

Auswirkung von Verschmutzung auf Parabolrinnenkraftwerke

Fabian Wolfertstetter, Stefan Wilbert, Klaus Pottler (CSP Services GmbH), Robert Pitz-Paal

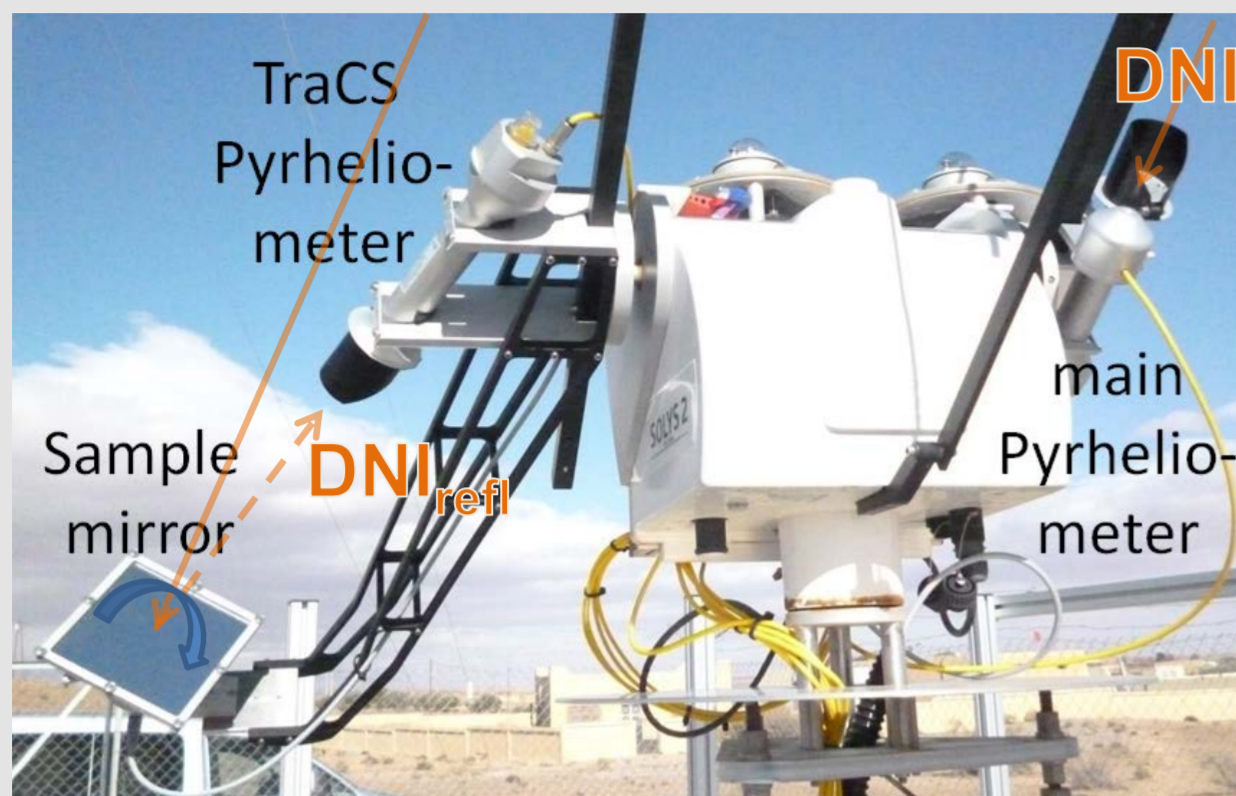


Abbildung 1: TraCS Messgerät in Missouri, Marokko

Einführung

Verschmutzung beeinträchtigt merklich die Effizienz von CSP-Kraftwerken. Sie bewirkt einen teilweisen Verlust einfallender Bestrahlungsstärke während der Reflexion an den Spiegelflächen des Solarfeldes, was den Ertrag eines Kraftwerks verringert, bzw. erhöhte Reinigungskosten verursacht. Eine Messmethode der Verschmutzung und ihre Einbindung in die Ertragsanalyse werden präsentiert.

Messgerät TraCS

Das neuartige Messgerät TraCS (Abb. 1) wurde am DLR auf der Plataforma Solar de Almería (PSA) entwickelt.

Funktionsweise:

- Erweiterung einer Solarstrahlungsmessstation mit vorhandenem Solartracker.
- Pyrheliometer messen die Direktnormalstrahlung (DNI) und die an einem rotierenden Spiegel reflektierte DNI (DNI_{refl})
- Reflektivität $\rho(t) = DNI_{refl}(t)/DNI(t)$
- Cleanliness $\xi(t) = \rho(t)/\rho_{cl}$, mit ρ_{cl} der Reflektivität des sauberen Spiegels
- Soiling-Rate, d.h. tägliche Abnahme der Cleanliness $\dot{\xi}(t) = d\xi(t)/dt$

Vorteile gegenüber bestehenden Messmethoden:

- Geringe Investitionskosten und geringer zusätzlicher Wartungsaufwand
- Verwendung des zum Messzeitpunkt vorliegenden Sonnenspektrums
- hohe, tägliche Zeitauflösung für ξ
- große Messfläche von 30 cm² auf der Spiegelprobe dank Spiegeldrehung

TraCS ist seit über zwei Jahren an mehreren Standorten in Marokko und der PSA im Einsatz. Es wird von CSP Services GmbH kommerziell vertrieben.

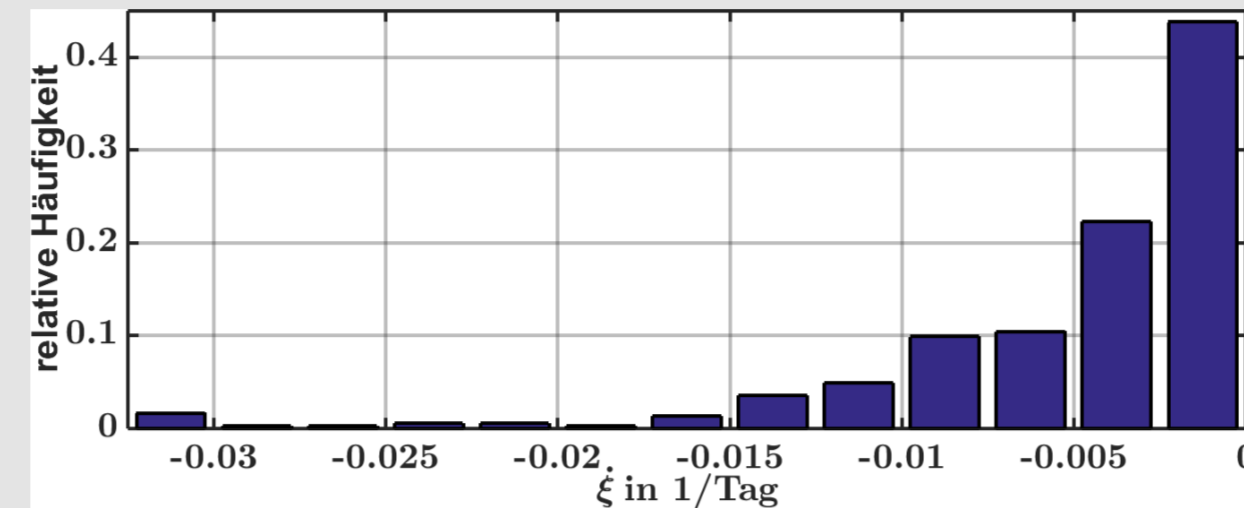


Abbildung 2: Histogramm der mit TraCS auf der PSA gemessenen Soiling-Rate eines Jahres. Im letzten Bin sind alle $\dot{\xi} < -0,03$ /Tag zusammengefasst.

Verbesserung der Ertragsanalyse

In laufenden CSP-Kraftwerken wird das Solarfeld meist nach festen Zyklen gereinigt, die von der verfügbaren Anzahl von Reinigungsfahrzeugen abhängen. In der Ertragsanalyse wird die mittlere Cleanliness des Solarfeldes ($\xi_{Feld}(t)$) meist als konstanter Faktor angegeben.

Ansatz:

- Greenius Erweiterung
- Definition von Putzstrategien (s. Tab.1)
- Modell der Cleanliness jeden Loops des Solarfeldes und der Reinigungsfahrzeuge
- Recherche reinigungsrelevanter technischer und finanzieller Parameter
- Ergebnis ist der Gewinn eines Kraftwerks über seine Laufzeit

In Abb. 3 ist der zeitliche Verlauf der DNI -Tagessummen und $\xi_{Feld}(t)$ dargestellt. Die Annahme einer konstanten $\xi_{Feld,const}$ überschätzt in diesem Fall den Kraftwerksgewinn um 0,58%, da die zeitlich unterschiedliche Gewichtung der DNI durch $\xi_{Feld}(t)$ nicht berücksichtigt wird.

Quellen: Wolfertstetter, Pottler, Alami Merrouni, Mezrhah, and Pitz-Paal. Novel Method for Automatic Real-Time Monitoring of Mirror Soiling-Rates. SolarPACES 2012, Marrakech, Morocco
 Wolfertstetter, Pottler, Geuder, Affolter, Merrouni, Mezrhah, and Pitz-Paal, (2014). Monitoring of Mirror and Sensor Soiling with TraCS for Improved Quality of Ground based Irradiance Measurements. Energy Procedia, 49:2422–2432

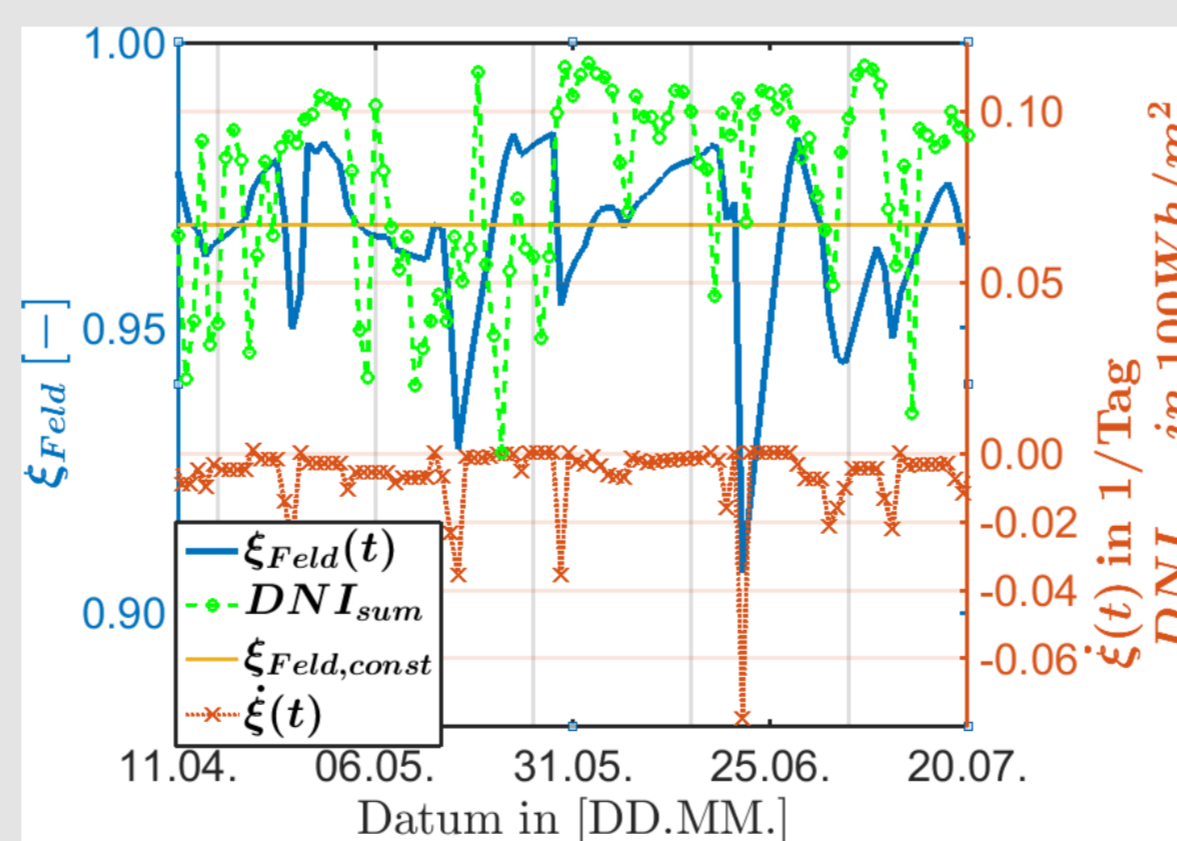


Abbildung 3: Aus $\dot{\xi}(t)$ und der Reinigungsaktivität berechnete zeitabhängige ξ_{Feld} für die Strategie „Konstant“ mit einem Reinigungsfahrzeug in blau. Diese gewichtet die DNI -Tagessummen (DNI_{sum}) unterschiedlich stark im Gegensatz zum Jahresmittelwert $\xi_{Feld,const} = mean(\xi_{Feld}(t))$ in gelb.

Putzstrategie	Kurzbeschreibung
Konstant	Alle Fahrzeuge reinigen täglich
Schwelle	Fahrzeuge reinigen bei Unterschreitung eines Schwellwertes für ξ_{Feld}

Tabelle 1: Zwei Putzstrategien mit Beschreibung

Vergleich von Putzstrategien

In einem weiteren Schritt werden verschiedene Putzstrategien simuliert und jeweils zu einer Referenzstrategie verglichen. Letztere wird als „Konstant“ unter Verwendung eines Reinigungsfahrzeuges gewählt. Damit wird der Parameter relativer Mehrertrag im Vergleich zur Referenzstrategie (RMG) berechnet. Mit diesem kann die beste Kombination aus Schwellwert für $\xi_{Feld}(t)$ und Anzahl der zu beschaffenden Putzfahrzeuge bereits in der Planungsphase des Kraftwerks bestimmt werden.

In Abb. 4 ist der RMG farblich für ein Parabolrinnenkraftwerk mit einer Leistung von 50MW_{el} und 7,5 Stunden thermischer Speicher dargestellt. Man erkennt, dass man den Kraftwerksgewinn im niedrigen Prozentbereich verbessern kann. In Marokko zahlt es sich v.a. wegen der niedrigeren Lohnkosten aus, das Solarfeld sauberer zu halten als in Spanien.

Danksagung

Die Autoren danken der Helmholtz NREL Solar Energy Initiative (HNSEI) für die finanzielle Unterstützung.

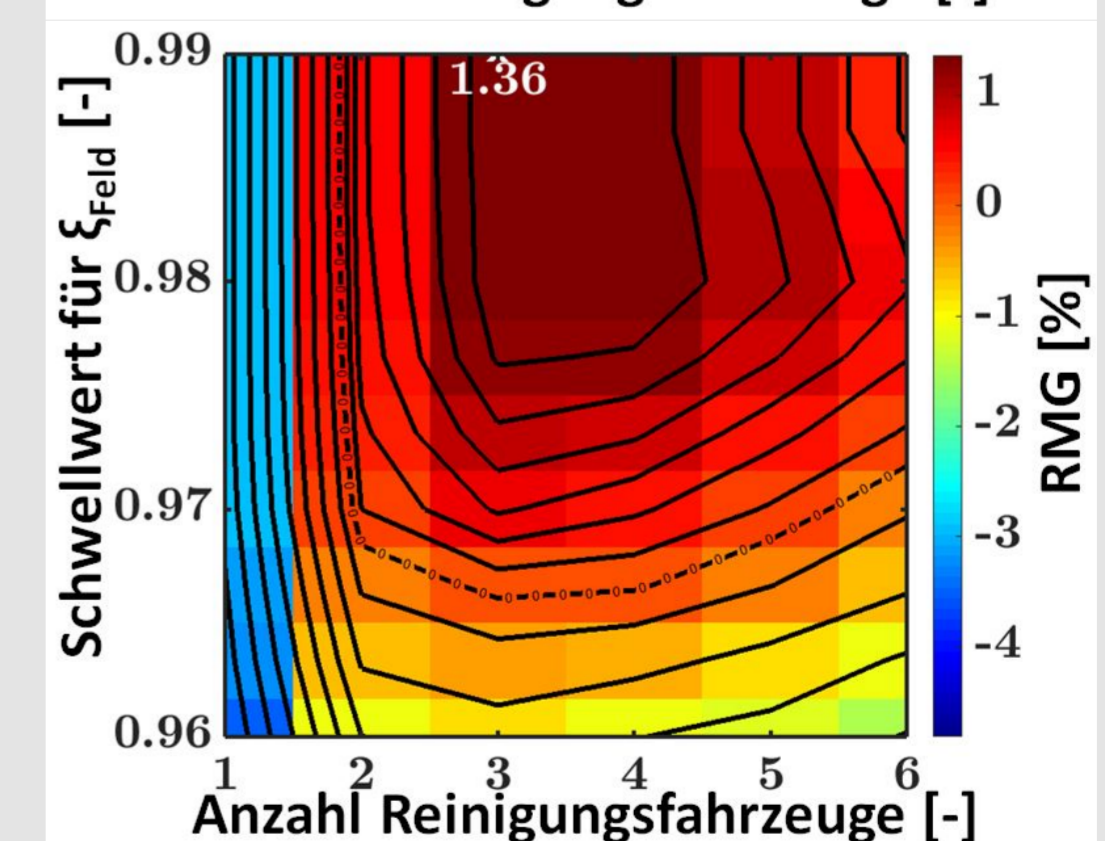
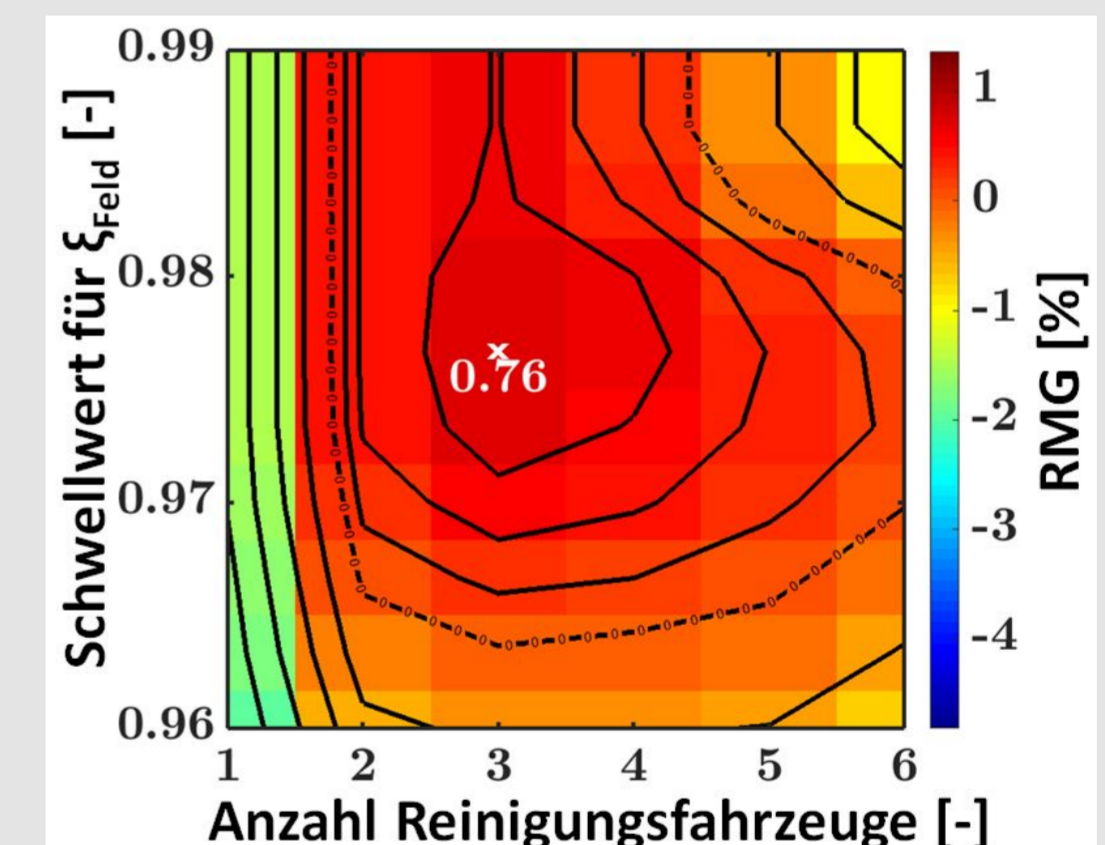


Abbildung 4: relativer Mehrertrag im Vergleich zur Referenzstrategie (RMG) für die Strategie „Schwelle“. Finanzielle Daten aus Spanien, oben, und Marokko, unten. Die Maxima für RMG sind an den entsprechenden Stellen eingezeichnet.