

CO₂-Laser Basiswissen

Materialien & Möglichkeiten der Bearbeitung



CO₂-Laser TA020
mit Linsenteleskop

Taufenbach Laser · entwickelt und produziert in Deutschland
mehr unter www.taufenbach.de

Einleitung

CO₂-Laser mit einer Wellenlänge von 10,6 µm sind seit Jahrzehnten bewährte Werkzeuge in der industriellen Materialbearbeitung. Die Wellenlänge liegt im mittleren Infrarotbereich, wo viele organische Materialien eine sehr hohe Absorptionsrate haben. Das bedeutet: Die Laserenergie wird direkt in Wärme umgesetzt – präzise, schnell und ohne mechanischen Kontakt.

Holz

Eigenschaften

Holz enthält Lignin und Zellulose, die im mittleren Infrarotbereich stark absorbieren. Die Laserenergie wird sofort an der Oberfläche in Wärme umgesetzt, wodurch das Material lokal verdampft oder verkohlt.

Vorteile

Sehr saubere Schnittkanten, feine Gravuren, hohe Detailtreue auch bei dünnen oder filigranen Geometrien.

Typische Anwendungen

Architekturmodelle, Möbelkomponenten, Schilder, Dekorationen.

Wissen für Fortgeschrittene

Starke Absorption durch O–H-Streckschwingungen in Zellulose und aromatische Strukturen im Lignin. Relevante Schwingungsbanden ca. 9–11 µm.

Beer-Lambert: $I(z) = I_0 \cdot \exp(-\alpha \cdot z)$. Großes $\alpha \rightarrow$ schnelle Absorption an der Oberfläche.

Kunststoffe (Acryl, ABS, PETG, PC)

Eigenschaften

Viele Kunststoffe absorbieren 10,6 µm-Strahlung stark. Acryl z. B. schmilzt lokal und ergibt eine polierte Schnittkante.

Vorteile

Nachbearbeitung oft nicht nötig, flexible Formen möglich.

Typische Anwendungen

Displays, Leuchtschilder, Gehäuseabdeckungen.

Wissen für Fortgeschrittene

C–H-Streckschwingungen und C=O-Gruppen im Polymer koppeln im mittleren IR. Dadurch schmilzt das Material lokal und erstarrt glatt.

Wärmeflussdichte: $q = P/A$. Hohe $q \rightarrow$ lokales Schmelzen ohne großflächige thermische Belastung.

Papier, Karton, Leder, Textilien

Eigenschaften

Zellulose und Naturfasern absorbieren nahezu vollständig bei 10,6 µm. Präzise Schnitte ohne Druckbelastung.

Vorteile

Keine Werkzeugkosten, Musteränderungen digital möglich.

Typische Anwendungen

Verpackungen, Prototyping, Design, Ledergravuren.

Wissen für Fortgeschrittene

Wie bei Holz: O–H-Banden in Zellulose. Leder enthält zusätzlich Proteine (Kollagen), die im IR stark absorbieren.

Absorptionskoeffizient α ist hoch → geringe Eindringtiefe. Dadurch entstehen sehr saubere Schnittkanten.

Glas & Keramik

Eigenschaften

Glas ist im sichtbaren Bereich transparent, absorbiert aber bei 10,6 µm an der Oberfläche.

Vorteile

Dekorative Gravuren ohne Chemie oder Druckverfahren.

Typische Anwendungen

Trinkgläser, Flaschen, technische Markierungen.

Wissen für Fortgeschrittene

Si–O-Streckschwingungen ca. 9–11 µm → CO₂-Laserenergie koppelt direkt an der Glasoberfläche ein.

Energieeintrag: $Q = \alpha \cdot I \cdot t$. An der Oberfläche entstehen Mikrorisse → matte Gravur.

Lack- und Beschichtungsschichten

Eigenschaften

CO₂-Laser können sehr gezielt dünne Lack- oder Farbschichten ablösen, ohne das darunterliegende Material zu beschädigen. Dies wird genutzt, um Schriften, Logos oder Daten sichtbar zu machen.

Vorteile

Berührungslose und dauerhafte Entfernung von Lackschichten.

Typische Anwendungen

Beispiel: Entfernen von Lack auf Glasdeckeln (z. B. Konservengläser), um ein MHD oder eine Chargennummer einzubringen.

Wissen für Fortgeschrittene

Absorption meist in organischen Pigmenten oder Bindemitteln (C–H/O–H-Banden). Die Energie reicht aus, die Schicht lokal zu verdampfen.

Lokale Energiedichte: $E = (P \cdot t) / A$. Grenzwert definiert, wann Lack ablöst, ohne Substrat zu beschädigen.

Metalle (eingeschränkt)

Eigenschaften

Reine Metalle reflektieren CO₂-Laserlicht stark. Direkte Bearbeitung nur bedingt möglich.

Vorteile

Oberflächenmarkierungen durch Beschichtungen oder Oxidschichten.

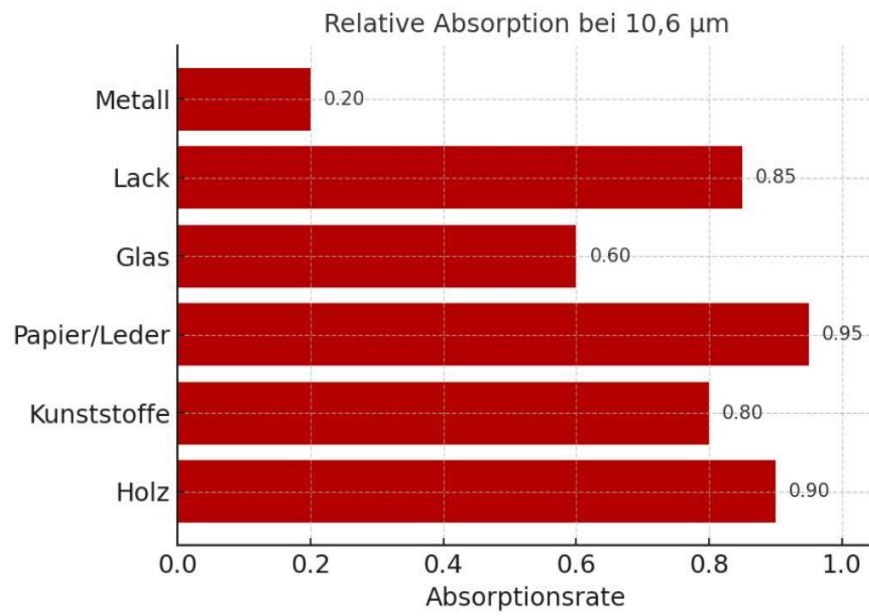
Typische Anwendungen

Typenschilder, Werkzeugmarkierungen.

Wissen für Fortgeschrittene

Freie Elektronen führen zu hoher Reflexion im IR. Absorption meist nur über Oxidschichten/Additive.

Reflexion R hoch, Absorption A niedrig. $A + R = 1$. Beispiel: $R \sim 0.95$, $A \sim 0.05$ bei $10,6 \mu\text{m}$.



Fazit

Der CO₂-Laser ist die erste Wahl für organische Materialien, transparente Kunststoffe und beschichtete Oberflächen. Seine Wellenlänge passt sehr gut zu den Absorptionsbanden vieler Werkstoffe, was eine effiziente, präzise und wirtschaftliche Bearbeitung ermöglicht. Für Metalle sind dagegen spezialisierte Laserquellen erforderlich, z. B. Faser- und andere Festkörperlaser

Material	Möglichkeit mit CO ₂	Typische Anwendungen
Holz	✓ Schneiden / Gravieren	Modelle, Möbelteile, Schilder
Kunststoffe	✓ Schneiden / Gravieren	Displays, Schilder, Gehäuse
Papier/Leder/Textilien	✓ Schneiden / Gravieren	Verpackungen, Prototypen, Gravuren
Glas/Keramik	✓ Oberflächen-Gravur	Gläser, Flaschen, Dekor
Lacke/Beschichtungen	✓ Abtragen / Freilegen	MHD Chargenkennzeichnung
Metalle	✗ eingeschränkt	Typenschilder, Werkzeugmarkierungen

Haftungsausschluss / Disclaimer

Haftungsausschluss / Disclaimer

Die in diesem Dokument enthaltenen Informationen dienen ausschließlich der allgemeinen Orientierung und stellen keine verbindliche technische Beratung dar. Sie erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit oder uneingeschränkte Richtigkeit. Die Taufenbach GmbH übernimmt keine Haftung für die Eignung der beschriebenen Laserbeschriftungsverfahren für spezifische Anwendungen oder Prozesse. Es obliegt dem Kunden, die Eignung und Wirksamkeit der vorgeschlagenen Lösungen im Rahmen seiner individuellen Anforderungen eigenverantwortlich zu prüfen. Für belastbare Aussagen zu Markierungsparametern und zu erwartenden Ergebnissen empfehlen wir ausdrücklich die Erstellung und Bewertung von kundenspezifischen Musterteilen unter realen Bedingungen.

Disclaimer

The information provided in this document is intended solely for general guidance and does not constitute binding technical advice. It does not claim to be complete or entirely accurate. Taufenbach GmbH accepts no liability for the suitability of the described laser marking processes for specific applications or production environments. It is the responsibility of the customer to evaluate and verify the appropriateness and effectiveness of the proposed solutions for their individual requirements. For reliable statements regarding marking parameters and expected results, we strongly recommend the production and assessment of customer-specific sample parts under real-world conditions.