



Mittelstand-Digital
Zentrum
Spreeland



Gravieren und Schneiden mit einem Laser

Grundlagen und Anwendungen

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Mittelstand-
Digital 

Disclaimer:

Diese Broschüre wirbt nicht für spezifische Hard- oder Software. Dargestellte Inhalte werden ausschließlich zur Veranschaulichung der Einsatzmöglichkeiten genutzt.

Ziel der Broschüre und Themenübersicht

Diese Broschüre bietet einen umfassenden Einblick in die Technologie des Lasergravierens und -schneidens, sodass Sie die Potenziale für Ihr Unternehmen besser einschätzen können. Wir führen Sie Schritt für Schritt durch die wichtigsten Aspekte:

1. Die Grundlagen

Verstehen Sie die Prinzipien und entdecken Sie die vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten.

2. Die Technik im Detail

Erfahren Sie, wie ein Laser funktioniert und welche Lasertypen es gibt.

3. Materialien und ihre Einsatzzwecke

Entdecken Sie, welche Materialien sich mit dem Laser bearbeiten lassen.

4. Sicherheit und Schutzmaßnahmen

Wir informieren Sie über wichtige Sicherheitsmaßnahmen und Schutzvorkehrungen, um ein sicheres und effizientes Arbeiten zu gewährleisten.

5. Bildbearbeitung für optimiertes Gravieren und Schneiden

Lernen Sie, wie Sie mithilfe der Bildbearbeitung Ihre Motive optimal vorbereiten, um perfekte Gravuren und Schnitte zu erzielen.

6. Bring Farbe hinein

Verleihen Sie Ihren Gravuren ein besonderes Aussehen, indem Sie Farben gezielt einsetzen.

7. Tipps und Tricks

8. Weiterführende Informationen, Links und Media



Abb. 1: THW

Die Grundlagen

Was ist Lasergravieren und -schneiden?

Lasergravieren und –schneiden sind zwei technische Verfahren, die die Materialbearbeitung deutlich vereinfachen können. Beide Technologien nutzen die Kraft des Lasers, um präzise und effiziente Ergebnisse zu erzielen.

Beim **Lasergravieren** trägt ein Laserstrahl die Oberfläche eines Materials ab, um eine Vertiefung, die sogenannte Gravur, zu erzeugen. So lassen sich beispielsweise Geschenke, Schilder oder Schmuck personalisieren.

Die hohe Präzision und Detailgenauigkeit dieser Technik ermöglichen, selbst feinste Designs und Schriften dauerhaft und kratzfest auf das Material zu übertragen.

Das **Laserschneiden** auch bekannt als Laserstrahlschneiden, trennt Materialien mithilfe eines fokussierten Laserstrahls. Dieses Verfahren eignet sich ideal für die Herstellung von Bauteilen, Prototypen sowie von Komponenten, die zu komplexen Formen zusammengesetzt werden können. Die hohe Schnittgeschwindigkeit und Effizienz des Laserschneidens ermöglicht es, Materialien wie Blech, Holz, Acryl und Textilien präzise und schnell zu bearbeiten.

Egal ob Sie personalisierte Geschenke kreieren oder komplexe Bauteile herstellen möchten, Lasergravieren und schneiden bieten Ihnen die passende Lösung.

Die Technik im Detail

Der Laser

Das Wort „**Laser**“ ist ein Akronym und steht für „Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation“¹. Im Wesentlichen handelt es sich um einen **Lichtverstärker**. Er funktioniert, indem ein spezielles Medium verwendet wird, um Licht zu verstärken – gewissermaßen ein Booster für das Licht. Dadurch erhält der Laserstrahl, entsprechend der Abbildung 1, eine deutlich höhere Energie als normales Licht. Licht tritt in verschiedenen Farben auf, die jeweils unterschiedlichen Wellenlängen entsprechen (siehe Abbildung 2).

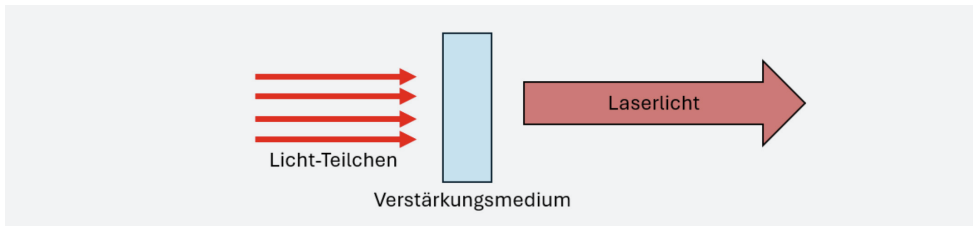


Abb. 2: Schematische Darstellung der Lichtverstärkung.

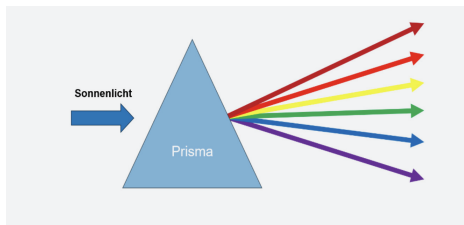


Abb. 3: Sonnenlicht, welches mit Hilfe eines Prismas in seine spektralen Farben zerlegt wird.

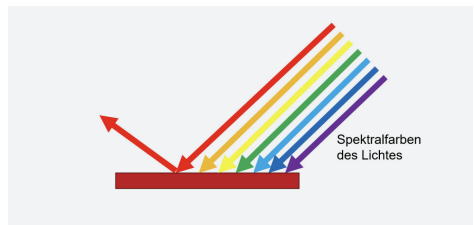


Abb. 4: Ein rotes Objekt reflektiert das rote Licht und absorbiert alle anderen Farben des Spektrums.

Diese Wellenlänge bestimmt die Energie des Lichts und beeinflusst, wie stark es von Materialien absorbiert oder reflektiert wird. Kupfer beispielsweise absorbiert nahezu alle Farben außer Rot, was ihm seine rötliche Färbung verleiht. Streng genommen reflektiert Kupfer also vor allem rotes Licht (siehe Abbildung 3). Diese Wechselwirkung zwischen Licht und Material erklärt auch, warum nicht jeder Laser jedes Material schneiden und gravieren kann: Die Energie des Laserstrahls muss vom Material absorbiert werden, um seine Wirkung zu erzielen. Es gibt verschiedene Arten von Lasern, die auf unterschiedlichen physikalischen Prinzipien basieren. Diese werden wir im nachfolgenden Abschnitt näher betrachten.

Arten von Lasergeräten

Die Arten von Lasergeräten lassen sich nach dem verwendeten Verstärkungsmedium einteilen. Man unterscheidet zwischen **Gaslasern**, **Festkörperlasern**, **Halbleiterlasern**, **Farbstofflasern** und **Frei-Elektronen-Lasern** die mithilfe einer Diode den Laserstrahl erzeugen ^[1]. Da die beiden letztgenannten in der Industrie (fast) keine Bedeutung haben, wird auf sie im Folgendem nicht weiter eingegangen:

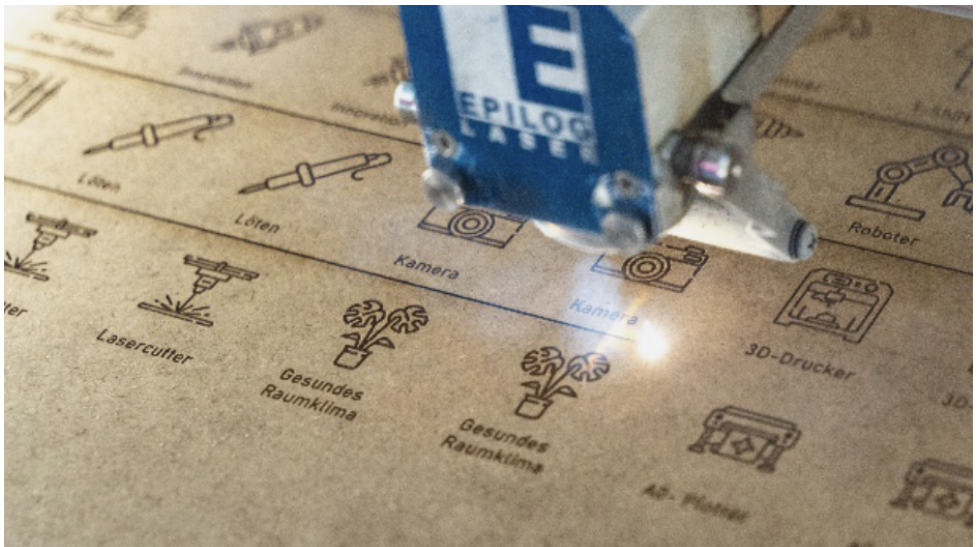


Abb. 5: Ein typischer CO₂ Laser beim Schneiden von Holz.

Gaslaser

Das Herzstück des CO₂-Lasers ist ein Gasgemisch, das durch elektrische Entladung angeregt wird und Infrarotlicht mit einer Wellenlänge von ca. 10.600 nm (im roten Spektralbereich/ Infrarotbereich) ausstrahlt. Diese Wellenlänge ist besonders effektiv für viele nichtmetallischen Materialien wie Holz, Acryl, Leder, Papier, Textilien und vielen Kunststoffen.

Ein anderer Typ von Gaslasern sind die Excimerlaser. Diese Hochleistungslaser erzeugen ultraviolettes Licht und haben ebenfalls ein Gasmedium, bestehend aus einem Edelgas-Halogen-Gemisch (z. B. Argon, Krypton, Xenon mit Fluor oder Chlor). Die extrem kurze Wellenlänge des UV-Lichts ermöglicht ein besonders präzises und sauberes Arbeiten, unter anderem bei der Bearbeitung von Metallen und Halbleitern ^{[1], [2]}.

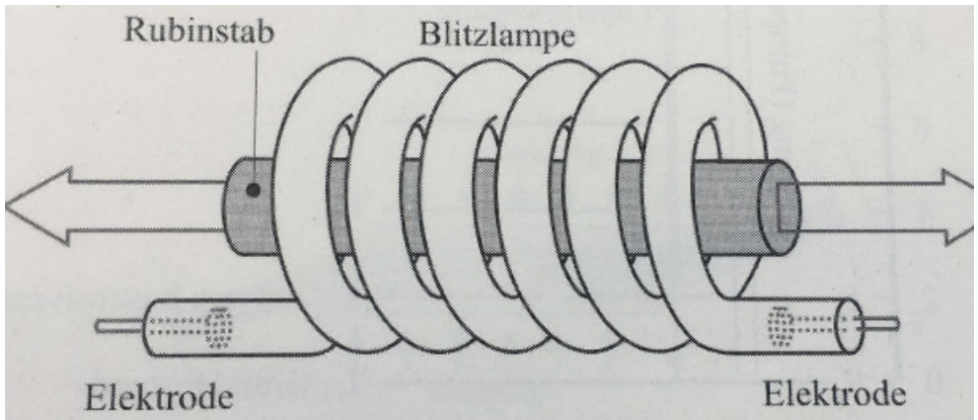


Abb. 6: Prinzipieller Aufbau eines Festkörperlasers am Beispiel eines Rubinlasers. Die Xenon-Blitzlampe regt das Medium (Rubinkristall) zur Emission von Laserlicht an. [2]

Festkörperlaser

Hier besteht das Verstärkungsmedium aus einem Kristall, der häufig durch Lichtpulse angeregt wird, um Laserlicht zu erzeugen. Die am häufigsten verwendete Anregungsquelle ist eine Xenon-Blitzlampe, die intensive Lichtblitze bspw. auf einen Rubinstab (siehe Abbildung 5) aussendet. Insbesondere die sogenannten Neodym-YAG-Laser repräsentieren hierbei eine leistungsstarke Technologie in der Laserbearbeitung [1], [3].

Halbleiterlaser

Halbleiterlaser sind auch als Diodenlaser bekannt und stellen eine kompakte sowie kosteneffiziente Alternative zu Gas- und Festkörperlasern dar. Ihre einfache Handhabung und die vergleichsweise niedrigen Anschaffungskosten machen sie sowohl für industrielle Anwendungen als auch für den Hobbybereich attraktiv.

Im Gegensatz zu den anderen Lasertypen benötigen Diodenlaser keine externe Anregungsquelle. Sie werden direkt durch elektrischen Strom angeregt, was zu einem besonders kompakten und robusten Design führt [1], [3], [4].

Materialien und ihre Einsatzzwecke

Mit einem Laser kann eine Vielzahl unterschiedlicher Materialien bearbeitet werden. Nachfolgend sind einige der gängigsten Materialien aufgeführt, die sich schneiden oder gravieren lassen:

Kunststoff

Verschiedene Kunststoffe wie Acryl, PVC und Polycarbonat sind hervorragend für die Laserbearbeitung geeignet.



Abb. 7: Acrylgravierung mittels Laser



Abb. 8: oben: Löffelstiel aus Stahl, unten: markierter USB-Stick aus Metall

Metall

Eloxiertes Aluminium, Edelstahl und weitere Metalle lassen sich präzise gravieren. So können Bauteile dauerhaft mit Seriennummern und Logos gekennzeichnet werden. Die Gravur erhöht die Haltbarkeit und Lesbarkeit der Markierungen.

Um den Laserkopf vor Beschädigungen durch reflektierendes Licht zu schützen, sollten glänzende Oberflächen vor der Bearbeitung mattiert werden. Hierfür eignen sich spezielle Laser-Markierungssprays. Alternativ können auch Zinkspray oder schwarze Farbe verwendet werden.

Holz

Von Sperrholz bis Massivholz – Holz ist ein preiswerter und nachwachsender Rohstoff mit nahezu unbegrenzten Möglichkeiten. Das Material eignet sich ideal für Gravuren und Schnitte sowie für die Umsetzung individueller Ideen. Gestalten Sie einzigartige Stücke, von detailreichen Fotogravuren und präzisen Logos bis hin zu komplexen Objekten, aus mehreren Elementen zusammengesetzt sind, wie bspw. ein Knobelspiel aus sechs Bauteilen (siehe Abbildung 6).



Abb. 9: Beispiel für eine Holzbearbeitung mit einem CO₂-Laser. Hier wurde ein QR-Code und ein Text graviert.

Bei Holz sollte die Richtung der natürlichen Maserung beachtet werden. Die besten Ergebnisse werden meist bei vertikaler Maserung erzielt. Für optimale Resultate eignen sich insbesondere Erle, Kirsche oder Ahorn.

Textilien und Leder

Stoffe wie Baumwolle, Polyester, Filz und Mischgewebe lassen sich ebenfalls schneiden und gravieren. Leder eignet sich beispielsweise hervorragend für personalisierte Produkte wie Geldbörsen oder Gürtel.



Abb. 10: Markierte Geldbörse



Abb. 11: Passgenaue Dichtungen durch präzises Laserschneiden.

Gummi

Mit dem Laser sind präzise und passgenaue Schnitte möglich. Ideal für die Herstellung von Stempeln und Dichtungen.

8 Gravieren und Schneiden mit einem Laser

Kork

Kork ist eine umweltfreundliche Option, die sich gut für verschiedene Anwendungen eignet. Auch feine Details lassen sich gut darstellen.

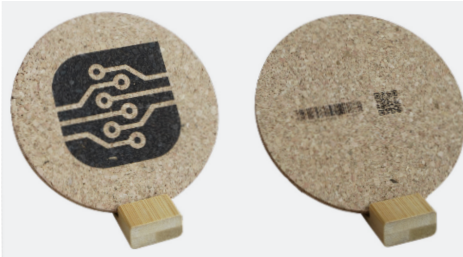


Abb. 12: Beschrifteter Untersetzer bspw. mit einem Logo wie auch mit einem Barcode oder QR-Code

Papier

Karton und diverse Papiersorten lassen sich präzise schneiden. So entstehen filigrane Formen und Konturen für Verpackungen, Etiketten und Dekorationen.



Abb. 13: Schneiden eines Kartons als Bastelvorlage

Stein

Stein stellt eine besondere Herausforderung für die Laserbearbeitung dar. Seine vielfältigen Strukturen und Farben ermöglichen eindrucksvolle Ergebnisse, doch die Bearbeitung erfordert Präzision. Härtere Steine benötigen mehr Leistung und gegebenenfalls mehrere Durchgänge. Eine weiche Steinplatte, wie zum Beispiel Schiefer, bietet einen guten Einstieg.



Abb. 15: Schieferplatte mit Schrift



Abb. 14: Schiefer mit einer Fotogravur

Glas und Spiegel

Diese Materialien können graviert werden, um dekorative Effekte zu erzielen.



Abb. 16: Mit Hilfe eines Lasers kann nicht nur die Oberfläche, sondern auch das Innere eines Glaskörpers bearbeitet werden, sodass ein 3D-Effekt erzeugt werden kann.



Abb. 17: Individuelle Gestaltung von Lebensmittel für Messen und Marketingeinsätze.

Lebensmittel

Kürbis, Banane und andere Lebensmittel lassen sich präzise mit dem Laser schneiden. Dies ermöglicht dekorative Elemente für Präsentationen oder Marketingzwecke.



Abb. 18: Individuelle Gestaltung von Lebensmittel für Messen und Marketingeinsätze.

Es ist wichtig zu beachten, dass die Bearbeitbarkeit der genannten Materialien stark von der Laserleistung und der Wellenlänge abhängt. Nicht jeder Laser ist für jedes Material geeignet. UV-Laser besitzen eine kurze Wellenlänge (zwischen 150 - 400 Nanometer) und dringen weniger tief in Materialien ein. Diodenlaser (um die 455 Nanometer) und CO₂-Laser (ca. 10.600 Nanometer) haben hingegen längere Wellenlängen und ermöglichen eine stärkere Materialdurchdringung. Daher eignen sie sich besonders gut für das Gravieren und Schneiden dickerer Materialien.

Manche Laser sind zu leistungsschwach, andere besitzen eine ungeeignete Wellenlänge, für bestimmte Materialien. Die Wahl des richtigen Lasers ist daher entscheidend für ein erfolgreiches Ergebnis.

Absaugung für Sicherheit und bessere Ergebnisse

Bei der Bearbeitung von Materialien wie Gummi, Acryl und Kunststoff ist eine Absaugung unbedingt zu empfehlen. Beim Lasern können gesundheitsschädliche Dämpfe entstehen, die sowohl für den Menschen als auch für die Umwelt gefährlich sind.

Eine leistungsfähige Absaugung filtert diese Dämpfe und sorgt für einen sicheren Arbeitsplatz. Dabei sollte die Absaugung auf die verwendeten Materialien und die Laserleistung abgestimmt sein, um eine optimale Filterwirkung zu erzielen.

Die Absaugung beeinflusst bei einigen Materialien auch die Gravurqualität. Bei Holz z. B. lassen sich durch eine geeignete Absaugung Schmauchspuren an den Schnittkanten deutlich reduzieren.

Sicherheit und Schutzmaßnahmen



Abb. 19: Gebotsschild zum Tragen einer Schutzbrille

Welche Schutzmaßnahmen im Detail erforderlich sind, hängt von der Leistung und der Wellenlänge des eingesetzten Lasers ab. Diese bestimmen die sogenannte Laserklasse. Jedes Gerät ist entsprechend gekennzeichnet und wird in Klassen von 1 bis 4 eingeteilt (siehe Tabelle 1) ^[3].



Abb. 20: Warnhinweis für Laserstrahlung nach DIN 4844

Achten Sie zudem auf die am Gerät angebrachten Warnschilder – sie geben wichtige Hinweise auf mögliche Gefahren im Betrieb.

Merke: Gemäß der Arbeitschutzverordnung zu künstlicher optischer Strahlung (OStrV) besteht die Pflicht einen Laserschutzbeauftragten schriftlich zu bestellen, wenn Lasereinrichtungen der Klassen 3R, 3B oder 4 eingesetzt werden.

Lasergravieren und -schneiden sind präzise und effiziente Verfahren. Gleichzeitig gehen von der hohen Energie der Laserstrahlung erhebliche Risiken aus. Ein sicherer Betrieb erfordert daher konsequente Schutzmaßnahmen zum Schutz für die Mitarbeitenden als auch für die Arbeitsumgebung.

Durch die starke Bündelung der Laserstrahlung entstehen extrem hohe Intensitäten. Diese können schwere Gewebeschäden verursachen – im schlimmsten Fall sogar zur Erblindung führen.

Neben dem Augenschutz sind je nach Anwendung weitere Maßnahmen notwendig. Dazu gehören beispielsweise geeignete Schutzkleidung, Handschuhe sowie ein leistungsfähiges Absaugsystem, um entstehende Dämpfe und Partikel sicher zu entfernen. Auch der Brandschutz sollte immer mitgedacht werden.

Ebenso wichtig ist die regelmäßige Wartung der Anlage. Halten Sie sich dabei strikt an die Vorgaben des Herstellers. Ergänzend sollten alle Mitarbeitenden regelmäßig geschult werden und mit den geltenden Sicherheitsvorschriften vertraut sein.

Nur durch das Zusammenspiel dieser Maßnahmen lassen sich Risiken wirksam reduzieren und ein sicherer Arbeitsplatz gewährleisten.

Klasse	Beschreibung
1	Zugängliche Laserstrahlung ist ungefährlich oder der Laser befindet sich in einem geschlossenen Gehäuse.
1M	Laserstrahlung ist ungefährlich, sofern keine optischen Instrumente benutzt werden.
2	Zugängliche Laserstrahlung liegt nur im sichtbaren Spektralbereich. Sie ist bei kurzzeitiger Bestrahlungsdauer (ca. 0,25s) für das Auge ungefährlich. Leistungsgrenze liegt hier bei 1mW.
2M	Zugängliche Laserstrahlung liegt nur im sichtbaren Spektralbereich. Sie ist bei kurzzeitiger Bestrahlungsdauer (ca. 0,25s) für das Auge ungefährlich. Leistungsgrenze liegt hier bei >1mW.
3R	Im sichtbaren Spektralbereich sind die Ausgangswerte 5-mal höher als bei einem Laser der Klasse 2. Im nicht sichtbaren Bereich sind die Ausgangswerte bei einer Bestrahlungszeit bis 100 Sekunden bis zu 5-mal höher als die bei einem Laser der Klasse 1.
3b	Zugängliche Laserstrahlung ist gefährlich für das Auge und in besonderen Fällen auch für die Haut. Diffuses Streulicht ist in der Regel ungefährlich.
4	Zugängliche Laserstrahlung ist sehr gefährlich für das Auge und für die Haut. Auch diffus gestreute Strahlung kann gefährlich sein. Es besteht Brand- oder Explosionsgefahr.

Bildbearbeitung für optimiertes Gravieren und Schneiden

Die Bildbearbeitung ist ein entscheidender Schritt beim Lasergravieren und -schneiden. Nur gut vorbereitete Vorlagen liefern saubere Ergebnisse und hochwertige Produkte. In der Praxis arbeiten Sie mit zwei Grafikarten: Vektor- und Rastergrafiken.

Vektorgrafiken

basieren auf mathematischen Beschreibungen von Linien, Kurven und Formen. Sie lassen sich ohne Qualitätsverlust skalieren und eignen sich besonders für Logos, Schriften und klare Designs.

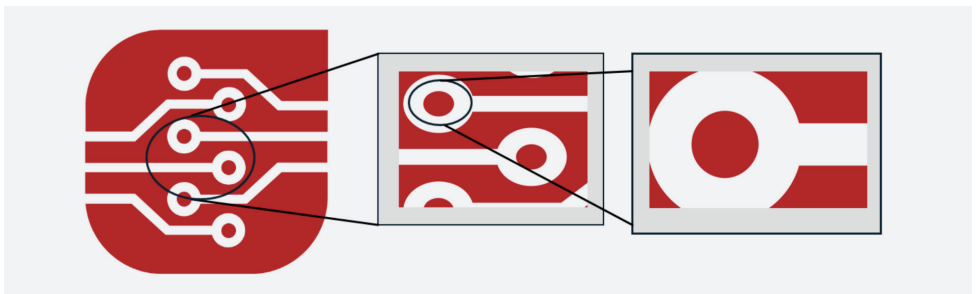


Abb. 21: Beispiel einer Vektorgrafik, welche trotz starker Skalierung keine Qualitätseinbuße hat.

Rastergrafiken

bestehen aus einzelnen Pixeln und haben eine feste Auflösung. Sie sind ideal für Fotos oder detailreiche Motive, verlieren jedoch bei Vergrößerung an Qualität.

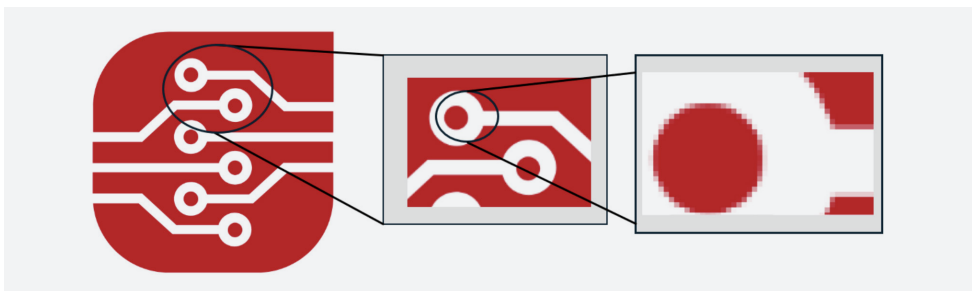


Abb. 22: Beispiel einer Rastergrafik, welche beim Skalieren an Qualität verliert

Die Wahl der richtigen Software ist entscheidend. Sie ermöglicht es Ihnen, Designs anzupassen, Kontraste zu optimieren, Grafiken zu kombinieren und die passende Auflösung einzustellen. Bewährte Programme sind zum Beispiel:

**Adobe Photoshop:**

Für professionelle Bildbearbeitung mit vielen Funktionen.

**Gimp:**

Kostenlose Open-Source-Alternative mit solidem Funktionsumfang.

**Lightroom:**

Gut geeignet für Fotooptimierung mit automatischen Anpassungen.

**PhotoScape:**

Einfache Bedienung mit vielen Effekten.

**Inkscape:**

Ein leistungsstarkes, kostenloses und Open-Source-Vektorgrafikprogramm, ideal für Vektorgrafiken wie Logos oder technische Zeichnungen.

Bildvorbereitung für die Lasergravierung



Abb. 23: Logo und Schrift auf einem Holzlöffel

Eine saubere Gravur beginnt mit der richtigen Vorbereitung:

1. Bildauswahl

Wählen Sie ein Bild mit hoher Auflösung (mindestens 300 DPI) und klarem Kontrast. Zu viele feine Details können das Ergebnis verschlechtern. Vektorgrafiken (SVG, DXF) sind ideal. Rastergrafiken (JPG, PNG) funktionieren ebenfalls, sind aber weniger flexibel.

Beachten Sie:

Höhere Auflösung bedeutet längere Bearbeitungszeit.

2. Bildbearbeitung

Mit einer geeigneten Bildbearbeitungssoftware (siehe oben) kann das Bild weiterbearbeitet werden. Wandeln Sie Farbbilder in Graustufen oder Schwarz-Weiß um. Hier müssen Sie gegebenenfalls mit den Helligkeitsstufen experimentieren, um ein optimales Ergebnis zu bekommen. Erhöhen Sie den Kontrast für klare Linien. Vermeiden Sie zu starke Anpassungen, um Bildfehler zu verhindern. Zuletzt kann man eine Rauschreduktion für ein sauberes Ergebnis verwenden. Optional kann eine Rastergrafik in eine Vektorgrafik umgewandelt werden, um die Skalierbarkeit zu verbessern.

3. Abspeichern

Speichern Sie die Datei im passenden Format (z. B. SVG, DXF oder PNG). Beachten Sie unbedingt die vom Hersteller empfohlenen Formate.

Bildvorbereitung für das Laserschneiden

Beim Schneiden kommt es vor allem auf saubere Linien an:

1. Bildauswahl

Vektorgrafiken (SVG, DXF, AI) sind ideal, da sie aus Linien und Pfaden bestehen, die der Laser präzise nachfahren kann. Rastergrafiken (JPG, PNG, BMP) sind weniger geeignet, da der Laser die Pixel nachzeichnet, was zu unsauberen Ergebnissen führt.

2. Bildbearbeitung

Die gewählte Datei sollte die gewünschten Konturen und Formen enthalten, die geschnitten werden sollen. Stellen Sie sicher, dass alle Linien geschlossen sind, da offene Linien zu unvollständigen Schnitten führen können. Die Linienstärke sollte auf die spezifischen Anforderungen des Laserschneiders abgestimmt sein, meistens ist eine sehr dünne Linie (z. B. eine Haarlinie mit 0.01mm Dicke) optimal.

3. Anpassung an das Werkstück

Die Größe der Datei muss an das zu schneidende Material und die gewünschte Größe des Objekts angepasst werden. Die Platzierung der einzelnen Elemente innerhalb der Datei ist ebenfalls wichtig, um Material zu sparen und den Schneideprozess zu optimieren.

Achten Sie darauf, dass genügend Abstand zwischen den einzelnen Elementen und zum Rand des Materials vorhanden ist. Manche Laserhersteller bieten hierfür passende Nestingfunktionen an.

4. Schneideprozess vorbereiten

Bevor der eigentliche Schneideprozess beginnt, ist es ratsam, eine Testdatei mit einem kleinen Ausschnitt der komplexesten Elemente zu erstellen und diese zu schneiden. So können die Einstellungen für Leistung und Geschwindigkeit des Lasers als auch für den Abstand des Werkstücks zum Laser optimiert und das Ergebnis überprüft werden, bevor das gesamte Material verarbeitet wird.

Empfehlung aus der Praxis:
Erstellen Sie einen Materialtest mit verschiedenen Leistungs- und Geschwindigkeitseinstellungen. Diese werden meist als Raster („Testfeld“) ausgeführt und helfen Ihnen schnell, die besten Parameter zu finden.

Bring Farbe hinein

Die Farbdarstellung beim Lasergravieren ist komplex und hängt von Materialeigenschaften und Laserparametern ab. Verschiedene Materialien reagieren unterschiedlich auf die Laserenergie, so z.B. erzeugt Holz durch Oberflächenabtragung Brauntöne, einige Metalle durch Aufschmelzen und Oxidation diverse Farben. Laserleistung und -geschwindigkeit beeinflussen die Farbintensität. Höhere Leistung erzeugt dunklere, höhere Geschwindigkeit hellere Farben.

Zweifarbiges Material

Zweifarbige Materialien bieten im Lasergravur- und Schneidebereich spannende Möglichkeiten. Durch die Kombination zweier Farben oder Materialien in einem Werkstück lassen sich beeindruckende Effekte erzielen. So kann man beispielsweise durch geschickte Gestaltung und Materialwahl mit dem Laser gezielt eine Farbe entfernen und die darunterliegende Farbe sichtbar machen, um Kontraste und Tiefenwirkung zu erzeugen. Die Auswahl des Materials ist dabei entscheidend, denn die Laserparameter müssen an die spezifischen Eigenschaften der beiden Materialien angepasst werden, um saubere und präzise Ergebnisse zu erzielen.



Abb. 24: Durch die Bearbeitung mit dem Laser ist die oberste weiße Schicht abgetragen und die darunterliegende rote Schicht kommt zum Vorschein.

len. Eine sorgfältige Materialauswahl und Parametereinstellung sind daher unerlässlich für ein optimales Ergebnis.

Farb-Pulver

Die Anwendung von Farbpulvern im Lasergravur- und Schneideverfahren ermöglicht die Erzeugung individueller und hochwertiger Oberflächenstrukturen. Hierbei handelt es sich um ein mehrstufigen Bearbeitungsprozess, der eine präzise Fixierung des Materials erfordert, um Bewegungen während der Bearbeitungsschritte zu vermeiden. Der erster Laserdurchgang wird mit den standardmäßigen Parametern durchgeführt. Anschließend wird das Farbpulver gleichmäßig auf die bearbeitete Fläche aufgetragen und kann z. B. mit einer Karte glattgezogen werden.

Durch einen zweiten Laserdurchgang mit angepassten Parametern wird das Pulver in das Material eingebrannt. Dieser Vorgang kann wiederholt werden, bis das gewünschte Ergebnis erzielt wird.

Die Wahl des geeigneten Farbpulvers und die sorgfältige Abstimmung der Laserparameter sind entscheidend für ein optimales Ergebnis. Dabei reagiert jeder Pulvertyp unterschiedlich auf die Laserstrahlung. Eine gründliche Vorbereitung und das Experimentieren mit verschiedenen Parametern sind unerlässlich, um die gewünschte Farbintensität und Oberflächenbeschaffenheit zu erreichen.

Es ist zwingend erforderlich, die Absaugung während des gesamten Prozesses zu deaktivieren, um ein Wegwehen des Pulvers zu verhindern. Ferner ist das Bearbeiten mit Pulvern aufwendig und benötigt durch seine mehreren Prozessschritte mehr Bearbeitungszeit.

Oxidation von Metallen ausnutzen

Die gezielte Oxidation von Metallen mithilfe eines Lasergravierers bzw. -cutters bietet faszinierende Möglichkeiten der Oberflächenveredelung. Durch die kontrollierte Einwirkung des Laserstrahls auf die Metalloberfläche wird diese lokal erhitzt und eine kontrollierte Oxidation eingeleitet.

Die entstehende Oxidschicht kann je nach Metall, Laserart und -parametern unterschiedliche Farben und Strukturen aufweisen, wodurch einzigartige visuelle Effekte erzielt werden. So lassen sich beispielsweise auf Edelstahl verschiedene Farbtöne von Blau über Braun bis hin zu Schwarz erzeugen, während Aluminium eine charakteristische, matte

Oberfläche erhält. Die Präzision des Lasers ermöglicht die Gestaltung komplexer Muster und Designs.

Die Wahl des Lasers spielt dabei eine entscheidende Rolle. Während CO₂-Laser aufgrund ihrer hohen Leistung eher zum Schneiden und Gravieren von nicht-metallischen Materialien eingesetzt werden, eignen sich für die Oxidation von Metallen eher Faserlaser oder Diodenlaser. Diese Lasertypen bieten eine präzisere Energieeinbringung in die Metalloberfläche, was eine feinere Kontrolle über den Oxidationsprozess ermöglicht und somit eine höhere Präzision der Farbgebung und Oberflächentextur erlaubt.

Halbleiterlaser, insbesondere Diodenlaser, sind aufgrund ihrer kompakten Bauweise, ihrer hohen Effizienz und ihrer präzisen Steuerbarkeit besonders gut für diese Anwendung geeignet. Sie ermöglichen eine sehr feine und gezielte Wärmezufuhr, was zu besonders detaillierten und reproduzierbaren Ergebnissen führt.

Es ist jedoch wichtig, die spezifischen Eigenschaften des jeweiligen Metalls und die optimalen Laserparameter für

den gewählten Lasertyp zu kennen, um ein reproduzierbares und qualitativ hochwertiges Ergebnis zu gewährleisten. Die Steuerung der Oxidation durch die Laserleistung und -dauer ermöglicht eine feingranulare Kontrolle über die Farbgebung und Oberflächentextur. Diese Technik eignet sich besonders gut für die individuelle Gestaltung von Schmuckstücken, Kunstobjekten und anderen hochwertigen Produkten.

Farb-Folien verwenden



Abb. 25: Mit Farbfolien erstelltes Gravurbild der Firma Trotec.

Farbfolien beim Lasergravieren eignen sich hervorragend, um flache Materialien mit individuellen Designs zu versehen. Die Anwendung ist denkbar einfach: Zunächst wird die spezielle Laserfolie auf das gewünschte Material aufgebracht. Anschließend kann das Motiv wie gewohnt graviert werden. Der Laser entfernt die oberste Folien-schicht, wodurch die darunterliegenden Farben zum Vorschein kommen und das gewünschte Bild entsteht. Diese Technik ermöglicht präzise und detailreiche Gravuren mit einer breiten Farbpalette.

Tipps und Tricks

Den Fokus finden

Ein kritischer Punkt beim Betrieb eines Lasergravierers ist das präzise Finden des Fokuspunktes. Nur wenn der Laserstrahl exakt fokussiert ist, lassen sich sowohl saubere Gravuren als auch präzise Schnitte erzielen. Ein unscharfer Fokus führt zu unsauberem Ergebnis, unregelmäßigen Kanten und einer insgesamt verringerten Qualität der Bearbeitung. Die Fokussierung hängt von verschiedenen Faktoren ab, darunter die Materialstärke, die verwendete Laserleistung und die Art der Linse. Daher ist es wichtig, den Fokus für jedes Projekt und Material neu einzustellen, um optimale Ergebnisse zu gewährleisten. Viele Geräte bieten hierfür Hilfsmittel wie Testgravuren oder Fokussierhilfen, die den Prozess vereinfachen.

Die Fokussierung eines Laserstrahls lässt sich z. B. mit einer schrägen Holzplatte geschickt bewerkstelligen. Indem man die Platte in einem bestimmten Winkel unter den Laserstrahl positioniert (siehe Abbildung 22), der Strahl wird durch die unterschiedliche Materialdichte und den Winkel gebrochen und an einem bestimmten Punkt fokussiert. Der korrekte Fokus ist die Höhe, wo die feinste Linie bzw. der beste Schnitt zu sehen ist. Diese Methode ist besonders hilfreich, wenn eine präzise Fokussierung ohne teure Hilfsmittel benötigt wird.

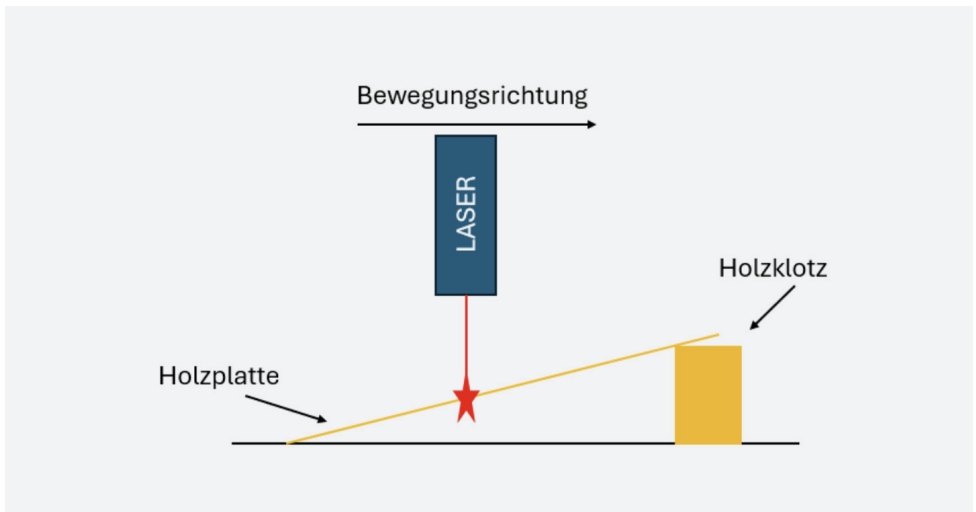


Abb. 26: Ein einfacher Aufbau, um den Fokus des Lasers zu finden.

Der Materialtest

Bevor Sie mit dem Lasern beginnen, ist ein gründlicher Materialtest unerlässlich. Experimentieren Sie mit verschiedenen Leistungseinstellungen, Geschwindigkeiten und Durchlaufzahlen an einem kleinen Materialstück, um die optimalen Parameter für Ihr Projekt zu finden. Hierzu bietet die Lasersoftware oft vorbereitete Materialtest-Designs an.

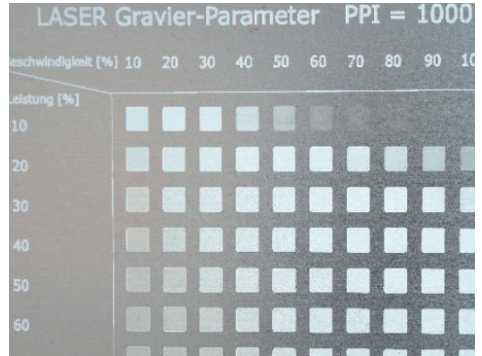
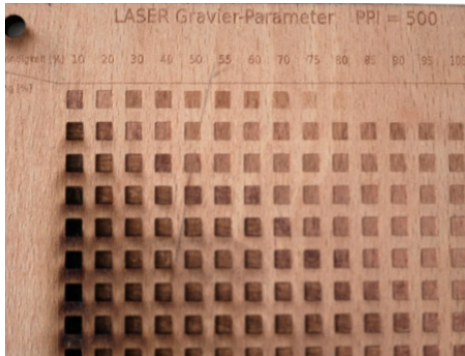


Abb. 27: Matrix Materialtest: links Holz und rechts eloxiertes Aluminium. Beachten Sie die unterschiedlichen Resultate als auch die unterschiedliche Frequenz der Laserpulse (PPI – Pulse Per Inch).

Eine saubere Arbeitsfläche und ein sauberes und ebenes Material sind ebenso wichtig für ein perfektes Ergebnis. Achten Sie auf die korrekte Positionierung Ihres Werkstücks im Lasergerät, um sicherzustellen, dass Ihr Design präzise graviert werden kann. Verwenden Sie gegebenenfalls Hilfsmittel wie eine Auflage oder eine Ausrichtungshilfe (bspw. ein Poka-Yoke-Board), um die richtige Positionierung zu erleichtern oder in der Serienfertigung konstant zu behalten.

Achten Sie auf eine präzise Fokussierung des Laserkopfes und wählen Sie die richtige Software und Einstellun-

gen für Ihr Design. Während des Laservorgangs sollten Sie unbedingt eine Schutzbrille tragen und für ausreichende Belüftung sorgen. Regelmäßige Wartung Ihres Lasergeräts und Testläufe vor dem endgültigen Projekt gewährleisten beste Ergebnisse und schützen Ihre Investition.

Um leicht gebogene und dünne Materialien zu fixieren, kann man z. B. starke Neodym-Magnete, Zwingen oder auch doppelseitiges Klebeband verwenden.

Weiterführende Informationen, Links und Media

Youtube
VINN Lab

[https://www.youtube.com/
@ViNNLab/featured](https://www.youtube.com/@ViNNLab/featured)



Youtube
Trotec

[https://www.youtube.com/
watch?v=UJLY-26O4Yo&t=188s](https://www.youtube.com/watch?v=UJLY-26O4Yo&t=188s)



Webseite des
Makerspace ViNN:
Lab

[https://www.th-wildau.de/
forschung-transfer/forschung/
forschungsfelder-schwerpunkte/
forschungsfeld-nachhaltige-werte-
schoepfung/innovations-und-
regionalforschung/vinnlab](https://www.th-wildau.de/forschung-transfer/forschung/forschungsfelder-schwerpunkte/forschungsfeld-nachhaltige-wertschoepfung/innovations-und-regionalforschung/vinnlab)



Literatur

- [1] R. Poprawe, Lasertechnik für die Fertigung - Grundlagen, Perspektiven und Beispiele für den innovativen Ingenieur, Springer Verlag, 2005
- [2] T. G. Helmut Hügel, Laser in der Fertigung - Strahlquelle, Systeme, Fertigungsverfahren, Vieweg + Teubner Verlag, 2009
- [3] H. J. E. J. Eichler, Laser - Bauformen, Strahlführung, Anwendungen, 7 Hrsg., Springer Verlag, 2015
- [4] A. Kehrer, T. Philipp und S. Rens, Lasercutting, Hanser Verlag, 2017
- [5] M. Young, Optik, Laser, Wellenleiter, Springer Verlag, 1997
- [6] https://www.bfs.de/DE/themen/opt/anwendung-alltag-technik/laser/laser_node.html

An dieser Stelle möchten wir uns ganz herzlich beim Makerspace VINN:Lab von der Technischen Hochschule Wildau bedanken. Ihr wertvoller Beitrag, sowohl bei der Gestaltung der Bilder als auch durch die Bereitstellung wichtiger Informationen war essenziell für die Entstehung dieser Broschüre.

Was ist Mittelstand-Digital?

Das Mittelstand-Digital Netzwerk bietet mit den Mittelstand-Digital Zentren und der Initiative IT-Sicherheit in der Wirtschaft umfassende Unterstützung bei der Digitalisierung. Kleine und mittlere Unternehmen profitieren von konkreten Praxisbeispielen und passgenauen, anbieterneutralen Angeboten zur Qualifikation und IT-Sicherheit. Das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie ermöglicht die kostenfreie Nutzung und stellt finanzielle Zuschüsse bereit.

Bildnachweis:

Wenn nicht anders erwähnt sind die Abbildungen eigene Kreationen oder KI generiert.

Impressum

Herausgeber:

Mittelstand-Digital Zentrum Spreeland

c/o Brandenburgische Technische Universität Cottbus–Senftenberg

Prof. Dr.-Ing. Ulrich Berger

Lehrstuhl Automatisierungstechnik

Siemens-Halske-Ring 14

03046 Cottbus

info@digitalzentrum-spreeland.de

Telefon: +49 355 69-5171

Vertreten durch: Die Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg ist eine Körperschaft des öffentlichen Rechts und eine staatliche Einrichtung des Landes Brandenburg. Sie wird nach außen durch die Präsidentin, Prof. Dr. Gesine Grande, vertreten.

Zuständige Aufsichtsbehörde: Die BTU Cottbus-Senftenberg untersteht der Rechtsaufsicht des Ministeriums für Wissenschaft, Forschung und Kultur des Landes Brandenburg.

Autor:

Frank Quadt, M.Sc.

Satz/Layout:

hyperworx Medienproduktionen

Görlitzer Str. 18

03046 Cottbus

Notizen

Kontakt

Mittelstand-Digital Zentrum Spreeland
c/o Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg
Siemens-Halske-Ring 14
03046 Cottbus

Tel.: +49 355 69-5171
info@digitalzentrum-spreeland.de
www.digitalzentrum-spreeland.de

Folgen Sie uns

