Zwischenbericht zum Forschungsprojekt

Entwicklung von technischen Anlagensicherheitskonzepten für Hochleistungslaser der neuesten Generation

Durchgeführte Arbeiten / Erzielte Ergebnisse

1 Festlegung und Abstimmung des Arbeitsprogramms mit dem PBA

Beim Treffen des projektbegleitenden Ausschusses (PBA) zu diesem Forschungsvorhaben nahmen Vertreter von Ingenieurbüros, Systemintegratoren, Komponentenhersteller, Lasergutachter und Berater für Softwaresicherheit teil. Nach einer Diskussion über die aktuellen Problemstellungen bei der heutigen und zukünftigen Lasersicherheit wurden die von der Industrie gewünschten Themen für dieses Projekt festgelegt.

Ein sehr wichtiges Thema ist ein aktueller Sicherheitskomponentenkatalog zur Lasersicherheit. Der Inhalt soll den Stand der Technik und den Stand der Wissenschaft, sowie neue Ideen widerspiegeln. Es sind verlässliche und vertretbare Aussagen über die Sicherheit einzelner Komponenten, wie auch über deren Funktionsweise gewünscht. Ein weiterer Aspekt ist es, Komponentenzusammenhänge darzustellen. Diese Aufstellung soll helfen, kostengünstige Lösungen für die Lasersicherheit einer Anlage zu ermöglichen.

Weiteres großes Interesse betrifft das Gesamtsystem. Es soll herausgearbeitet werden, wie sich die sicherheitstechnischen Aspekte des gesamten Systems gestalten. Hierzu gehören einzelne Sicherheitskomponenten, welche sich beeinflussen, wie auch Systemüberwachungen, die mehrere Teilsysteme auf ihren sicheren Zustand hin überprüfen.

In einem weiteren Punkt sind die Einsatzbereiche von Schutzgläsern und Schutzbrillen zu erarbeiten und durch Beschussversuche abzusichern. Es stellt sich die Frage, inwieweit alternative Beobachtungsgeräte, wie Kameras, zur direkten visuellen Beobachtung eingesetzt werden können.

Einige Teilnehmer des Treffens wünschen sich einen Fragenkatalog zur Lasersicherheit. Dieser soll Reflexionsfragen für den Konstrukteur und Anlagenbetreiber zur Anlagensicherheit beinhalten. Die Datenbasis können Gutachten von Laseranlagen und Laserunfällen darstellen.

2 Entwicklung der Gesamtmethodik Lasersicherheit

2.1 Recherche zum Stand der Technik

Der Stand der Technik zur Lasersicherheit gliedert sich derzeit in passive und aktive Systeme. Passive Systeme sind z.B. Laserschutzwände. Sie sollen den auftreffenden Laserstrahl absorbieren und ihn, zumindest für eine bestimmte Zeit, durch die Schutzwand von der Peripherie abschirmen. Durch eine Literatur-, Markt- und Patentrecherche wurden die kommerziell verfügbaren, wie auch in der Entwicklung befindlichen Systeme ermittelt. Bei den passiven Schutzwänden ist die einfachste Bauart aus Vollmaterial, wie z.B. Stahlbeton. Die Laserzelle ist somit mit herkömmlichen Methoden aus dem Hausbau herzustellen. Weiterhin können Laserschutzwände als Hohlkammerwände aus Metall, wie z. B. Stahl oder Aluminium, aufgebaut sein. Diese Schutzwandart ist im Vergleich zu den Betonwänden leicht und mobil. Sie eignet sich als Bauart für Türen und Tore (z.B. von der Firma EDAG). Ihre Funktionsweise ist durch den geometrischen Aufbau der abschirmenden Platten bedingt. Wird beispielsweise die Innenseite der Wand durch den Laserstrahl im Fokus zerstört, so ist der Laserstrahl auf der nächsten Platte bereits stärker aufgeweitet. Diese Aufweitung des Laserstrahls und Abschwächung der Intensität wird durch die entstehende Metalldampffackel begünstigt. Dieses System wird für die immer weniger aufweitenden, hochenergetischen und hochbrillanten Lasersyste-

me zunehmend untauglicher. Paletti Profilsysteme beschreibt in einigen Patenten Laserschutzwände aus Blechen, wobei zwischen flächigen Außenwänden und wellblechartigen Innenwänden unterschieden wird. Die flächigen Elemente bestehen aus eloxiertem oder chromatiertem Leichtmetall, welches einen hohen Schmelzpunkt aufweist. Der Laserstrahl kann in das Material eindringen und sich durch oftmalige Spiegelung an den wellblechartigen Innenwänden abschwächen. Die Fraunhofer Gesellschaft (IWS/Dresden) beschreibt in einem Patent den Aufbau einer Hohlkammerwand mit einer losen Schüttung aus Blähton, einem tonartigen Bauwerkstoff, mit zusätzlich angebrachten Sensoren im Inneren. Im Patent der Firma Buck Chemisch-Technische Werke wird eine Schutzwandbauart mit Lanthanide (Feststoff) und/oder Xenon oder Krypton (Gas) beschrieben. Beim Auftreffen des Laserstrahls soll sich ein hochionisiertes Plasma bilden, welches die Energie sehr gut aufnimmt. Zu den passiven Systemen sind ebenfalls Laserschutzvorhänge, Laserschutzscheiben und Laserschutzbrillen zu zählen. Laserschutzvorhänge sind als mobile Barrieren für schwache Laser einsetzbar. Laserschutzscheiben und Laserschutzbrillen sind für Kontrollfenster und für den persönlichen Schutz ebenfalls bei niedrigen Strahlleistungen und Strahlintensitäten anwendbar.

Im Bereich der aktiven Systeme existieren einige Bauarten, welche in eine Hohlwand optische Sensoren, Drucküberwachungen, Temperatursensoren oder auch Rauchdetektoren integrieren. Sie sollen eine Erwärmung der Schutzwand bis zum Eintritt des Laserstrahls in die Schutzwand erkennen und das Abschaltsignal für die Laserstrahlquelle erzeugen. Eine weitere Gruppe von Laserschutzwandbauarten beschreibt eine sehr dicht auf einem Trägermaterial aufgebrachte elektrische Leiterbahn, welche großflächig die Innenseite der Laserzelle bedeckt. Die Art des Trägermaterials kann variieren. Dies können Glas- oder Kunststoffscheiben, wie auch Gewebe und Geflechte sein. In einem Patent der Fraunhofer Gesellschaft (IWS/Dresden) wird eine Schutzwand, bestehend aus zwei elektrisch leitenden Platten und einer Zwischenplatte mit Heißleitereigenschaften, beschrieben. Als Überwachungseinheit wird ein Messgerät verwendet, welches die Leitereigenschaften der Zwischenplatte überwacht. Die Heißleitereigenschaft ändert sich mit dem Wärmeeintrag durch den Laserstrahl. Zu den aktiven Systemen gehören ebenfalls Systeme, welche den Laserstrahl bzw. den korrekten Einsatz des Strahls überwachen. Hierzu kann der Bereich, in dem das zu bearbeitende Werkstück liegt, mit Hilfe von Kameras und Bildverarbeitenden Systemen überwacht werden. Falls hier andere Aktivitäten des Laserstrahls erkannt werden, als erwartet, so liegt ein Fehlerfall vor.

3 Verifizierung möglicher Schutzmaßnahmen

3.1 Verifizierung möglicher Schutzmaßnahmen

In Beschussversuchen wurden Standzeiten von passiven Betonschutzwänden, so wie sie in heutigen Laserschutzzellen zum Einsatz kommen, ermittelt. Die Stärke der Betonprobekörper war 160 mm und das Material war C45/55 XC1. Der Laser im Versuch war ein IPG-YLR 8000 R Faserlaser mit maximal 8 kW nominaler Lichtleistung. Es wurden verschiedene Optiken mit Brennweiten von 420 mm und 1200 mm verwendet. Die maximale Bestrahlungsdauer betrug einhundert Sekunden. Durch eine Variation des Bestrahlungsabstands wurde der Brennfleck auf dem Betonprobekörper aufgeweitet. Die Schutzwand wurde nur bei direkter Bestrahlung im Fokus zerstört. Darüber hinaus lies sich erkennen, dass bereits bei einer Leistung von 2 kW ein Loch in ca. 95 s entstand. Bei 4 kW lag die Standzeit bei ca. 19 s und bei 8 kW bei ca. 16 s. Als Kernaussage der Versuchsreihe ist festzuhalten, dass die Standzeit einer herkömmlichen passiven Betonwand schon bei einer moderaten Leistung und der Bestrahlung im Fokus im Bereich von 10 s bis 20 s liegt.

3.2 Entwicklung und Test mehrerer aktiver Laserschutzwandkonzepte

Um die Problematik der immer geringer werdenden Standzeiten passiver Schutzwände zu umgehen, werden aktive Schutzwände entwickelt. Sie sollen einen auftreffenden Laserstrahl erkennen und das System durch ein Signal auf den Not-Aus-Kreis ausschalten. In einer Versuchsreihe wurde ein kommerzielles System einer aktiven Schutzwand, das System Laser-Spy der Firma Reis, auf seine Funktion untersucht. Im speziellen wurden bei den Versuchen die Zeiten gemessen, welche der Sensor benötigt, bis das Abschaltsignal für den Not-Aus-Kreis bereit steht. Als Referenz wurde im Versuchsaufbau eine PIN-Photodiode verwendet, um zu detektieren, ab welchem Zeitpunkt der Laser emittiert. Im Vergleich zur Photodiode betrug die Zeitverzögerung ca. 7 ms bis 8 ms, bis das System Laser-Spy die Strahlung erkannte und das Not-Aus-Signal erzeugte (siehe Abbildung 1). Diese kurze Zeitspanne ist durch die interne Sicherheitsschaltung bedingt. Durch ihre redundante Ausführung ist, wie in der Abbildung dargestellt, das Signal doppelt. Bei einer Verwendung solcher Systeme, müssen die Schutzwände einer Laserbestrahlung über die Dauer der Zeitverzögerung standhalten. Bei solch kurzen Zeiten ist dies mit einfachen Blechwänden realisierbar. Ein weiteres Projekt ist die Entwicklung einer aktiven Schutzwand mit dem Prinzip des an der Wand angebrachten und mit Strom durchflossenen Leiters. Dieses Funktionsprinzip wurde bereits in mehreren Patenten erwähnt. Der Unterschied liegt jeweils in den Trägermaterialien für den Leiter. Die in den Patenten aufgezeigten Lösungen erscheinen in der Herstellung sehr kostenintensiv. Am *iwb* wurden mehrere Systeme mit unterschiedlichen Trägermaterialien aufgebaut, wobei das Hauptaugenmerk auf der Möglichkeit einer kostengünstigen Serienfertigung lag. Die Leiterbahnen wurden maschinell in ein jeansartiges Gewebe eingewebt, wie auch auf Platinen geätzt (Abbildung 2). Weitere Ansätze sind das Aufdrucken der Leiterbahnen auf Folien, oder auch inverses Ausschneiden aus sehr dünnen Blechen mit Schneidlasern.

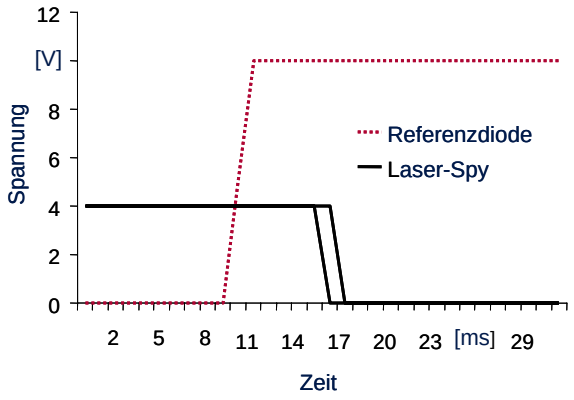

Abbildung 1: Reaktionszeitvermessung des Sensors „Laser Spy“

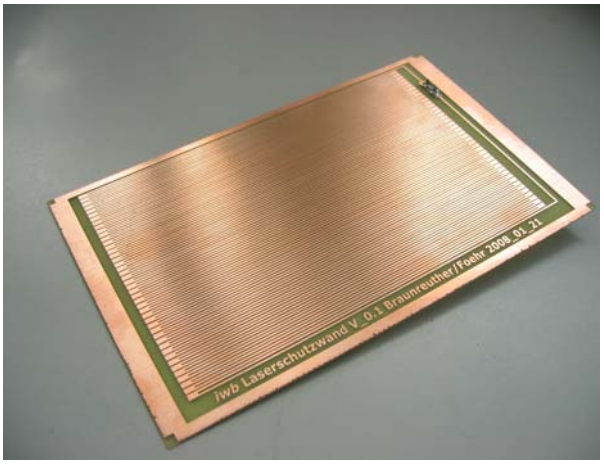

Abbildung 2: Auf eine Platine geätztes, mäanderförmiges Sicherheitselement

3.3 Steuerungskonzept zum lasersicheren Roboter

In modernen Lasermaterialbearbeitungszentren ist die Laseroptik, per Roboter oder ähnlicher Kinematik, frei im Raum positionierbar. Dies ermöglicht große Vorteile für den Prozess, birgt aber auch Risiken für die Sicherheit. Die möglichen Fehlerfälle, wie Fehlpositionierungen des Laserstrahls, nehmen zu. Es werden Überwachungsmöglichkeiten für Industrieroboter am Beispiel des Industrieroboters Kuka KR15 erarbeitet. Hierzu wird ein Verfahren entwickelt, welches einprogrammierte Verfahrkurven des Roboters, wie auch Zustände des Lasersystems als Sollwerte aufnimmt und im Automatikbetrieb mit den aktuellen Zuständen vergleicht. Ist die Abweichung zu groß, erkennt eine Überwachungslogik den Fehlerfall und schaltet das System ab.

Um weitere Sicherheit zu ermöglichen, werden mit Bildverarbeitungssystemen Komponenten zur Überwachung des Arbeitsablaufs entwickelt. Ein derzeit in Entwicklung befindliches Überwachungssystem misst den Abstand der Laseroptik zum nächsten Objekt, welches den Sehstrahl in Laserausbreitungsrichtung schneidet und koppelt diese Informationen mit Roboterdaten. Auf diese Weise kann festgestellt werden, ob die Laseroptik auf das Werkstück zeigt. Ist dies nicht der Fall, so wird dem Laser keine Strahlfreigabe erteilt.

Stefan Braunreuther