

Lebensdauerüberwachung für hochbelastete Bauteile

21. Kölner Sonnenkolloquium – 04.07.2018

Cathy Frantz, Ralf Uhlig



Wissen für Morgen

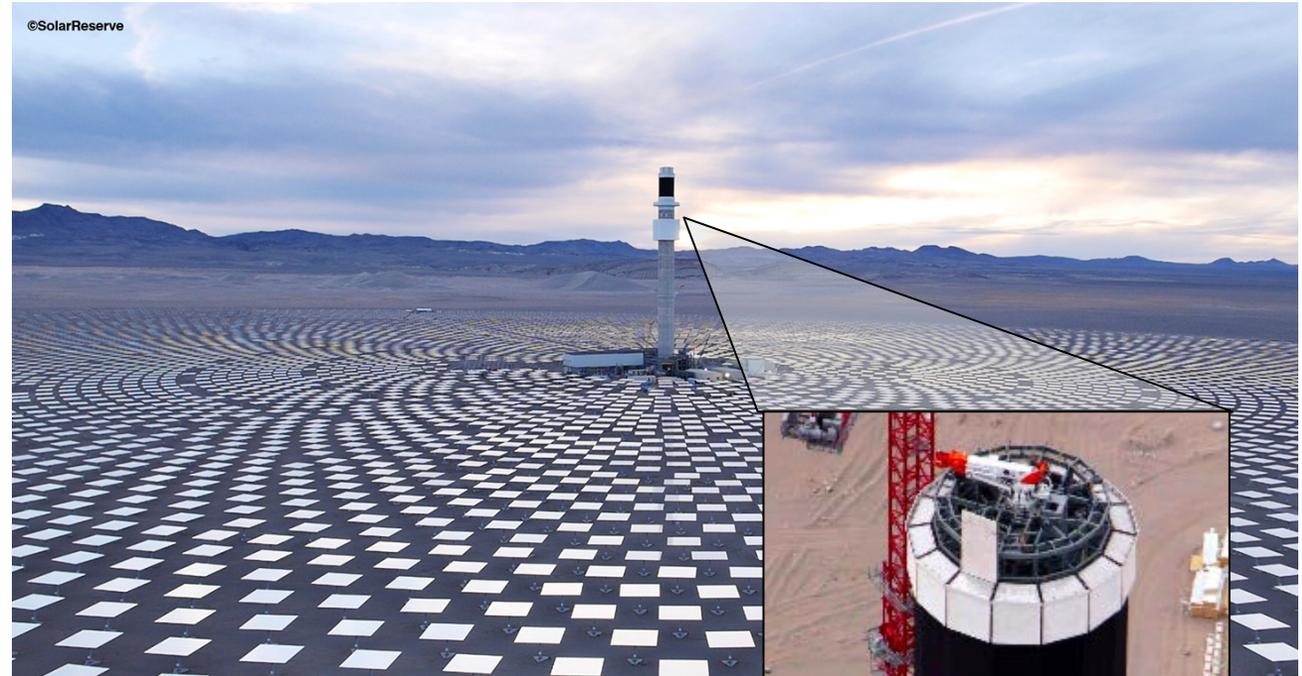


Rohrreceiver für Flüssigsalze

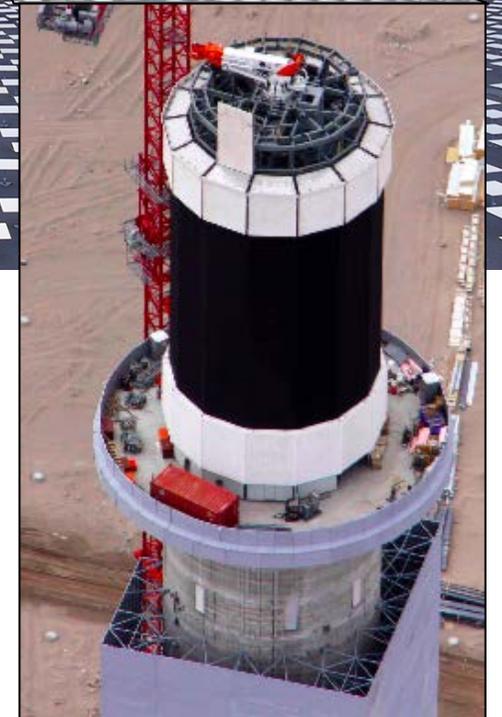
- Heutige kommerzielle Turmkraftwerke:
Receiver ist nicht redundant

→ Ausfall/ Wartung des Receivers führt zu
Stillstand der Anlage
- Receiver macht einen relevanten Anteil der
Kosten der Gesamtanlage aus
- Höhere mittlere Flussdichten (=Höhere
Belastung) führen zu höherem Wirkungsgrad
& geringeren Baugrößen
- Optimierung Wirkungsgrad konkurriert mit
Optimierung Lebensdauer

Crescent Dunes - USA



SolarReserve

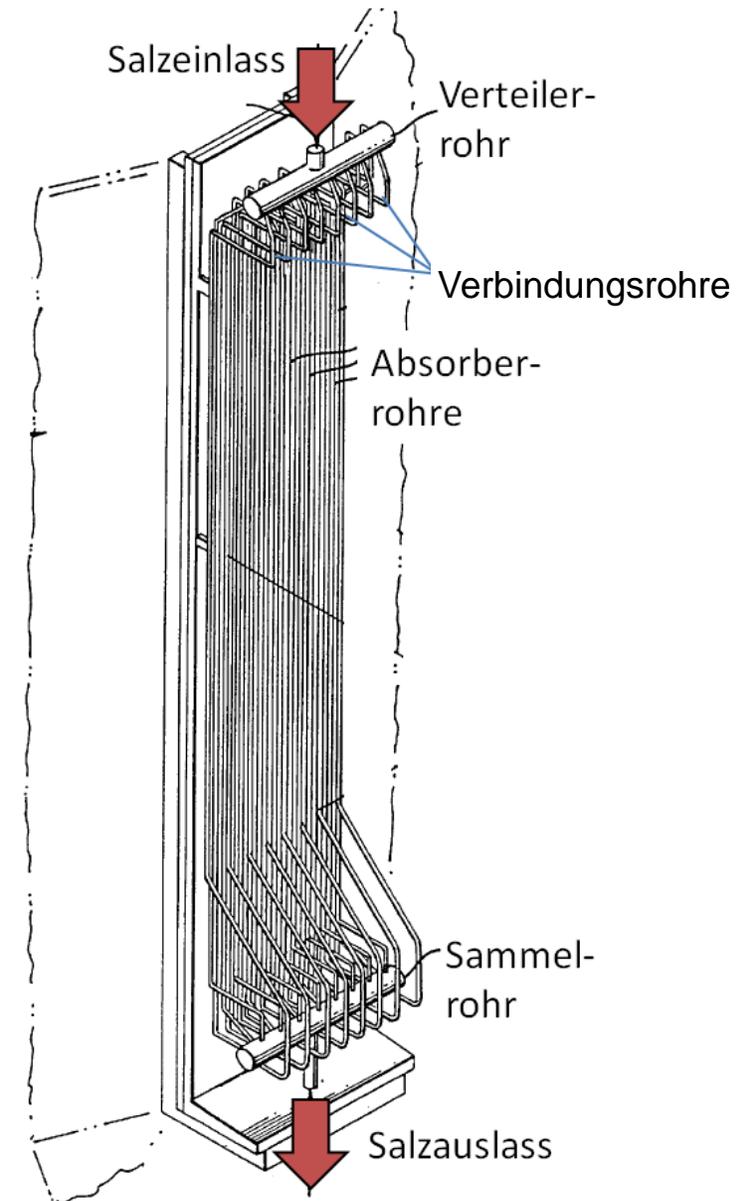


SolarReserve



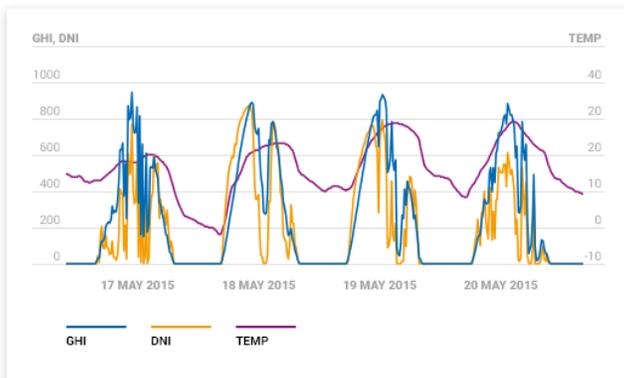
Rohrreceiver für Flüssigsalze

- Vertikal aufgehängte Absorberpanel
- Absorberpanel bestehen aus:
 - Absorberrohren (OD 18-50 mm; t=1.2-3 mm)
 - Sammler/Verteiler
 - Verbindungsrohre zu Sammler/Verteiler
- Anforderung
 - Lebensdauer: 25-30 Jahre
 - Lastzyklen $\approx 10'000$
 - Betriebsdauer bei Temperaturen $> 600^{\circ}\text{C} \approx 100'000$ Stunden
 - Druck (Überwindung Druckverlust in Absorberpanel) (15-30 bar)
 - Möglichst hohe Flussdichten (bis zu $1 \text{ MW}/\text{m}^2$)
 - Windlasten, Gravitation

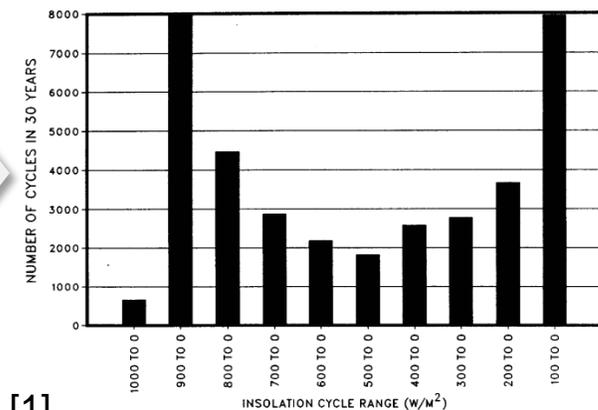


Abschätzung Lebensdauer in der Auslegungsphase

Typical meteorological year



Ableitung Lastkollektive



Regelwerke

ASME BPVC,
Interim structural design standard for solar energy applications

...

Weitere Lasten/Randbedingungen

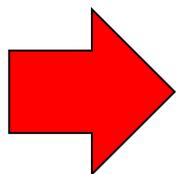
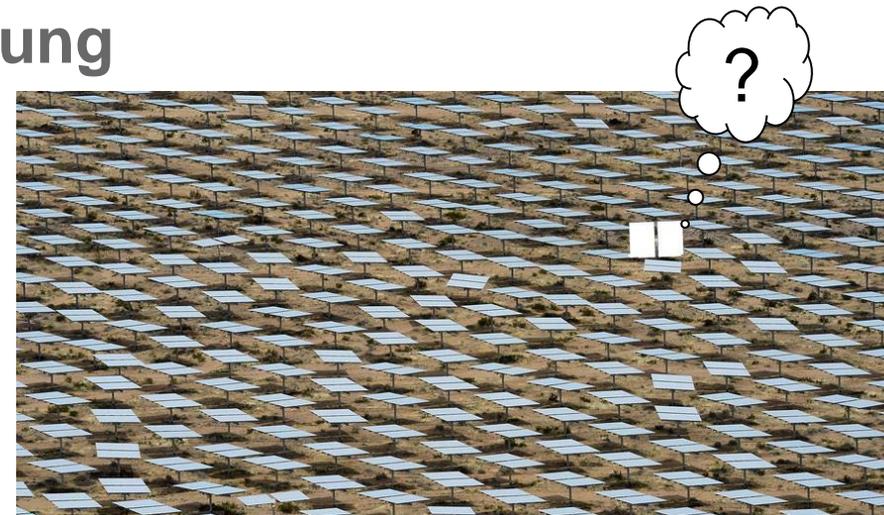
- Druck
- Gravitation
- Wind
- Lagerung
- Abmessungen Receiver
- ...

Abschätzung Lebensdauer



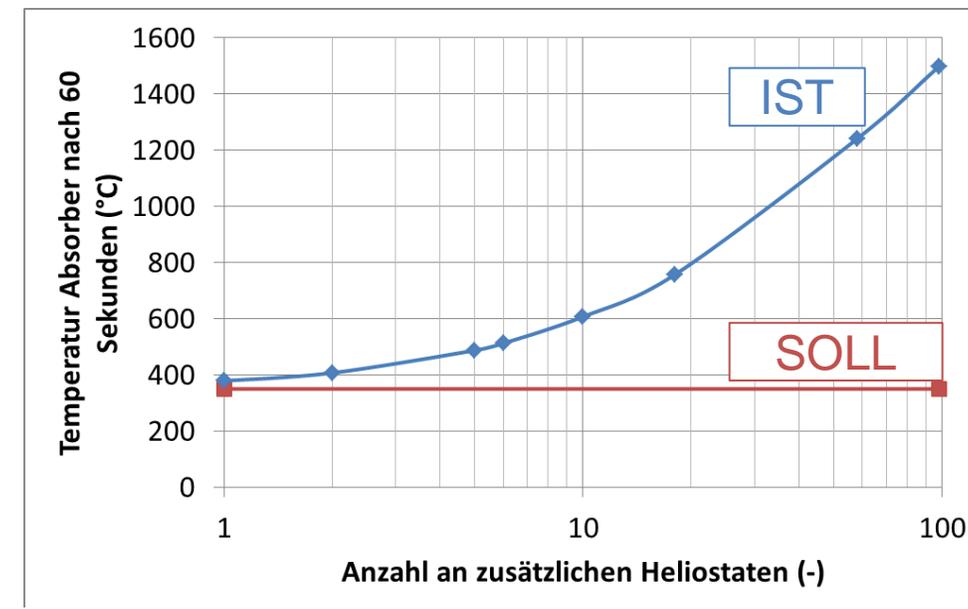
Lastkollektive der Auslegung und echte Belastung

- Receiver steht unter komplexer Lastsituation
- Bereits geringe Abweichungen vom Regelbetrieb führen zu starken Abweichungen der auftretenden Last
- In kommerziellen Anlagen ist es nicht wirtschaftlich alle Daten messtechnisch zu erfassen, die für die Überwachung der Lebensdauer notwendig wären



Abgleich SOLL und IST-Zustand Receiver nur durch Inspektionen

Keine Optimierung unter Berücksichtigung der Lebensdauer möglich



DNI: 1000 W/m²; Concentration ratio Heliostat: 5

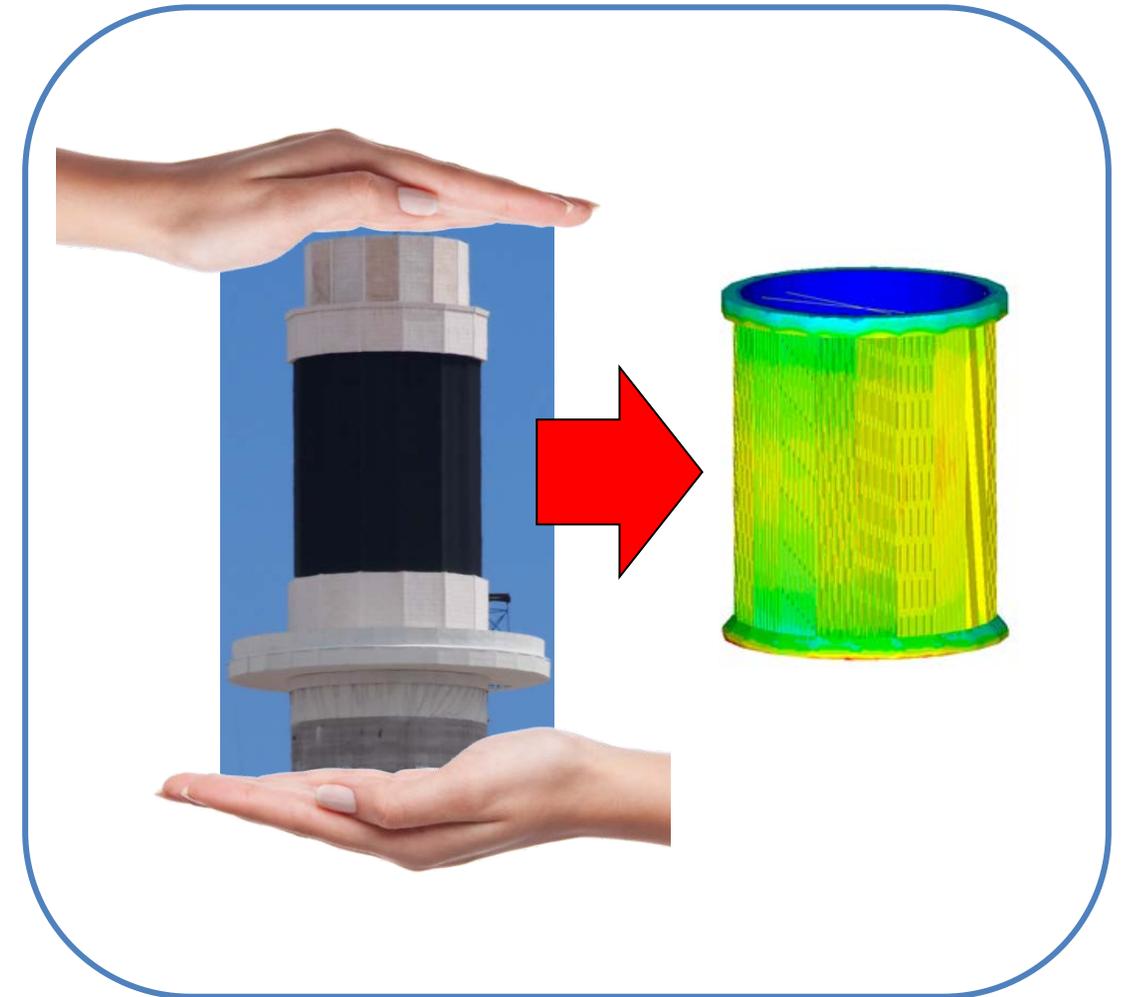
Digitaler Zwilling

Numerisches Modell des Receivers welches:

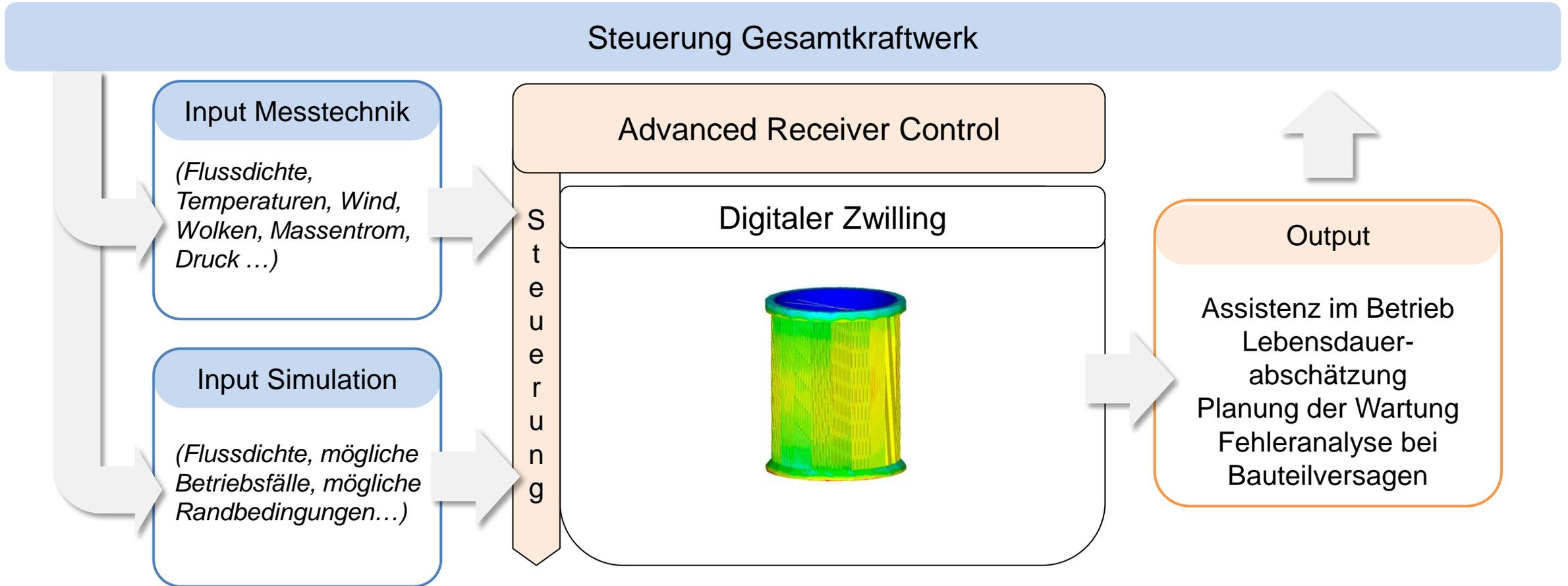
- den Receiver ausreichend genau abbildet
- die gleichen Lastfälle „durchlebt“ wie der reale Receiver
- Lokale Spannungen und Temperaturen berechnet

Ermöglicht:

- Assistenz im Betrieb
- Kontinuierliche Lebensdauerabschätzung
- Planung der Wartung
- Fehleranalyse bei Bauteilversagen



Advanced Receiver Control – Steuerung des Digitalen Zwillings



Workflow Lebensdauerüberwachung mithilfe des digitalen Zwillings

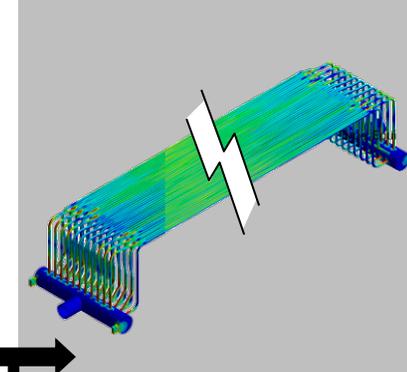
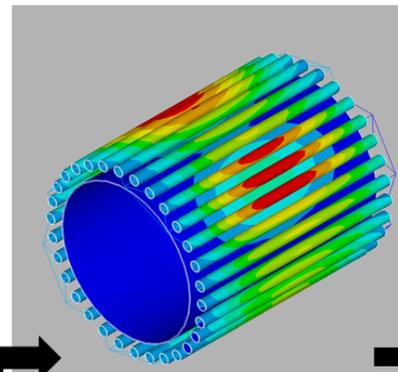
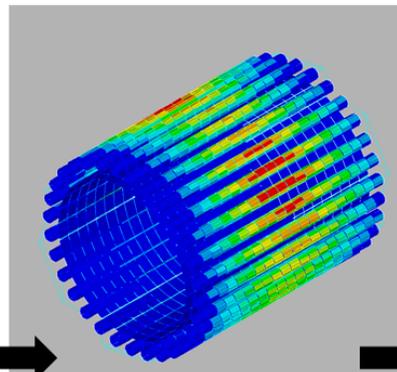
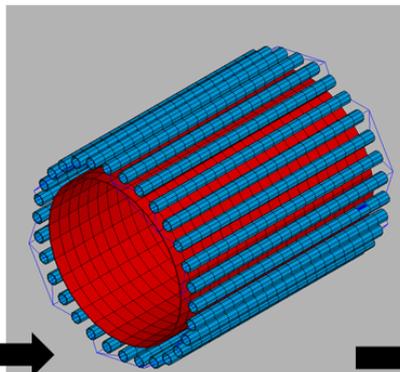
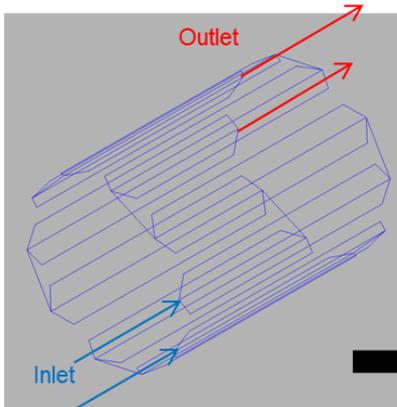
Fluidelemente

Absorberrohre und Isolierung

Lokale solare Flussdichteverteilung

Lokale Temperatur Absorber & Fluid

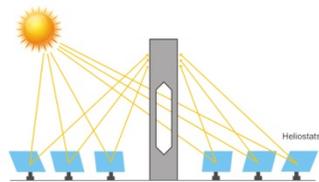
Lokale Spannungen



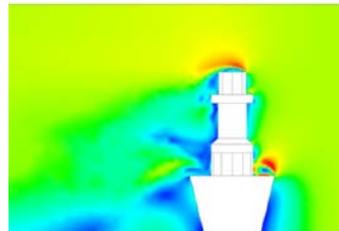
Berechnung der verbrauchten Lebensdauer

Generierung Strömungsfäden inkl. Verschaltung Panel

Strahlverfolgung



Einlasstemperatur, IR-Strahlung, erzwungene Konvektion zum Fluid und Umgebung



Konvektion Umgebung



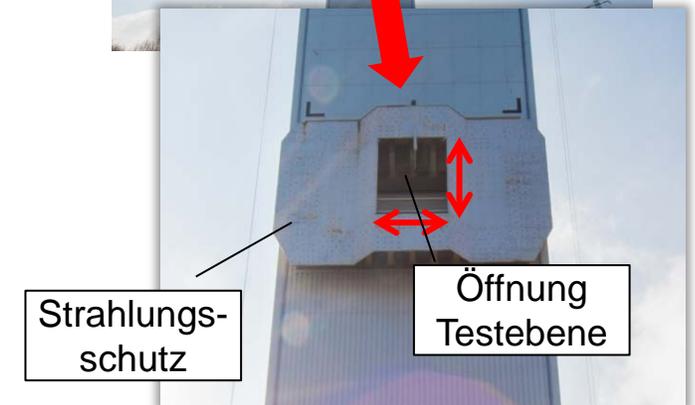
Rohrströmung

Strukturmechanische RB: Lagerung, Druck, Gravitation, Windlasten



Ausblick: High Performance Molten Salt – II (HPMS-II) (BMWi – Antragsphase)

- **Start**
 - Voraussichtlich: September 2018
- **Inhalte**
 - Test eines 1 MW_{th} Nitratsalz Subreceiversystems im STJ
 - Modellvalidierung
 - Weiterentwicklung Simulationswerkzeuge
 - Entwicklung Berechnungsverfahren zur Lebensdauerabschätzung
 - Qualifizierung
 - Entwicklung Messverfahren zur orts aufgelösten Messung der Oberflächentemperatur



Lebensdauerüberwachung für hochbelastete Bauteile

21. Kölner Sonnenkolloquium – 04.07.2018

Cathy Frantz, Ralf Uhlig



Wissen für Morgen

