

# Hochauflösendes optisches Messsystem zur schnellen Erfassung von Flussdichte-Kennfeldern

Martin Thelen, Christian Willsch, Christian Raeder, Gerd Dibowski

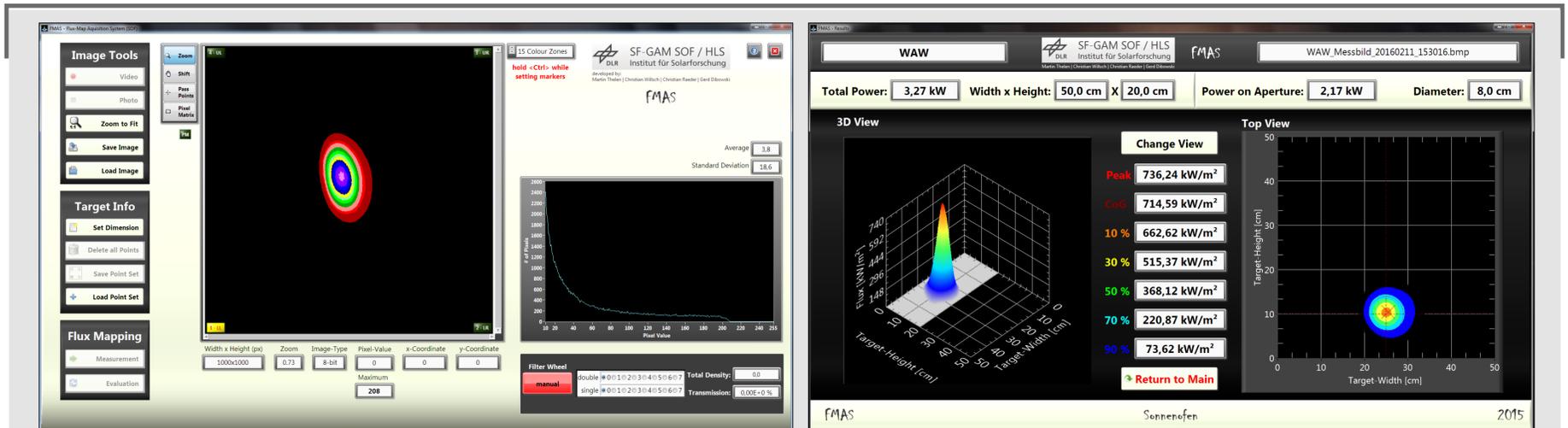


Abbildung 1: Bedienoberfläche mit Falschfarbendarstellung eines Rohbildes (links) und Darstellung der Flussdichteverteilung und der Strahlungsleistung (rechts)

## Die Neuentwicklung FMAS

Der Strahlungsfluss in [kW] und die Flussdichte in [kW/m<sup>2</sup>] konzentrierter Solarstrahlung wurde in den Großanlagen Sonnenofen und Hochleistungsstrahler von 1994 bis 2016 mit dem kamerabasierten Messsystem *FATMES* (Flux and Temperature Measurement System) bestimmt. Die eingesetzte Rechnerarchitektur VAX (Virtual Address Extension) erforderte aufgrund vermehrt ausfallender Komponenten eine Neuentwicklung. Das entstandene Messsystem *FMAS* (Flux Mapping Acquisition System) nutzt Hardware auf dem Stand der Technik und ist aufgrund der Implementierung mit LabVIEW kompatibel mit modernen Betriebssystemen. Die Dauer einer Auswertung wird gegenüber *FATMES* um den Faktor 60 reduziert. Das neue System ist nicht länger an die Großanlagen Sonnenofen und Hochleistungsstrahler gebunden und ermöglicht dezentrale Messungen. Die Daten sind exportierbar und sämtliche Algorithmen zur digitalen Bildverarbeitung durchgehend transparent. Die Genauigkeit von *FMAS* beträgt  $\pm 3\%$ . Die Messabweichungen von *FATMES* liegen mindestens 2% darüber.

## Messprinzip

Abbildung 2 stellt den prinzipiellen Messaufbau einer optischen Flussdichtemessung dar. Eine Flächenkamera misst ein zweidimensionales Grauwertbild, das mit Hilfe eines Flussdichtesensors skaliert wird. Der Sensor liefert die Flussdichte in einem definierten Bereich

des Kamerabildes. Die Empfängerfläche der konzentrierten Solarstrahlung (Target) ist diffus reflektierend beschichtet.

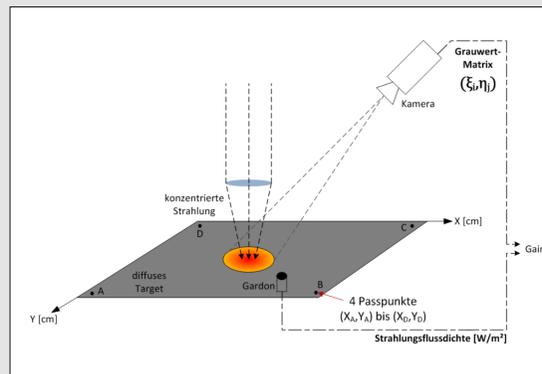


Abbildung 2: Prinzip der optischen Strahlungsflussdichtemessung mit Kamera und Radiometer

## Vergleichsmessungen

Messungen mit beiden Systemen in Sonnenofen und Hochleistungsstrahler zeigen sowohl den Einfluss der Bildauflösung als auch der Bildverzerrung auf die Genauigkeit. Ein Unterschied zwischen den Messsystemen *FATMES* und *FMAS* ist die Auflösung der verwendeten Kameras. *FATMES*-kompatible Messkameras lieferten Bilder mit nur 512 x 512 Punkten. Der Chip der *FMAS*-Kamera verfügt über 1 Million Pixel. Abbildung 3 zeigt die Auswirkungen der unterschiedlichen Bildauflösung.

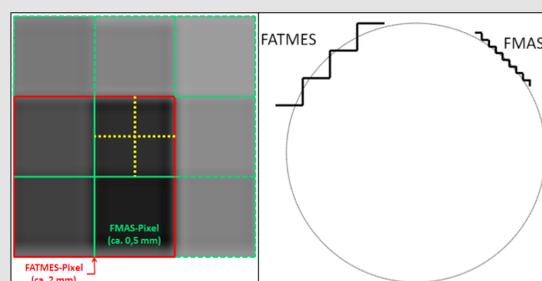


Abbildung 3: Bildauflösung im Vergleich

Je mehr Pixel die Kamera zur Verfügung stellt, desto exakter wird die Flussdichteverteilung durch die Messung abgebildet. Damit verknüpft ist der Einfluss der Bildauflösung auf Korrekturmechanismen wie der projektiven Bildverzerrung mit vier Passpunkten. Aus Abbildung 3 wird ersichtlich, dass hochauflösende *FMAS*-Bilder genauere Passpunktmarkierungen erlauben. Dies resultiert in einem Fehler von 2,8% bei *FATMES* (Abbildung 4). Die *FMAS*-Bilder werden durch die Verzerrung vernachlässigbar gering beeinflusst.

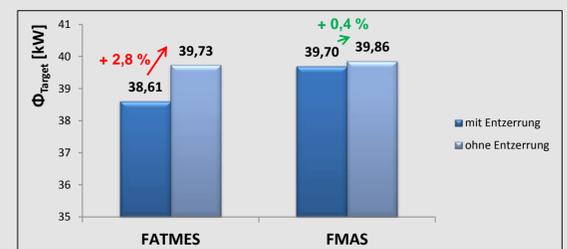


Abbildung 4: Leistungsvergleich *FATMES* vs. *FMAS* mit und ohne Fehlereinfluss durch Bildverzerrung

Im Hochleistungsstrahler betragen die Abweichungen zwischen *FMAS* und den berechneten Lampenleistungen nach fünf unabhängig durchgeführten Messungen minimal 0,2% und maximal 2,1%.

## FMAS-Bildverarbeitung

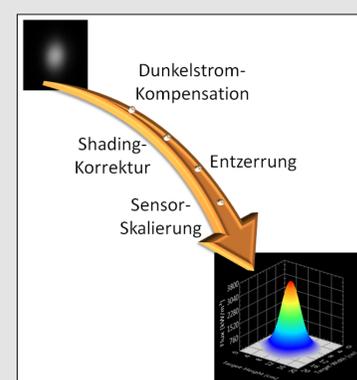


Abbildung 5: Ablauf der Bildkorrektur des neuen Messsystem *FMAS*