

Roh- (Erst-) Kalibrierung neu installierter Heliostaten mit einem mobilen Sensor

Edgar Teufel¹, Peter Schwarzbözl², Oliver Kaufhold³

Problemstellung

Die Rohkalibrierung ist die grobe Ausrichtung des Heliostaten nach seiner Installation, so dass er die Sonnenstrahlung auf ein Kalibriertarget am Turm reflektiert und in die automatische Kalibrierung einbezogen werden kann. Dies ist unabhängig von der Art des Heliostaten gemeinhin notwendig, weil durch normale Fertigungs- und Montagetoleranzen beim Aufbau eines neuen Heliostaten die Ausrichtung zunächst nicht genau genug bekannt ist (eine Abweichung der Spiegelnormale von $<0.5^\circ$ kann dazu führen, dass das Target verfehlt wird!). Für die Rohkalibrierung gibt es verschiedene mechanische oder optische Möglichkeiten, die teilweise mit erheblichem Arbeits- und Zeitaufwand verbunden sind. Gerade für Felder mit einer großen Anzahl an Heliostaten (kommerzielle Anlagen) ist ein weitgehend automatisiertes Verfahren nötig. Bislang ist es kein Standard etabliert. Die meisten Verfahren basieren auf der Detektion der am Spiegel reflektierten Solarstrahlung direkt durch Kameras oder auf dem Turm. Hier soll ein Verfahren entwickelt werden, das ohne solare Direktstrahlung und ohne ein Target auskommt. Das kann vorteilhaft sein, um z.B. auch nachts oder bereits während des Baus des Turms eine Rohkalibrierung durchführen zu können.

Lösungsansatz

Das hier entwickelte Rohkalibrierverfahren beruht auf der Vermessung der absoluten Ausrichtung der neu installierten Heliostaten im Raum durch einen magnetischen Kompass-Sensor für die Azimutstellung und einen Neigungssensor für die Elevationsstellung. Dieser Lösungsansatz ergibt sich durch die in den letzten Jahren deutlich verbesserte Präzision derartiger Elektroniksensoren bei gleichzeitig gesunkenen Kosten.

In der Vermessungs- und der Wehrtechnik finden solche Sensoren zunehmend Verbreitung, so dass mit einer weiteren Verbesserung zu rechnen ist.



Abb. 1: Sensor angeflanscht an Heliostat

Konzept

Das Messkonzept sieht vor, den Lage- und Neigungssensor in einem mobilen Messgerät zu kombinieren, mit dem der Mechaniker direkt nach der Montage des Heliostaten die Stellung detektieren und als ersten Kalibrierpunkt an die Heliostatfeldsteuerung übermitteln kann. Hierzu wird der Sensor über einen Hebelmechanismus auf die Spiegelfläche des Heliostaten geklemmt. Zur Anpassung an verschiedene Heliostattypen kann der Flansch gewechselt werden.

Zur Vermeidung von Kabeln werden die Daten aus dem Messgerät per Bluetooth an ein Datenaufnahmegerät gefunkt. Von diesem Aufnahmegerät werden die Daten per W-LAN über das interne Netz des Solarturms in die Heliostatfeldsteuerung übermittelt. Praktischerweise soll die Bedienung des mobilen Messgeräts auch von dem Datenaufnahmegerät aus erfolgen. Als geeignetes Gerät für diese Anforderungen bietet sich ein Mobiltelefon oder Tablet mit Outdoor-Tauglichkeit an. Weitere Funktionen wie eine Handsteuerung zum Verfahren des Heliostaten und eine Erfassung der Heliostatnummer beispielsweise über einen QR-Code Scanner können ebenfalls leicht integriert werden.

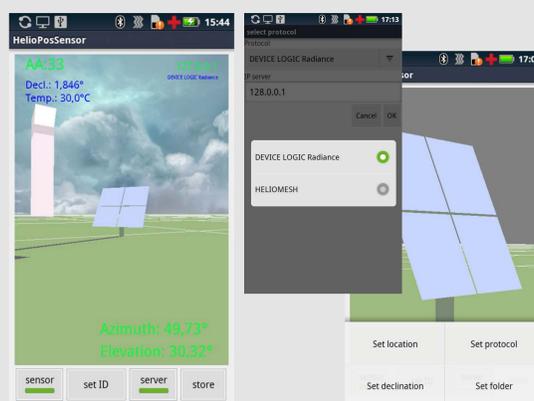


Abb. 2: „Smartphone-App“ als Bedienoberfläche

Umsetzung und Test

Das Sensormodul wurde in ein wetterfestes Gehäuse aus nicht-ferromagnetischen Werkstoffen eingebettet. Die Energieversorgung erfolgt über Akkus und ist für eine Betriebsdauer von einem Arbeitstag ohne Nachladen ausgelegt. Damit der Sensor unabhängig von der Ausrichtung der Spiegelfläche möglichst in einem günstigen Arbeitsbereich betrieben werden kann, wurde zwischen Sensorgehäuse und Heliostatflansch eine Klapp-/Schwenkvorrichtung integriert, die ein definiertes Verkappen des Sensors relativ zur Spiegeloberfläche erlaubt. Zur Validierung der Genauigkeit des Sensors im Umfeld von Heliostaten wurde ein Linearitätstest durchgeführt. Mit angeflanschem Sensor wurde bei unterschiedlichen Elevationswinkeln in Azimut-Richtung geschwenkt und dabei Sensor-Messwerte und Encoder-Werte des Heliostaten aufgezeichnet (Abb. 3).

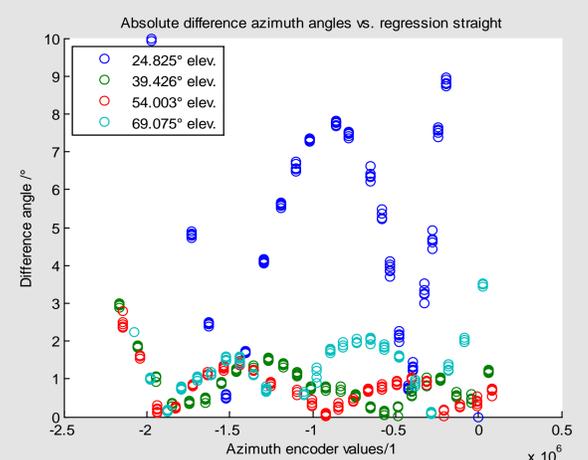


Abb. 3: Linearitätstest des Sensors (angeflanscht an Heliostat)

Für große Elevationswinkel, d.h. wenn der Spiegel flach steht, ist die Abweichung der Sensorwerte von der Regressionsgeraden kleiner als 2° . Der Betrieb in diesem Arbeitsbereich kann durch die Klappvorrichtung sichergestellt werden. Weitere Verbesserung der Genauigkeit in Azimut-Richtung wird durch eine Störfeldkompensation für mitdrehende Teile erwartet. Ferner ist ein kurzer Suchschwenk in Azimut-Richtung akzeptabel. Die Genauigkeit in Elevationsrichtung ist wesentlich höher, da hier das Gravitationsfeld der Erde genutzt wird.

Der Sensor wird nach erfolgreicher Validierung am Solarturm in Jülich zur Rohkalibrierung der überarbeiteten Heliostaten eingesetzt.

Diese Arbeiten wurden gefördert durch das Ministerium für Innovation, Wissenschaft und Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen und die Europäische Union im Rahmen des Ziel 2 – Programms NRW 2007-2013 (Europäischer Fonds für Regionale Entwicklung).