

CO₂-Laser Basiswissen

Materialien & Möglichkeiten der Bearbeitung



CO₂-Laser TA020
mit Linsenteleskop

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

Whitepaper: Lambert-Beer'sches Gesetz in der CO₂-Laser-Materialbearbeitung

Das Lambert-Beer'sche Gesetz beschreibt den exponentiellen Abfall der Intensität von Strahlung beim Durchgang durch ein absorbierendes Medium. Für die Materialbearbeitung mit CO₂-Lasern ist es ein zentrales Prinzip, da es erklärt, warum die Energie in organischen und polymeren Materialien so effektiv an der Oberfläche absorbiert wird.

1. Grundlagen

Die Gleichung in ihrer allgemeinen Form lautet:

$$I(z) = I_0 \cdot e^{(-\alpha \cdot z)}$$

Dabei gilt: $I(z)$ = Intensität nach einer Materialschicht der Dicke z , I_0 = Anfangsintensität, α = Absorptionskoeffizient [$1/\text{Länge}$], z = Schichtdicke.

Physikalische Bedeutung

Das Gesetz beschreibt, dass pro zusätzlicher Schichtdicke immer derselbe Bruchteil der Intensität absorbiert wird. Dadurch ergibt sich ein exponentieller Abfall. Für CO₂-Laserstrahlung ($\lambda = 10,6 \mu\text{m}$) bedeutet das: Viele organische Materialien wie Holz, Kunststoffe oder Glas absorbieren die Energie bereits in sehr dünnen Oberflächenschichten.

2. Beispielrechnung mit 20 W CO₂-Laser

Ein CO₂-Laser mit einer Ausgangsleistung von 20 W trifft auf ein Polymer mit Absorptionskoeffizient $\alpha = 1000 \text{ cm}^{-1}$. Die Schichtdicke beträgt $z = 50 \mu\text{m} = 0,005 \text{ cm}$.

Berechnung:

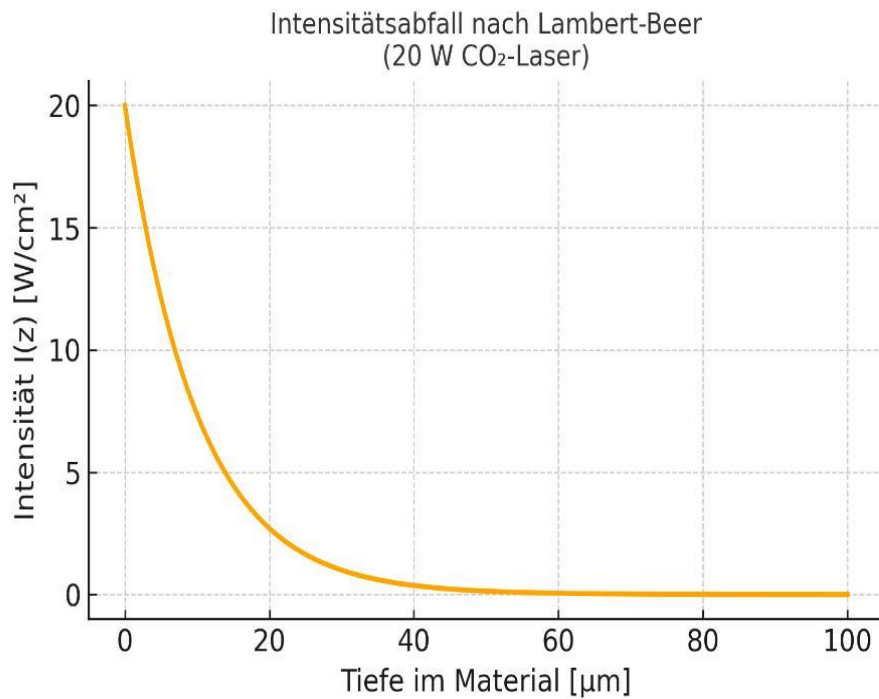
$$I(z) = 20 \cdot e^{(-1000 \cdot 0,005)}$$

$$I(z) = 20 \cdot e^{(-5)}$$

$$I(z) \approx 0,13 \text{ W/cm}^2$$

Das Ergebnis zeigt: Nach nur 50 μm verbleiben lediglich 0,7 % der ursprünglichen Laserintensität. Fast die gesamte Energie wird an der Oberfläche absorbiert – ideal für präzises Schneiden, Gravieren und Markieren.

Visualisierung des Intensitätsabfalls



3 . Praxisrelevanz für die CO₂-Laserbearbeitung

Das Lambert-Beer'sche Gesetz liefert die physikalische Grundlage für viele Anwendungen in der Materialbearbeitung:

Material	Absorptionsverhalten bei 10,6 μm	Praktische Folge
Holz / Papier	Sehr hohe Absorption durch OH- und CH-Bindungen	Sauberes Schneiden & Gravieren
Kunststoffe (z. B. PMMA)	Starke Absorption durch C=O-Gruppen	Präzises Abtragen, klare Schnittkanten
Glas	Absorption durch Si-O-Si-Schwingungen	Gezieltes Ritzen oder Markieren möglich
Metalle	Sehr geringe Absorption, starke Reflexion	CO ₂ -Laser meist ungeeignet ohne Vorbehandlung

4 . Fazit

Das Lambert-Beer'sche Gesetz zeigt eindrücklich, warum CO₂-Laser die Methode der Wahl zur Bearbeitung organischer und polymerer Materialien sind: Die Energie wird in einer dünnen Oberflächenschicht konzentriert, wodurch präzise, effiziente und materialschonende Prozesse möglich werden. Dies macht den CO₂-Laser zu einem unverzichtbaren Werkzeug in der modernen industriellen Materialbearbeitung.

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.