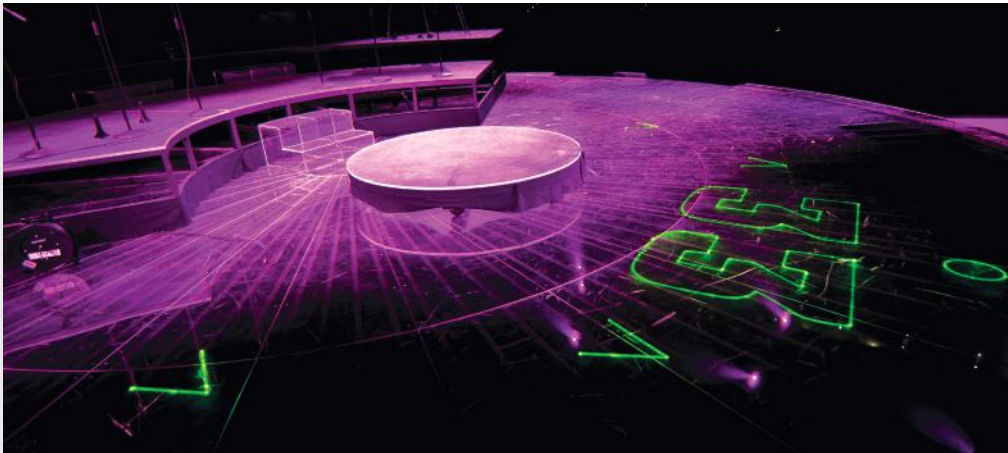


LASERSICHERHEIT IM STAGE MARKING

laserfabrik setzt auf High-Performance Messtechnik



laserfabrik
#FIRETHELASER

Was wären Live-Konzerte, Festivals und Fernsehshows ohne atemberaubende Lasershows und überraschende Spezialeffekte? Die laserfabrik GmbH ist auf diesem Gebiet weltweit aktiv und blickt auf mehr als 20 Jahre Erfahrung zurück. Ein Bereich, der in den vergangenen Jahren an Bedeutung zunimmt, ist das sogenannte Stage Marking. Hier geht es darum, die Positionen der Akteure und der Technikcrew auf der Bühne mit Laserprojektionen zu markieren. Allerdings: Die Sicherheit der Laser in der Anwendung nimmt für das laserfabrik Team einen hohen Stellenwert ein. Eigene Messreihen mit Ophir Sensoren lieferten dem Unternehmen aufschlussreiche Erkenntnisse über die Laserleistung.

Produkte:

- Ophir® 3A Sensor
- Ophir® Juno USB-Schnittstelle
- Ophir® IS 1.5-VIS- FPD-800 Sensor

Einsatzgebiet:

- Showgeschäft

Anwendung:

- Sicherheitsprüfung beim Stage Marking

Vorteile:

- direkte Übertragung der Messwerte über die USB-Schnittstelle zum PC
- Korrekturfaktor wird automatisch geladen und der korrekte Messwert angezeigt



Spektakuläre Shows

Schnelle Farb- und Formwechsel, individuelle Projektionen und auf die Musik abgestimmte Choreographien – bei Festivals setzt das Team der laserfabrik mehrere Dutzend Showlaser ein. Die Veranstaltungsexperten planen und realisieren Lasershows, Spezialeffekte sowie – zusammen mit art2O – Wasserfontäneneffekte auf der ganzen Welt. Immer häufiger erhält das laserfabrik Team auch gezielte Anfragen, das Stage Marking mit Lasern zu übernehmen. Die Vorteile liegen auf der Hand: Die Positionen lassen sich dynamisch ändern und im richtigen Moment aktivieren. Gleichzeitig sorgen die unterschiedlichen Laserfarben für eine klare Unterscheidung der Positionen unterschiedlicher Akteure. Allerdings sind die Sicherheitsanforderungen beim Einsatz von Laser für diesen Zweck sehr hoch, da das Marking mit den Lasern im „Publikumsbereich“ erfolgt. Diese Zone reicht gemäß den geltenden Sicherheitsbestimmung vom Boden bis zu einer Höhe von 2,7 m, da – gerade bei Festivals – sichergestellt werden muss, dass niemand zu Schaden kommt.

Enge Grenzwerte

Die Bestrahlungsstärke im Publikumsbereich ist europaweit geregelt und darf einen maximal zulässigen Expositionsgrenzwert (EGW) nicht überschreiten. Die im Stage Marking eingesetzten Lasersysteme mit Scan-technik werden im Rahmen der Sicherheitsbestimmungen als gepulste Laser gewertet. Bei der Berechnung der zulässigen Grenzwerte sind aus diesem Grund spezielle Formeln vorgegeben. Mit einer eigenen Untersuchungsreihe sammelte die laserfabrik Informationen, wie sich Laser noch sicherer für das Stage Marking einsetzen lassen, und auf welche Aspekte beim Dimmen der Laser geachtet werden muss. Die Testreihe wurde von Lucas Hamacher im Rahmen einer Bachelor-Thesis mit einem TARM® Laser (max. Leistung 300 mW) durchgeführt.“

„Für die laserfabrik steht bei allen Laseranwendungen die Sicherheit von Mitarbeitern, Künstlern und Zuschauern an erster Stelle. Mit der Messreihe konnten wir die tatsächliche Höhe des Expositionsgrenzwertes überprüfen.“

Jan Eiserloh, Geschäftsführer der laserfabrik

Hochwertige Messtechnik

Eines stand von Anfang an fest: Die Experimente stellten hohe Anforderungen an die Messtechnik. Der eingesetzte RGB-Diodenlaser verwendet für jede Wellenlänge eine Einzeldiode. Um Impulsdauer und -frequenz zu bestimmen, die beim Scannen des Lasers entstehen, war eine schnelle Photodiode erforderlich. Gleichzeitig musste – trotz der Divergenz des Strahls bei einer Projektion auf eine Distanz von 10 m – der gesamte einfallende Strahl erfasst werden. Ein Produkt von MKS Instruments erfüllte beide Grundvoraussetzungen: Die Ulbrichtkugel Ophir IS1.5-VIS-FPD-800 misst divergentes Licht mit einem Winkel von bis zu ± 60 Grad.

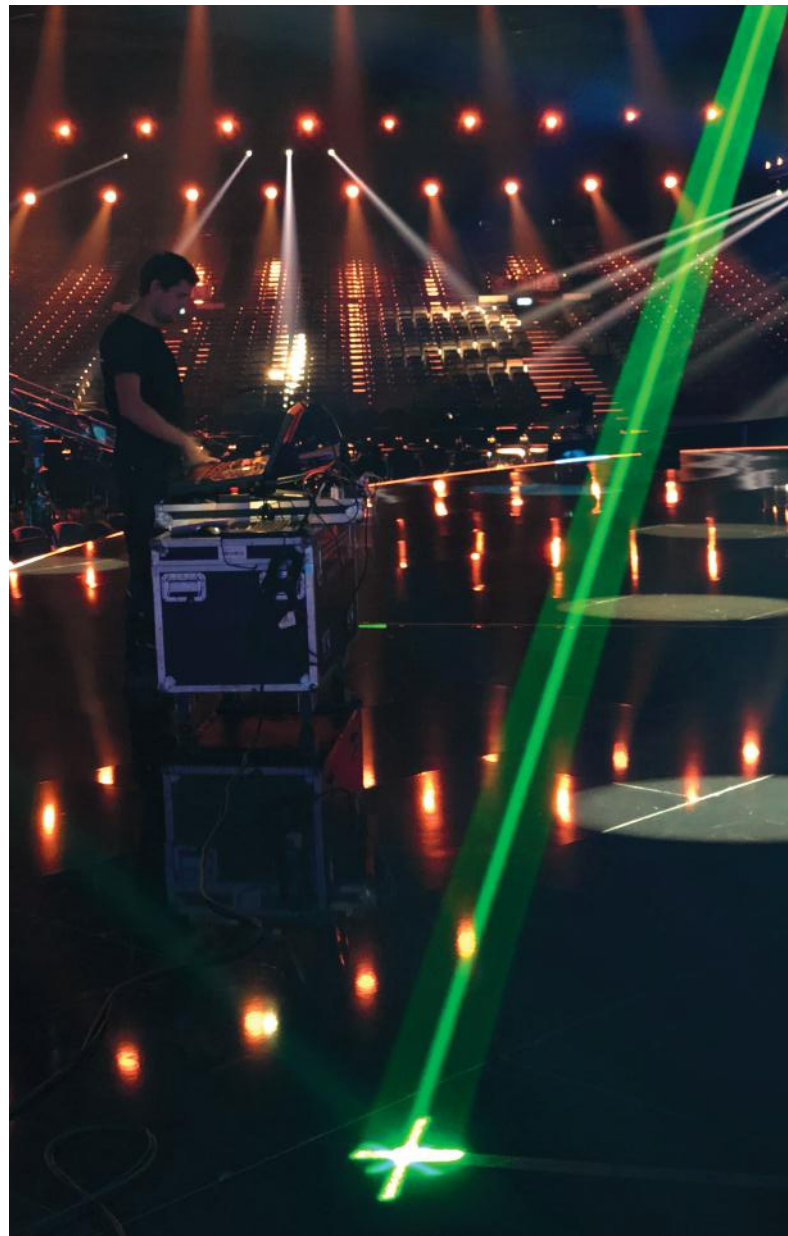


Abb. 2: Flexibel lassen sich mit dem Laser Markierung auf die Bühne projizieren.



Abb. 3: Die Technik beim Stagemarking ist sehr komplex.

Die große 20 mm Apertur erlaubt auch größere Arbeitsabstände und gleichzeitig beträgt der Innendurchmesser der Kugel nur 38 mm, so dass eine Reaktionszeit von nur 2,8 ns erreicht wird. Zudem liefert eine Präzisions-Photodiode kalibrierte Leistungsmessungen, eine schnelle Photodiode erfasst die Pulsform zur Darstellung am Oszilloskop. Zusätzlich wurde die Laserleistung mit dem thermischen Sensor Ophir 3A-FS in Kombination mit der externen USB-Schnittstelle Ophir Juno erfasst. Ein wesentlicher Vorteil der beiden Messsysteme lag für das laserfabrik Team darin, dass die Messdaten jeweils direkt mit der Ophir Starlab Software am PC ausgewertet werden konnten.

Authentischer Messaufbau

Die Messungen sollten die Situation auf der Bühne möglichst realistisch abbilden und gleichzeitig einfach durchführbar sein. In einer Halle wurde der Diodenlaser in einer Distanz von 10 Metern von der Wand aufgebaut. Die Messungen wurden bei 7,3 m, also am Beginn des Publikumsbereichs, durchgeführt. Als Grundlage für die Experimente entwickelte Lucas Hamacher vier praxisnahe Projektionen in unterschiedlicher Komplexität, darunter beispielsweise die Abbildung von Stromstärken oder Markierungen in Ecken des Bühnenbereichs.

Der Laserstrahl für das Stage Marking fährt die jeweils gewählte Projektion ab. Dazu werden zwei Spiegel genutzt, die die Position des Strahls in x- und y-Richtung so rasend schnell ändern, dass -durch die Trägheit des menschlichen Auges – das vollständige Symbol wahrgenommen wird. Jeder Impuls des Laserstrahls, der auf der Netzhaut des Betrachters ankommt, muss berücksichtigt werden.

Um das menschliche Auge „nachzubilden“, ist bei den Messungen zur Ermittlung des EGW eine Blende von 7 mm vorgeschrieben. Da der Laserstrahl nach 7,3 m allerdings schon aufgeweitet ist, nutzte Lucas Hamacher in den Experimenten die Ulbrichtkugel mit Photodiode Ophir 1.5-VIS-FPD-800. Das Messgerät enthält die passenden Optik und bietet eine ausreichend große Öffnung. Die Laserleistung wurde sowohl mit der Photodiode als auch mit einem thermischen Sensor Ophir 3A-FS gemessen.

Sicheres Stage Marking

Die Messungen zeigten, dass die Form der Projektion maßgeblichen Einfluss auf die gemessene Leistung nimmt. Bei der Projektion eines Dreiecks betrug die Impulsdauer auf den Linien nur 1/17 im Vergleich zu den Messergebnissen an den Eckpunkten. Die Richtungsänderung des Strahls führt aufgrund der Trägheit der Spiegel zu einer längeren Pulsdauer und damit zu einer höheren Bestrahlung an diesen Messpunkten. Um die Grenzwerte sicher einzuhalten, ist es erforderlich, die Dimmung des Lasers individuell der Projektion anzupassen. Eine generelle Absenkung der Laserleistung macht keinen Sinn, da diese auf Kosten der Sichtbarkeit der Markierung gehen würde. Operationalisiert wurden diese Erkenntnisse für die Anwendung, indem der Grenzwert mit der maximal gemessenen Leistung ins Verhältnis gesetzt wurde. Die maximale Leistung bei einer Entfernung von 7,3 m zur Laserquelle wurde sowohl mit der Ophir Photodiode als auch mit dem Ophir 3A-FS Sensor gemessen. Unter Berücksichtigung der jeweiligen Wellenlänge ermittelte Lucas Hamacher im nächsten Schritt die erforderliche Abschwächung (Dimmung) des Lasers.

Da die meisten verwendeten Showlaser mit höheren Leistungen arbeiten, ist die erforderliche Abschwächung für das Stage Marking sehr hoch. Gerade im Bereich der sehr niedrigen Leistungen, muss die Einstellung sehr genau erfolgen. Hier ergaben die Untersuchungen, dass 24-Bit-Analog/Digital-Wandler eingesetzt werden sollten.

„Mit der hochwertigen Ophir Messtechnik von MKS konnten wir sowohl die temporale Charakteristik pro Wellenlänge als auch der tatsächlich emittierten Leistung für die Projektionen korrekt ermitteln.“

Lucas Hamacher, Masterstudent Veranstaltungstechnik



Abb. 4: Die Ophir Messtechnik ermöglichte die präzise Ermittlung der Laserleistung als Basis für die Sicherheitsbeurteilung.

Klare Vorteile

Abhängig von der jeweiligen Wellenlänge kann es bei Diodenlasern zu einem gewissen Versatz der Ausgangsleistung kommen. Der Vorteil der Ophir Messtechnik zeigte sich hier deutlich: In der Starlab Software wird die gemessene Wellenlänge eingegeben, und das System nutzt automatisch die jeweilige Kalibrierungskurve des Sensors mit den entsprechenden Korrekturfaktoren. Lucas Hamacher erklärt: „Die exakten Messungen sowohl der temporale Charakteristik pro Wellenlänge als auch der tatsächlich emittierten Leistung für die Projektionen brachten uns wesentliche Erkenntnisse zur Einhaltung der Sicherheitsstandards. Diese lassen sich nur mit hochwertiger Messtechnik korrekt ermitteln.“

Bei den Untersuchungen wurden zudem unterschiedliche Farbmischungen berücksichtigt. Jede der vier Testprojektionen wurden mit jeweils 10 verschiedenen Farben gemessen. Die Grenzwerte konnten mit den entsprechenden Kalibrationen und der individuellen Dimmung des Lasers bei mehr als 98 % der 260 Messwerte eingehalten werden. Bei den verbleibenden 2 % lag die Abweichung bei maximal 1,9 %, also in einem Bereich, der schon in die Messtoleranz fällt. Es zeigte sich aber auch, dass der Einsatz von Mischfarben unter Einhaltung der Grenzwerte pro Wellenlänge nicht sinnvoll ist, da hierfür eine Aufteilung der zulässigen Leistung stattfinden muss. Dies geschieht zu Lasten der Sichtbarkeit. Insgesamt kann selbst bei einem Laser mit 300 mW der Leistungsbereich im Stage Marking nicht voll ausgeschöpft werden. Die Grenzwerte würden selbst damit schon überschritten. Die Erkenntnisse der Testreihe liefern wichtige Erkenntnisse wie Jan Eiserloh, Geschäftsführer der Laserfabrik, erläutert: „Für die Laserfabrik steht bei allen Laseranwendungen die Sicherheit von Mitarbeitern, Künstlern und Zuschauern an erster Stelle. Mit der Messreihe konnten wir die tatsächliche Höhe des Expositionsgrenzwertes für verschiedene komplexe Projektionen bestimmen und die Bedingungen für die Einhaltung bei unseren Anwendungen überprüfen.“