

# Die Wechselwirkung von Licht mit Materie

## Ein Überblick über die physikalischen Grundlagen

*Laser werden seit vielen Jahrzehnten erfolgreich in der Medizin eingesetzt. Ihr Anwendungsspektrum ist zweigeteilt: Auf der einen Seite setzt man sie zur Diagnostik, auf der anderen Seite zu therapeutischen Zwecken ein. Alle, auch nichtmedizinische, Laseranwendungen beruhen auf den gleichen physikalischen Grundlagen, der Wechselwirkung von Licht mit Materie. In diesem Beitrag wird daher eine Übersicht über die wichtigsten elementaren Wechselwirkungsprozesse gegeben.*

PROF. DR. AXEL DONGES/ISNY IM ALLGÄU

### Wechselwirkungsprozesse

#### Reflexion und Brechung

Fällt Licht auf die Grenzfläche zwischen zwei Medien (z. B. Luft und Wasser), so wird an der Grenzfläche ein Teil des Lichts reflektiert (Abb. 1a). Der Reflexionsgrad  $R$  beschreibt das Verhältnis von reflektierter zu einfallender Lichtleistung. Er hängt von den physikalischen Eigenschaften der beiden Medien (z. B. Brechzahlen) und des Lichts (z. B. Wellenlänge, Einfall- und Polarisationsrichtung) ab. Das nichtreflektierte Licht dringt in das zweite

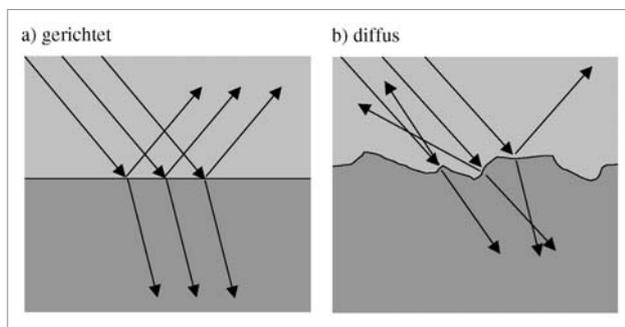


Abb. 1: Schematische Darstellung der gerichteten und diffusen Reflexion und Brechung.

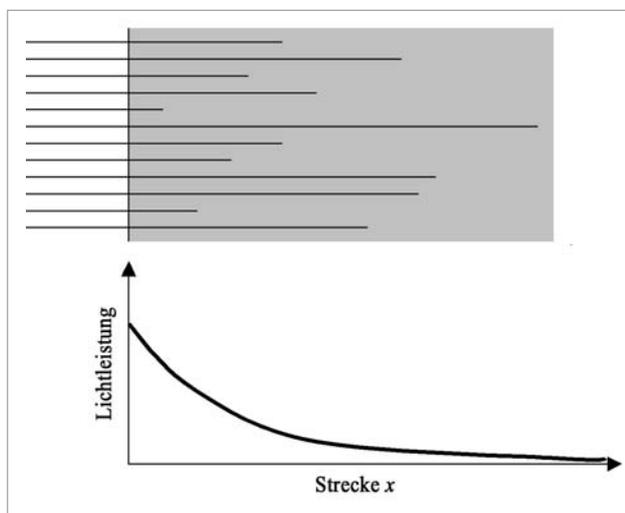


Abb. 2: Zur Absorption von Licht.

Medium ein und wird dabei gebrochen. Bei einer rauen Grenzfläche werden Reflexion und Brechung diffus (Abb. 1b).

#### Absorption

Breitet sich ein Lichtstrahl in einem Medium aus, so nimmt seine Leistung längs seines Weges ab. Im Teilchenbild des Lichts wird dies als eine Abnahme der Anzahl der Photonen interpretiert (Abb. 2). Die Materie „verschluckt“ Photonen und wandelt letztendlich deren Energie in innere Energie der Materie um. Mathematisch lässt sich die Abnahme der Anzahl der Photonen bzw. die Abnahme der Lichtleistung mit einer Exponentialfunktion, dem Lambert-Beerschen Gesetz,

$$P(x) = P_0 e^{-\mu_a x}$$

( $P_0$ : Leistung,  $\mu_a$ : Absorptionskoeffizient und  $x$ : im absorbierenden Medium zurückgelegte Strecke) beschreiben. Der Absorptionskoeffizient zeigt im Allgemeinen eine starke Wellenlängenabhängigkeit. Den Kehrwert des Absorptionskoeffizienten bezeichnet man als mittlere Eindringtiefe (bzgl. Absorption). Die mittlere Eindringtiefe charakterisiert diejenige Strecke, entlang der die Lichtleistung (oder die Anzahl der Photonen) von 100 % auf 37 % abfällt. Anders ausgedrückt: 63 % der einfallenden Lichtleistung (bzw. Photonen) werden entlang der mittleren Eindringtiefe absorbiert. In der folgenden Tabelle sind mittlere Eindringtiefen (bzgl. Absorption) in

Wellenlänge	Laser	mittlere Eindringtiefe (bzgl. Absorption)
10.600 nm	CO <sub>2</sub> -Laser	0,1 mm
2.940 nm	Er:YAG-Laser	0,01 mm
1.064 nm	Nd:YAG	8 mm
980 nm	Laser-Diode 980	4 mm
810 nm	Laser-Diode 810	5 mm
532 nm	Frequenzverdoppelter Nd:YAG	50.000 mm = 50 m

Mittlere Eindringtiefen (bzgl. Absorption) für verschiedene Wellenlängen.