

Einsatz verbesserter Regelungskonzepte zur Ertragssteigerung

Ansätze zur Regelung von linienfokussierenden Systemen

Bei Kollektorfeldern soll die Temperatur am Austritt konstant gehalten werden. Da die Direktnormalstrahlung nicht beeinflusst werden kann, wirkt sie auf den Regler als Störgröße. Der Regler passt bei Temperaturabweichungen den Eintrittsmassenstrom an. Sehr hohe Durchlaufzeiten erschweren die Nutzung klassischer Regelkonzepte, die meist auf PI-Reglern basieren. Komplexere Reglerstrukturen können einen effizienten sowie komponentenschonenden Betrieb gewährleisten und damit eine Ertragssteigerung erzielen.

Grundprinzip modellprädiktiver Regelung (MPR)

Die MPR verarbeitet historische wie – im Vergleich zur PI-Regelung – auch zukünftige Prozessvariablen. Im Zusammenhang mit dem integrierten Systemmodell ist es möglich, den optimalen Stelleingriff (u^*) zu ermitteln (Abb. 1 und 2). Neben dem frei zu definierenden Optimierungskriterium können ebenfalls Grenzwerte für Regeleingriffe und –abweichungen implementiert werden. In Abb. 2 ist die Wirkweise beispielhaft dargestellt.

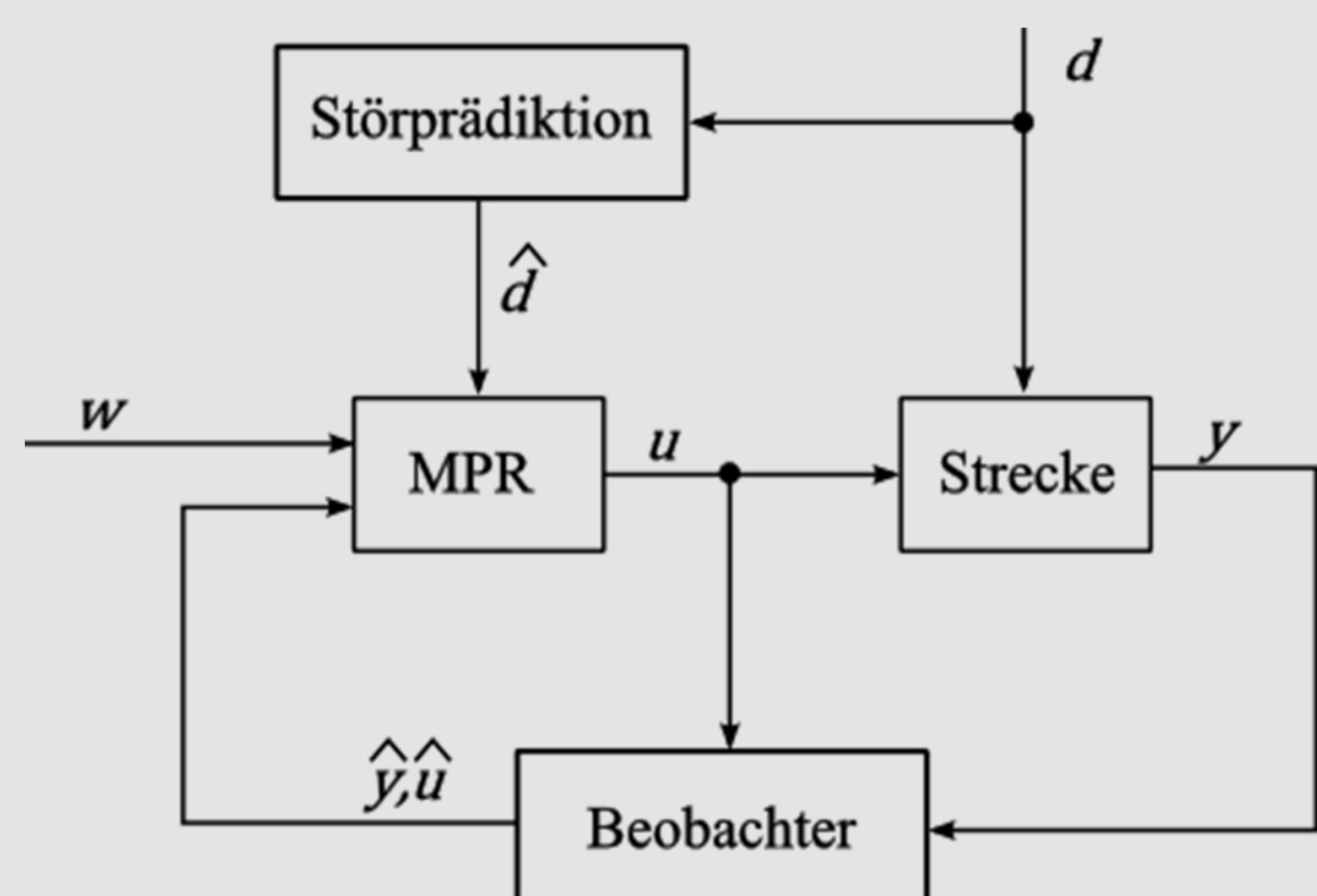


Abb. 1: Regelung im Verdampfer basiert auf Vorhersage-Modell mit Einstrahlungsinformationen.

y : Temperaturen des Kollektorfeldes
 u : Massenstrom am Kollektoreintritt
 \hat{y}, \hat{u} : Beobachtung obiger Größen
 d : Solare Einstrahlung
 \hat{d} : Vorhersage der solaren Einstrahlung
 w : Soll-Temperatur am Kollektorausritt

Die Struktur der MPR zeigt, dass die Qualität der Wettervorhersage (Störprädiktion) direkt die Regelgüte beeinflusst. Niedrige Abweichungen, hohe örtliche und zeitliche Auflösung sind Merkmale einer hohen Regelqualität.

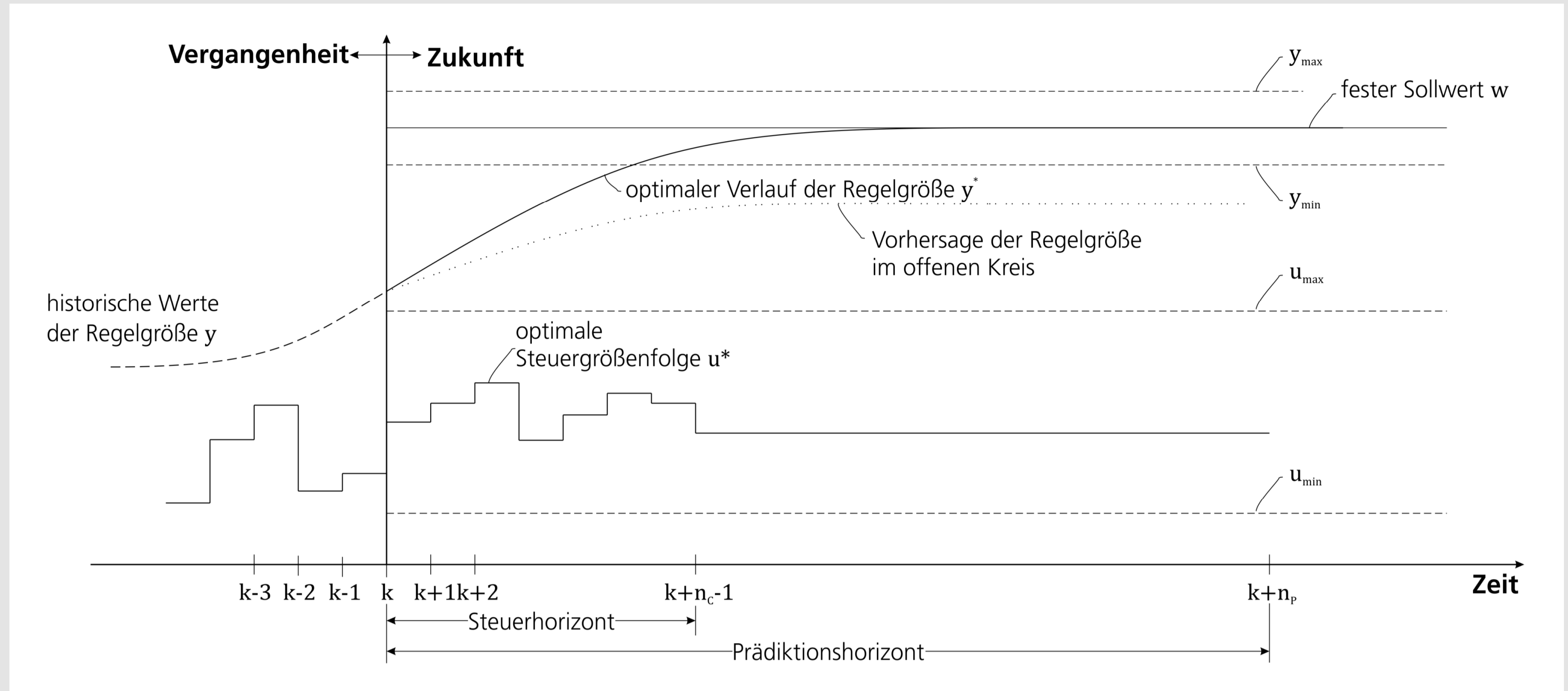


Abb. 2: Grundprinzip der modellprädiktiven Regelung [nach Dittmar et.al, 2004]

Anwendungsfall Salzsysteme

Die Genauigkeit der Vorhersage von örtlich und zeitlich variierender Einstrahlung beeinflusst die Regelqualität der MPR. Ungenauigkeiten können sich z.B. in einer Unsicherheit des zeitlichen Verlaufs der Vorhersage oder in der örtlichen Auflösung äußern.

Bei einer sinusförmigen Störung (Abb.3) besitzt die MPR im Vergleich zur PI-Regelung das Potential eines stabileren Temperaturverlaufs (Abb. 4). Die Qualität der MPR-Regelung ist im gewählten Fallbeispiel robust gegenüber Vorhersageabweichungen von $\pm 30\%$ (Abb. 5). Wird keine örtliche Auflösung der Vorhersage einbezogen, ergibt sich eine größere Regelabweichung.

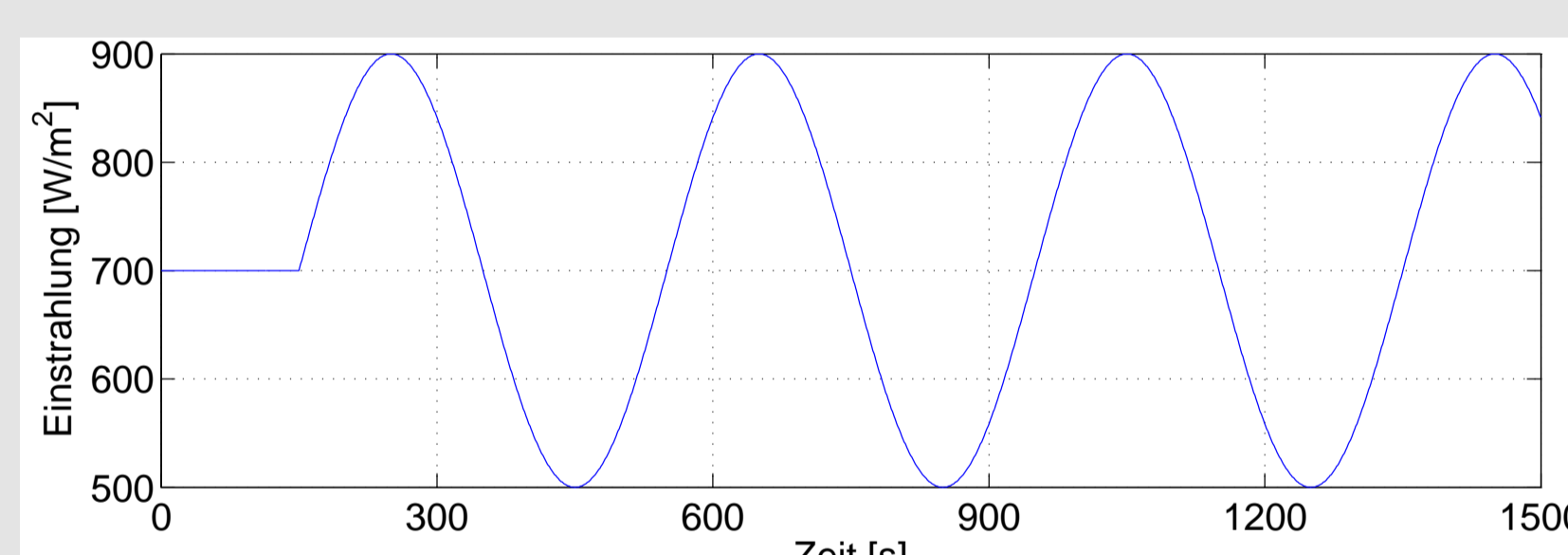


Abb. 3: Zeitlicher Verlauf der solaren Einstrahlung (Störgröße) am Kollektorausritt.

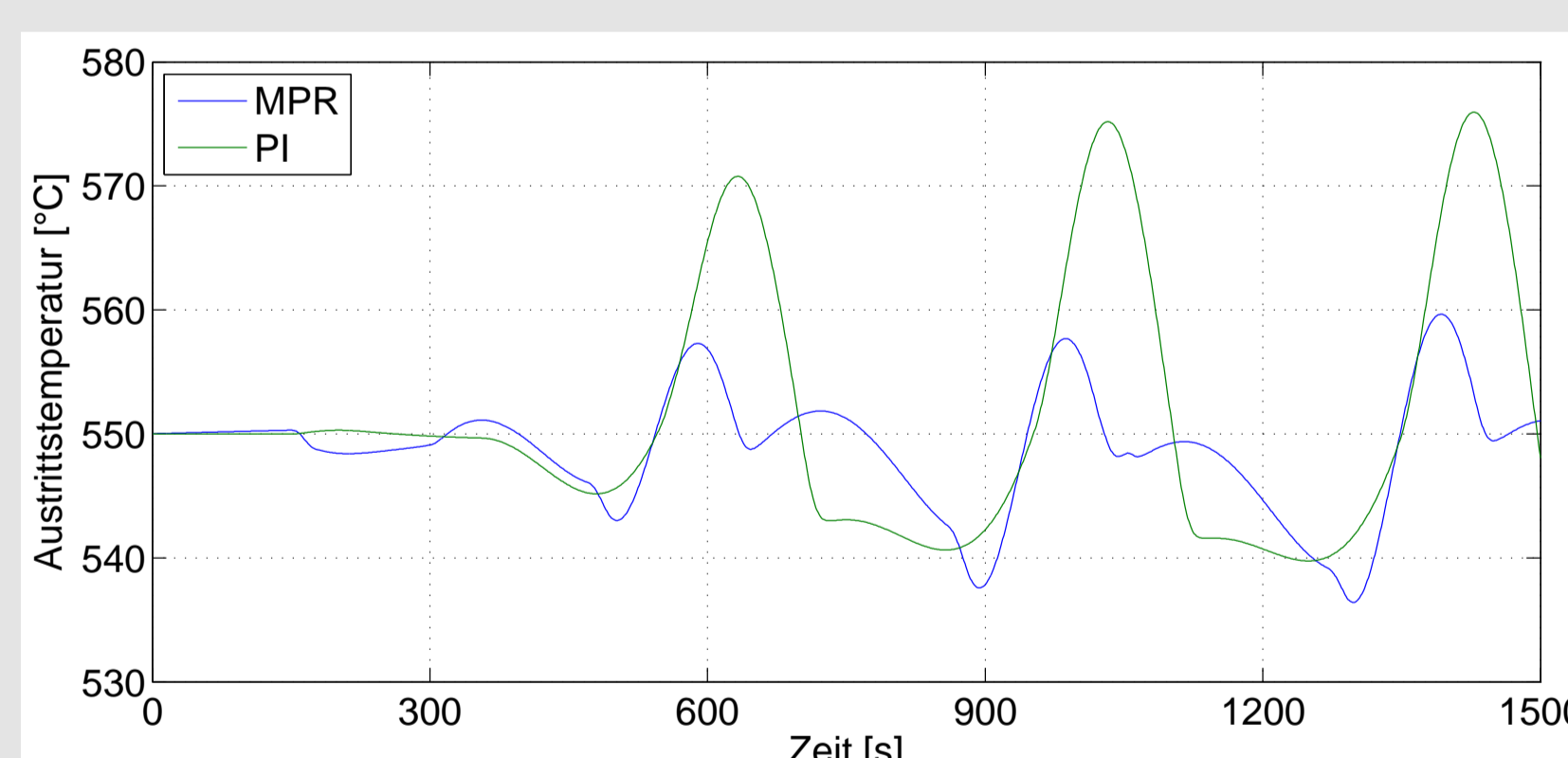


Abb. 4: Vergleich von PI- und MPR-Regelung. MPR-Regelung mit exakter Vorhersage.

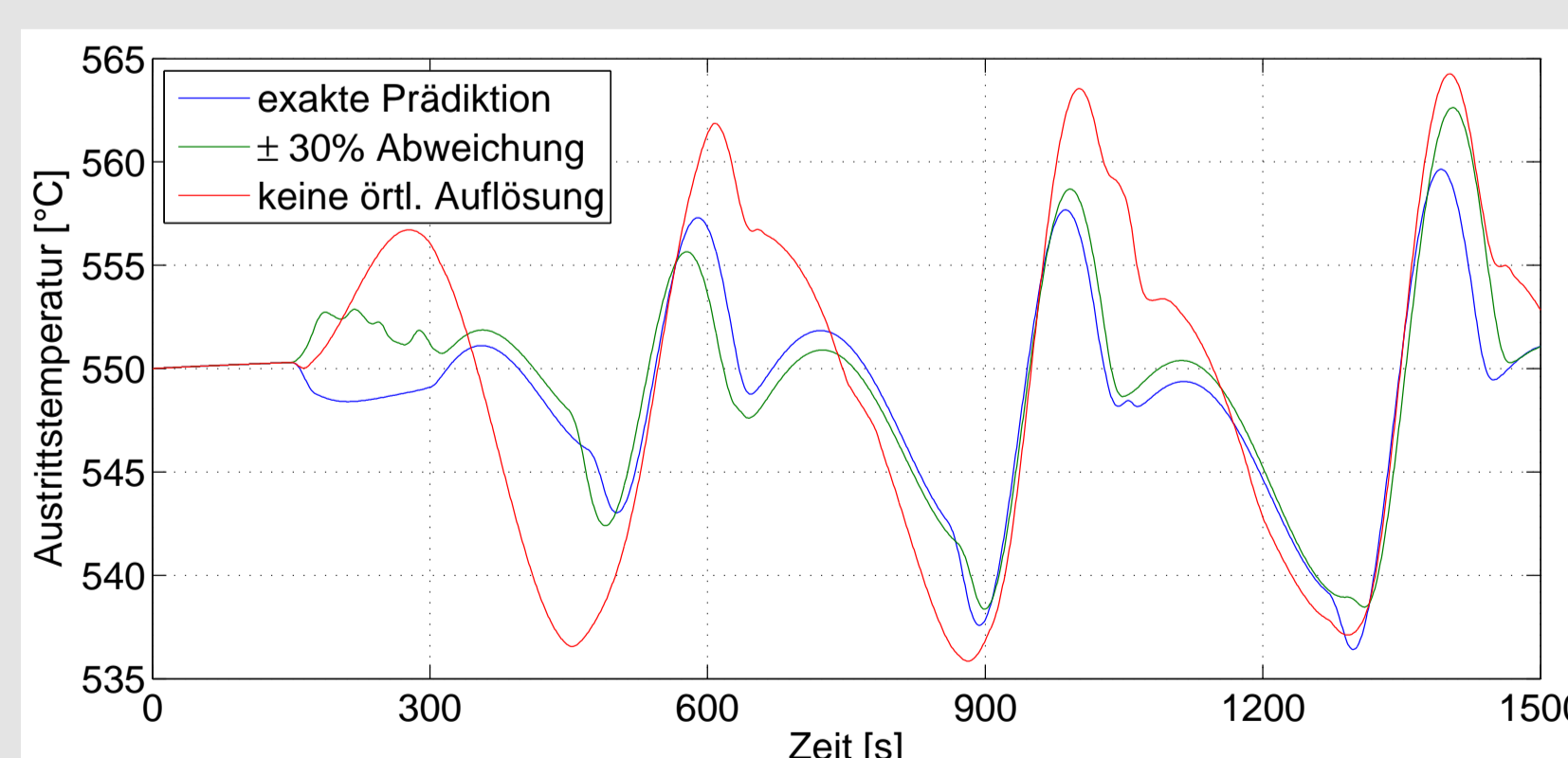


Abb. 5: Einfluss der Vorhersagegenauigkeit auf die Regelgröße bei der MPR.

Anwendungsfall Solare Direktverdampfung

Solarfelder mit Direktverdampfung im Durchlaufkonzept weisen im Vergleich zu Öl- und Salzsystemen weitere herausfordernde Eigenschaften auf:

- Kompressibilität: eine Änderung des Eintrittsmassenstroms wirkt erst mit großer Verzögerung am Austritt, weswegen mindestens ein Einspritzer pro Loop vorgesehen sein sollte.
- Ortsabhängigkeit: Die transiente Wirkung einer Einstrahlungstörung hängt stark vom Ort der Störung ab
- Schlechte Beobachtbarkeit: durch die konstante Verdampfungstemperatur kann über weite Teile des Loops kein Systemzustand bestimmt werden.

Als zweite Regelgröße wird daher der Ort des Verdampfungsendes eingeführt. In aktuellen Konzepten können dazu nur Temperaturmessungen aus dem Überhitzerbereich genutzt werden (Abb. 6). Durch die Kombination von modellprädiktiver Regelung und lokalen Strahlungsinformationen/Nowcasting kann der Zustand im Verdampferteil vorhergesagt und die Regelgüte deutlich verbessert werden (Abb. 7).

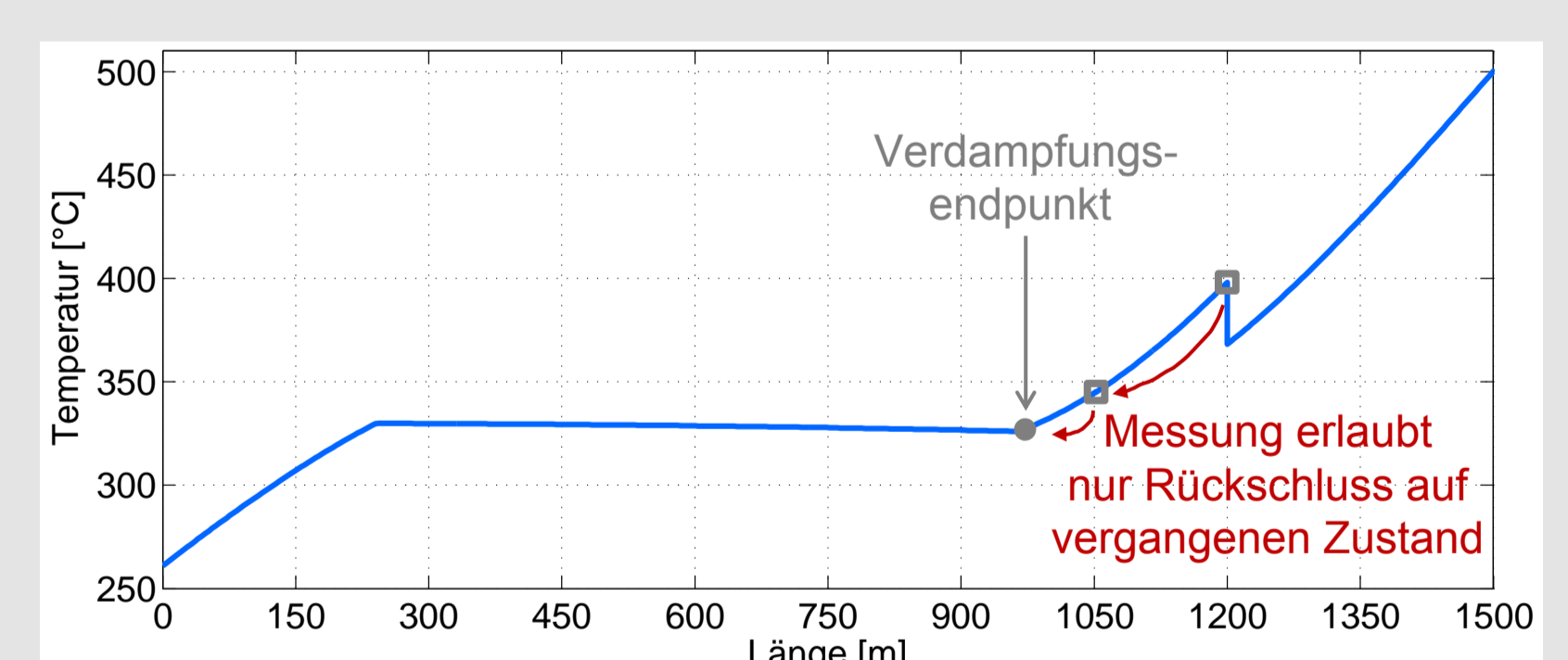


Abb. 6: Regelung Verdampfungsende basierend auf verzögert eintreffenden Temperatur-Messwerten.

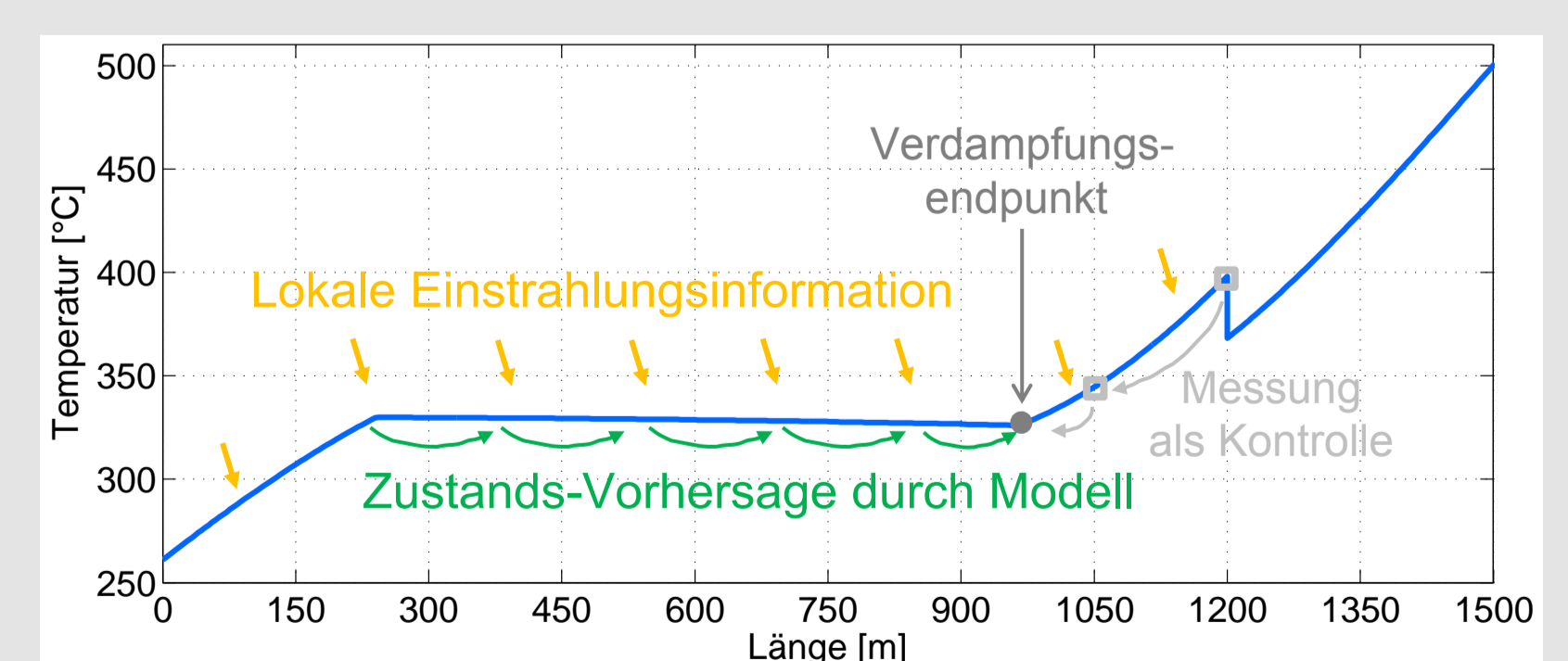


Abb. 7: Regelung Verdampfungsende basierend auf Vorhersage-Modell mit Einstrahlungsinformationen.