

13. SYMPOSIUM ENERGIEINNOVATION

Leistungssteigerung von Photovoltaikanlagen durch Modulkühlung

DI (FH) DI Alois Niederl
Graz, Februar 2014



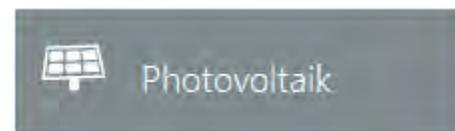
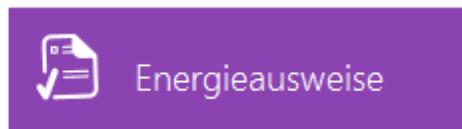
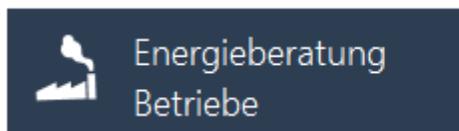
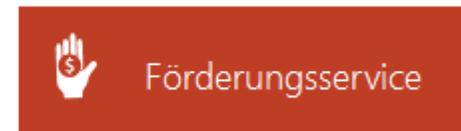
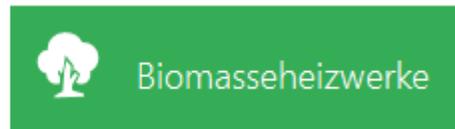


*Agentur für Erneuerbare Energie, Energiesparen,
Klimaschutz und Haustechnik*

.... weil wir (Energie) weiter denken

Vorstellung LEA GmbH

- Gründung 1996, GmbH seit 2008
- Technisches Büro für erneuerbare Energie und Haustechnik
- 13 Mitarbeiter
- Spektrum der Geschäftsbereiche:



Überblick

- **Zielsetzung**
- **Methodik**
- **Ergebnisse**
- **Schlussfolgerungen**



Zielsetzung

- **Ermittlung der Leistungssteigerung von PV-Anlagen durch Modulkühlung**
- **Grundlagen zur Modellierung des Temperaturverhaltens von PV-Modulen**
- **Auswirkungen einer Modulkühlung im Realbetrieb**
- **Wirtschaftlichkeit einer Modulkühlung**



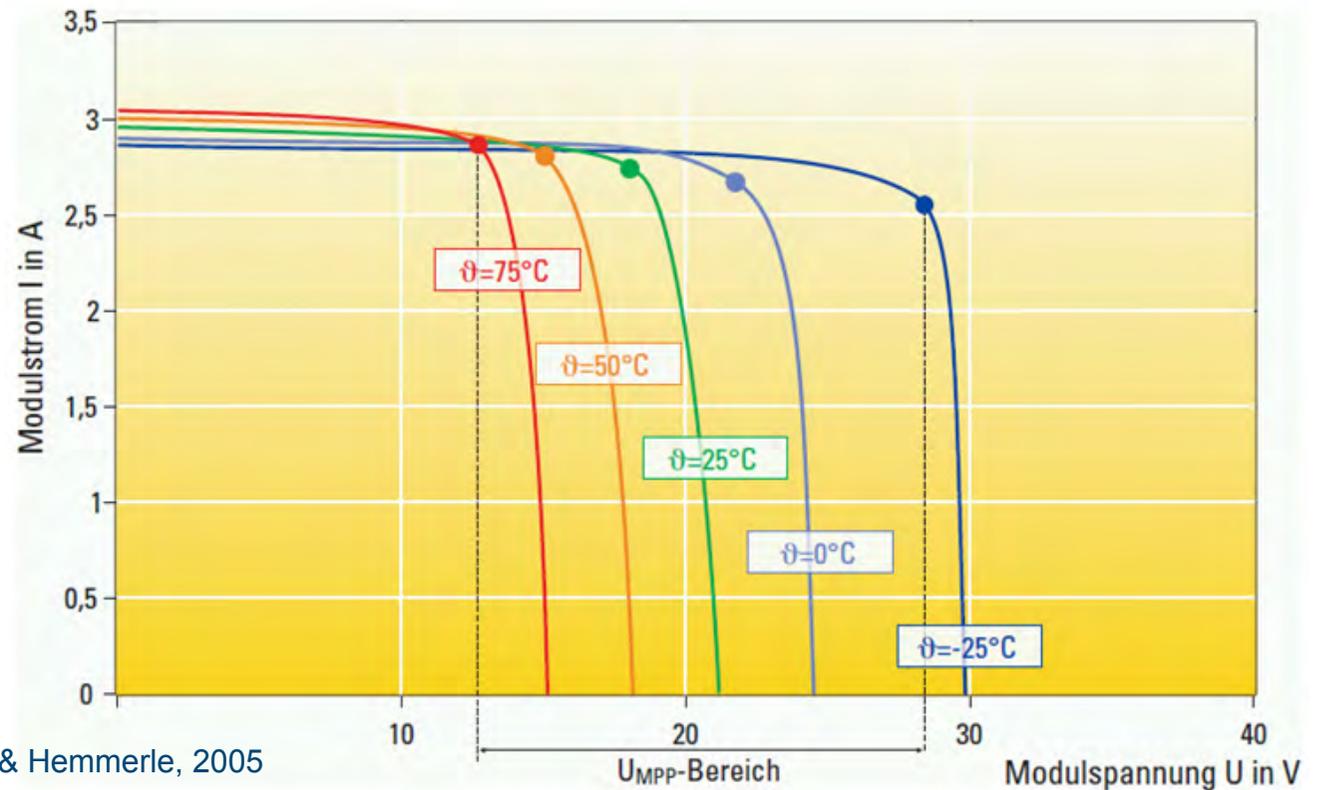
Methodik

- **Literaturrecherche**
- **Simulation des statischen und dynamischen Temperaturverhaltens von PV-Modulen**
- **Empirische Untersuchung mittels Versuchsanlage**
 - 2 identische PV-Anlagen, jeweils 22 Module (poly) und 4,84 kWp
 - Regenwasserberegnungsanlage, Datenerfassung
 - Referenzmessungen und 2 Jahre Kühlbetrieb (Mai bis August)
 - Ökofonds-Forschungsförderung des Landes Steiermark
- **Dynamische Wirtschaftlichkeitsbetrachtung**



Temperaturabhängigkeit der Leistung von PV-Anlagen

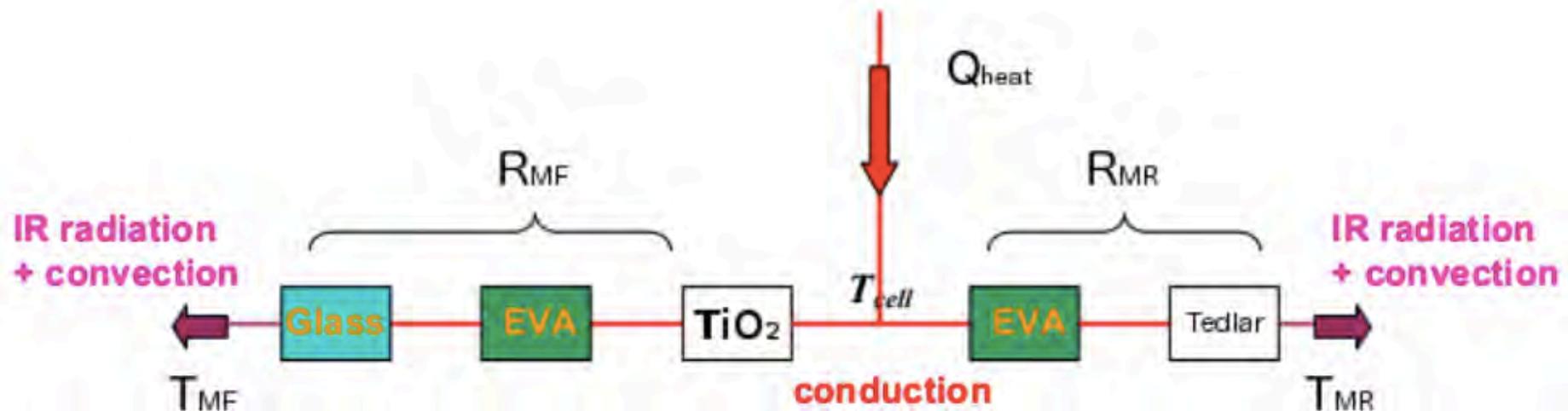
- **Strom steigt leicht mit zunehmender Temperatur**
- **Spannung sinkt mit zunehmender Temperatur**
=> **Leistung sinkt mit zunehmender Temperatur**



Quelle: Haselhuhn & Hemmerle, 2005

Modellierung des Temperaturverhaltens (statisch)

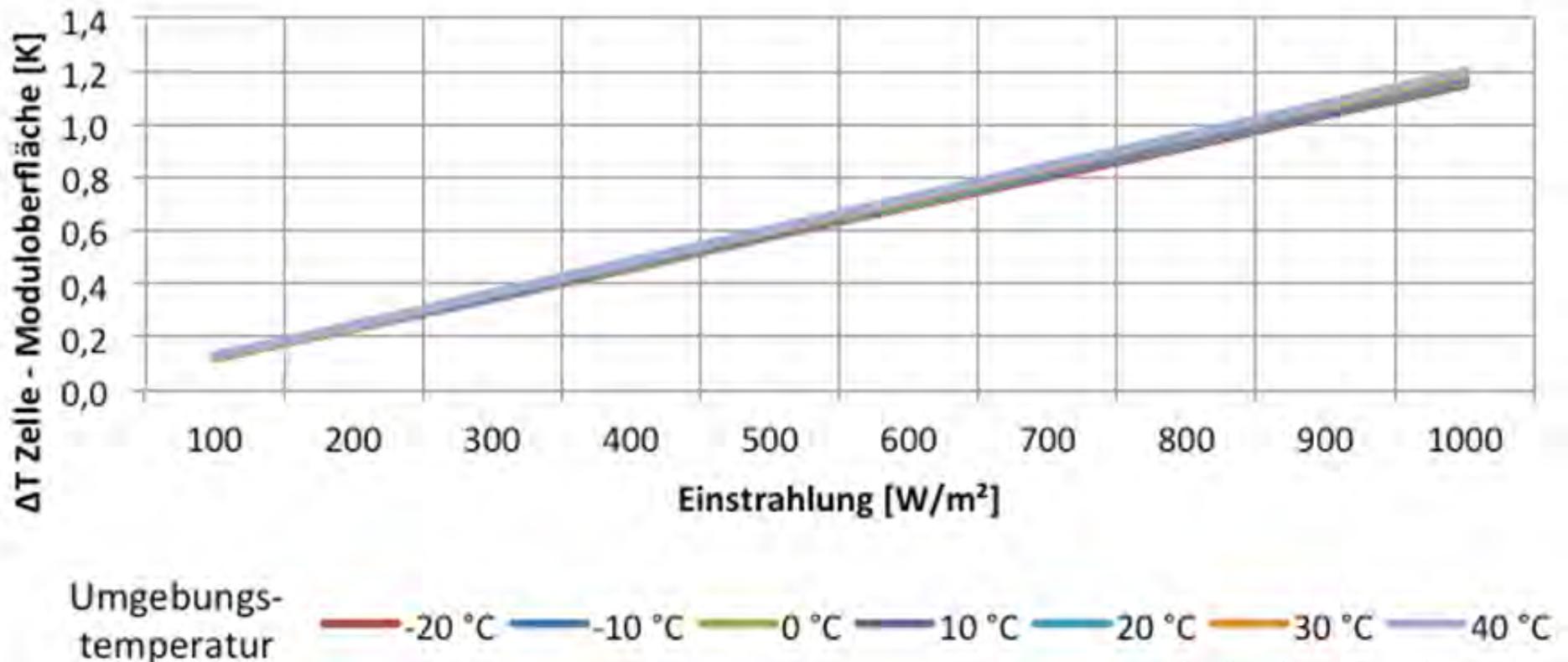
- **Wärmeleitung von der Zelle zur Moduloberfläche**
 - 1,57-fach höherer thermischer Widerstand an der Modulfrontseite



Quelle: Glotzbach et al., 2011

Modellierung des Temperaturverhaltens (statisch)

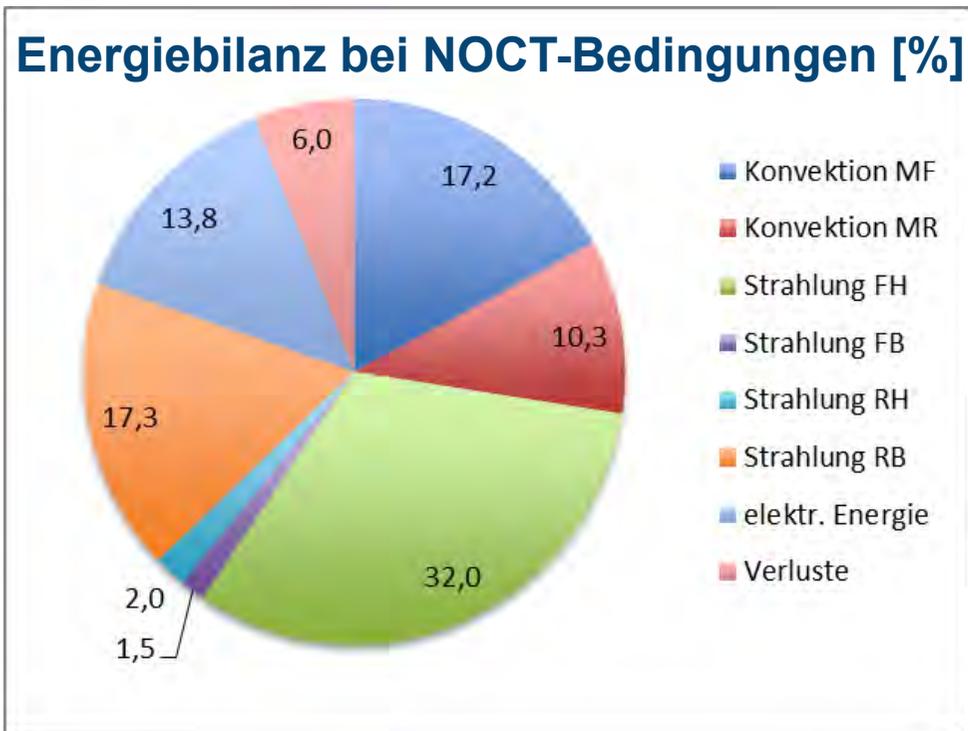
- **Wärmeleitung von der Zelle zur Moduloberfläche**



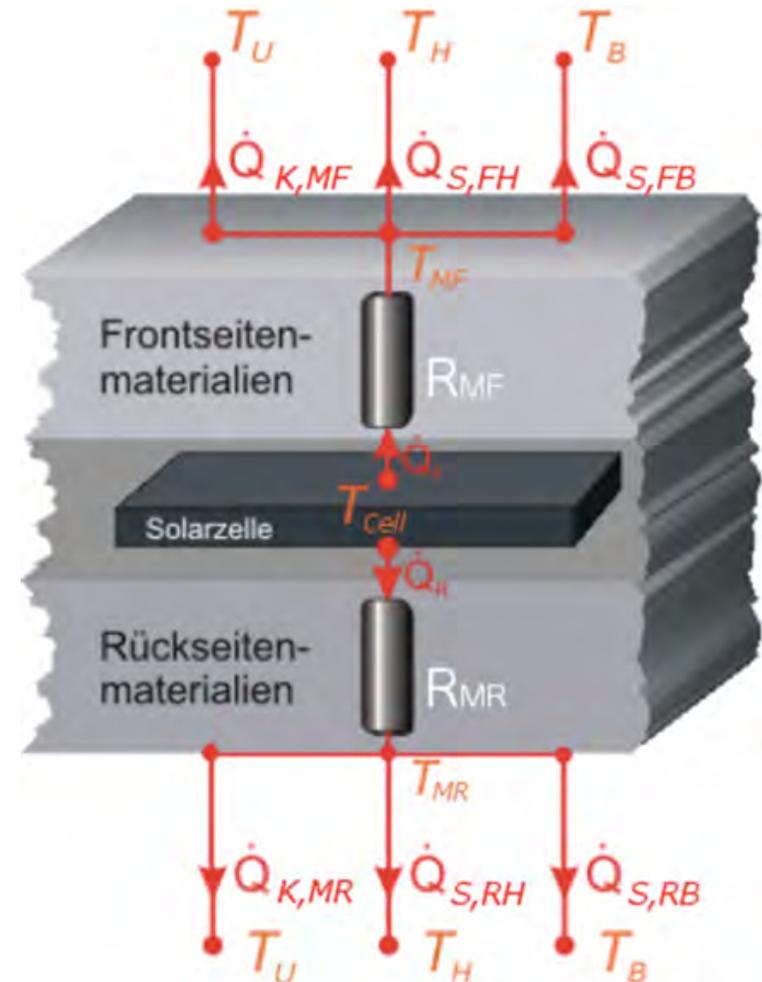
Quelle: eigene Berechnungen

Modellierung des Temperaturverhaltens (statisch)

- Wärmeübertragung an der Moduloberfläche (Rück- und Frontseite)**
 - Strahlung gegenüber Himmel / Boden
 - Konvektion



Quelle: eigene Berechnungen



Quelle: Krauter, 2008

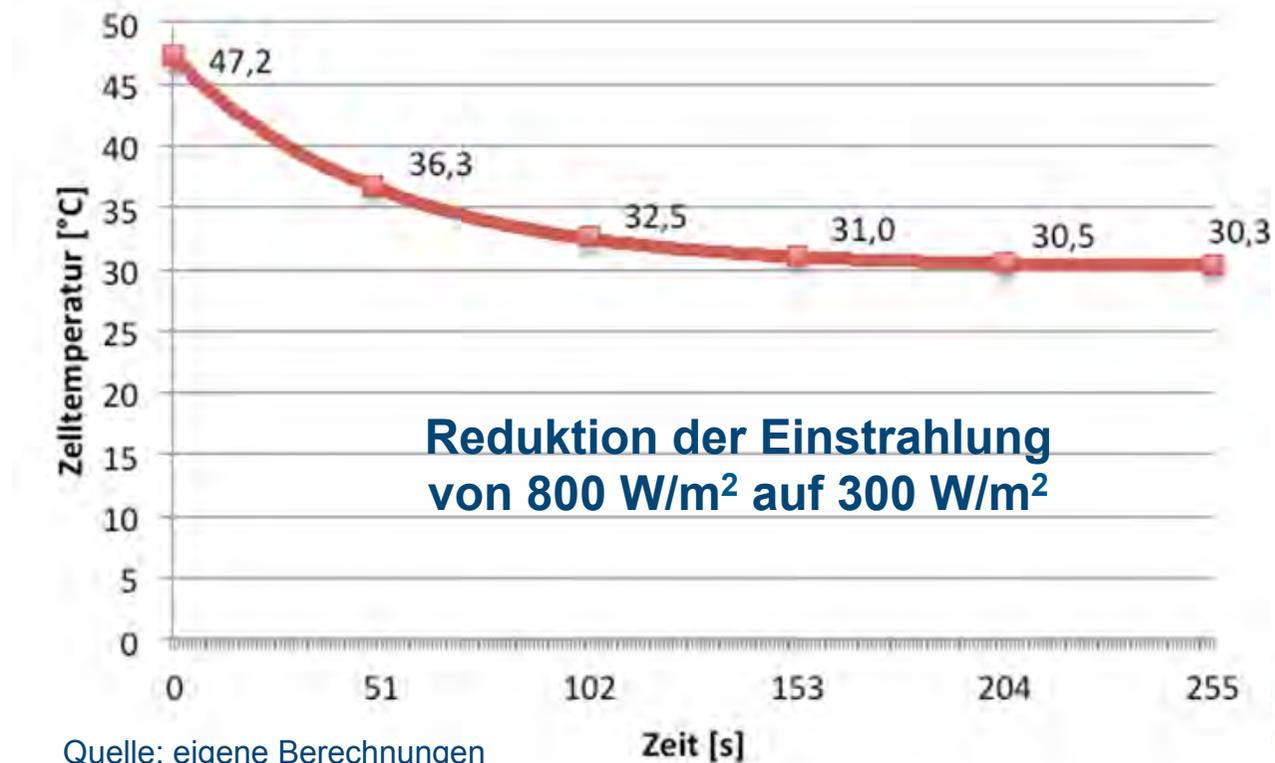
Modellierung des Temperaturverhaltens (dynamisch)

- **Zeitlicher Verlauf der Modultemperatur**

- Änderung der solaren Einstrahlung
- Einfluss einer aktiven Wasserkühlung an der Modulfrontseite

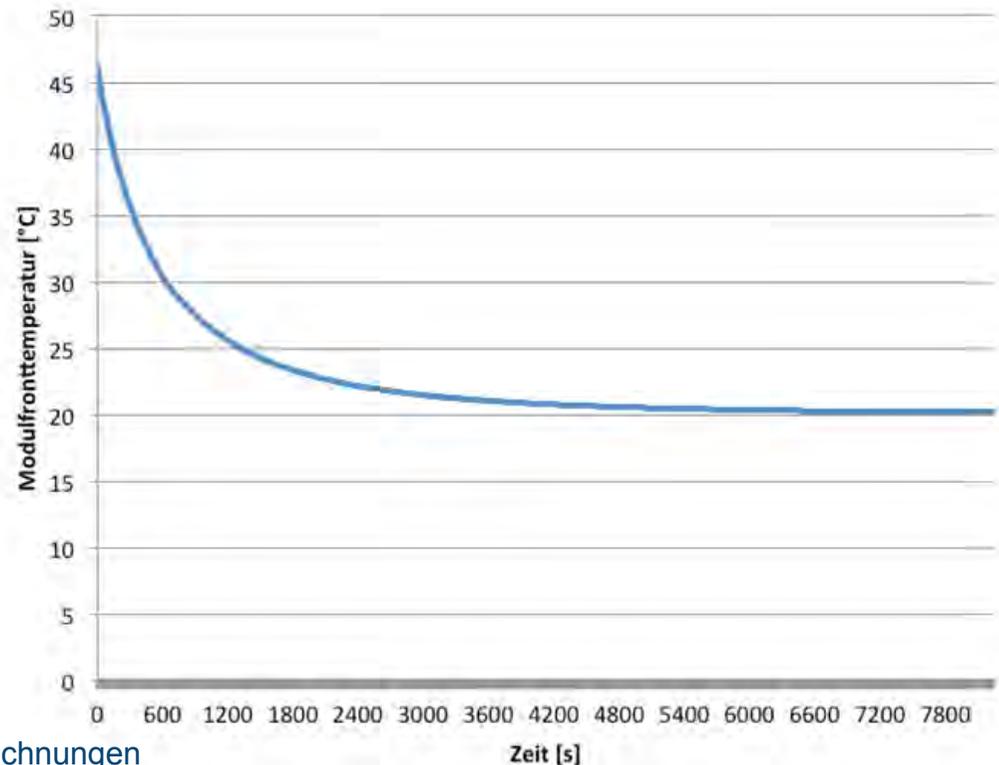
- **Zeitkonstante des PV-Moduls**

51 Sekunden



Modellierung des Temperaturverhaltens (dynamisch)

- **Wasserkühlung an der Modulfrontseite**
- **Zeitkonstante des PV-Moduls (NOCT-Bedingungen)**
 - Ca. 11 Minuten bei einer Wassertemperatur von 20°C
 - Ca. 12 Minuten bei einer Wassertemperatur von 10°C

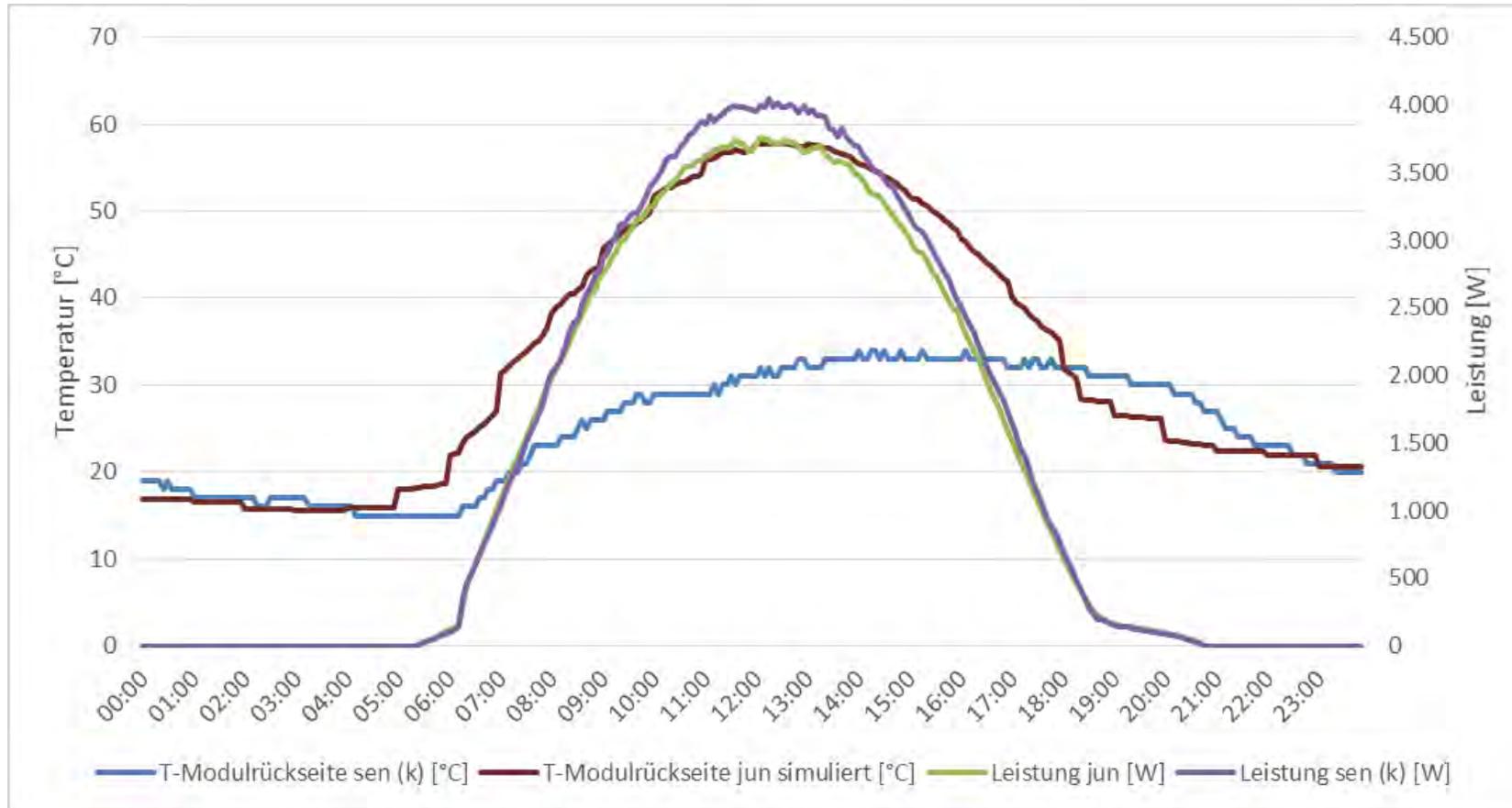


Quelle: eigene Berechnungen

Versuchsanlage Modulkühlung (Schema, Impressionen)



Versuchsanlage Modulkühlung (Ergebnisse 9. Juli 2011)

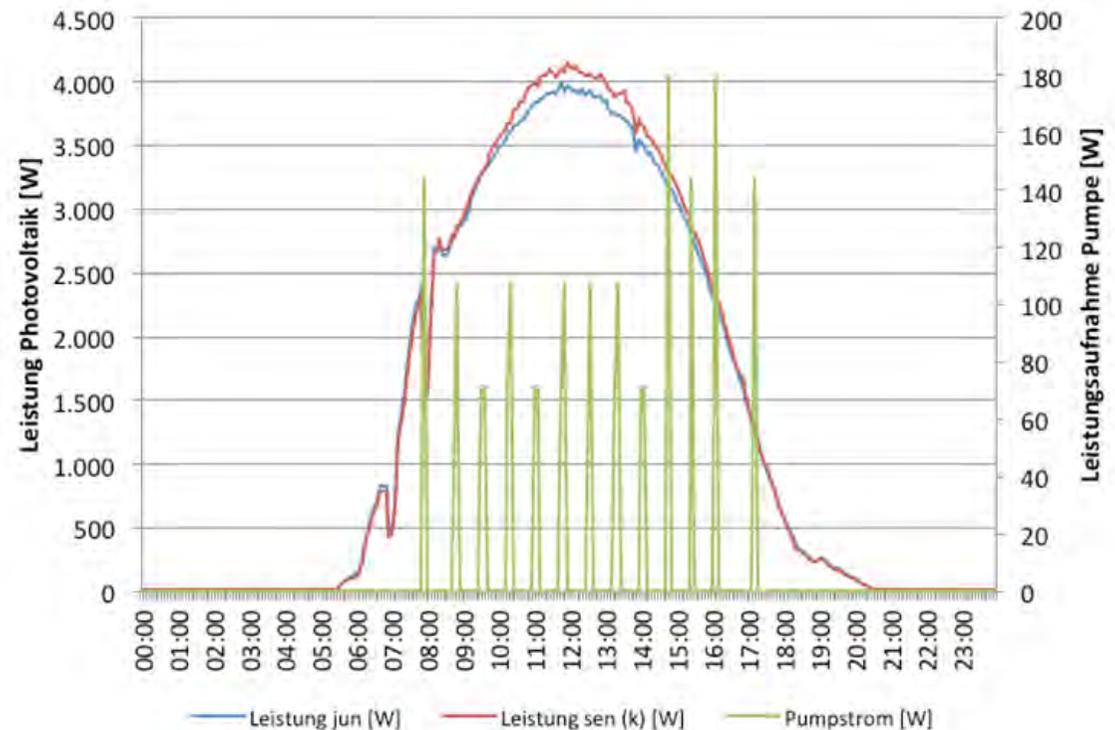


- Temperaturreduktion 24 K
- Leistungssteigerung real: ca. 9,4% (11,3% theoretisch)
- Leistungssteigerung Juni 2011: ca. 3,8%

Versuchsanlage Modulkühlung (Ergebnisse)

- **Zunehmende Verschmutzung nach 2-3 Monaten**
 - Regenwasser
 - Verschmutzung, da Wassercontainer im Freien
- **Nach Reinigung: ursprüngliche Leistungssteigerung**

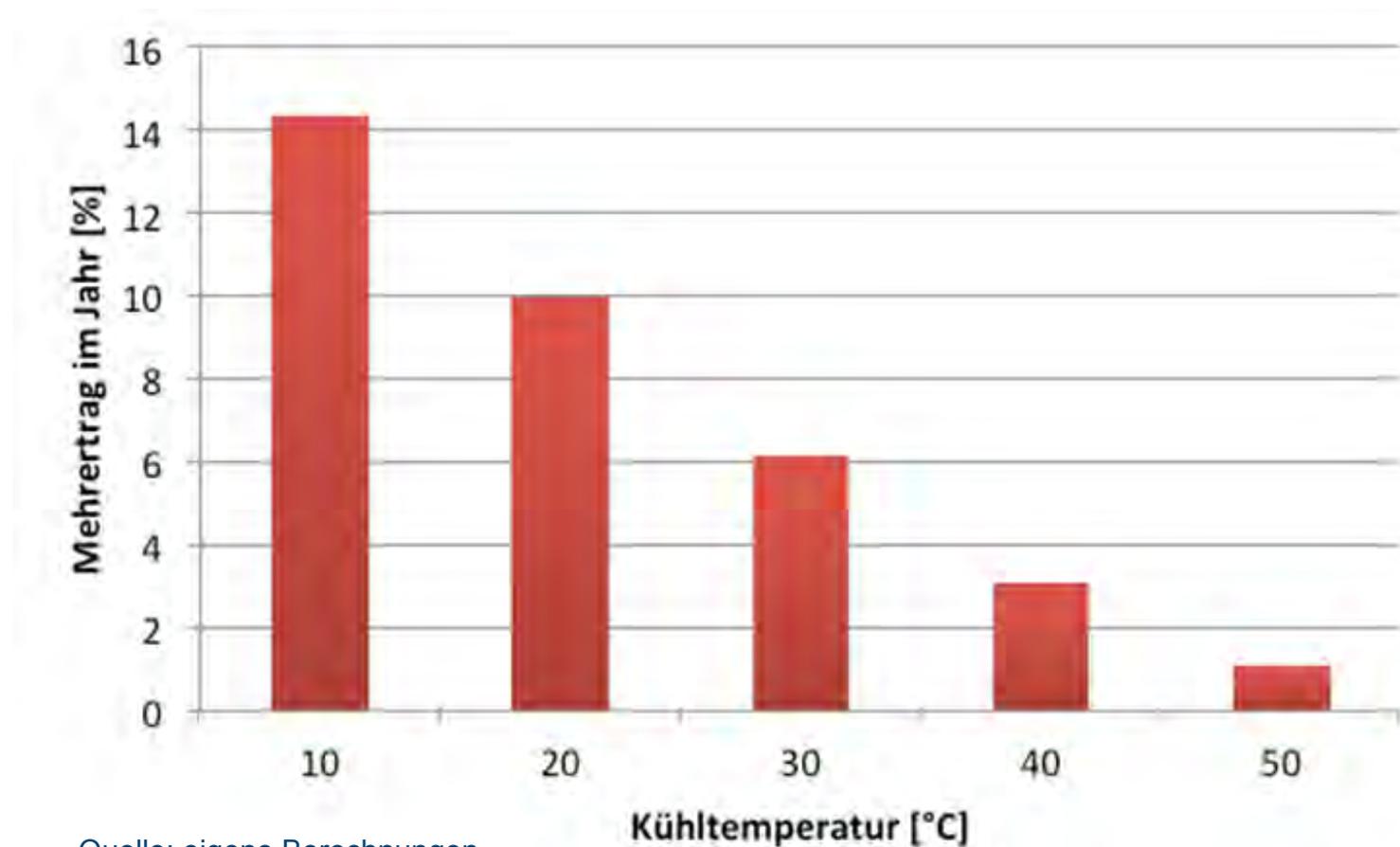
- **Benötigte Pumpenergie**
20% vom Mehrertrag



Quelle: eigene Berechnungen (Juli 2011)

Dynamische Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

- **Annahme: Begrenzung der Modultemperatur auf einen Maximalwert = Kühltemperatur**

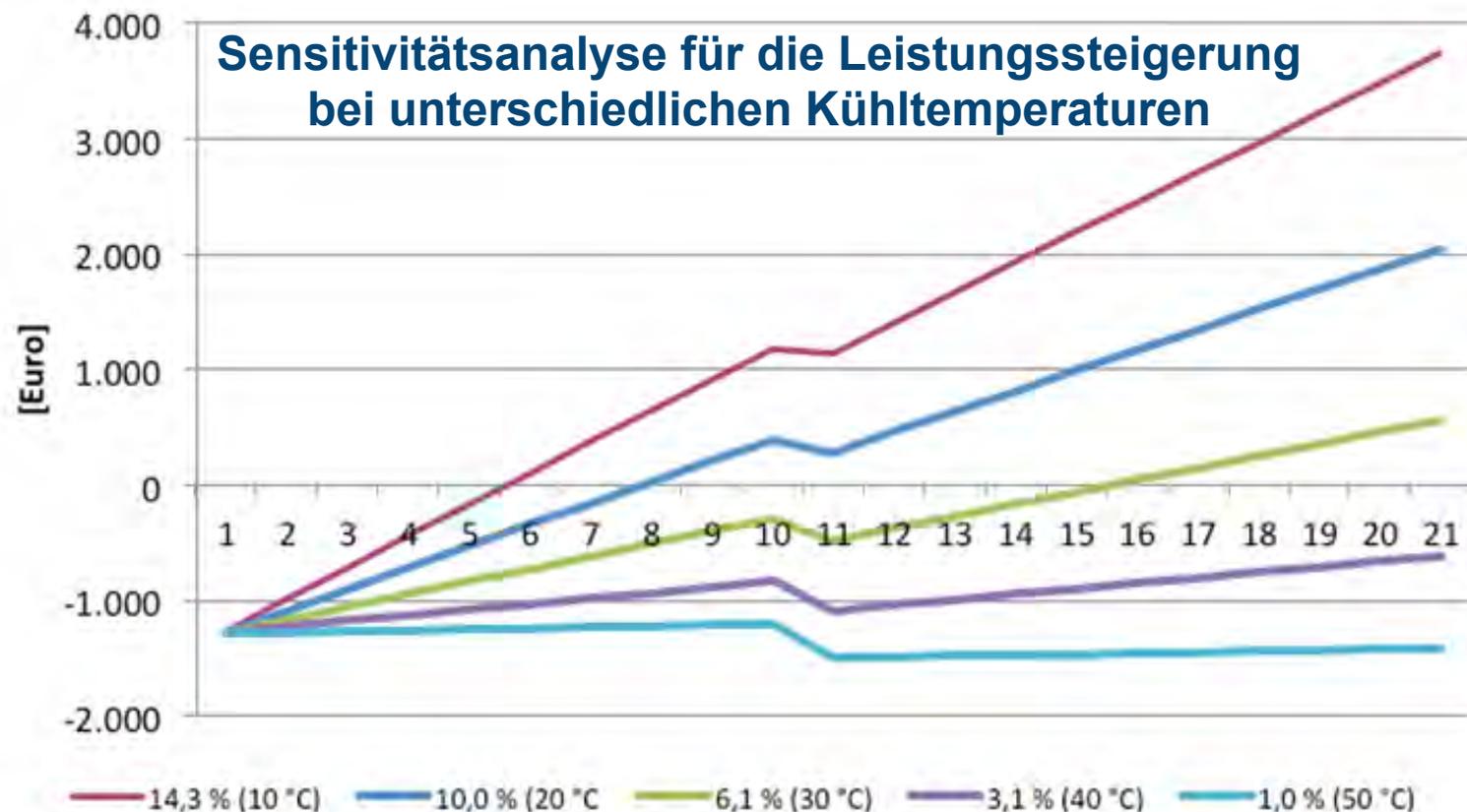


Quelle: eigene Berechnungen

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

▪ Ergebnis (Kühltemperatur 25°C)

- Amortisation nach 8 Jahren (statisch) bzw. 9 Jahren (dynamisch)
- Interne Verzinsung von ca. 10%



Quelle: eigene Berechnungen

Schlussfolgerungen

- **Derzeit kaum Methoden zur Leistungssteigerung**
(starke Preisreduktion PV)
- **Modellierung des Temperaturverhaltens**
 - Arbeit liefert Grundlagen für statische / dynamische Simulation
 - Gute Übereinstimmung der Simulation mit Ergebnissen aus Literatur
 - Thermisches Gleichgewicht zwischen Modulfront- und Modulrückseite kann nur idealisiert angenommen werden
- **Reale Versuchsanlage**
 - Deutliche Leistungssteigerung erzielbar, aber Modulverschmutzung
 - Gute Übereinstimmung bzgl. der Pumpenergie mit Literaturangaben
 - Weiterführende Arbeiten mit niedrigerer Wassertemperatur
 - Wirtschaftlichkeit im Bereich der Werte von PV-Anlagen
 - Evtl. neue Produkte / Dienstleistungsangebote
 - Ästhetischer Prozess, Neugierde, ...





13. SYMPOSIUM ENERGIEINNOVATION

Leistungssteigerung von Photovoltaikanlagen durch Modulkühlung

DI (FH) DI Alois Niederl
Graz, Februar 2014

