

# Bestimmung atmosphärischer Extinktion in solaren Turmkraftwerken

Natalie Hanrieder, Stefan Wilbert, Reiner Buck, Stefano Giuliano, Robert Pitz-Paal



Abb.1: CESA1 Turmkraftwerk an einem typischen klaren (links) und trüben Tag (rechts) auf PSA, Spanien.



Abb. 2: FS11 Vaisala Streusensor (links), CHP1 Kipp & Zonen Pyrheliometer für DNI Messungen (rechts).

## Motivation

Verluste der reflektierten Direktnormalstrahlung (DNI) zwischen Heliostatfeld und Receiver in einem solaren Turmkraftwerk werden hauptsächlich durch atmosphärische Streuprozesse sowie Absorption von Aerosolpartikeln als auch Wasserdampf in der unteren Grenzschicht verursacht (atmosphärische Extinktion, siehe Abb.1). Sie variieren signifikant sowohl zeitlich als auch standortabhängig (z.B. Wüstenregionen ↔ klare Standorte). In Raytracing- oder Kraftwerksoptimierungstools werden üblicherweise nur konstante atmosphärische Standardbedingungen angenommen. Potenzielle Standorte für industrielle Hochtemperaturprozesse zeichnen sich allerdings oft durch ein hohes Aerosolaufkommen aus (Bsp. Minen). Das Problem für Turmkraftwerksprojektplanung ist die geringe Verfügbarkeit von standortspezifischen Extinktionsdatensätzen.

## Messsysteme zur Bestimmung atmosphärischer Extinktion

1. Das DLR entwickelte eine Korrekturmethode (ABC Methode), welche die Sichtweitemessungen eines kommerziell erhältlichen Streusensors (Abb. 2, links) korrigiert und in die für CSP interessante Breitbandextinktion übersetzt (Hanrieder et al., 2015).
2. Ein Extinktionsmodell (Sengupta und Wagner, 2011) wurde auf der PSA getestet und erweitert (Hanrieder et al., 2016). Vorteil dieses Ansatzes: nur eine gewöhnliche meteorologische Station mit DNI Messung (Abb.2, rechts) wird benötigt → Vermeidung zusätzlicher Kosten für neue Instrumente.

## Kraftwerkssimulation

Bisher wurden meist Standardextinktionsbedingungen mit der Annahme eines zeitlich konstanten Extinktionskoeffizienten in Ertrags- und Designoptimierungssimulationen eingesetzt. Für ein exemplarisches Turmkraftwerk (Abb. 3) wurden nun Jahreskraftwerkserträge auf der PSA mit dem Raytracingtool SPRAY (Buck, 2011) und einer Extinktionszeitreihe simuliert. Simulationsergebnisse wurden mit und ohne Overload Dumping (Defokussierung von einzelnen Heliostaten wenn max. Receiverleistung mehr als 15% überschritten und Speicherkapazität ausgereizt wurde) ausgewertet.

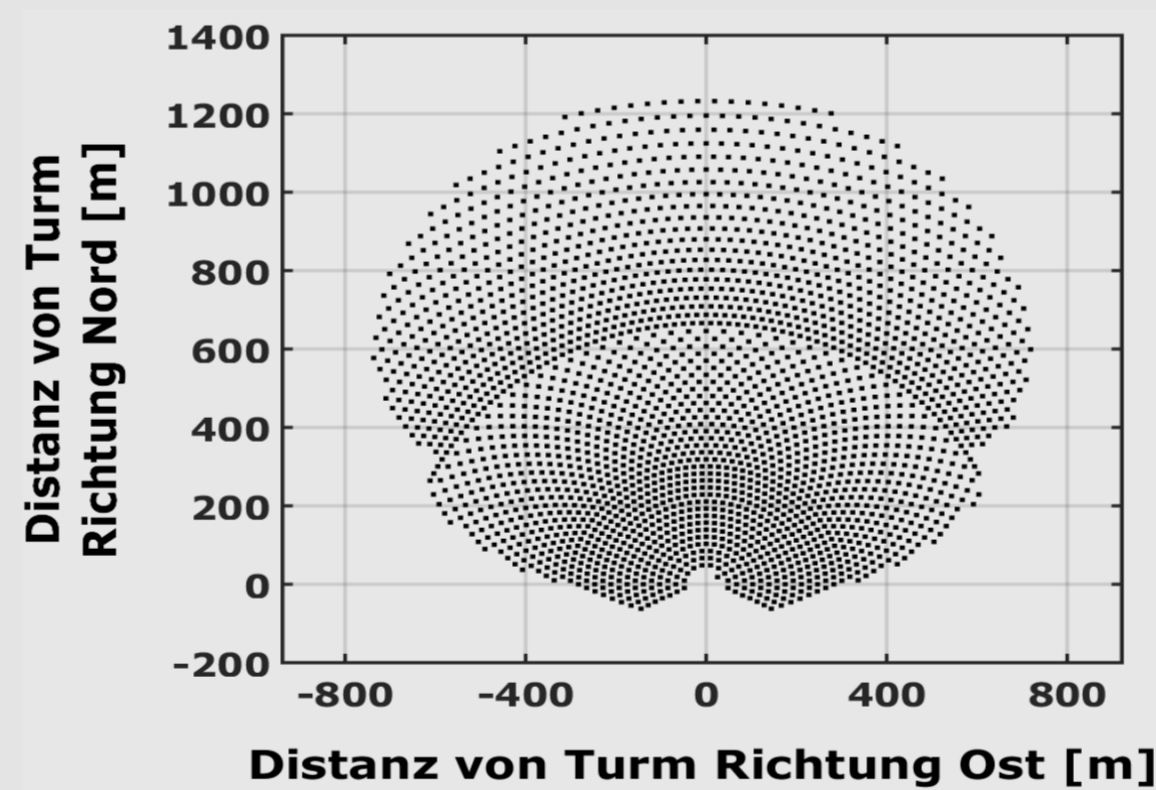


Abb.3: Exemplarisches Heliostatfeld, Designleistung 162 MW<sub>th</sub>, geschmolzenes Salz als Wärmeträgermedium, Cavityreceiver, 12h Speicher.

## Referenzen

Buck (2011), "Solar Power Raytracing Tool SPRAY, User Manual".  
 Hanrieder et al. (2015), "Atmospheric extinction in solar tower plants: absorption and broadband correction for MOR measurements", Atmospheric Measurement Techniques 8, 1–14.  
 Hanrieder et al. (2016), "Modelling Beam Attenuation in Solar Tower Plants Using Common DNI Measurements", Solar Energy 129, 244-255.  
 Sengupta, M. und M. Wagner (2011), "Impact of aerosols on atmospheric attenuation loss in central receiver systems.", Solar PACES. Granada, Spain.

## Danksagung

Die Autoren danken der Helmholtz NREL Solar Energy Initiative (HNSEI) sowie dem BMBF Projekts GeMoExt (Förderkennzeichen 01DH17003) für die finanzielle Unterstützung.

## Ergebnisse der Kraftwerkssimulation

- Für PSA wird der Kraftwerksertrag unterschätzt bei Nutzung trüber und klarer Standardextinktionsbedingungen anstatt der vor Ort gemessenen Extinktionszeitreihe (Abb.4)
- Verringerung des Kraftwerksertrags durch Extinktion hängt von Berücksichtigung des Overload Dumpings ab (1.56-7.04% für Bsp. auf PSA, Abb. 4) Erklärung: an klaren Tagen muss mehr gedumpt werden

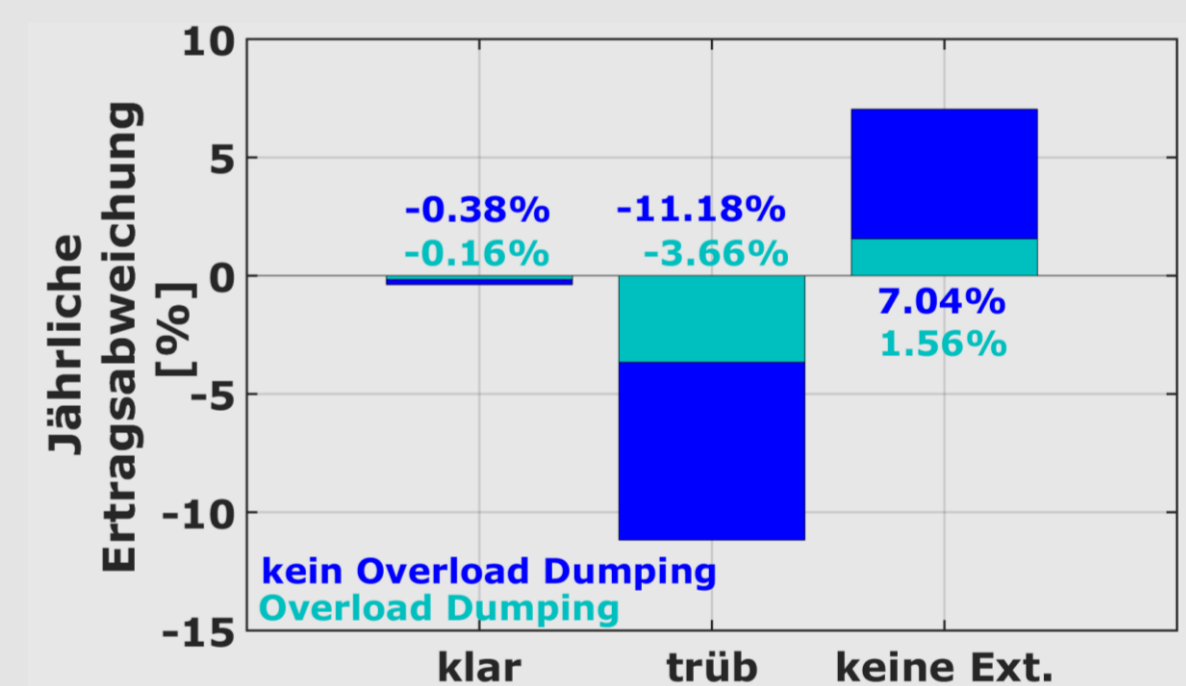


Abb.4: Simulierte Ertragsabweichungen für verschiedene Standardbedingungen der Extinktion relativ zur Auswertung mit Extinktionsmessungen.

## Empfehlung für Projektentwickler

- Berücksichtigung zeit- & standortspezifischer Extinktionsdaten speziell an trüben Standorten, da dort der Kraftwerksertrag um mehrere Prozent durch Extinktion verringert werden kann
- An klaren Standorten (wie PSA): Standardannahmen evt. ausreichend genau → Nutzung des hier präsentierten Messsystems basierend auf DNI Daten um Standort als klar zu identifizieren
- An trüben Standorten: Empfehlung des Messsystems mit FS11, um Extinktion detailliert zu untersuchen