

Strukturmechanische Simulation von Parabolrinnenkollektoren: Spiegelverformungen und ihr Einfluss auf den Kraftwerksertrag

Simon Schneider, Björn Schiricke, Eckhard Lüpfer, Jork Saal

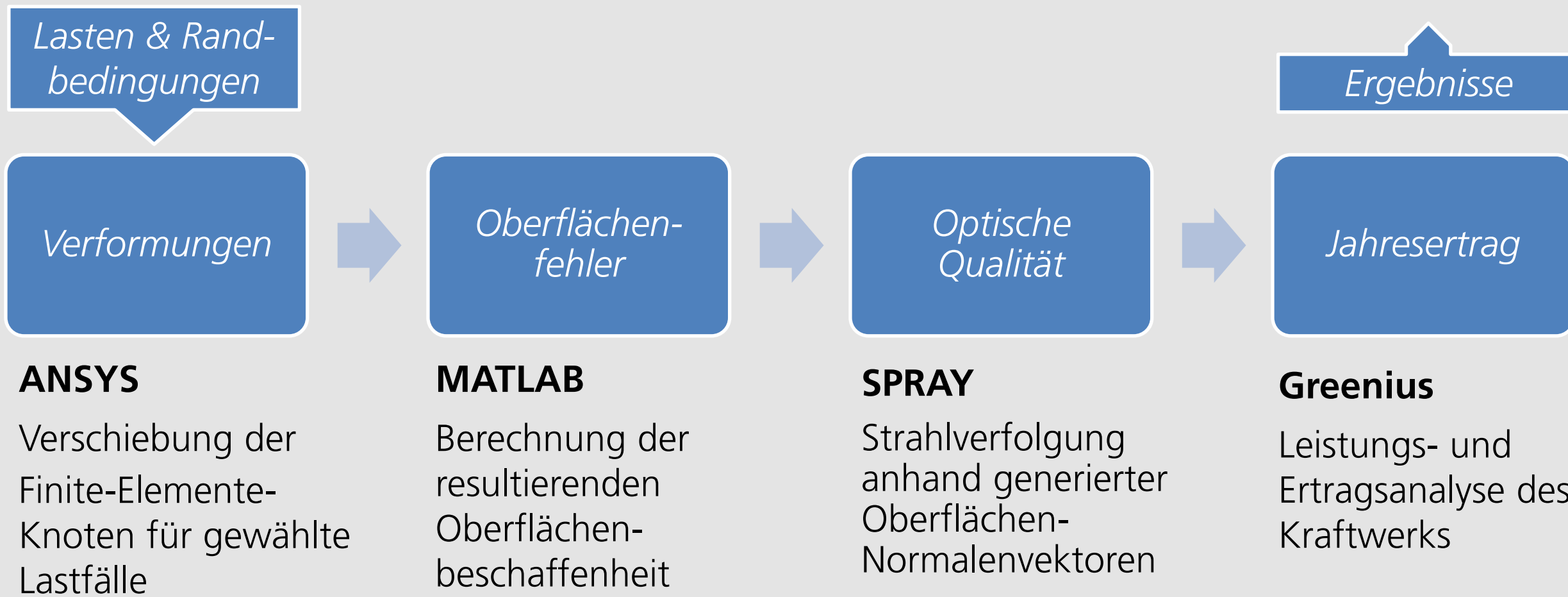


Abbildung 1: Schema des Ablaufs zur Untersuchung des Einflusses verschiedener Lastfälle auf die Formgenauigkeit von solarthermischen Parabolrinnen spiegeln und den Jahresertrag des Kraftwerks

Motivation

In einem Parabolrinnenkraftwerk mit thermischem Speicher und $50 \text{ MW}_{\text{el}}$ Leistung reflektieren gebogene Spiegel mit einer Gesamt-Aperturfläche von fast $500\,000 \text{ m}^2$ das Sonnenlicht. Die Formgenauigkeit der Spiegel unterliegt hohen Ansprüchen. Herstellungsbedingte Formfehler, Eigenlast sowie Reaktionskräfte an den Spiegelaufhängungen führen zu Abweichungen von der idealen Parabelform und können einen Verlust an nutzbarer Leistung bedeuten. Finite-Elemente-Analysen haben sich als geeignete Methode zur Untersuchung relevanter Einflüsse auf die Spiegelform erwiesen.

Stand der Arbeit

Ein im Solarfeld auf der Kollektorunterstruktur montierter Spiegel weist im Allgemeinen signifikante Abweichungen zur im Labor gemessenen Form auf. Zur Quantifizierung von strukturmechanischen Einflüssen wurden Messungen (Photogrammetrie, Deflektometrie, QFly-Messung, Dehnungsmessungen) am Kollektor und im Labor durchgeführt. Insbesondere Positions- und Winkelabweichungen der Spiegelhalteelemente vom idealen Befestigungspunkt und der optimalen Ausrichtung sowie die resultierende Spiegelform wurden bestimmt. Die Geometrie der Halteelemente wird ins FE-Modell übertragen

und die resultierenden Oberflächenfehler der Spiegel mit den Messdaten verglichen. Abbildung 1 zeigt den Bewertungsprozess, der automatisiert verschiedene Programme verknüpft um ein vollständiges Bild der Auswirkungen auftretender Lasten – von der Strukturmechanik über die optische Qualität bis hin zur Kraftwerksleistung – zu ermöglichen: Lasten und Randbedingungen werden als Parameter an das Finite-Elemente-Modell in ANSYS übergeben und die daraus resultierenden Verformungen berechnet. Die Winkelabweichungen der Oberflächennormalenvektoren werden mit Matlab bestimmt. Ortsaufgelöst sowie als flächengewichteter RMS-Wert SD_x (Slope Deviation in x) stellen diese ein etabliertes Gütekriterium für die Spiegelform dar. Mit dem Strahlverfolgungsprogramm SPRAY wird der optische Wirkungsgrad der Spiegel evaluiert. Das Ertragsberechnungsprogramm Greenius nimmt stündlich aufgelöste optische Wirkungsgrade sowie Parameter des zugrunde liegenden Kraftwerks als Basis für die Berechnung der thermischen Feldleistung, des zu erwartenden Jahresertrages sowie der Stromgestehungskosten. In Abbildung 2 sind beispielhaft skalierte Verformungen eines EuroTrough in zwei unterschiedlichen Kollektorausrichtungen gezeigt (Zenit (0°) sowie Horizont (90°)).

Ausblick

Simulationen erlauben die Bestimmung von Kräften und Momenten, die auf die Spiegel wirken. Begründete Toleranzen und Spezifikationen für die Spiegelmontage sowie das Design der Unterstruktur werden abgeleitet. Die Möglichkeit zur Vorhersage der Spiegelform im Kollektor basierend auf Labormessungen wird untersucht.

Referenzen

[1] S. Schneider, B. Schiricke, E. Lüpfer (2015); Optimizing Solar Thermal Power Plants: Influences on Parabolic Mirror Shape Accuracy; ANSYS Conference & 33. CADFEM Users' Meeting, Bremen, Germany

[2] S. Meiser, S. Schneider, E. Lüpfer, B. Schiricke, R. Pitz-Paal (2015); Evaluation and assessment of gravity load on mirror shape of parabolic trough solar collectors, 7th International Conference on Applied Energy, Abu Dhabi, United Arab Emirates

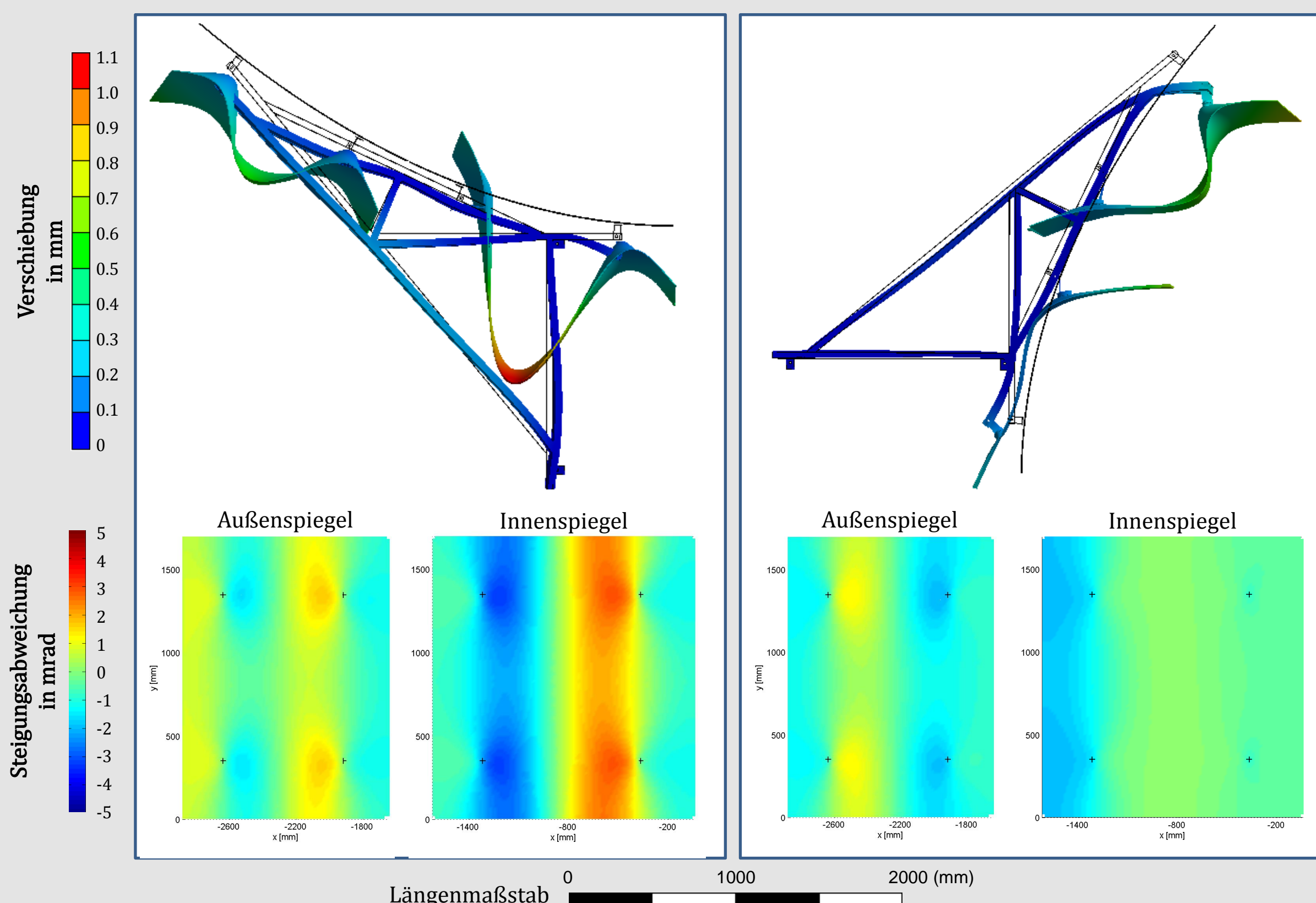


Abbildung 2: Verformung eines EuroTrough-Kollektorarms mit RP3 Innen- und Außenspiegel in $0^\circ/90^\circ$ Ausrichtung (Skalierungsfaktor: 1000) und zugehörige Steigungsabweichungen der Spiegel

Kontakt: **Institut für Solarforschung** | Abteilung Qualifizierung | Köln | Simon Schneider
Telefon: 02203/601 3214 | E-Mail: Simon.Schneider@dlr.de

Gefördert durch: