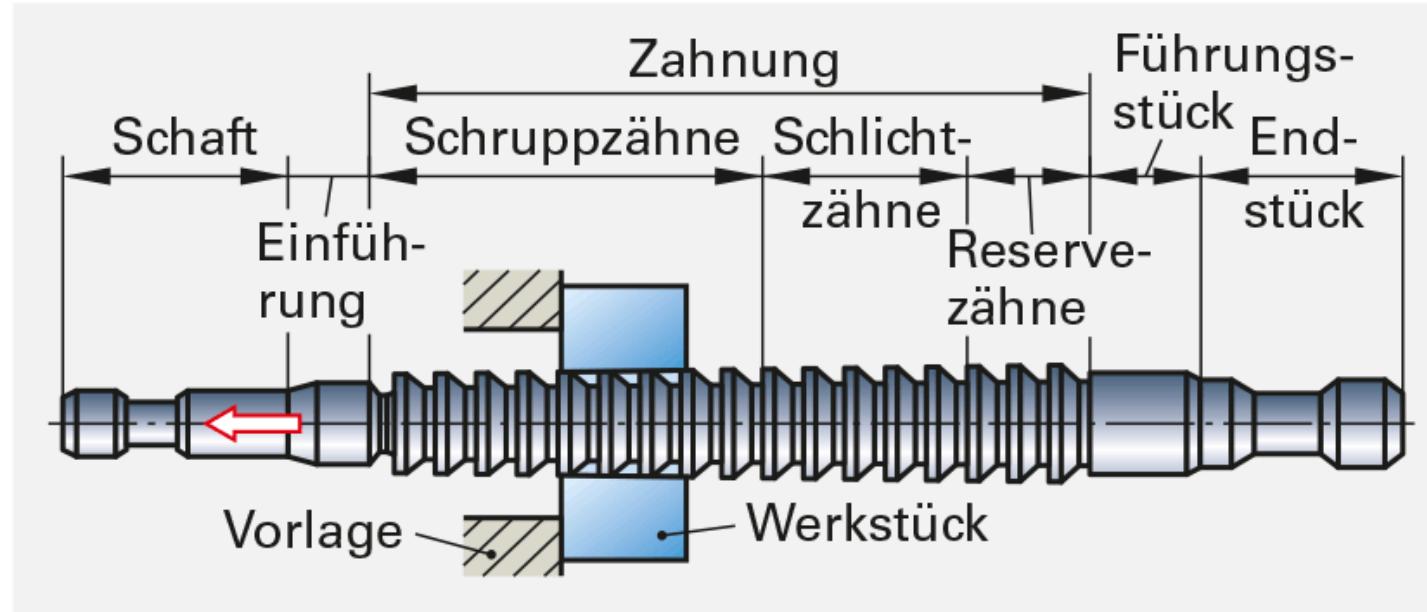
- Welche Aufgabe hat die Vorwärmflamme beim autogenen Brennschneiden?
- Welche Strahlschneidverfahren eignen sich für das Trennen von unlegiertem Stahl?
- Mit welchem Schneidverfahren können die folgenden Werkstoffe geschnitten werden: nichtrostender Stahl, EN AW-AlCu4Mg1, Schaumstoffe, Keramik?
- Welche Sicherheitsregeln müssen beim Plasma-Schmelzscheiden eingehalten werden?

3.2.5 Räumen

Räumen ist Spanen mit mehrzahnigem Werkzeug mit gerader, auch schraubförmiger oder kreisförmiger Schnittbewegung. Die Vorschubbewegung wird durch die Staffelung der Schneidzähne des Werkzeuges ersetzt.



3.2.5 Räumen



3.2.5 Räumen



3.2.5 Räumen - Fragen

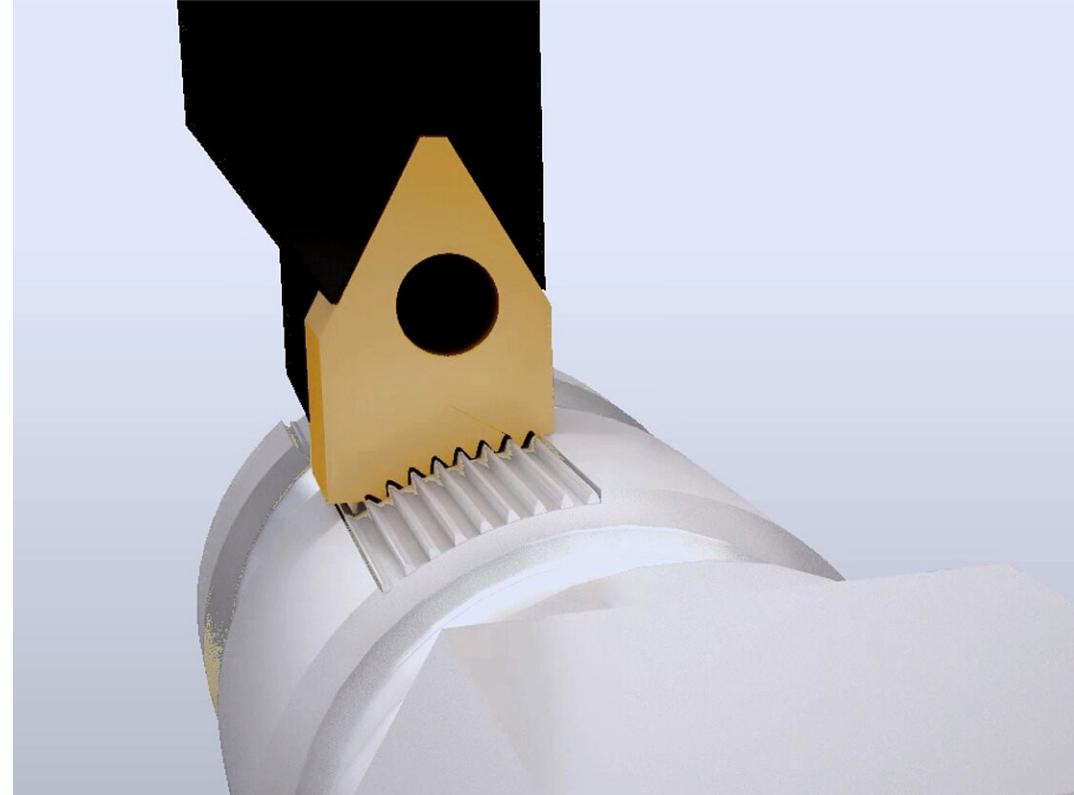
- Warum ist Räumen nur für Mittel- und Großserienfertigung sinnvoll?
- Wann spricht man von einem Räumdorn, einer Räumnadel oder einer Räumplatte?
- Wozu dienen die Reservezähne am Räumwerkzeug?
- Werden eher Aussenkonturen oder Innenkonturen durch Räumen hergestellt? Warum?
- Welche Alternativen gibt es für die Herstellung von Kerbverzahnung in Naben?

3.2.4 Hobeln und Stoßen

Hobeln bzw. Stoßen ist Spanen mit schrittweiser, wiederholter, meist geradliniger Schnittbewegung und schrittweiser, zur Schnittrichtung senkrechter Vorschubbewegung.

Beim Hobeln: Bewegung des Werkstücks bei stehendem Werkzeug.

Beim Stoßen Bewegung des Werkzeuges bei stehendem Werkstück.



3.2.4 Hobeln und Stoßen

Spielt in der industriellen Fertigung kaum noch eine Rolle, da sie weitgehend durch Fräsen ersetzt wurden. Wichtige Ausnahmen sind das Wälzhobeln und Wälzstoßen zur Herstellung von Zahnrädern.



3.3.4 Hohnen

Beim Hohnen werden Hohnsteine selbstausrichtend, beim Rund-Honen selbst-zentrierend an der zu bearbeitenden Oberflaeche gefuehrt. Es wird zur Verbesserung der Maß- und Formgenauigkeit des Werkstuecks eingesetzt.

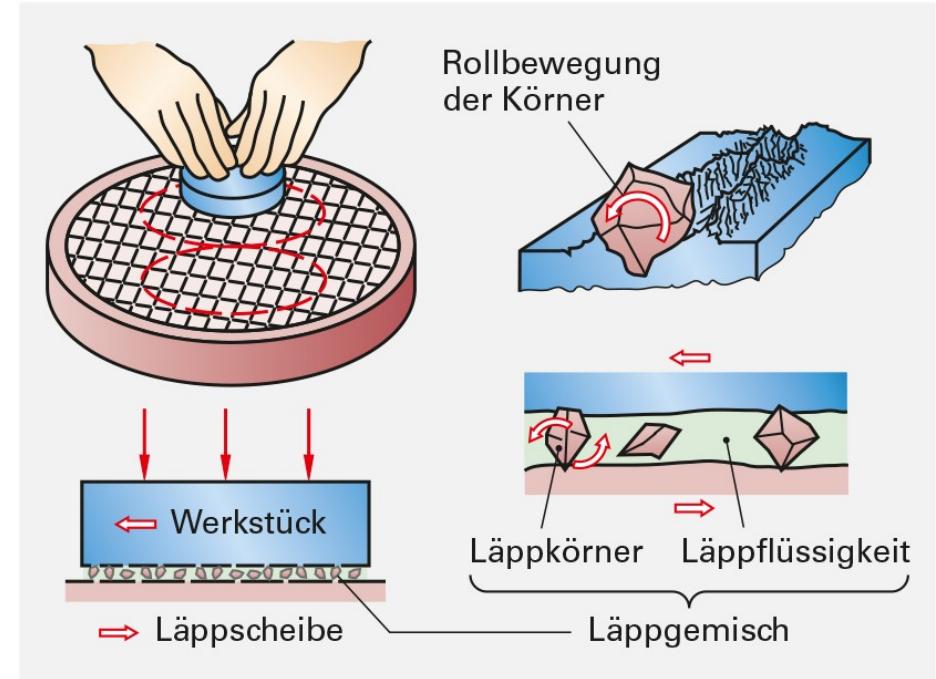
Am bekanntesten ist dabei die Bearbeitung der Kolbenlaufflächen an Zylindern von Verbrennungsmotoren und Hydraulik-Bauelementen.



3.3.4 Läppen

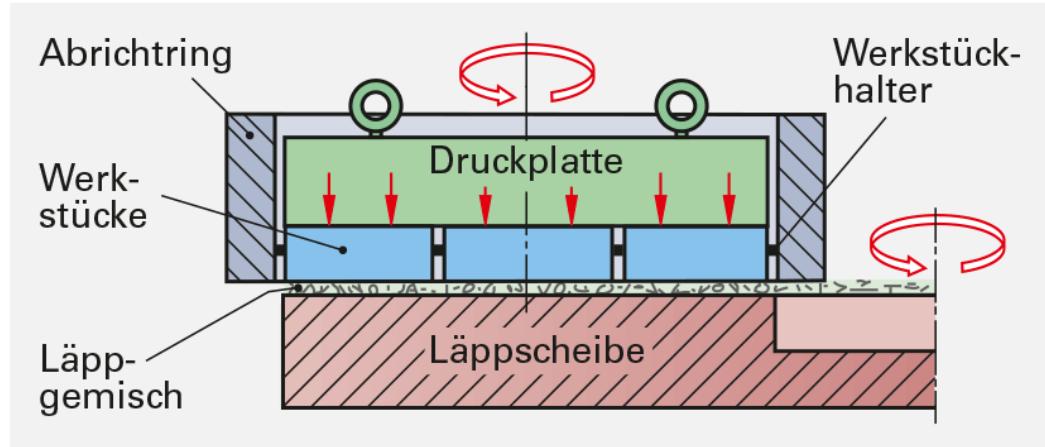
Läppen ist Spanen mit losem, in einer Paste oder Flüssigkeit verteiletem Korn, dem Läppgemisch, das auf einem meist formübertragenden Gegenstück bei möglichst ungeordneten Schneidbahnen der einzelnen Körner geführt wird.

Es dient der Glättung von Oberflächen (Verringerung der Oberflächenrauheit).



3.3.4 Läppen

Video maschinelles Läppen.



3.2 Spanen mit geometrisch bestimmter Schneide

Wie sieht die Spanbildung im Detail aus, hier ein paar Videos:

Cutting Metal inside an Electron Microscope

Continuous chip formation

Segmented chip formation

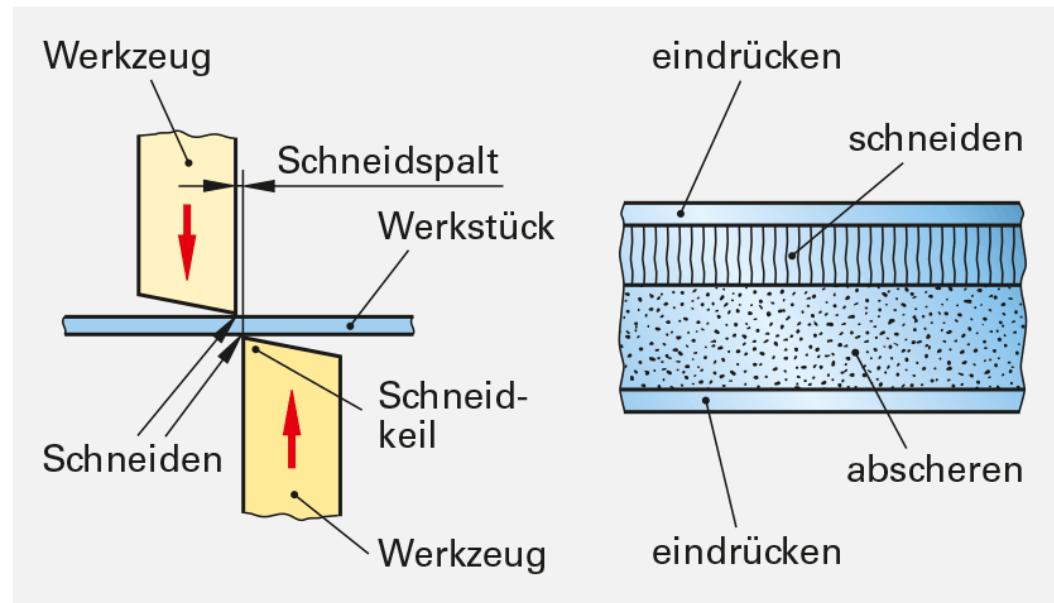
Fully segmented chip formation

Shear plane oscillation in continuous chip formation

3.1 Zerteilen

Zerteilen ist das teilweise oder vollständige Trennen eines Körpers in zwei oder mehrere Teile, wobei der Werkstoff mechanisch ohne Spanbildung bearbeitet wird.

Das wichtigste Verfahren ist das Scherschneiden. Hierbei wird der Werkstoff durch zwei sich aneinander vorbeibewegende Schneiden getrennt wird. Der Werkstoff wird dabei durch Scherkräfte abgescherzt.



3.1 Zerteilen

Schnittfläche:

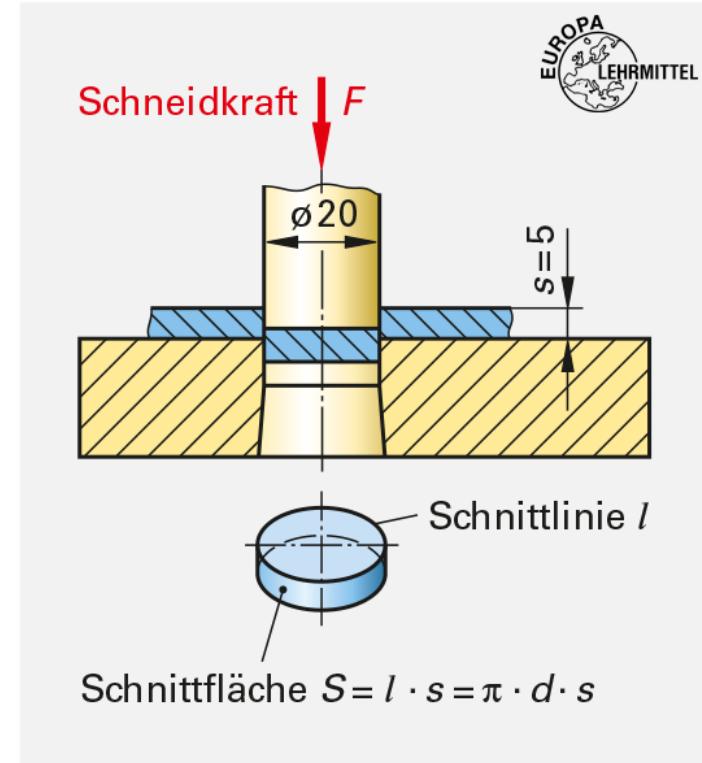
$$S = l \cdot s = d \cdot \pi \cdot s = 20\text{mm} \cdot \pi \cdot 5\text{mm}$$
$$= 314 \text{ mm}^2$$

Maximale Scherfestigkeit für S275J2:

$$\tau_{abmax} = 0,8 * R_m$$
$$= 0,8 * 560 \text{ N/mm}^2$$
$$= 448 \text{ N/mm}^2$$

Schneidkraft:

$$F = S * \tau_{abmax} = 141 \text{ kN}$$



Aufgabe

- Momentberechnung bei Fahrrad
- Deckel-Flansch Dichtung unter Innendruck

**Vielen Dank für die
Aufmerksamkeit**