



## NEUES KALIBRIERSYSTEM FÜR DAS TEMPERATURMESSSYSTEM »E-MAQ5«

### DIE AUFGABE

Für verschiedene Prozesse der Lasermaterialbearbeitung wird seit mehr als 10 Jahren sehr erfolgreich das Temperaturmesssystem »E-MAQ5« eingesetzt. Verglichen mit einer herkömmlichen pyrometrischen Lösung bringt dieses System vor allem beim Laserstrahlhärten und -auftragschweißen enorme Verbesserungen der Prozessregelung und -führung.

Eine präzise Messung der Oberflächentemperatur dient als Basis für eine optimale Prozesssteuerung. Sie setzt eine genaue Kalibrierung des Systems voraus, die wegen der Anwendungsvielfalt und Flexibilität des »E-MAQ5«-Systems durch den Anwender vor Ort erfolgen muss. Dafür bedarf es eines einfachen, kleinen und funktionsangepassten Kalibrierstrahlers. Ein klassischer schwarzer Strahler ist für Anwendungen in industrieller Umgebung zu aufwändig und fehleranfällig.

Die intuitive Bedienung des spezifischen Strahlers sollte sowohl manuell als auch durch eine PC-Software gesteuert werden können. Selbst eine Ansteuerung per Fernwartung über das Internet wird von einigen Kunden gefordert, da die Kalibrierung so als kostengünstige Serviceleistung weltweit angeboten werden kann. Wünschenswert ist zudem eine Selbstdiagnosefunktion, um System- bzw. Fehlerzustände automatisch erkennen und darstellen zu können.

### UNSERE LÖSUNG

Der funktionale Kern des IWS-Systems ist ein Hochleistungs-LED-Array mit einer optischen Ausgangsleistung von 1 W. Dieses LED-Array bestrahlt in einem schmalen Wellenlängenband eine Diffusorscheibe, welche durch eine mechanische Blende begrenzt

wird. Das zu kalibrierende Temperaturmesssystem »E-MAQ5« nutzt den identischen schmalbandigen Bereich des elektromagnetischen Spektrums für die Temperaturmessung.

Als Treiberstufe für das LED-Array kommt eine programmierbare Konstantstromquelle zum Einsatz. Dieser integrierte Schaltkreis wird über eine Busschnittstelle angesteuert und ermöglicht Stromänderungen mit einer Auflösung von 0,3 mA über einen Einstellbereich von 600 mA. Der Masterbaustein dieser Kommunikation ist ein moderner Mikroprozessor. Dieser besitzt umfangreiche Kommunikationsschnittstellen und ermöglicht neben der Kommunikation mit Sensoren auch Feldbusschnittstellen sowie eine vollwertige Ethernet- und damit Internetanbindung.

Für einen geringen Platzbedarf, wenig Gewicht, geringe Störanfälligkeit und optimalen Energieverbrauch wurde eine speziell angepasste hochintegrierte Leiterplatte entwickelt (Abb. 1). Zusätzlich zu diesen Grundfunktionen gibt es Schaltungsfunktionen zur Selbstdiagnose. So werden wichtige Parameter wie Leistungswerte, Temperatur oder maximale Strom- und Spannungswerte permanent überwacht. Alterungsprozesse, Beschädigungen des LED-Arrays oder anderer Schaltungsbestandteile sowie Fehlbedienungen werden so sicher erkannt.

Durch einen hochpräzisen Echtzeituhr-Baustein wird der Anwender auf regelmäßige Kalibrierzyklen hingewiesen, Fehlermeldungen werden mit einem Zeitstempel versehen. Weitere verwendete Sensoren sind ein Lage- und ein Beschleunigungssensor, welche als integrierte Wasserwaage bzw. Winkelmesser wirken. Als Mensch-Maschine-Schnittstelle (HMI) dient ein modernes grafisches Touchdisplay mit intuitiver Menüführung.



2

## ERGEBNISSE

Das LED-Array des IWS ist in einem Temperaturbereich von 800 ° bis 1450 °C auf den nationalen Standard Deutschlands der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt kalibriert und dient als speziell angepasstes Kalibriermittel für das im IWS entwickelte Temperaturmesssystem »E-MAqS«. Alle Kalibrierdaten sind direkt auf dem jeweiligen Sensor gespeichert. Eine Fehlbedienung durch das Laden und Verwenden falscher Kalibrierdaten durch den Anwender ist damit ausgeschlossen.

Das Hochleistungs-LED-Array wird automatisch nur für die wenige Sekunden dauernden Kalibriermessungen eingeschaltet. Das wirkt Alterungsprozessen der verwendeten Bauteile entgegen, ist energieeffizient und ermöglicht eine Energieversorgung wahlweise mit einem 24 V-Steckernetzteil, einer Batterie oder Power-Over-Ethernet. Per Fernwartung können der Kalibrierstrahler überwacht und der Kalibriervorgang durchgeführt werden. Der Anwender des Systems muss nur noch den mechanischen Aufbau aller Komponenten sicherstellen. Nach dem Fernzugriff auf das Netzwerk der jeweiligen Anlagen und Einzelsysteme kann der Kalibriervorgang dann als Dienstleistung oder zusammen mit dem Kunden auch in Form einer Schulung durchgeführt werden. Ein Softwaremodul ermöglicht die Verwaltung einzelner Kalibrierprojekte.

Für eine vollständige Kalibrierung eines »E-MAqS«-Temperatursensors genügt die Aufnahme von zwei geeigneten Kennlinien. Unter Anwendung des Planckschen Strahlungsgesetzes wird ein Faktor berechnet, welcher die spezifischen Eigenschaften der jeweiligen Konfiguration wie Blende, Belichtungszeit, Binningmodus der Kamera, sowie Messabstand, Dämpfung der Laseroptik und vieler weiterer Einflüsse beschreibt. Neben dem Grauwertsignal der Kamera und der Temperatur besteht der mathematische Zusammenhang nur noch aus einfachen Konstanten bzw. Naturkonstanten. Nach Ermitteln des Faktors können somit alle weiteren Kennlinien für jeden beliebigen Temperaturbereich genau berechnet werden.

Innerhalb weniger Mikrosekunden können während einer Messung die Messbereiche des Temperaturmesssystems »E-MAqS« umgeschaltet und in Anhängigkeit von den Mess- und Kameraparametern die korrekte Temperatur berechnet werden. Die genauen Zeitgeber-Bausteine der Kamera ermöglichen hierbei auch präzise Temperaturberechnungen weit oberhalb des Kalibrierbereichs. So sind für Hochtemperaturprozesse auch Temperaturmessungen bis 3000 °C bei geringem Messfehler möglich. Derart berechnete Kennlinien werden durch die Software automatisch erstellt und in einem für die Regelsoftware anwendbaren Format gespeichert.

Für eine präzise Kalibrierung ist auf eine möglichst lotrechte Bestrahlung des »E-MAqS«-Systems durch den Kalibrierstrahler zu achten. Der Winkelfehler sollte  $\pm 3^\circ$  nicht übersteigen, was jedoch auch in industrieller Umgebung mit den integrierten Lagesensoren und Wasserwagen einfach zu realisieren ist.

Die verschiedenen Gehäuseformen des Strahlers werden in 3D-Drucktechnik ausgeführt. Diese Technologie ermöglicht robuste und gleichzeitig flexibel angepasste mechanische Designs, ob als tragbares Gerät oder fest installierte Maschinenkomponente (siehe Abb. 2).

- 1 *Schaltplatine des LED-Arrays zur Temperaturkalibrierung*
- 2 *Gehäusedesign, ausgeführt in 3D-Drucktechnik*

## KONTAKT

Dipl.-Ing. Jan Hannweber

+49 351 83391-3360

jan.hannweber@iws.fraunhofer.de

