

National 5G Energy Hub

Einführung moderner Kommunikationsstrukturen in der Energietechnik

Die Energietechnik in der Bundesrepublik Deutschland befindet sich in einem strukturellen Wandel. War das System in der Vergangenheit zentralistisch aufgebaut, so werden durch die Energiewende vermehrt dezentrale Strukturen gefordert.

Das Forschungsprojekt National 5G Energy Hub macht den 5G-Mobilstandard für Anwendungen in der Energietechnik und Gebäudeenergietechnik nutzbar.

Das Großforschungsprojekt National 5G Energy Hub ist eine gezielte Initiative zur Einführung moderner Kommunikationsstrukturen im Bereich der dezentralen Energietechnik. Dafür bündeln seit 2018 Forscher aus Maschinenbau, Elektro- und der Kommunikationstechnik ihr Know-how an der TU Dresden. In Kooperation mit der RWTH Aachen und ausgewählten Industriepartnern wurde in den ersten 2 Jahren (Projektphase 1) daran gearbeitet, den 5G-Mobilstandard für Anwendungen in der Energietechnik, mit speziellem Bezug zur Gebäudeenergietechnik, nutzbar zu machen. Die Schaffung von Digitalisierungs- und Anwendungsroutinen versetzt Nutzer in die

Lage, neue Technologien für die Energiewende zu entwickeln. Ein wichtiger Schwerpunkt war die Nutzung moderner Kommunikationstechnologien zur Einbindung von Sensorik und Aktorik sowie zur Informationsweiterverarbeitung. Hauptziel des Projekts war es, eine grundlegende soft-

waretechnische Struktur zu erarbeiten, die die wesentlichen Elemente der Datenerfassung, Datenübertragung sowie der Datenspeicherung und Datenvisualisierung umfasst. Die Skalierbarkeit dieser Elemente wird mit Hilfe einer Cloud-basierten Software-Orchestrierung realisiert.

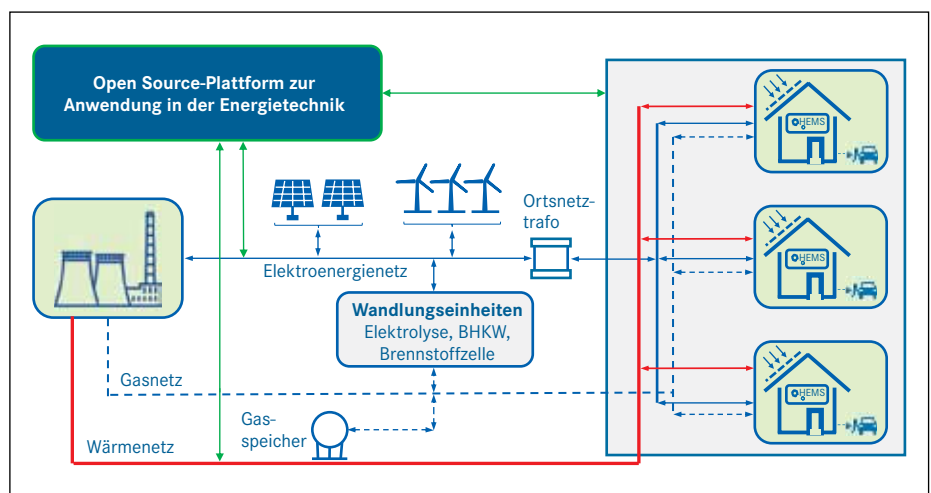
Autoren
 Prof. Dr.-Ing. habil. Joachim Seifert, Technische Universität Dresden, Institut für Energietechnik, Professur für Gebäudeenergietechnik und Wärmeversorgung

Dr.-Ing. Martin Knorr, Technische Universität Dresden, Institut für Energietechnik, Professur für Gebäudeenergietechnik und Wärmeversorgung

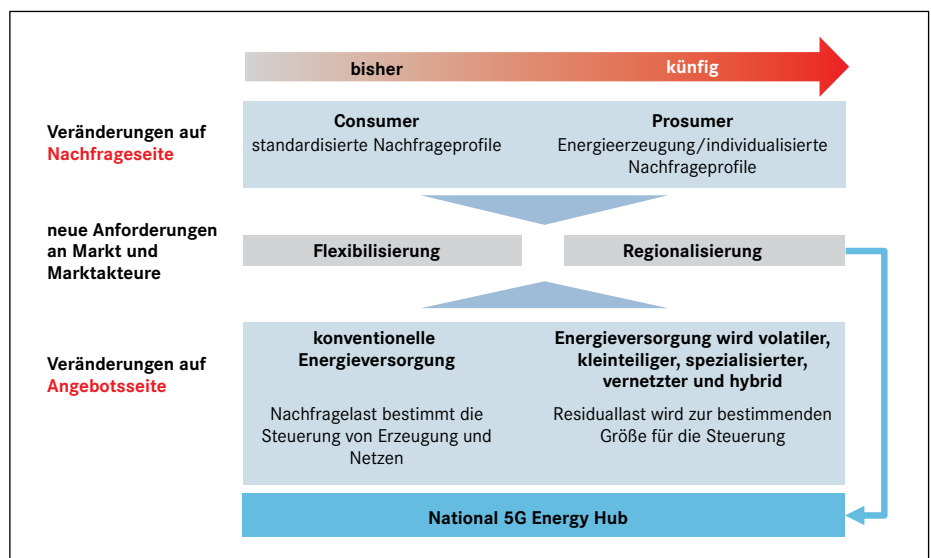
Dipl.-Ing. Stephan Wiemann, Technische Universität Dresden, Institut für Energietechnik, Professur für Gebäudeenergietechnik und Wärmeversorgung

Dipl.-Ing. Sebastian Krahmer, Technische Universität Dresden, Institut für Elektrische Energieversorgung und Hochspannungstechnik

Prof. Dr.-Ing. Peter Schegner, Technische Universität Dresden, Institut für Elektrische Energieversorgung und Hochspannungstechnik



1 – Struktur eines komplexen Energiesystems



2 – Änderung der Angebots- und der Nachfrageseite durch die Wandlung der Energiesysteme

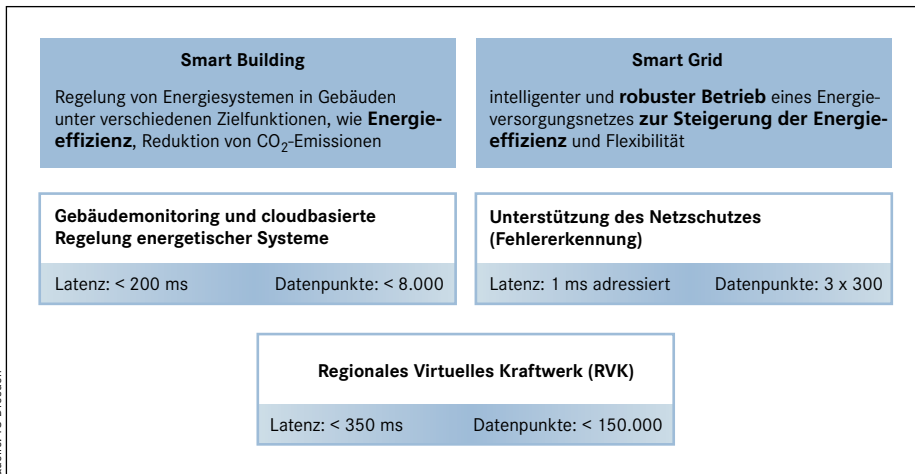
Zur Ableitung von Anforderungen sowie zum Test der Software wurden vier exemplarische Use Cases aus den Bereichen Gebäude, Elektroenergienetz und Quartier/Sektorkopplung ausgewählt. Anhand der Use Cases erfolgte eine Evaluation der Funktionalitäten von 5G und weiterer bekannter funkbasierter Technologien.

Ausgangssituation

Die energetischen Systeme werden durch die Energiewende komplexer und interaktiver. D. h. der thermische, der gastech-nische und der elektrische Bereich der Energietechnik sind durch vielfältige Kopplungseinrichtungen miteinander verbunden. Zudem ist die Tendenz zur Dezentralisierung der Systeme zu erkennen. Bei-

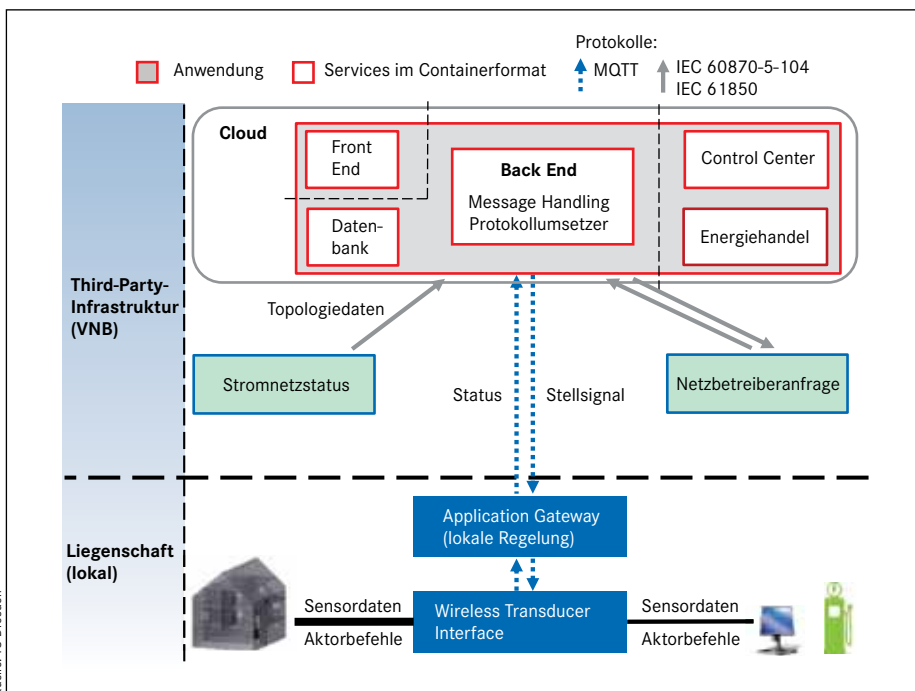
des führt zu einem deutlichen Anstieg von Mess- und Steuerungsdaten, die aufgenommen und verarbeitet werden müssen. Bild 1 zeigt die mögliche Verflechtung der Systeme in schematischer Weise.

Betrachtet man die Nachfrageseite, so entwickelt sich diese vom klassischen „Consumer“ hin zum „Prosumer“, der Energie bezieht aber auch Energie den vorgelagerten Prozessketten zur Verfügung stellen kann (Bild 2). Auf der Angebotsseite zeigt sich eine Entwicklung hin zu den erneuerbaren Energien, die jedoch nicht kontinuierlich zur Verfügung stehen können. Die volatile Erzeugung wird hier zunehmen. Daher werden die Flexibilisierung und die Regionalisierung der Energiesysteme wesentlich an Bedeutung gewinnen.



Quelle: TU Dresden

3 – Datenpunkte/Latenzen für unterschiedliche Bereiche der Energietechnik



Quelle: TU Dresden

4 – Use Case – Regionales Virtuelles Kraftwerk (RVK) /2, 3/

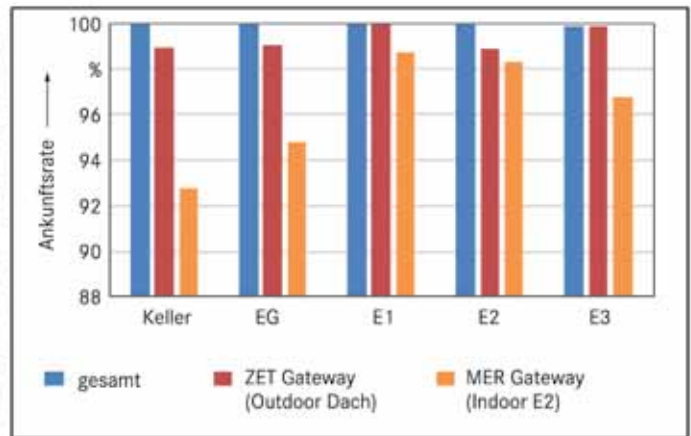


Wärmepumpen für Neubau und Modernisierung

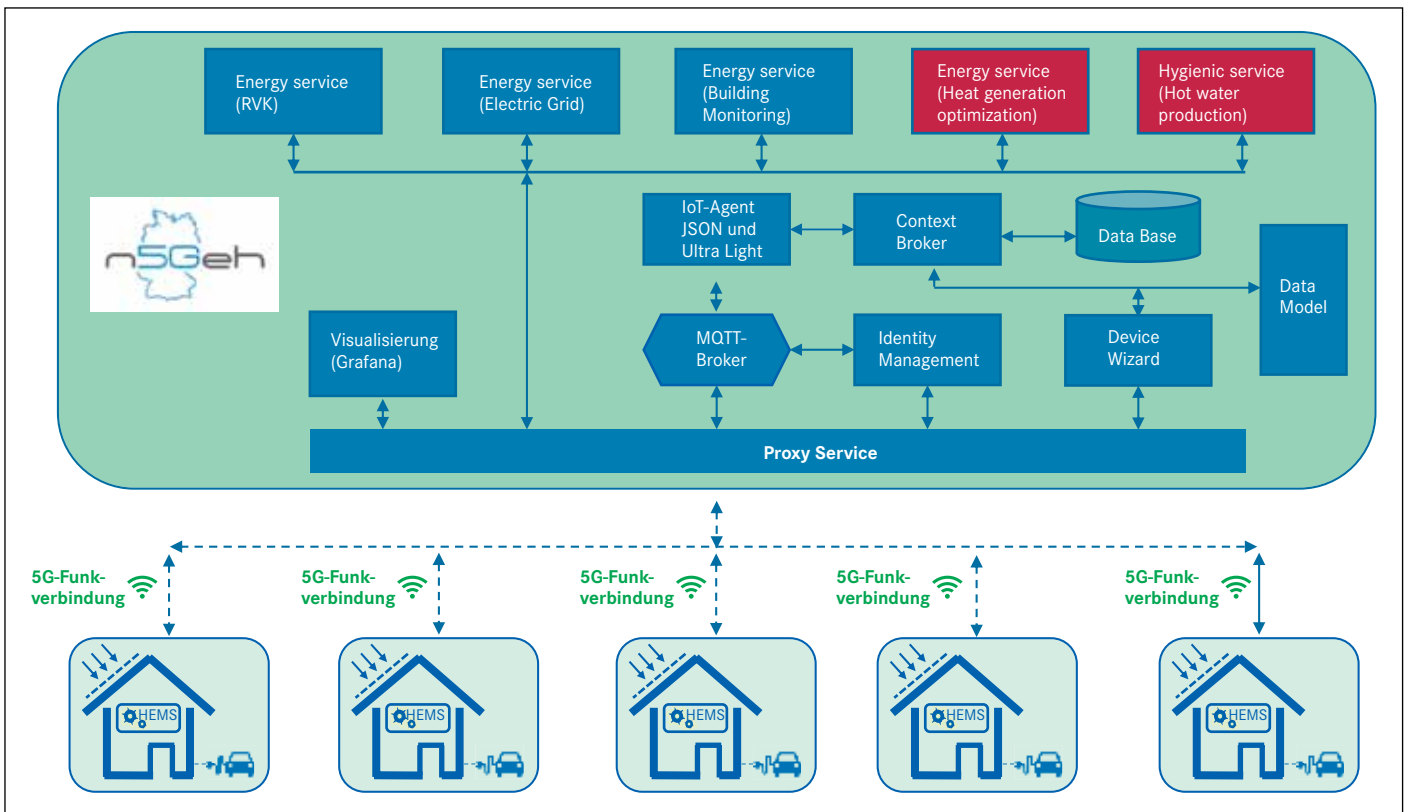
- **Einfache Bedienung**
Via Touch-Display, Raumeinheit oder myUplink App
- **15 Jahre Schutz**
5 Jahre Garantie und mögliche Wärmepumpen-Versicherung
- **Sparen Sie Zeit**
Mit der Profi-App myUplink PRO haben Sie Zugriff auf die Anlagen Ihrer Kunden

IT'S IN OUR NATURE
NIBE.DE

Quelle: TU Dresden


5 – Erprobung von LoRaWan im Merkelbau der TUD (4.000 Datenpunkte in 48 h)

Quelle: TU Dresden


6 – Funktionalitäten der zentralen Cloud-Architektur der N5GEH Plattform

Eine zentrale Rolle spielen in diesem Zusammenhang die Datenaufnahme, die Datenverarbeitung sowie die Entwicklung von Use Case spezifischen regelungstechnischen Verfahren. Im Rahmen des BMWi – Forschungsprojekts „National 5G Energy Hub“¹⁾ /1/ wurden grundlegende Strukturen entwickelt, mit denen eine Informationsverarbeitung realisiert werden kann.

Spezifikation von Use Cases

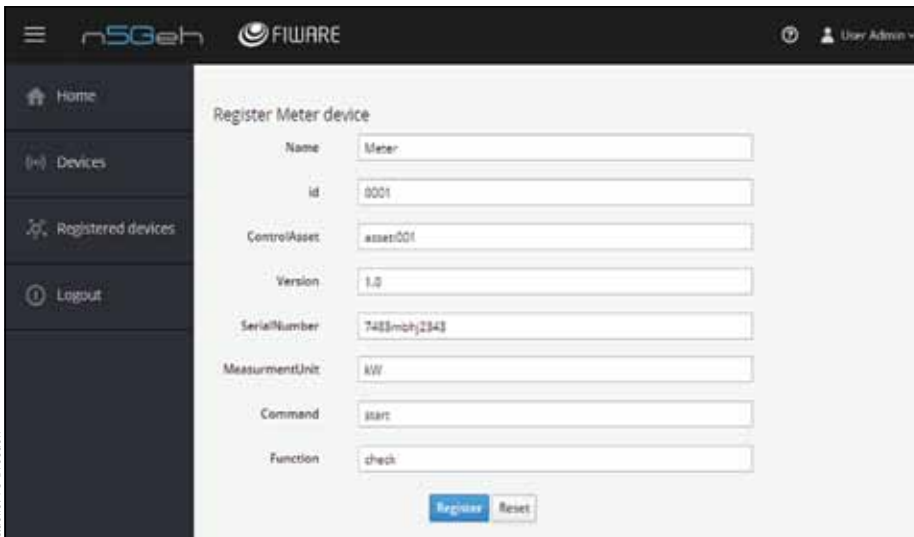
Um Anforderungen an die Softwareplattform zu definieren und gleichzeitig auch Test- und Demonstrationsfälle zu generieren,

bedarf es der Festlegung geeigneter Use Cases. In der ersten Projektphase wurden dafür Szenarien ausgewählt, die Schlüsseigenschaften des 5G-Funkstandards adressieren. Wie Bild 3 zeigt, betrifft dies eine geringe Latenz für den Use Case „Unterstützung des Netzschutzes“ und eine hohe Anzahl von Datenpunkten für die Use Cases „Regionales virtuelles Kraftwerk“ (RVK) und „Gebäudemonitoring“. Diese Szenarien repräsentieren erste exemplarische Fälle. Eine Übertragbarkeit auf weitere Fälle ist mit der entwickelten IKT-Struktur gegeben.

Der komplexe Use Case RVK beinhaltet darüber hinaus Aspekte der Sektorkopplung und soll nachfolgend beschrieben werden²⁾. Bild 4 dokumentiert die lokale und zentrale Struktur des Use Cases RVK. Signifikant für den Use Case RVK ist, dass auf lokaler Ebene (Verbraucher-) Daten mit

1) Das Projekt N5GEH wurde in Kooperation zwischen den Forschungseinrichtungen TU Dresden und RWTH Aachen sowie dem Netzwerk- und Telekommunikationsunternehmen Ericsson bearbeitet.

2) Detailliert sind alle Use Cases in /1/ beschrieben.



Quelle: TU Dresden

7 – Device Wizard ENTIRETY der N5GEH Plattform zur Implementierung neuer Datenquellen



Quelle: TU Dresden

8 – Ansicht des Demonstrators, inkl. angedeuteter Modelle für die Use Cases Regionales Virtuelles Kraftwerk und Netzschutz

Hilfe eines Wireless Transducer Interfaces von der Sensorik an ein lokales Gatewaysystem übermittelt werden. Dort wird durch ein angeschlossenes „Compute Module“ eine Datenverdichtung vorgenommen. Dieses lokale System ist vorteilhaft, da es mit der erforderlichen Rechenleistung ausgestattet ist, um auch bei Verbindungsunterbrechungen zur Cloud-Architektur ein Notfallmanagement durchzuführen. Alternativ zu dieser Lösung besteht auch die Möglichkeit, das lokale Gateway nicht zu verwenden und die Daten direkt in die Cloud-Architektur zu übertragen. Aus /2, 3/ wurde abgeleitet, dass eine direkte Übertragung oftmals an Grenzen stößt und deshalb eine lokale Backup-Lösung vorteilhaft erscheint. Vom Gatewaysystem werden die Daten via MQTT-Protokoll in die Cloud übertragen. Hier sind

verschiedene interne Strukturen vorhanden, um eine Visualisierung sowie eine Datenverwaltung vorzunehmen. Datentechnisch werden beim RVK Use Case zusätzliche Kenngrößen des elektrischen Netzes im Niederspannungsbereich miterfasst und in der Backup-Struktur verarbeitet.

Datenerfassung innerhalb der Liegenschaft

Durch einen starken Anstieg von zu erfassenden Datenpunkten im Gebäude liegt der Fokus der Datenübertragung auf Funktechnologien. Die 5G-Technologie bietet sich an, da sie künftig flächendeckend verfügbar sein soll und nur sehr geringe Latenzzeiten aufweist. Im Gebäudebereich stößt die 5G-Technologie derzeit noch an ihre Grenzen, da aufgrund der verwendeten hohen Frequenzbänder eine Durch-



Mit Mietkälte Zeit gewinnen!

- Mietkälte in allen Leistungsklassen.
- Mit elf Standorten in der DACH-Region, immer in Ihrer Nähe – garantiert!



Wir beraten Sie gerne.
24/7-Service 0800 880 80 81

Tab. 1:

Analyse verschiedener Sub-Technologien

Name	Reichweite	Datenrate	Infrastruktur	Frequenz
LoRa	<10 km	50 kbps	eigene/Provider	430 MHz, 868 MHz
wMbus	500 m	250 kbps	eigene	169 MHz, 433 MHz, 868 MHz
ZigBee	10 m – 100 m	250 kbps	eigene	2,4 GHz
Z-Wave	10 m – 100 m	100 kbps	eigene	868 MHz
NB-IoT	<5 km	200 kbps	Provider	Randbänder LTE
LTE	2 km	10 – 15 mbps	Provider	1.800 MHz, 2.600 MHz
Wifi	50 – 100 m	>10 mbps	eigene	2,4 GHz, 5 GHz

dringung von Liegenschaften nur eingeschränkt erfolgt. Zielführend kann es daher sein, für die Datenübertragung eine ergänzende Funktechnologie zu verwenden. Eine Auswahl möglicher Technologien ist der Tabelle 1 zu entnehmen.

In Bild 5 sind die Ergebnisse eines ersten Feldtests mit der Technologie LoRaWAN dokumentiert, der in einem Bestandsgebäude am Campus der TU Dresden durchgeführt wurde. Mit Bezug auf die Analysen in /4/ muss festgestellt werden, dass die Installation von Funktechnologien sehr einfach erfolgen kann, jedoch die Verlässlichkeit der Datenübertragung von der Netzwerktopologie abhängt und im Falle von LoRaWAN eine Mehrfachabdeckung durch Gateways erstrebenswert ist. Weitere Faktoren sind hardwarespezifisch, wie z. B. die Art und Qualität der Antenne des Gateways und der Wireless Transducer. In diesem Fall ist zu sehen, dass das entfernte ZET Gateway eine bessere Ankunftsrate aufweist. Dies ist durch eine Positionierung auf dem Dach mit geringeren Verschattungswirkungen zu erklären.

N5GEH-Cloud-Architektur

Um für dezentrale Energiesysteme produktive IT-Lösungen entwickeln zu können, müssen zunächst deren Anforderungsprofile definiert werden. Für eine Open-Source-Plattform der Energietechnik sind folgende Kriterien signifikant:

- hohe Verfügbarkeit
- hohe Skalierbarkeit
- flexibel erweiterbare Software-Architektur
- einfache Konfiguration und
- Datenschutz bzw. Datensicherheit.

Um diesen allgemeinen Anforderungen sowie den speziellen Anforderungen aus den Use Cases gerecht zu werden, wurde eine

Cloud-Architektur gewählt, die strukturell in Bild 6 dargestellt ist.


Die Datenübertragung zwischen Liegenschaft und Cloud erfolgt vorzugsweise über das verbreitete MQTT-Protokoll. Ein MQTT-Broker stellt in diesem Fall den Anknüpfungspunkt für Cloud-Anwendungen dar. Unter Verwendung verschiedener Nachrichten-Protokolladapter (IoT-Agents) werden die Daten an den Context-Broker übergeben, der die Zustandsinformationen speichert und mit Hilfe eines Subscription-Verfahrens an die gewünschten Applikationen weiterleitet. Zu diesen Applikationen zählen das Speichern der historischen Daten, Kontroll- und Steueralgorithmen oder beispielsweise externe Services. Zusätzlich gehören zu der Plattform Frontends für die Visualisierung z. B. historischer Daten. Die dynamische Implementierung neuer Datenpunkte wird durch ein spezielles und erweiterbares Datenmodell ermöglicht, das die Relationen von Dateninformationen für den energietechnischen Bereich definiert. Um die Integration solcher Datenquellen zu vereinfachen, können diese über den Device-Wizard ENTIRETY (Bild 7) in der Plattform mit dem dazugehörigen Datenmodell registriert werden. Diese Cloud-Softwarearchitektur kann sowohl auf einem lokalen, einzelnen Server implementiert als auch mit Hilfe einer Software-Orchestrierung dezentral geclustert werden.

Demonstrator

Zur Veranschaulichung der Use Cases RVK und Netzschutz wurde ein Hardware-Demonstrator erstellt. Wie Bild 8 zeigt, beinhaltet der Demonstrator einen Raum sowie eine Heizzentrale für den Use Case RVK sowie ein kleines Elektroenergienetz für den Use Case Netzschutz. Neben

Demonstrationszwecken eignet sich der Versuchsaufbau sehr gut, um die Software und das Zusammenwirken mit Hardwareelementen zu testen. Wichtiges Element des Demonstrators sind menschliche Interaktionspunkte (HID - Human Interface Device), die Eingriffe wie das Steuern der Wärmeabgabe an die Umgebung oder das Einlegen eines Fehlers auf der Seite des Beispielnetzes ermöglichen. Um die Demonstration auch virtuell bereitzustellen, wurde vom Demonstrator ein Video erstellt und unter <https://n5geh.de/demonstrator/> veröffentlicht.

Fazit

Mit der im Rahmen des Forschungsprojektes „National 5G Energy Hub“ entwickelten Open-Source-Plattform besteht die Möglichkeit, unterschiedliche dezentrale Energiesysteme datentechnisch zu erfassen und sie über Services zu regeln. Die Plattform ist höchst flexibel aufgebaut und kann gut skaliert werden. Moderne Funktechnologien, wie z. B. 5G können ihre Vorteile in Hinblick auf Latenz und Datenvolumen mit der Plattform für energetische Anwendungen in vollem Umfang realisieren. Informationen über die Plattform sowie ein Link zum Download der Quelltexte stehen über die Homepage www.n5geh.de zur Verfügung. 

Danksagungen

Wir danken für die finanzielle Unterstützung durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), Förderkennzeichen 03ET1561A.

Literatur

- /1/ Seifert, J.; Knorr, M.; Wiemann, S.; Krahmer, S.; Gasch, E.; Bonetto, R. Sychev, I.; Kozak, W.; Schegner, P.; Fitzek, F.: National 5G Energy Hub Einführung zukunftssträchtiger Kommunikationsstandards in der Energietechnik; TU Dresden 2021
- /2/ Seifert, J.; Schegner, P.; Meinenbach, A.; Seidel, P.; Haupt, J.; Schinke, L.; Werner, J.; Hess, T.; Regionales virtuelles Kraftwerk auf Basis der Mini- und Mikro-KWK-Technologie - Intelligente Vernetzung von thermischen und elektrischen Verbrauchersystemen, VDE-Verlag 2015
- /3/ Seifert, J.; Werner, J.; Seidel, P.; et al.: RVK II - Praxiserprobung des regionalen virtuellen Kraftwerks auf Basis der Mikro-KWK-Technologie, VDE-Verlag 2018
- /4/ Chegade, K.: Erprobung eines funkbasierten Datenübertragungssystems für Kurzzeitanalysen von energetischen Anlagen, Belegarbeit, TU Dresden 2018