

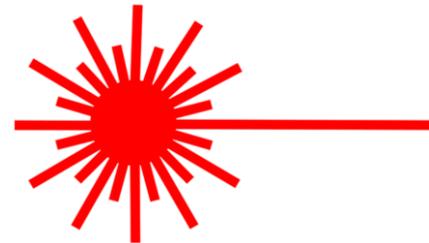
Florian Sepp

WSoptics GmbH

Zugspitzstraße 9
86972 Altenstadt

www.WSoptics.de

sepp@WSoptics.de



Inhaltsverzeichnis

- Geschichte des Lasers
- Theoretische Grundlagen
 - Resonatoraufbau
 - Strahlführungen / CO2 vs Fiber
 - Strahlformung
 - Leistungsdichtebetrachtungen
- Anwendungsgebiete des Lasers mit Beispielen
- Verfahren:
 - Laserschneiden

Geschichte des Lasers

Laser

*L*ight *A*mplification *b*y *S*t*imulated* *E*mission *o*f *R*adiation

„Lichtverstärkung durch stimulierte Emission von Strahlung“

Zu Beginn der Entwicklung des Lasers, Anfang der 70er Jahre des vergangenen Jhd spottete die Fachwelt, der Laser sei eine Erfindung die nach einer Anwendung suche.

Mittlerweile hat der Laser Einzug in fast alle Bereiche unseres Lebens: Industrie, Kommunikation, Medizin, Wissenschaft und Unterhaltungselektronik gefunden.

Der Umsatz mit Lasersystemen alleine im Bereich der Materialbearbeitung hat 2024 nur in Westeuropa ca. 70 Mrd € betragen.

Geschichte des Lasers

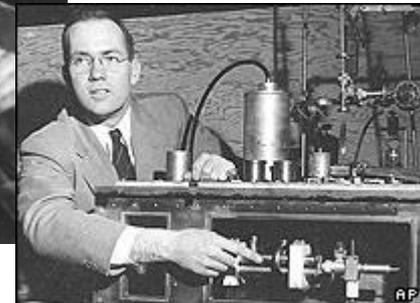
- 1917** Albert Einstein - Grundlagen des Laserprinzips
- 1928** Ladenburg und Kopfermann (Berlin) - erstes Experiment. Nachweis der "stimulierten Emission"
- 1957** Gould erstellte Formeln und Zeichnung für Laserapparatur, als Lasererfinder nachträglich anerkannt
- 1958** Townes und Schawlow Veröffentlichung über gebündeltes Licht im sichtbaren Bereich
- 1960** Maiman technische Realisierung Rubinlaser (erste Erzeugung von echtem Laserlicht)
- 1960** Siemens in München baut Rubin-LASER
- 1960** Javan (iran. Physiker) baut LASER mit kontinuierlicher Strahlung (He-Ne-Gasgemisch) (erster Gas-Laser)



Albert Einstein



Theodore Maiman

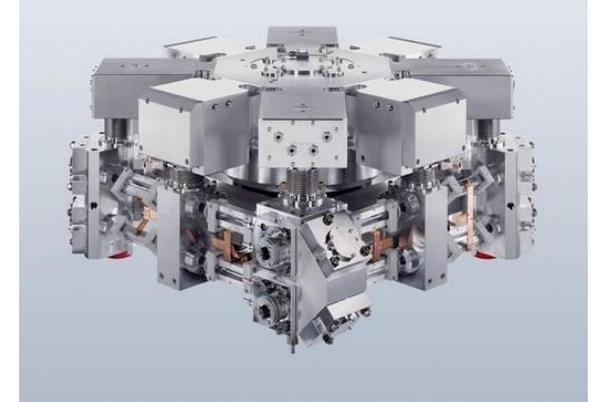


Charles H. Townes

Geschichte des Lasers

- 1961** Nd:YAG-Laser
- 1962** Halbleiter-Laser
- 1964** CO₂-Laser
- 1969** Erster Einsatz des Lasers in der Materialbearbeitung
- 1971** erste industrielle Laserschneidanlage
- 1980** Laser-Schweißanwendungen
- 1982** Laserdioden im Leistungsbereich > 1W
- 1985** 1. industrielle Laserschweißanwendung (Tassenstößel bei Mercedes Benz)
- 1988** laserdiodengepumpter Festkörperlaser
- 1990** Laserschneiden bis 10mm Stärke
- 1996** Faserlaser
- 2002** YAL fliegende Laserkanone
- 2012** Faserlaser über 10 kW
- 2014** Diodenlaser bis 6 kW
- 2019** erste grüne Laser mit mehr als 1kW CW Leistung

50
JAHRE
LASER



CO₂-Gaslaser [Quelle: TRUMPF]



Festkörperlaser (YB:YAG) [Quelle: TRUMPF]

WSoptics

Theoretische Grundlagen

Strahlung ist Energie:
(Welle- Teilchen- Dualismus)

Die Arten der Energieübertragung:

- Absorption

→ Übergang in Wärmeenergie

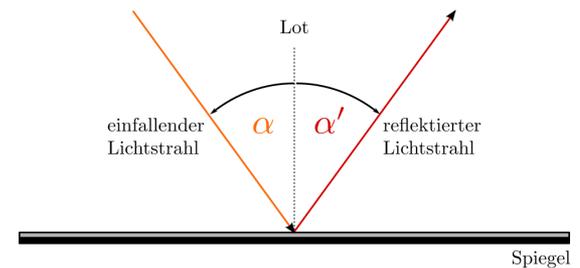
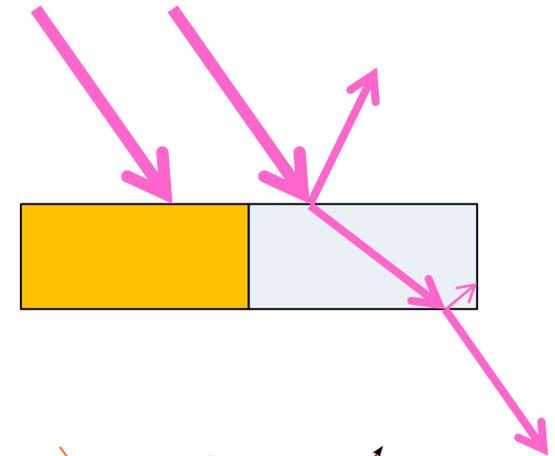
- Transmission

→ Durchdringen ohne Wechselwirkung
(Snellius-Gesetz)

- Reflektion

→ Richtungsänderung

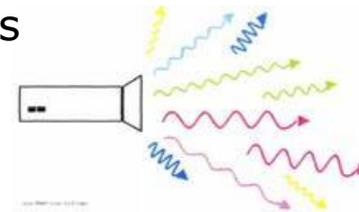
$$\alpha = \alpha'$$



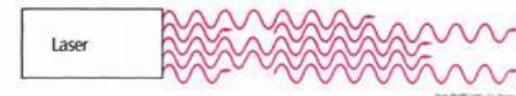
Theoretische Grundlagen

Eigenschaften des Laserlichts:

- Polarisation und Ausbreitung
Laserlicht weist in seiner reinsten Form eine einheitliche Polarisation, meist Linear, auf. Somit sind auch alle Photonen gerichtet und besitzen die gleiche Ausbreitungsrichtung.
- Monochromatisch
Laserlicht ist „einfarbig“. Da die Lichterzeugung in einem aktiven Medium geschieht und das aktive Medium nur diskrete Energieübergänge aufweist muss das Licht monochromatisch werden.
- Kohärent
Bei Laserlicht sind die Lichtwellen phasensynchron zueinander.



Licht einer thermischen Lichtquelle (Glühlampe,...)

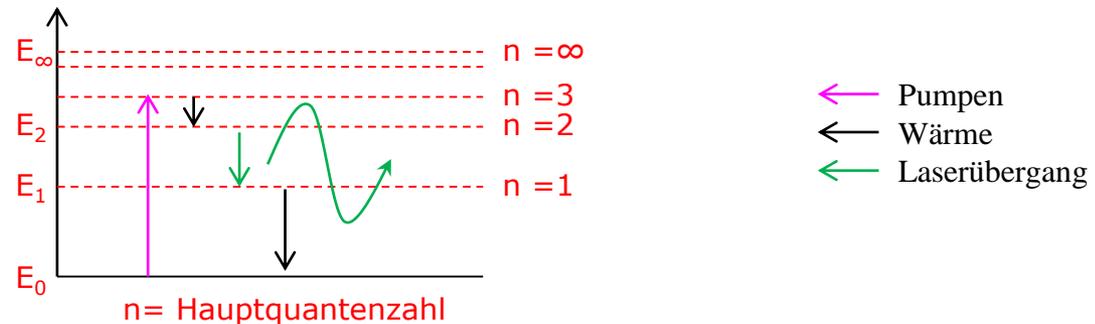


Laser: Kohärentes, monochromatisches und nahezu paralleles Licht

Theoretische Grundlagen

Die Farbe des Laserlichts:

Laut dem Bohrschen Atommodell können Elektronen nur diskrete Energieniveaus besetzen. Somit können auch nur bestimmte Wellenlängen erzeugt werden.



$$\Delta E = E_i - E_j = h \cdot f$$

$$\lambda = 1/f$$

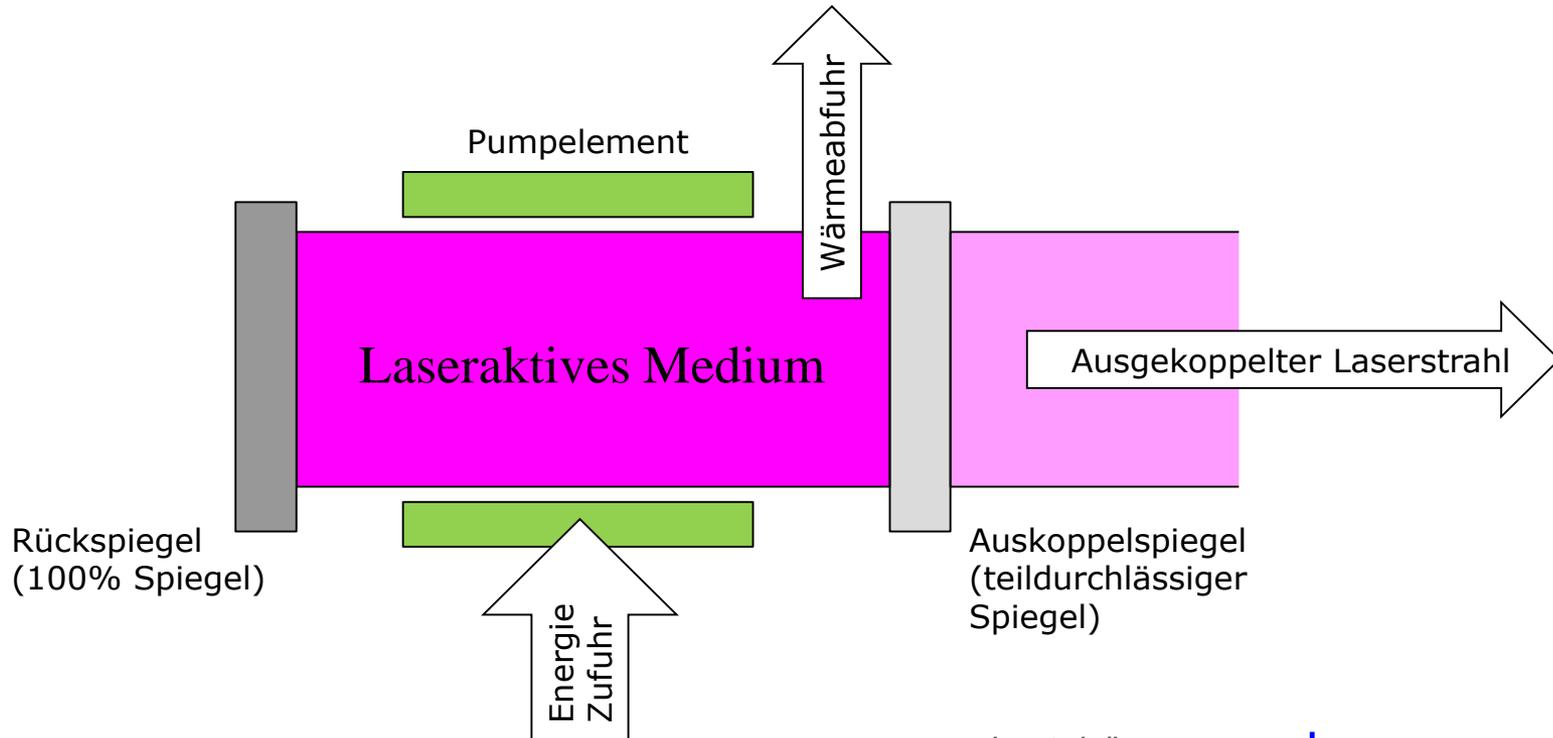
(Bohrsche Frequenzbedingung;
h: Plancksches Wirkungsquantum $6,625 \cdot 10^{-34} \text{Ws}$)

Theoretische Grundlagen

Erzeugung des Laserlichts:

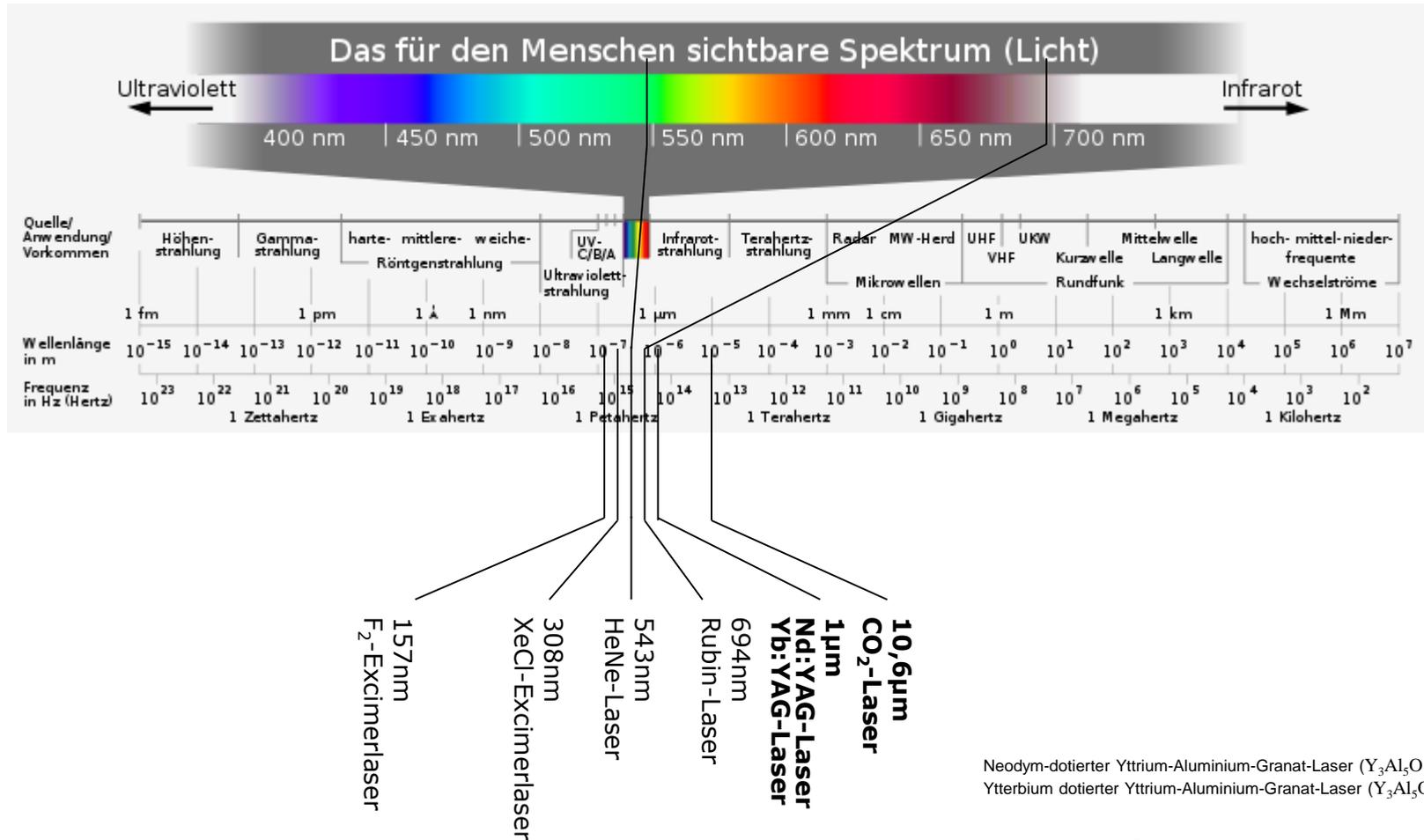
Resonator

Der Resonator ist der Verstärker des Laserlichts. Prinzipiell funktionieren alle Resonatoren gleich. Die technische Umsetzung ist aber je nach Lasertyp höchst unterschiedlich.



Theoretische Grundlagen

Laseraktive Medien und ihr Emissionsverhalten:

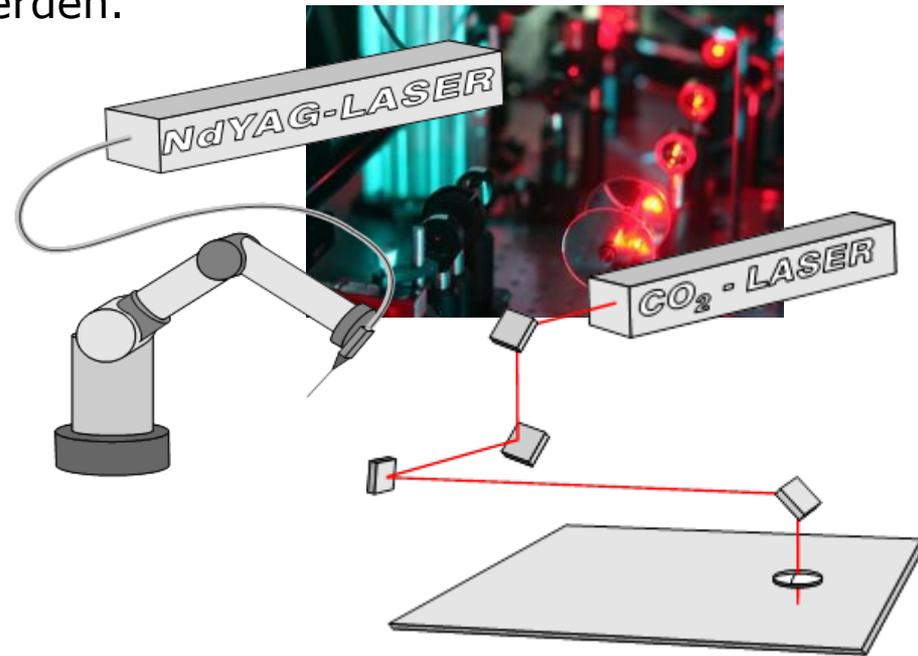


Theoretische Grundlagen

Vom Resonator zum Verbraucher; die Strahlführung:

Ein Laserstrahl kann niemals besser werden als seine „Herstellungsqualität“ im Resonator. Daher ist die Strahlführung genauso wichtig wie die Strahlerzeugung! Licht mit Wellenlängen zwischen 200nm und 1100nm kann durch eine Glasfaser geführt werden.

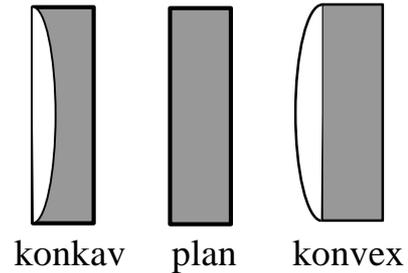
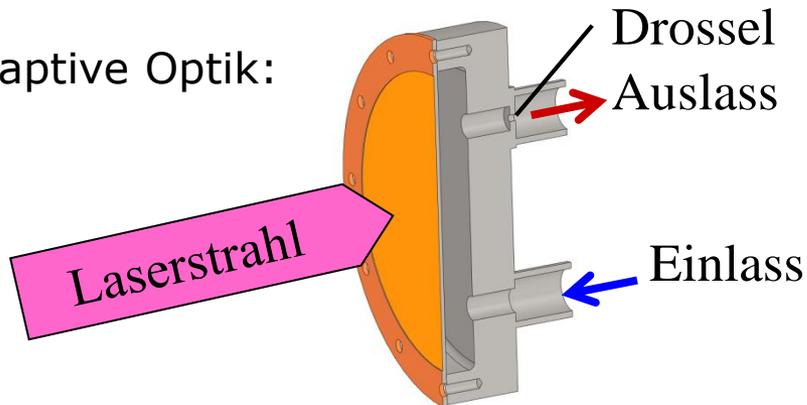
Faserquerschnitt	Brechzahlprofil	Eingangs-Impuls	Wellenausbreitung	Ausgangs-Impuls
Stufenindex 200µm 100µm				
Gradientenindex 125µm 50µm				
Einmoden-Faser 125µm 10µm				
NZDS-Faser 125µm 8,6µm				
PM-Faser 125µm 8,6µm				



Theoretische Grundlagen

Strahlformung – Tailored light:

Adaptive Optik:



→ Durch den Kühlwasserdruck kann die Spiegelwölbung variiert werden!

Beispiel: Planfräsung des Spiegels bei 2bar:
→ Konkav bei 1 bar Kühlwasserdruck
→ konvex bei 3 bar Kühlwasserdruck

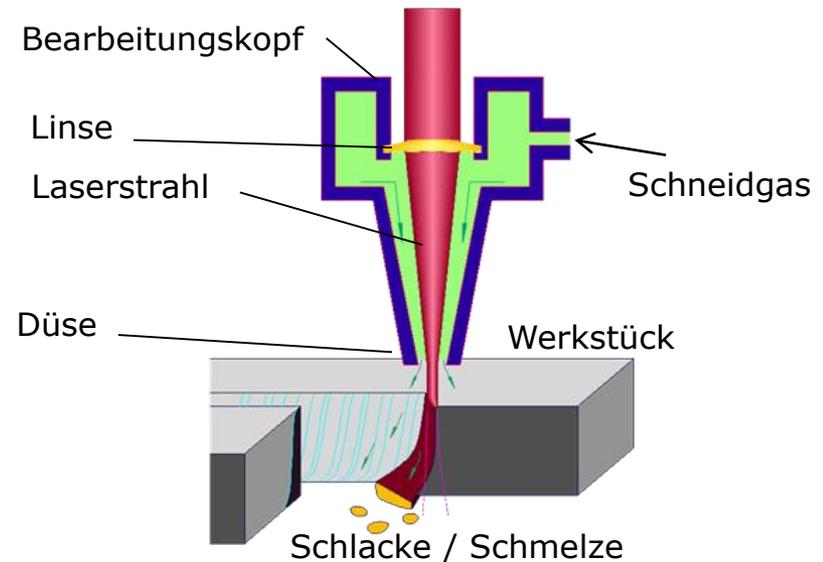
Anwendung:

- Fokuslagenverstellung
- Teleskop, Strahldurchmesseranpassung

Laser in der Materialbearbeitung

Das Laserschneiden (2D):

- **Inerte Schmelzschnitten**
Schneidgas N_2 (Ar), für CrNi-Stähle, Oxidfreie Kante, qualitativ Hochwertig, langsam und teuer.
- **Brennschnitten**
Schneidgas O_2 , für alle Baustähle, Oxidbehaftete Kante, schneller und preiswerter Prozess
- **Sublemierschnitten**
Nur für sehr dünne Werkstoffe geeignet, meist im Remoteverfahren eingesetzt.



CO₂- und FK-Laser

- Leistungen: 500W – 24kW
- Fokusdurchmesser 0,1mm – 0,3mm
- Bearbeitungsdicke: 0,1mm – 25mm (Brennschnitt, heute bis 50mm)
0,5mm – 25mm (Schmelzschnitt)
0,05mm – 1,5mm (Sublemierschnitten)

Kleinste Bearbeitungsgröße: Durchmesser ca. 0,4 x Blechstärke

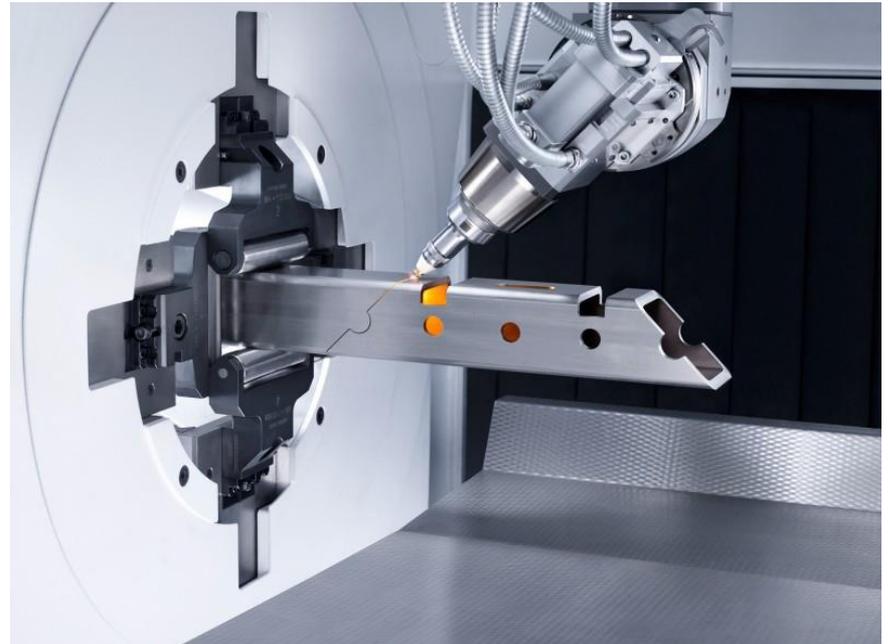
Konstruktionsprinzipien Rohrlaserschneiden

Rohrlaserschneiden – 2,5D Bearbeitung mit Potential

- Beim Rohrlaserschneiden können bis zu 6m lange stangenförmige Profile (Rundrohr, Rechteckrohr, Ovalrohr, U-Profil, ...) beschnitten werden. Maximaler Hüllkreis sind 250mm.
Maximale Wandstärke ca. 10mm
- Der große Vorteil:

Der Laser ist die Vorrichtung

Anlage wird direkt aus
den 3D-Daten (z.B.
.STEP) programmiert!
→ Kaum Rüstaufwand!



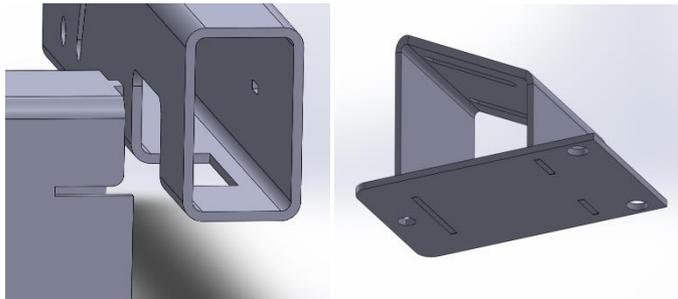
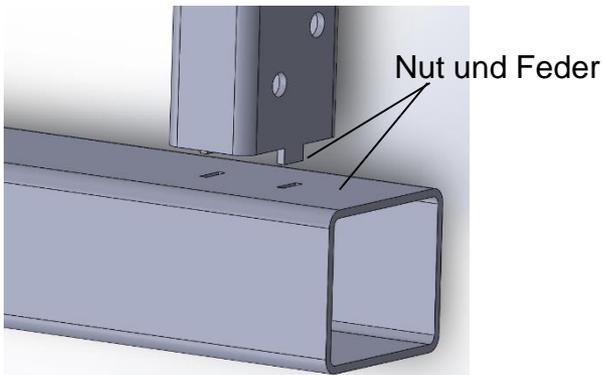
Quelle: TRUMPF

Konstruktionsprinzipien Laserschneiden

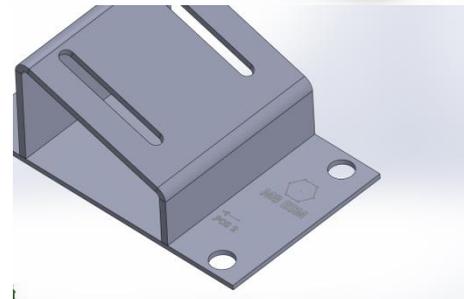
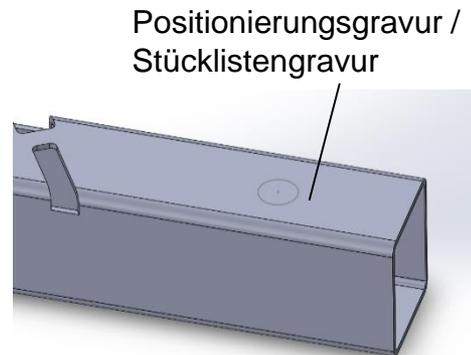
Laserschneiden – Trennende Bearbeitung mit Potential

- Aufwändige Vorrichtungen entfallen komplett, wenn die Möglichkeiten des Lasers bei der Konstruktion berücksichtigt werden!

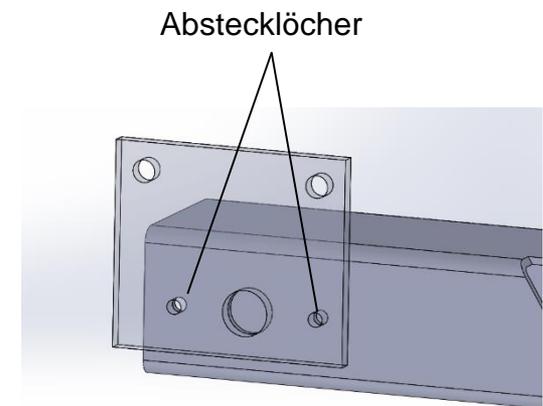
Verzapfen



Gravieren



Abstecken



Zahlen, Daten, Fakten:

- Genauigkeit: ca. $\pm 0,1 + 0,05 \cdot \text{Blechstärke}$
- bis 1m mindestens $\pm 0,1$ mm
 - bis 2m mindestens $\pm 0,2$ mm
 - bis 4m mindestens $\pm 0,3$ mm

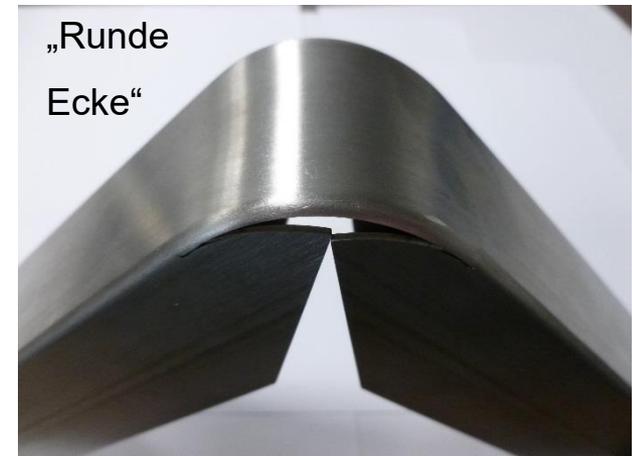
Konstruktionsprinzipien Rohrlaserschneiden

Rohrlaserschneiden – 2,5D Bearbeitung mit Potential

- Beispielbilder

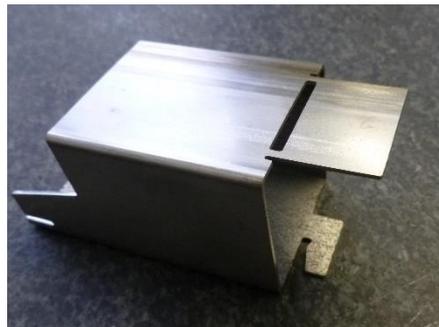


Verzapfung an Maschinengestell



„Runde
Ecke“

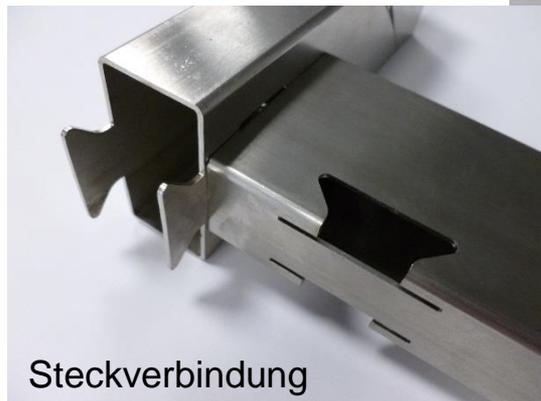
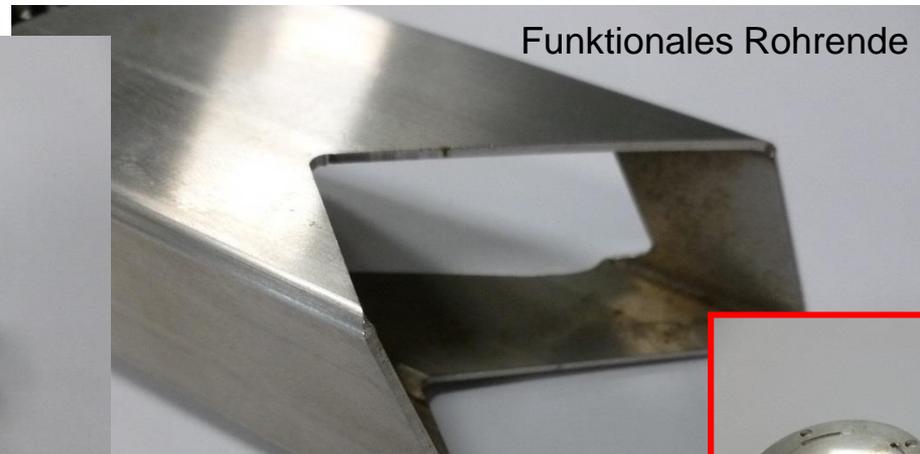
Angekantete Lasche



Konstruktionsprinzipien Rohrlaserschneiden

Rohrlaserschneiden – 2,5D Bearbeitung mit Potential

- Beispielbilder



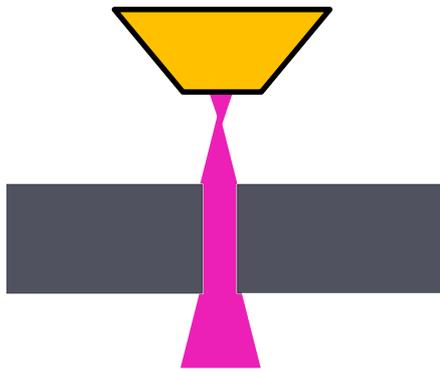
WSoptics

Konstruktionsprinzipien Laserschneiden

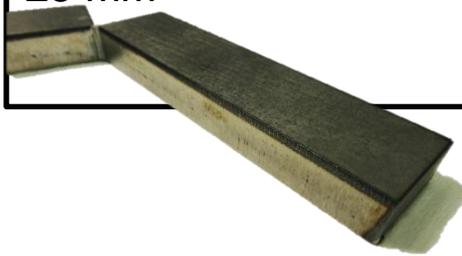
Laserschneiden – neue Ansätze

- Schnittkanten Nachbearbeitung dank MagicCut

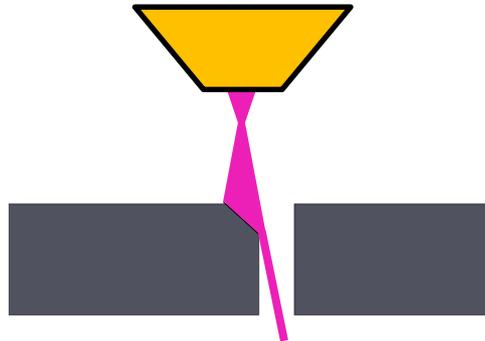
Entoxidieren



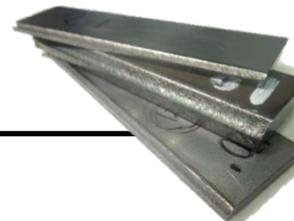
Oxid Entfernen
erfolgreich getestet bis
25 mm



Fasen



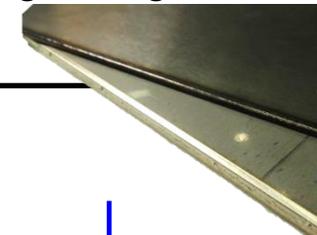
Einfachfase (oben)
bis 5x5 (45°) erfolgreich
getestet



Kanten verrunden



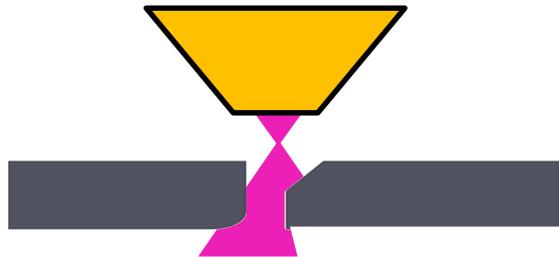
Kanten Verrunden
(oben)
erfolgreich getestet VA und
St



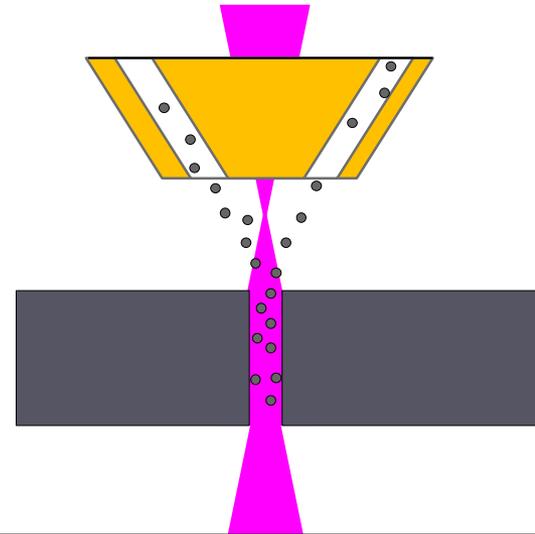
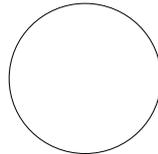


TRUMPF Produktname:
EdgeLine Bevel

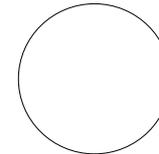
Noch zu entdecken....



Kanten Verrunden
(unten) / Entgraten
noch nicht getestet



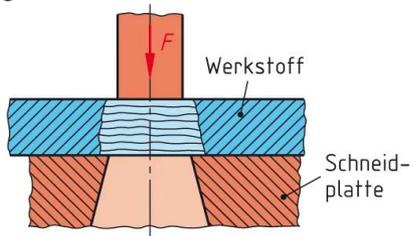
Schnittkante
Nachbeschichten
(z.B. Zink)
noch nicht getestet



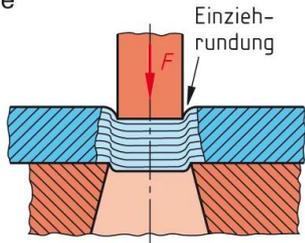
Stanzen

Stanzen – Ein Kraftakt

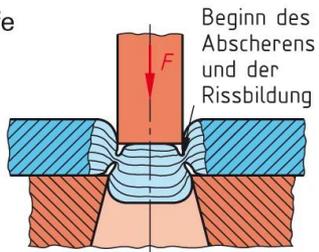
1. Stufe



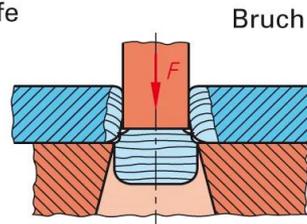
2. Stufe



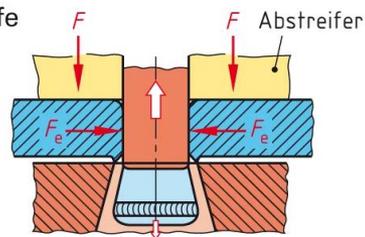
3. Stufe



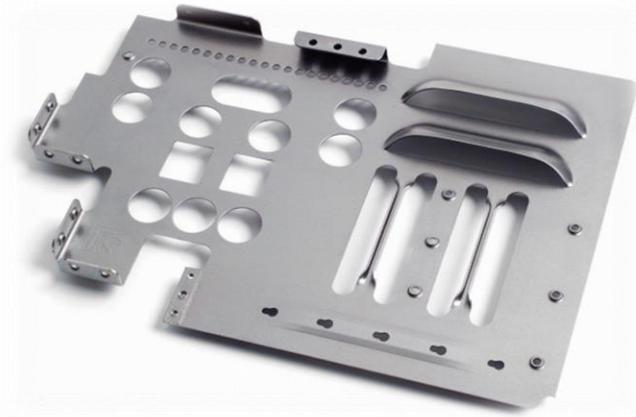
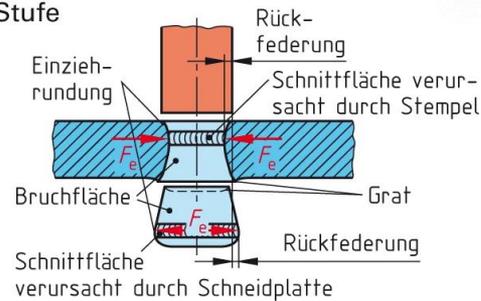
4. Stufe



5. Stufe



6. Stufe



Lasern und Stanzen in WSi4

WSi4 1.26.5 - seppo

Datel Bearbeiten Einstellungen Fenster Hilfe

Baumannsicht

Name	#	Anz. (rel.)	Anz. (abs.)	Status	t [mm]	Werkstoff	m / Stück [kg]
3mm_Beispielteil_plus120	0	1	1	✓	3.00	1.0038	27.041

Graphansicht

1.0038
3.00
1
59,95 €

Stanz-Kombi N2

Werkstoff	1.0038
Dicke	3.00
Anzahl	1
HK / Stück	25,52 €
Tr	12,00 min
Te	6,23 min
Materialekosten	0,00 €
Rüstkosten	16,80 €
Fertigungseinzelkosten	8,72 €
Anz. Einstiche	152
Kanturlänge	11093
Anteil Halbzeug [%]	100,00
Einsatzgewicht [kg / Stück]	42,39
Winkel zur Walzrichtung [°]	-

Gesenkbleg

Werkstoff	
Dicke	
Anzahl	
HK / Stück	

499/499

CAD Daten

3D geladen 3D generiert 2D generiert Technische Zeichnung

Baugruppenseite CAD Daten

Details

Stanz-Kombi N2

Werkstoff	
Dicke	1.0038
Anzahl	3.00
HK / Stück	1
	25,52 €
Tr	12,00 min
Te	6,23 min
Materialekosten	0,00 €
Rüstkosten	16,80 €

Meldungen Details

Suchbegriff hier eingeben

14°C Sonntag 09:27 26.07.2024

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

