

Digitalisierung in der Fernwärmeforschung



Prof. Dr.-Ing. Matthias Finkenrath
Hochschule Kempten

AGFW-Expertenforum „Fernwärme digital“ 18.-19. April 2023 Frankfurt am Main

Forschungslandschaft „Digitalisierung in der Fernwärme“

Schwerpunkte einiger Forschungsvorhaben (indikativ)

	Übergabestationen	Verteilnetze	Erzeugung / Sektorkopplung
Simulation		DIGIHEAT	KWKflex Heat SHIFT
Maschinelles Lernen / KI	ILSE		deepDHC
Kennzahlen / Monitoring		Nemo	
IKT Vernetzung	DIG I HAST	SMART HEAT	HybridBOT_FW
Rechtliche Aspekte / Datenschutz	FWdigital		

Forschungsaktivitäten decken ein breites Feld an Digitalisierungsmöglichkeiten ab

Projektbeispiel 1: Einsatz maschineller Lernverfahren („KI“) zur Wärmelastprognose

Motivation für Erstellung von Wärmelastprognosen

- Optimierung von Anlageneinsatz bzw. Wärmebereitstellung, dadurch
 - Einsparung fossiler Brennstoffe zugunsten erneuerbarer Energien,
 - Optimierung von Brennstoffbeschaffung oder Wartungsarbeiten

Fokus

- Langzeitwärmelastprognosen mindestens 72 h
- Automatisierung der Prognosen & Bereitstellung über Web-Interface
- Wirtschaftliche Bewertung von Verbesserungen der Prognosegüte

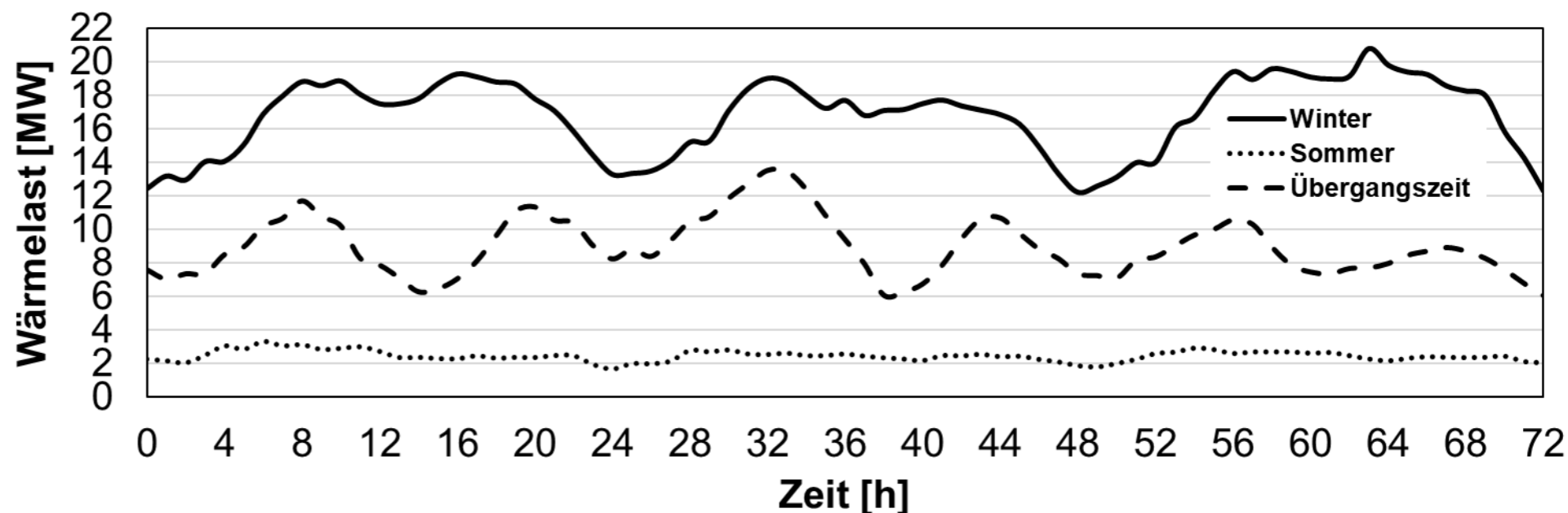
Wärmelastprognose ist eine zentrale Randbedingung für den wirtschaftlichen Betrieb und die Vermeidung von CO₂ Emissionen

Datenbasis

Wärmelastgänge aus allen Fernwärmenetzen (Wohn-, Industrie- und Mischgebiete)

- Aktuelle & vergangene Lasten (bis zu 15 Jahre zurückliegend)

Beispiellastgang
über 3 Tage



Weitere Parameter:

- Wetterdaten (standortgenau, z.B. DWD MOSMIX bis zu 10 Tage im Voraus)
- kalendarische Daten (z.B. Stunde, Monat, Wochentag, Jahreszeit, Feiertag)

Umfangreiche Datenbasis zum Training, Validieren und Testen wird benötigt

Datenaufbereitung

Aufbereitungsschritte

- Korrelationsanalysen
- Zusammenführen benötigter Daten (z.B. Last und Wetter)
- Plausibilitätsprüfung
- Korrektur fehlerhafter Daten und Vervollständigung von Datenlücken:
 - Verfahren der Imputation, z.B. über Nächste Nachbarn Klassifikation (KNN)
 - Verwendung von Nachbarwetterstationen
- Kategorisierung von Daten und Berechnung zusätzlicher Eingangsgrößen
- Ablegen der Daten in der Datenbank
- Aufteilung in Trainings-, Validierungs- und Testdaten
- Automatisierung der oben genannten Verarbeitungsschritte (stündliches Update)

Vielschichtige Aufbereitung zur Bereitstellung einer fehlerfreien Datengrundlage erforderlich => hoher Zeitaufwand!

Beispiele untersuchter Prognoseverfahren

Autoregressive Verfahren

- SARIMAX (Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average Exogenous model)

Entscheidungsbäume

- Random Forest
- AdaBoost (Adaptive Boosting)
- Extreme Gradient Boosting

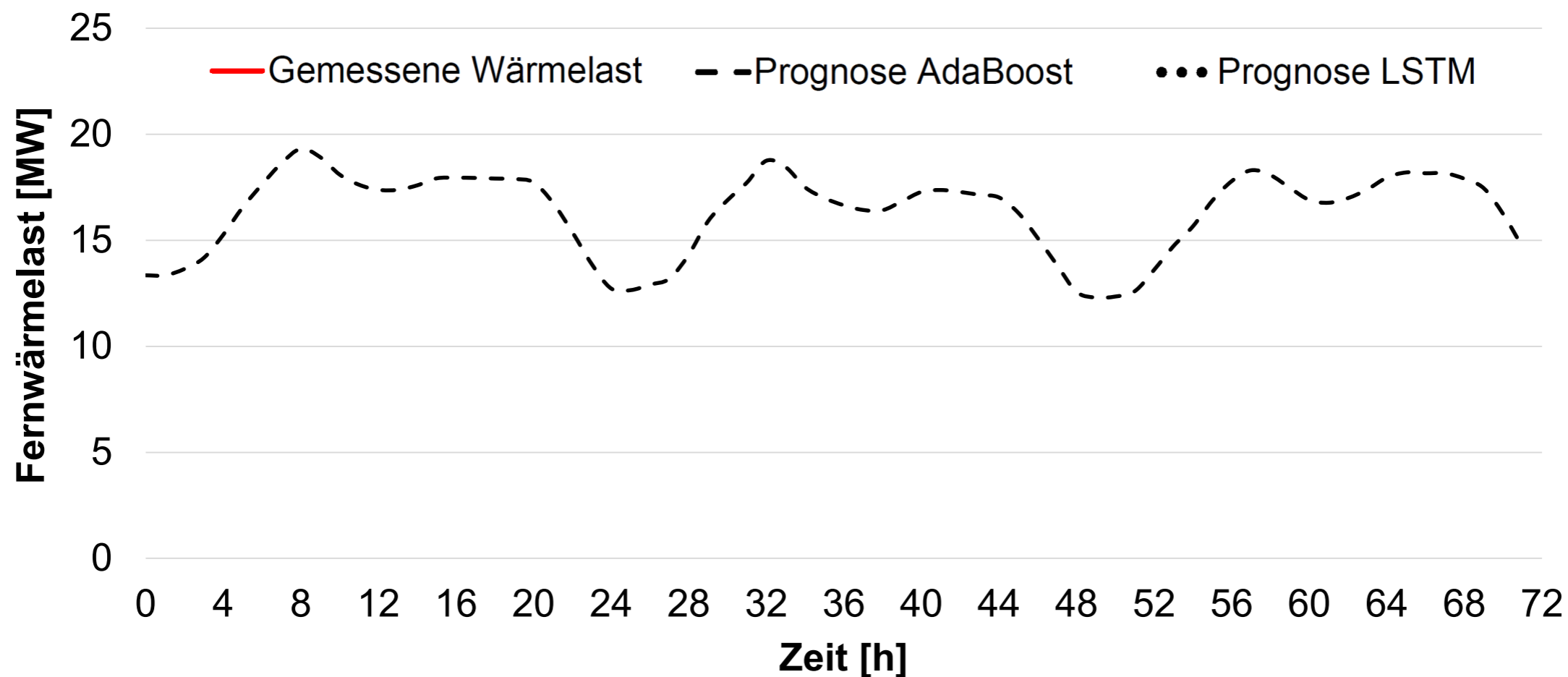
Neuronale Netze

- Echo State Network (ESN)
- LSTM (Long short-term memory)
- Temporal Fusion Transformer (TFT)

Unterschiedlichste Methoden sind verfügbar und wurden untersucht

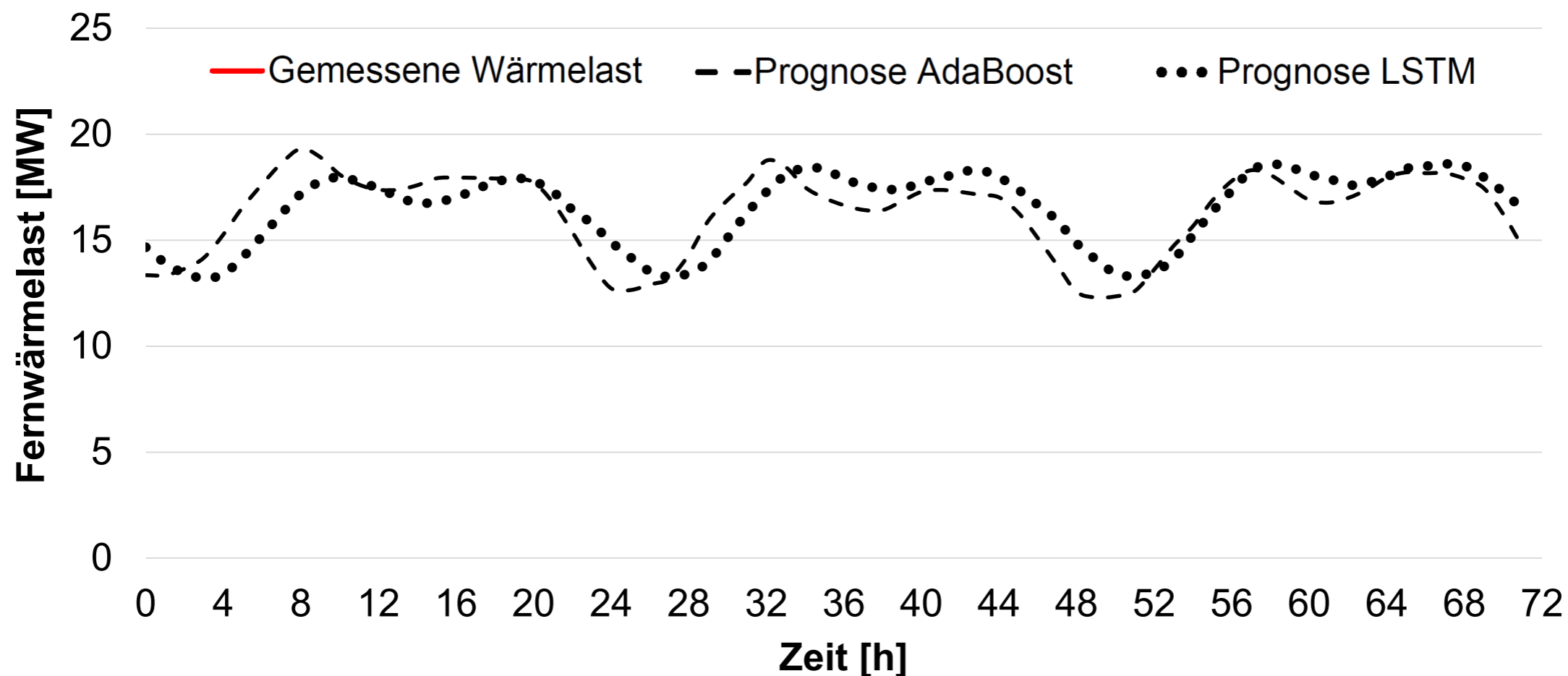
Beispielprognose

Vergleich einer 72 h-Vorhersage mit der tatsächlich eingetretenen Last



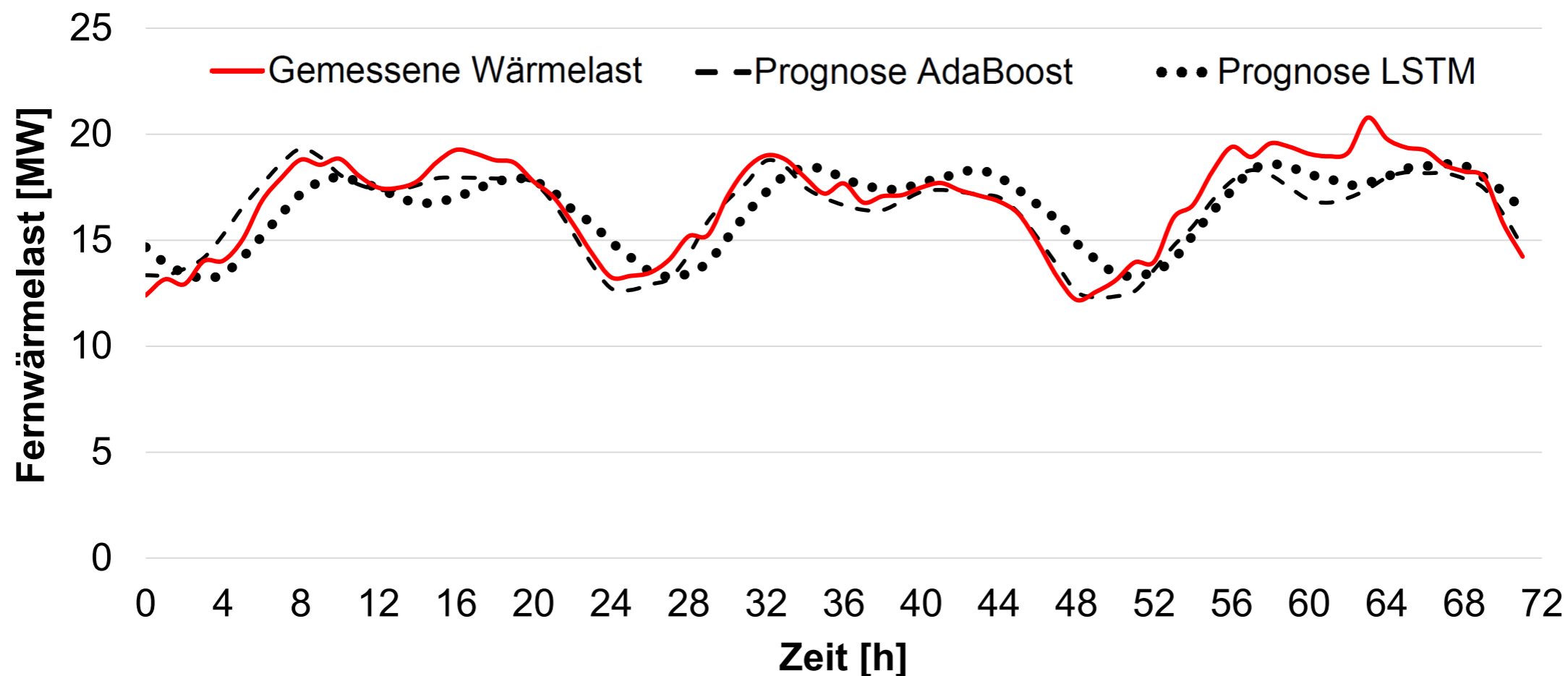
Beispielprognose

Vergleich einer 72 h-Vorhersage mit der tatsächlich eingetretenen Last



Beispielprognose

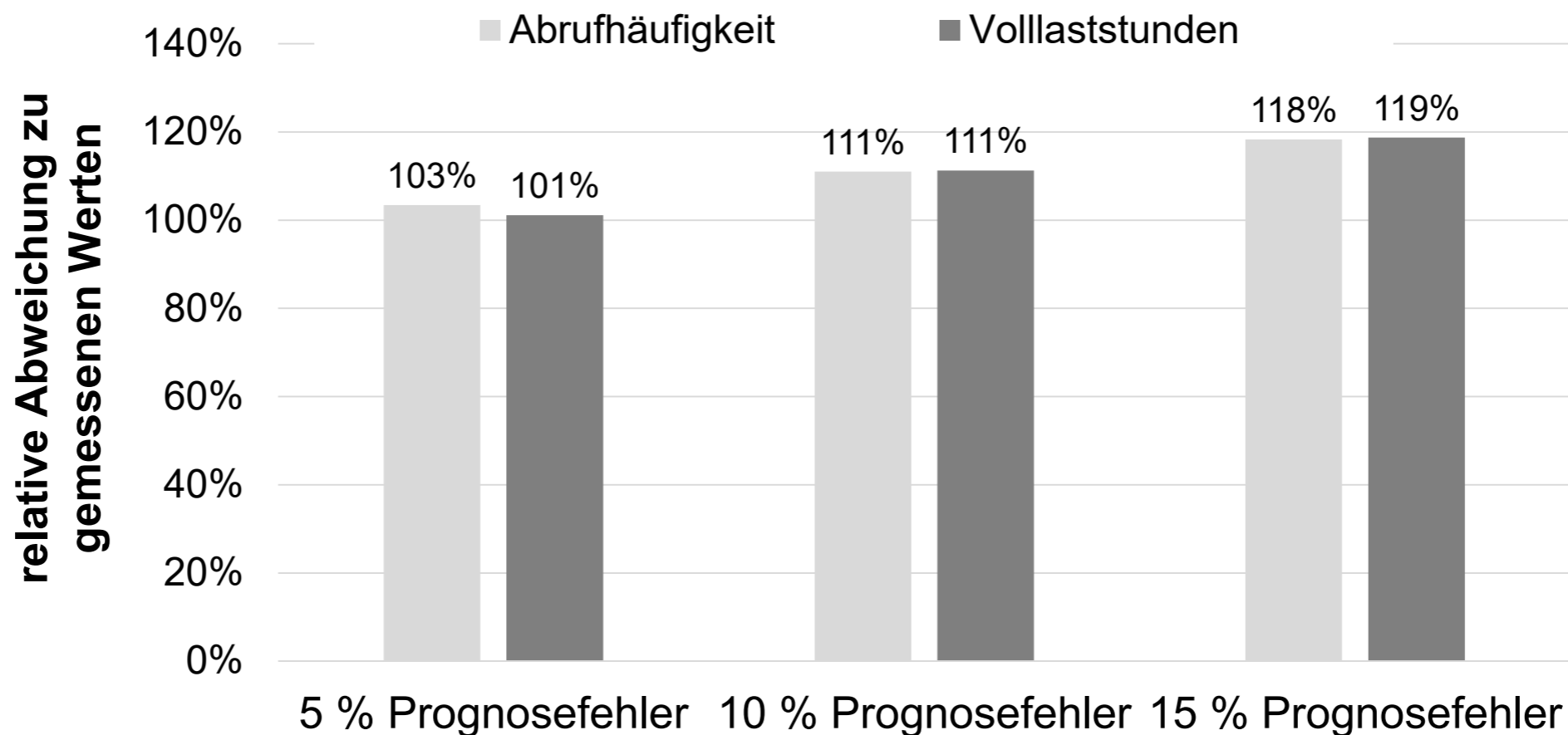
Vergleich einer 72 h-Vorhersage mit der tatsächlich eingetretenen Last



Prädiktionen über 72 h-Intervall mit hoher Genauigkeit möglich

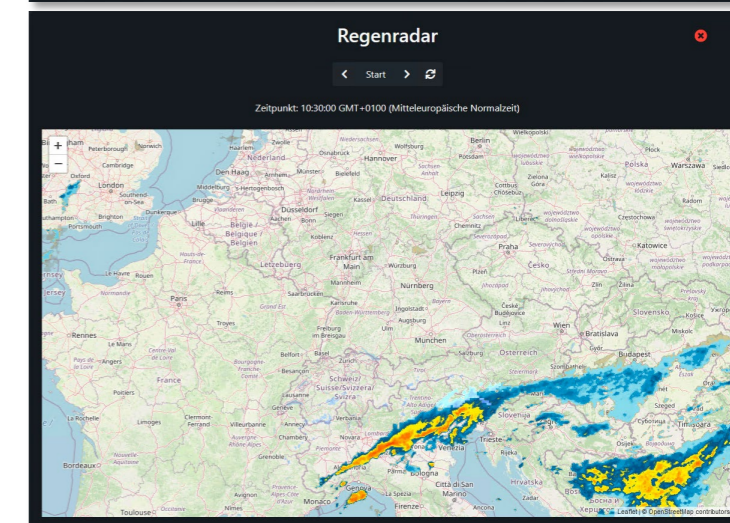
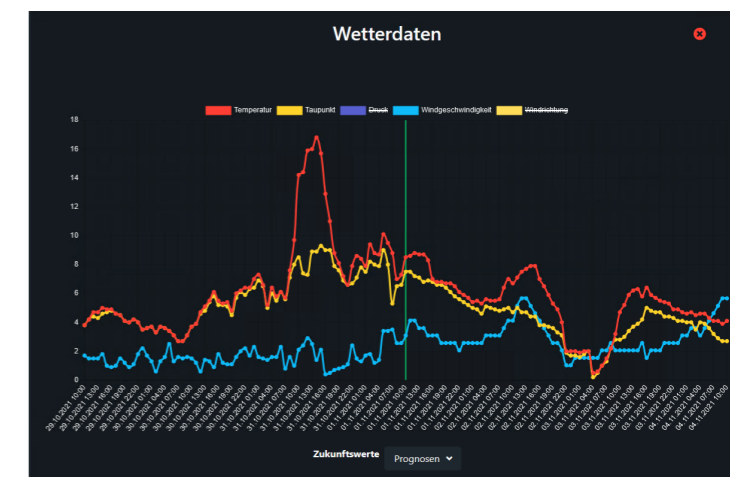
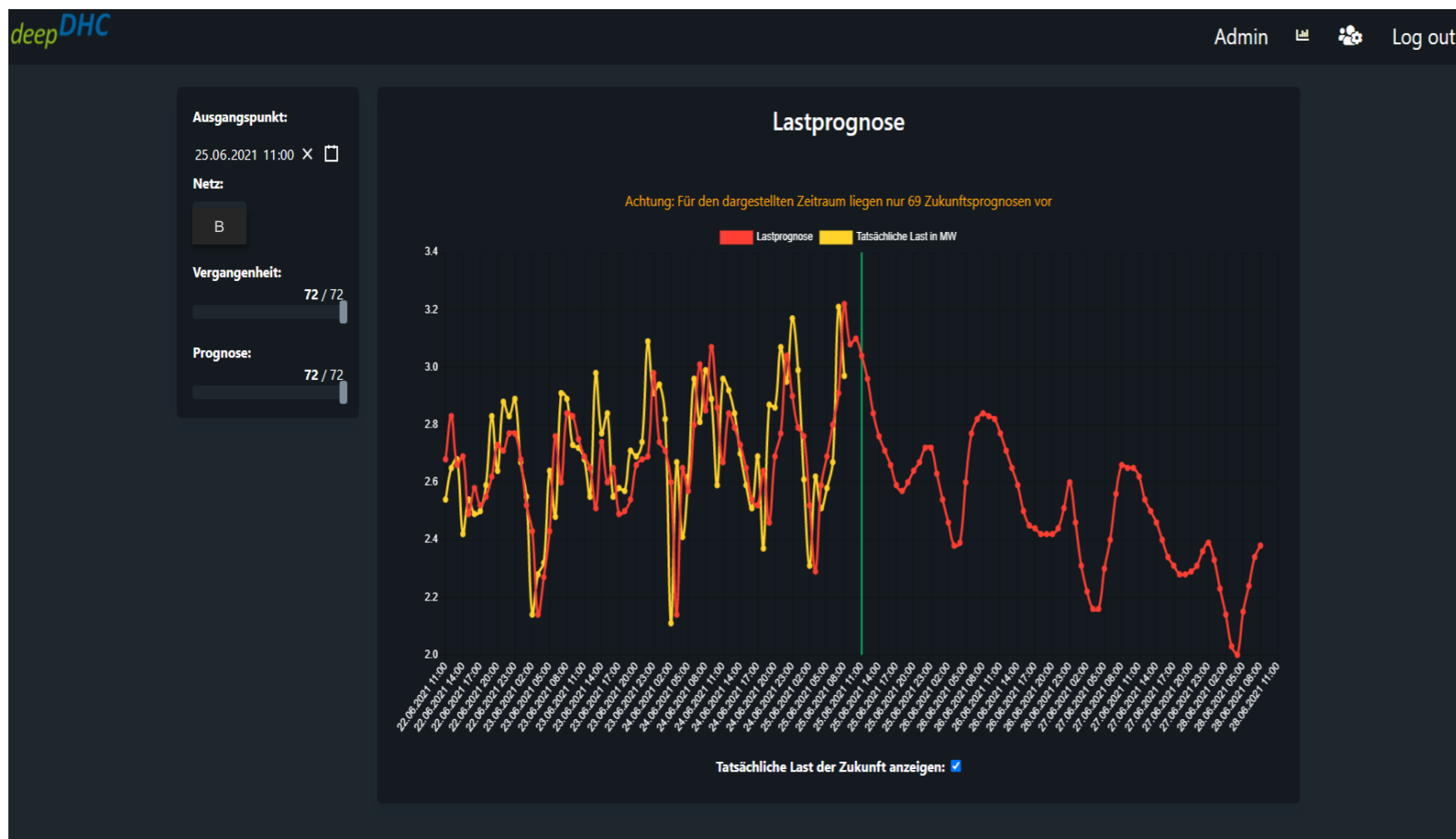
Wirtschaftliche Auswirkungen unterschiedlicher Prognosegüten

Spitzenlastkeseinsatz bei unterschiedlichen Prognosegüten
(Überprüfung mit Anlageneinsatzplanung)



**Steigende Betriebskosten (Brennstoff, CO₂, Verschleiß, etc.)
bei steigendem Prognosefehler**

Darstellung in Webanwendung



Automatisierte Datenverarbeitung & Live-Testbetrieb
 ⇒ Implementierung/Datenschnittstellen erfordern hohen Zeitaufwand

Beispiele für Übertragbarkeit der Methodik auf andere Zeitreihen- bzw. Bedarfsprognosen

Anwendungsbeispiele:

- Wärme- / Kältebedarfsprognosen
- Strombedarfsprognosen
- Prognose des Gasverbrauches
- Rohstoffbedarf
- Maschineneinsatz
- Vorhersage von Preisentwicklungen usw.

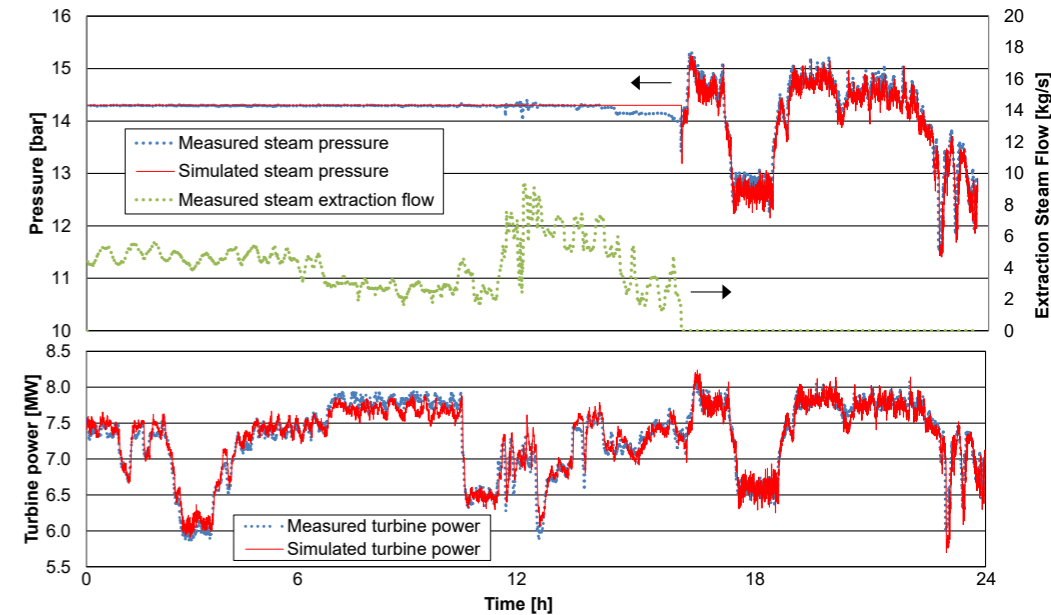
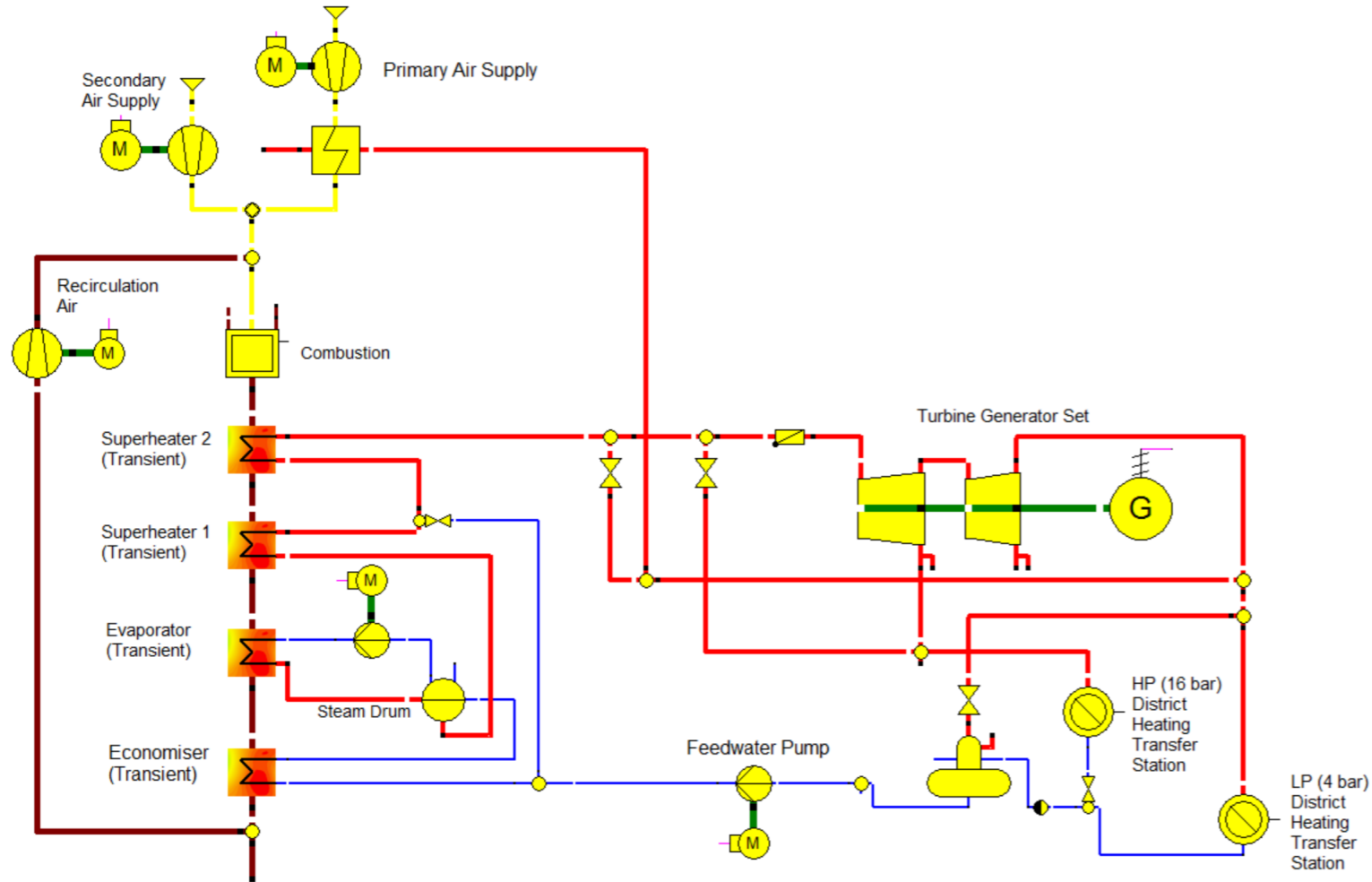
Optimierung von:

- *Anlageneinsatz, Wartung*
- *Wärmespeichereinsatz*
- *Einkauf*
(Gas/Strom/Wärme/Rohstoffe/Waren)

Methodik ist auf viele Problemstellungen und andere Nutzerkreise übertragbar

Projektbeispiel 2: Prozesssimulation als Schlüsseltechnologie

Simulationsmodell des Biomassekraftwerks der FUG (58 MW_{th})

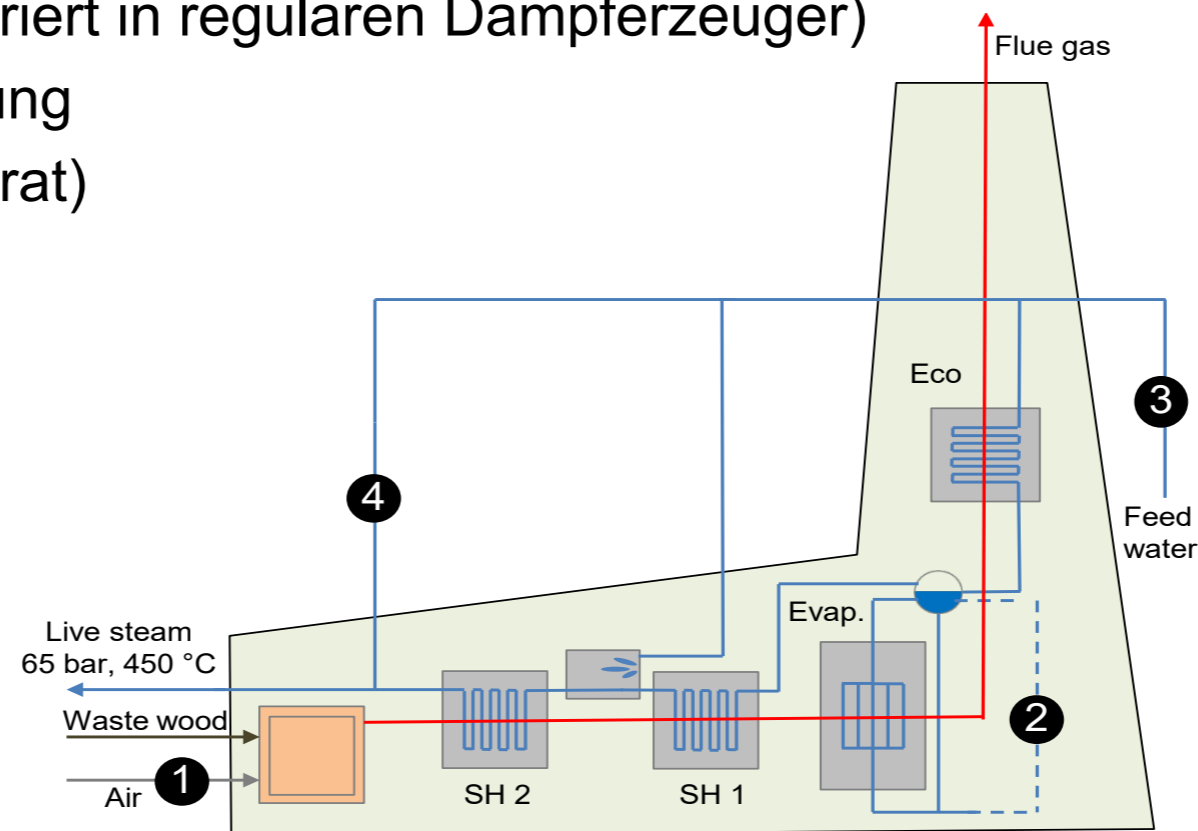


Leistungsfähige Softwaretools ermöglichen detailliertere Analysen

Prozesssimulation als Schlüsseltechnologie

Untersuchung der Einbindung von „Power-to-heat“ Optionen

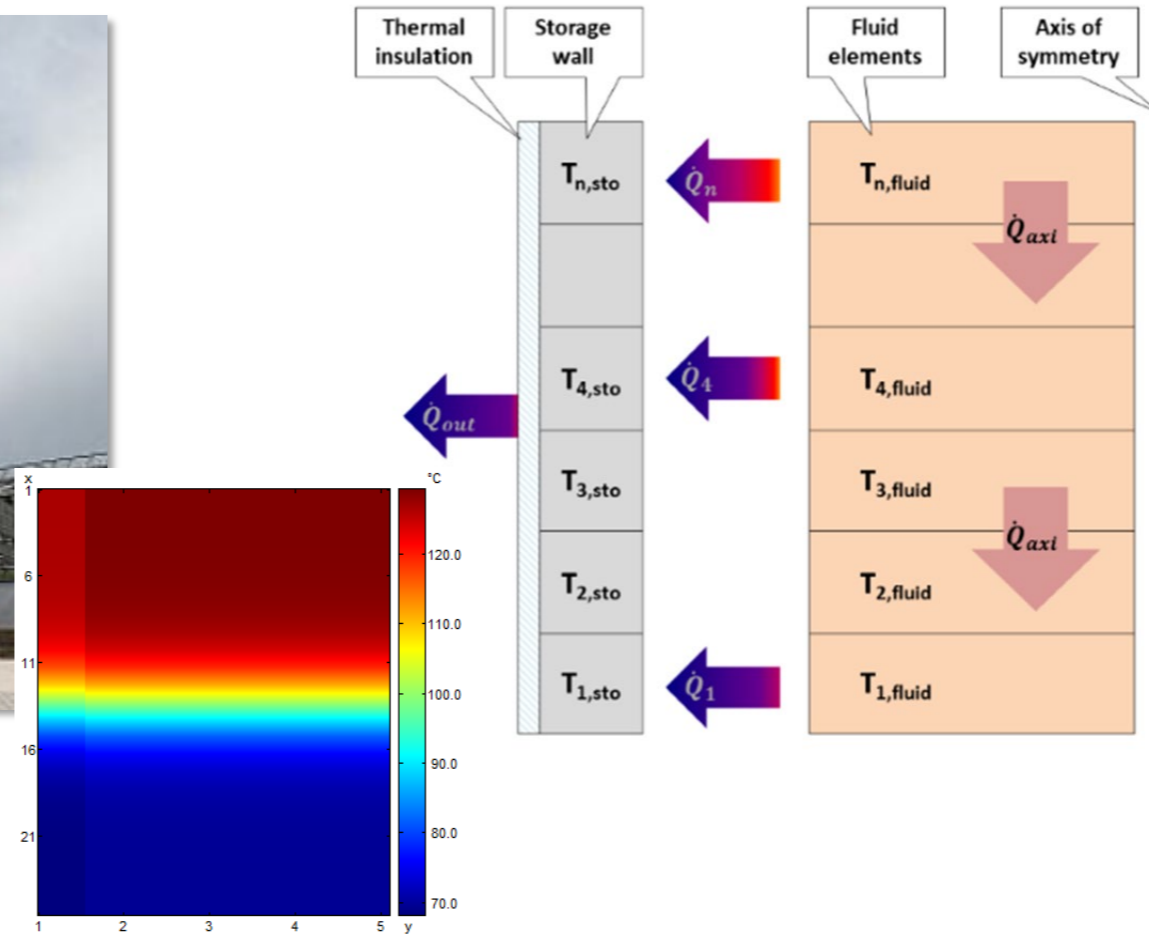
1. Luftvorwärmung
2. Dampferzeugung (integriert in regulären Dampferzeuger)
3. Speisewasservorwärmung
4. Dampferzeugung (separat)



Leistungsfähige Softwaretools ermöglichen detailliertere Analysen

Prozesssimulation als Schlüsseltechnologie

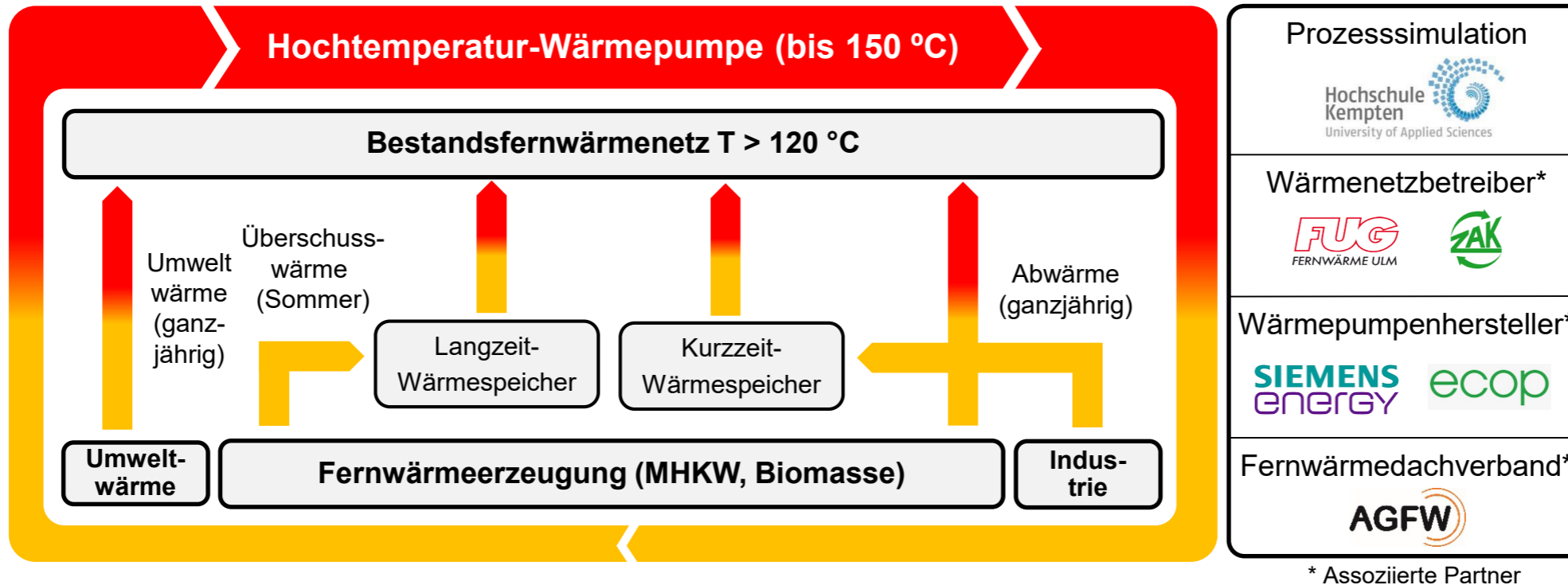
Untersuchung der Einbindung von Wärmespeichern



Zeitabhängige Detailsimulationen sind auch in Prozesssimulationen möglich

Projektbeispiel 3: Prozesssimulation als Schlüsseltechnologie

Analyse der Einbindung von Hochtemperaturwärmepumpen & Langzeitwärmespeicher



Prozesssimulation ermöglicht systematische Untersuchung und Bewertung innovativer Technologien auf Basis realer, ganzjähriger Anlagen- und Betriebsdaten

Zusammenfassung und „Take aways“

- Digitalisierung betrifft zahlreiche Bereiche der Fernwärme
- Forschungsprojekte zeigen Optimierungspotenziale auf
- Der Einarbeitungsaufwand in Verfahren der Digitalisierung (z.B. Lastprognosen, Prozesssimulationen) und benötigte Datenaufbereitungen ist oft vergleichsweise hoch; zum Teil erleichtern kommerzielle Lösungen den Einstieg & den dauerhaften Einsatz.
- Grundlegend ist die Verfügbarkeit (i.d.R. langjähriger) Betriebs- bzw. Anlagendaten
 - in digitaler Form
 - in geeigneten Formaten (oft hoher Aufbereitungsaufwand)
 - über geeignete Schnittstellen



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

Das in diesem Vortrag zugrundeliegende Vorhaben wurde aus Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) unter den Förderkennzeichen 0324111, 03EN3017 und 03EN3073 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages