

## Multi-modales Echtzeit Energiemonitoring

# Multi-modales Echtzeit Energiemonitoring als Basis eines digitalen Zwillings des Energiesystems des Campus Lichtwiese der Technischen Universität Darmstadt

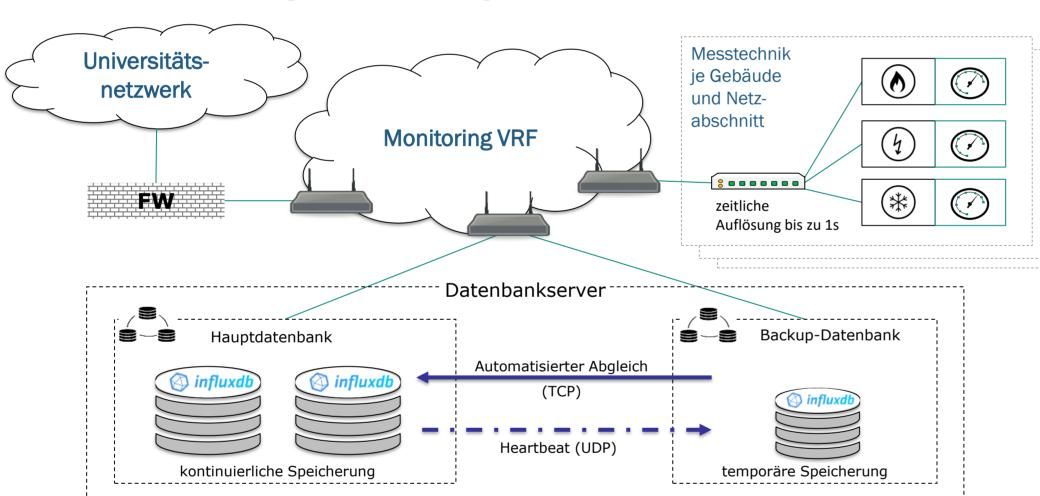
### Hochauflösendes Energiemonitoring – Wofür?

Die Energiewende erfordert besonders innerhalb von Quartieren höhere Flexibilität durch stärkere Sektoren-kopplung. Diese sektorgekoppelten Flexibilitäten lassen sich mittels Optimierungsmodellen erschließen. Dabei fordern diese Modelle, auch "digitale Zwillinge" genannt, eine qualitativ und quantitativ hochwertige Datenbasis, welche durch ein vollständiges digitales Energiemonitoring zu erreichen ist.

Die erhobenen Daten dienen zur Modellkallibrierung, Erstellung von Prognosen sowie zum Lernen von Betriebsparameter mittels Machine Learning Methoden. Die resultierende Modellgüte korreliert in der Regel mit der Datenqualität und -quantität. Die Entwicklung und der Aufbau von zeitlich und räumlich hochauflösenden, sektorübergreifenden Energiemonitoringsystemen ist daher ein zentraler Aspekt einer erfolgreichen digitalen Energiewende.

# Eine sichere und resiliente IT-Infrastruktur ist erfolgskritisch für eine valide Datengrundlage

Im Rahmen des EnEff Campus Projektes der TU Darmstadt, soll einen solcher digitalen Zwilling des Energiesystems des Campus Lichtwiese entwickelt werden. Das Projekt setzt dabei auf marktübliche Hardware/Messtechnik für die Messund IT-Infrastruktur und die softwareseitige Kommunikation ist hingegen vollständige Eigenleistung. Die IT-Infrastruktur wurde im Rahmen des Projektes entwickelt, um Datenschutz und hohe Verfügbarkeit zu gewährleisten.

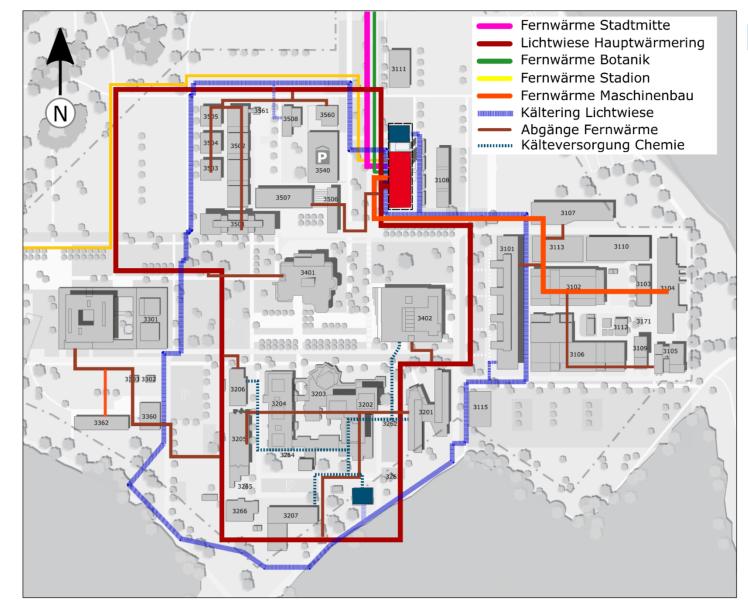


### Aufbau der umgesetzten IT-Infrastruktur

Das Monitoring ist innerhalb einer VRF (Virtual Routing and Forwarding) Instanz über eine Firewall vom Universitätsnetz getrennt. Annähernd Hochverfügbarkeit wird kosten-effizient durch eine redundante Datenbank (DB) Struktur realisiert. Eine

Back-Up DB kann, über eine Heartbeat Logik, die Haupt-DB für ca. eine Woche ersetzen und später Daten automatisiert zurückspielen.

Die Verarbeitung sehr großer zeitlich kontinuierlicher Datenmengen erfolgt mittels einer zeitreihenbasierten DB statt einer klassisch relationalen DB.



### **Energiesystem Campus Lichtwiese der TU Darmstadt**

Der Campus zeichnet sich durch isolierte Lage und heterogene Bedarfsstruktur durch unterschiedliches Baualter und Nutzen, u.a. Lehrgebäude, Bibliothek, Büros, Labore/ Versuchshallen und Rechenzentren.

Die Wärme- und Kälteversorgung erfolgt über ein Nahkälte- bzw. Fernwärmenetz, das durch vier BHKWs und sechs Heizkessel für Spitzenlast, gespeist wird. Der Strombedarf wird durch Eigenerzeugung und Bezug vom Stromnetz gedeckt.

Wärmestrom gemessen. Dieser kann

durch einen ersten einfachen Ansatz,

eine zeitliche Verschiebung, Mittelung

der Temperaturdaten, eliminiert werden.

Durch eine detaillierte Simulation der

Strömung im Heizkreis und der

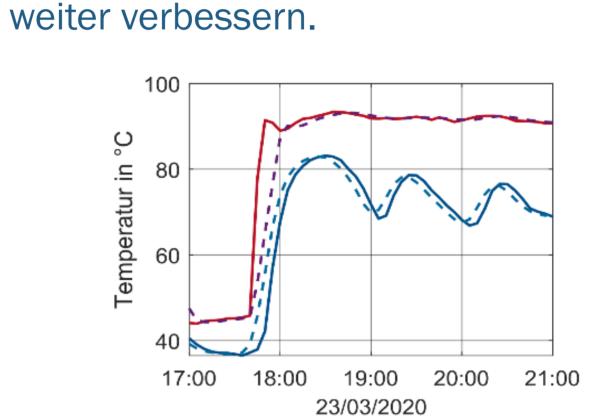
Ausbreitung einer Temperaturänderung

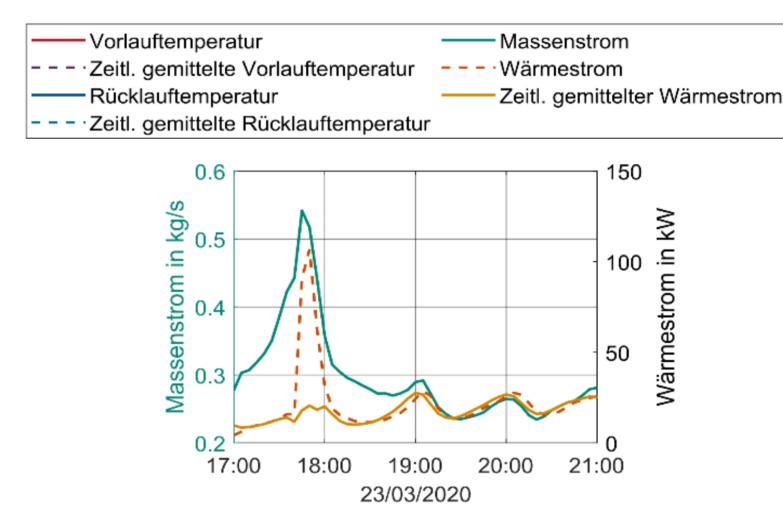
lässt sich das Ergebnis in Zukunft noch

### Überschätzung von Leistungspeaks bei hochauflösenden Messdaten

Speziell im Bereich der hochaufgelösten Wärmedaten zeigt sich, dass es aufgrund der Trägheit des hinter dem Messgerät liegenden Heizkreises zu einer Überschätzung von Leistungspeaks im Wärmebedarf kommen kann, wenn sich bei einer abrupten Änderung des Temperaturniveaus die Anpassung der Vorlauftemperatur erst mit Verzögerung auf die Rücklauftemperatur auswirkt.

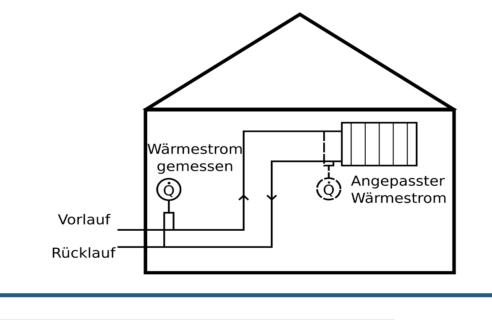
Ein Beispiel für dieses Phänomen zeigt nebenstehende Abbildung (rechts), die Auswirkung einer abrupten Veränderung des Temperaturniveaus in einem Heizkreis im Werkstattgebäude Fachbereichs Maschinenbau auf den Wärmestrom darstellt. Durch die zeitlich verzögerte Auswirkung Änderung der Vorlauftemperatur auf die Rücklauftemperatur wird scheinbar vorhandener Peak im



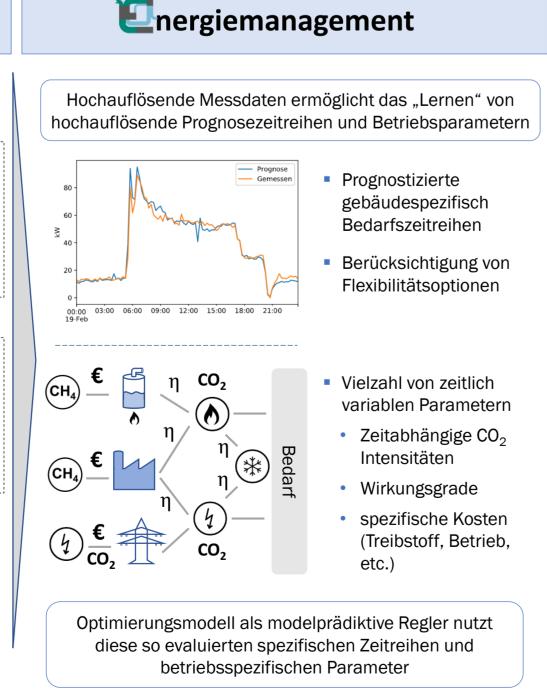


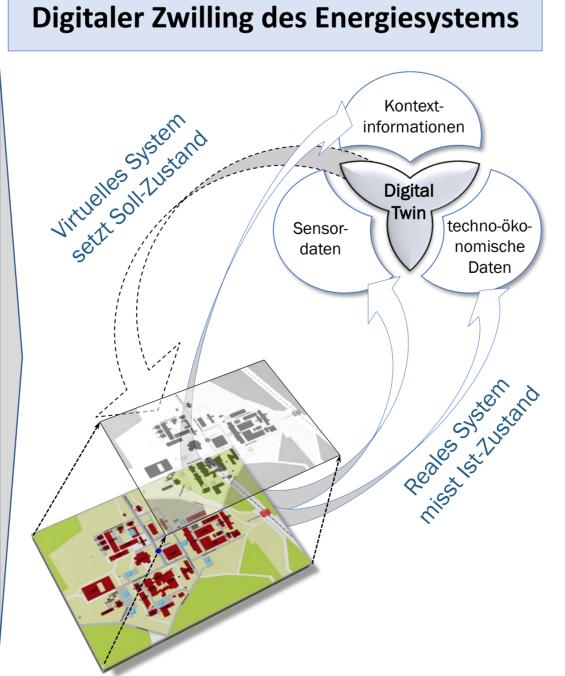
### Eliminierung virtueller Leistungspeaks

Zur Vermeidung einer Überschätzung von Leistungspeaks werden die Temperaturmessdaten zeitlich gemittelt und verschoben, sodass die Messstelle virtuell näher an die Wärmeübertrager (z.B. Heizkörper) heranrückt (s. Abbildung links).



# Monitoring modBus TCP via Ethernet Power Quality Monitoring 6kV/20kV Niederspannung 400V Kälte-/ Wärmemessungen Finaler Ausbau 127 elektrische Wirkenergiezähler 47 sekundär- & 40 primär-/netzseitig Wärmemengenzähler 17 primär/netzseitige Kältemengenzähler Kältemengenzähler





# Vision eines vollständig webbasierten digitalen Zwilling des Campus

Auf Basis des hochauflösenden sektorübergreifenden Energiemonitorings sollen mittels Machine Learning Methoden gebäude- und energiespezifische Prognosezeitreihen sowie spezifische Betriebsparameter des Energiesystem, wie z.B. Wirkungsrade des Komponenten im realen Betrieb, "erlernt"/evaluiert werden.

Das Optimierungsmodell als modelprädiktive Regler berücksichtigt diese Zeitreihen und Parameter sowie exogene Größen wie zeitliche abhängige CO<sub>2</sub> Intensität des zugekauften Stromes. Dadurch ist die Datenbasis für diese Vision die erfolgskritische Basis.



Christopher Ripp\*, Mario Beykirch, Florian Steinke
Technische Universität Darmstadt
Energy Information Networks & Systems
Landgraf-Georg-Str. 4, 64283 Darmstadt
Tel.: +49 (0) 6151 16-21715
E-Mail: christopher.ripp@tu-darmstadt.de

Johannes Oltmanns,
Technische Universität Darmstadt
Institute for Technical Thermodynamics
Alarich-Weiss-Str. 10, 64287 Darmstadt

