
Standzeitprüfung von innovativen Werkstoffen für die Lasersicherheit

Lugauer, F.P., Fitz, M.

Die Systemtechnik und die Strahlquellen im Bereich der Laser-Materialbearbeitung machten innerhalb der letzten Jahre eine rasante Entwicklung durch. Diese Wandlung stellt die Sicherheitstechnik vor neue Herausforderungen. Aus diesem Grund wurde am Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften (*iwb*) an der Technischen Universität München ein mobiler Prüfstand entwickelt, der es jedem Anwender ermöglicht, mit seiner Systemtechnik normgerechte Schutzwandprüfungen gemäß DIN EN 60825-4 durchzuführen. Mit diesem Prüfstand wurde neben konventionellen Materialien für Laserschutzwände auch ein innovativer Werkstoff („IPMaterial“) der IPM GmbH & Co. KG, Bregenz, Österreich geprüft.

Standzeitprüfung von innovativen Werkstoffen für die Lasersicherheit

Florian P. Lugauer, *iwb* - Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften an der Technischen Universität München,
Martin Fitz, IPM GmbH & Co KG - INDUSTRIE PROJEKT MANAGEMENT

1 Neue Lasersysteme stellen erhöhte Anforderungen an die Sicherheitstechnik

Die Systemtechnik und die Strahlquellen im Bereich der Laser-Materialbearbeitung machten innerhalb der letzten Jahre eine rasante Entwicklung durch. So konnten nicht nur die kommerziell verfügbare Ausgangsleistung und die Strahlqualität signifikant gesteigert werden, sondern auch die Handhabungstechnik wurde bedeutend flexibler. Während früher meist Anlagen in Portalbauweise oder modifizierte CNC-Werkzeugmaschinen genutzt wurden, um eine Relativbewegung zwischen Werkzeug und Werkstück zu erzeugen, so ist der Einsatz von sechsachsigen Industrierobotern seit Beginn dieses Jahrhunderts als Standard anzusehen.¹ Auch die Lichtapplikatoren haben eine neue Evolutionsstufe erreicht: Neben den üblichen Festoptiken sind heutzutage auch Ablenkoptiken verfügbar, welche es erlauben, durch eine kleine Auslenkung in einem Spiegelsystem in kurzer Zeit schnelle Bereiche im Raum zu überstreichen.

Dies führt neben der Erschließung neuer Bearbeitungsverfahren, wie des Remote Ablation Cuttings (RAC)² oder des Remote Fusion Cuttings (RFC)³ auch zu einer Erhöhung der Gefährdung für Mensch und Umwelt. Um dieser Gefährdung zu begegnen, ist es wichtig, neue, tragfähige Sicherheitskonzepte zu entwickeln und umzusetzen. Dazu ist jedoch unter anderem eine profunde Kenntnis der Einflüsse auf die Schutzzeit passiver Laserschutzwände nötig.

2 Messtechnik zur Ermittlung der Dauer bis zum Versagen von passiven Laserschutzwänden

Aus diesem Grund wird am Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften (*iwb*) an der Technischen Universität München ein mobiler Prüfstand entwickelt, der es jedem Anwender ermöglichen soll, mit seiner Systemtechnik normgerechte Schutzwandprüfungen gemäß DIN EN 60825-4⁴ durchzuführen. Dazu wurde zunächst eine geeignete Messeinrichtung (siehe Abbildung 1) zur Bestimmung der Zeit bis zum Versagen passiver Schutzwände konzipiert und aufgebaut: Über einen potentialfreien Kontakt der Laserssteuerung und eine A/D-Wandlertkarte wird softwaregestützt die Zeitnahme gestartet, sobald das Emissionssignal anliegt. Sobald die Schutzwandprobe versagt, dringt Strahlung in das Gehäuse des Messaufbaus ein, wird an einem Kupferkegel gestreut und von einer infrarotsensitiven Photodiode registriert. In diesem Moment stoppt die Zeitnahme.

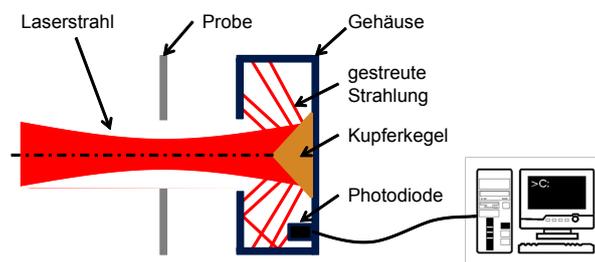


Abbildung 1: Aufbau und Funktion der Messeinrichtung für passive Laserschutzwände⁵

Um die Messeinrichtung nun wie oben beschrieben auch mobil einsetzen und weitere Daten erheben zu können, wird diese im Rahmen des AiF-geförderten Forschungsprojekts „PaLaSi“ mit einer teleskopierbaren doppelwandigen Laserzelle inkl. aktiver Lasersicherheitssensoren vom Typ „LaserSpy“⁶ umhaust. Des Weiteren wird ein Partikelmessgerät installiert, welches eine Messung der Schadstoffbelastung durch Rauche ermöglicht. Zusätzlich ist eine Absaugung vorgesehen, welche die durch den Prozess auftretenden Gase aus der Zelle entfernt. Einen Schnitt durch den Gesamtaufbau zeigt die Abbildung 2.

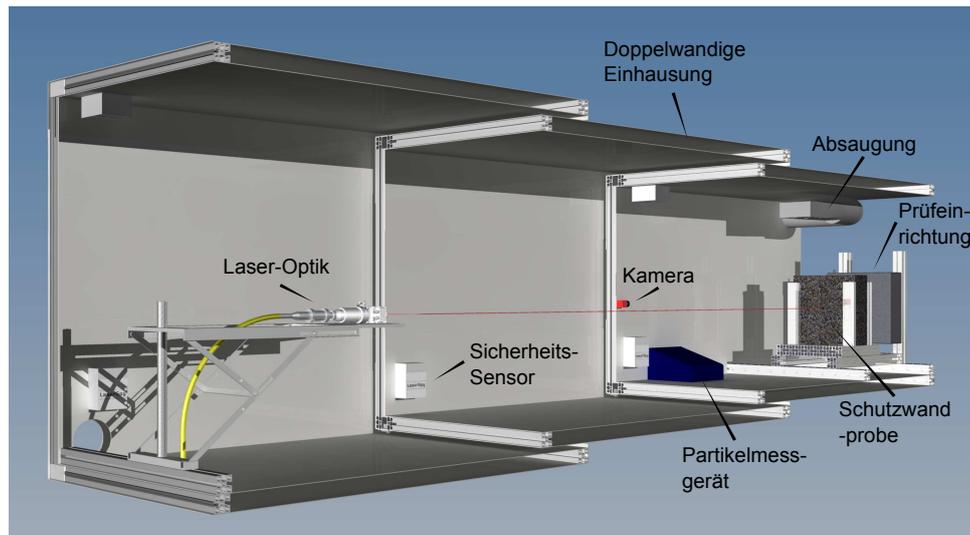


Abbildung 2: Gesamtübersicht über den Aufbau des mobilen Prüfstands für passive Laserschutzwände, welcher im Rahmen des AiF-geförderten Forschungsprojekts „PaLaSi“ aufgebaut wird⁵

3 Prüfung eines innovativen Schutzwandmaterials

Mittels der oben genannten Messtechnik wurden bereits weit über 500 Exemplare konventioneller Schutzwandproben bestrahlt und auf ihre Standzeit hin untersucht. Ergänzend konnten auch neue Schutzwandmaterialien, wie die von der IPM GmbH & Co. KG, Bregenz, Österreich zur Verfügung gestellten Proben getestet werden. Es handelt sich dabei um Laserschutzwände in Ständerbauweise, welche außen mit Stahlplatten von 1 mm Dicke versehen sind. Je nach Konfiguration befinden sich im Inneren der Wand eine oder mehreren Lagen patentierter Laserschutzplatten („IPMineral“) von jeweils 9 mm Dicke. Zwei getestete Konfigurationen sind in Abbildung 3 dargestellt. Die dritte Konfiguration stellt ein Zwischenstadium mit zwei Platten IPMaterial dar.

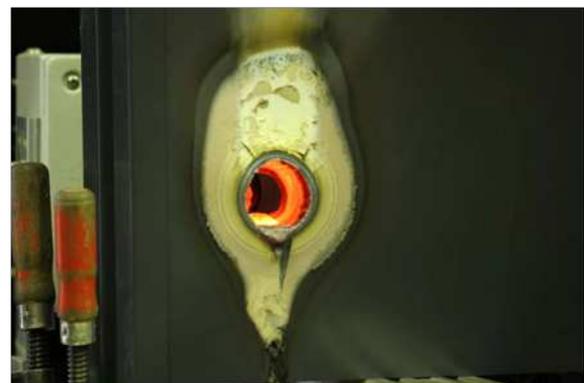
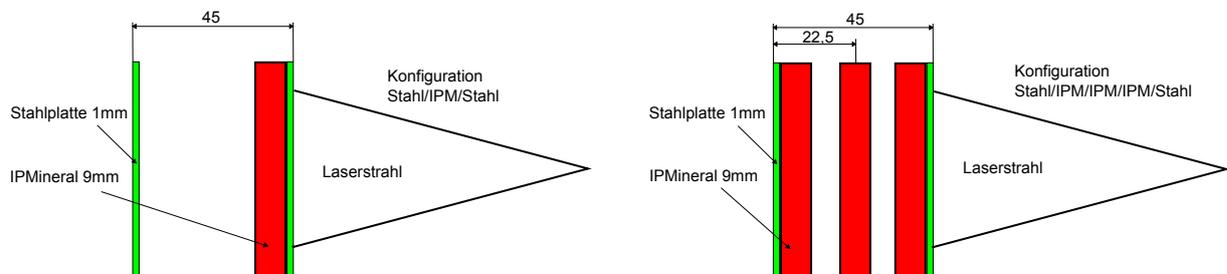


Abbildung 3: Schematischer Aufbau der Laserschutzwand (oben) und Bilder der Proben nach der Bestrahlung (unten), Quelle: IPM⁷

Für die Versuche wurde als Strahlquelle ein Ytterbium-Faserlaser „YLR-8000“ der IPG Photonics Corporation, Oxford, USA, mit einer maximalen Ausgangsleistung von 8 kW und einem Faserkerndurchmesser von 100 μm verwendet. Als Optik diente ein „BIMO Laserbearbeitungskopf“ der HIGHYAG Lasertechnologie GmbH, Kleinmachnow, Deutschland. Zum Einsatz kamen dabei ein Kollimationsmodul mit einem Abbildungsfaktor von 1,75 und ein Fokussiermodul mit einem Abbildungsfaktor von 2,3. Daraus ergeben sich bei einer Brennweite von 460 mm rechnerisch ein Fokusedurchmesser von 402,5 μm sowie ein Brennfleckdurchmesser von 44 mm im dreifachen Fokusabstand.

Jede Konfiguration wurde zehnmal in gleicher Weise getestet. Abbildung 4 zeigt die Ergebnisse der Beschussversuche.

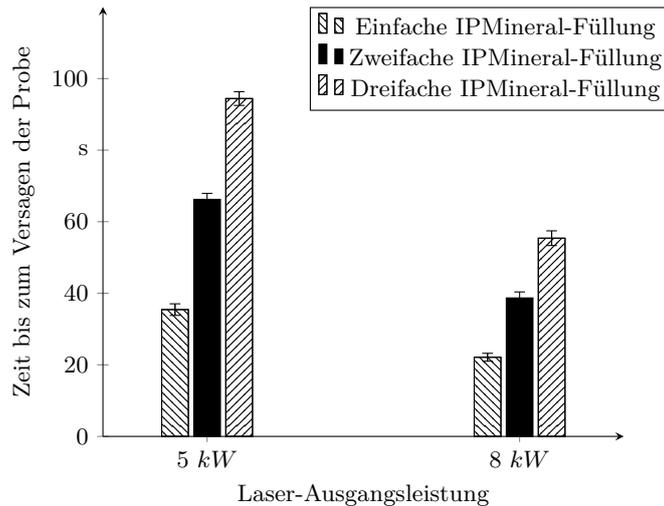


Abbildung 4: Zeit bis zum Versagen verschiedener Schutzwandaufbauten bei einer Laser-Ausgangsleistung von 5 kW und 8 kW

Nach DIN EN 60825-4⁴ ist die Schutzzeit t_s aus dem arithmetischen Mittel μ der Versagensdauer einer Stichprobe von 6 Proben und der Standardabweichung σ der Normalverteilung folgendermaßen zu berechnen:

$$t_s = 0,7 \cdot (\mu - 3 \cdot \sigma)$$

Legt man die jeweils zehn durchgeführten Versuche der obigen Messreihen zur Bildung des Mittelwerts und der Standardabweichung zugrunde, dann ergeben sich die in Abbildung 5 gezeigten Schutzzeiten.

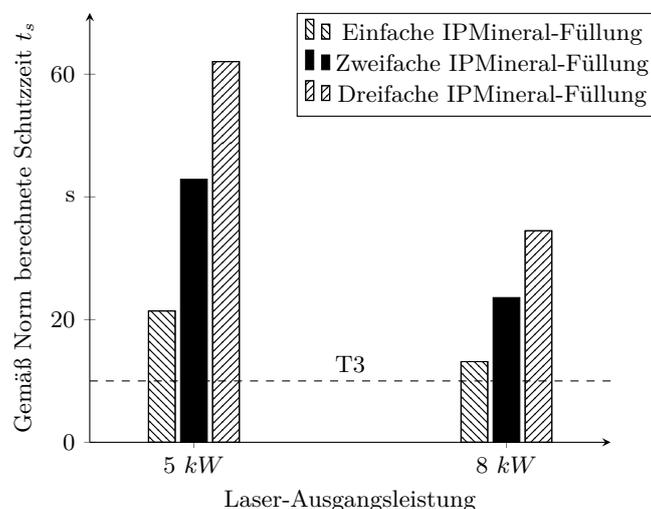


Abbildung 5: Gemäß DIN EN 60825-4⁴ berechnete Schutzzeiten der durchgeführten Versuchsreihen

4 Fazit

Die oben beschriebene Mess-Vorrichtung erwies sich im Rahmen zahlreicher Untersuchungen als adäquates Instrument zur Bestimmung der Zeit bis zum Versagen von passiven Laserschutzwänden. Wie aus Abbildung 5 hervorgeht, liegen die Schutzzeiten sämtlicher geprüfter Konfigurationen oberhalb von 10 s. Dies bedeutet, dass auch bei einer Leistung von 8 kW die Anforderungen der Prüfklasse T3 (vgl. Abbildung 5) für kontinuierliche Überwachung durch Beobachtung im Rahmen der obigen Versuche eingehalten werden konnten. Eine Einhaltung der Prüfklasse T2 (Schutzzeit ≥ 100 s) dürfte sich durch eine Erhöhung der Anzahl von IPMineral-Platten darstellen lassen.

- [1] Kroth, E.: Robot Supported Laser System Technology, Laser Technik Journal 5 (2008) 3, S. 33-36.
- [2] Musiol, J.; Zaeh, M. F.; Guertler, M. R.: Contribution on Modelling the Remote Ablation Cutting. In: Proceedings of the 30th International Congress on Applications of Lasers Electro-Optics (ICALEO), Orlando, FL, USA, 23 - 27 October 2011.
- [3] Zaeh, M. F.; Moesl, J.; Musiol, J.; Oefele, F.: Material Processing with Remote Technology Revolution or Evolution?. In: M. Schmidt, F. Vollertsen, M. Geiger (Eds.), Laser assisted net shape engineering 6: Proceedings of the LANE 2010, Erlangen, September 21-24, 2010, pp. 19-33.
- [4] DIN EN 60825-4: Sicherheit von Lasereinrichtungen - Teil 4: Laserschutzwände (IEC 60825-4:2006 + A1:2008 + A2:2011); Deutsche Fassung EN 60825-4:2006 + A1:2008 + A2:2011: Beuth 2011.
- [5] Lugauer, F.P.: Sicherheit bei Hochleistungslasern im industriellen Einsatz, Laser & Photonik (2014) 3, S.50
- [6] Reis Lasertec GmbH: Laserspy Safety Sensor, <<http://www.reislasertec.de/produkte/laser-safety-systems/laserspy--safety-sensor>>-02.12.2013.
- [7] IPM GmbH & Co KG - INDUSTRIE PROJEKT MANAGEMENT