



**e-maks**

Das große Plus mit dem Sie rechnen können

Gefördert durch den Innovationsfonds  
Klima- und Wasserschutz

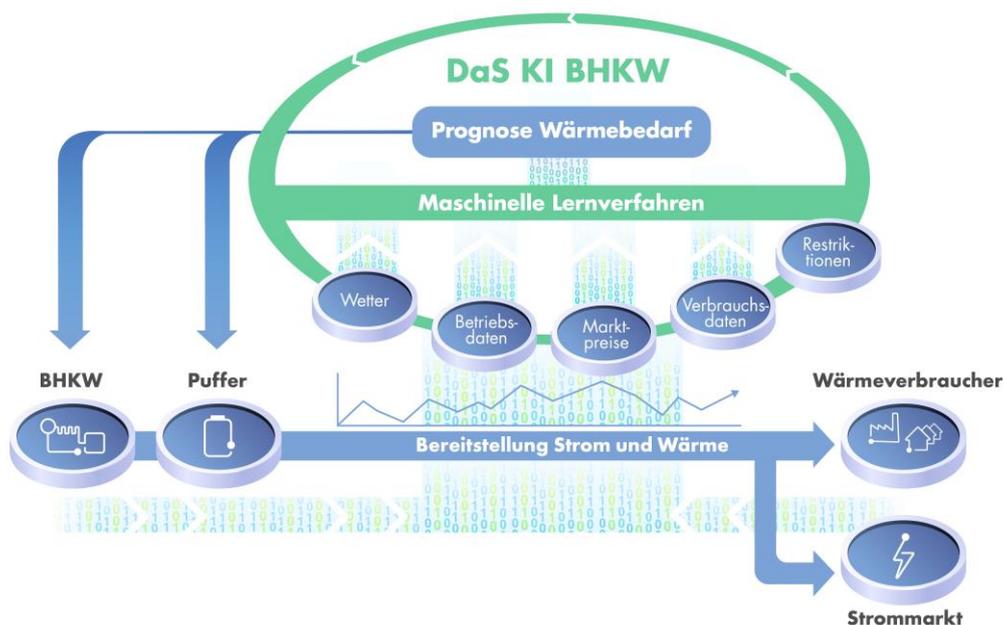
**badenova**

Energie. Tag für Tag

Projekt 2020-09

## DaS invo BHKW „Datenorientierter Service für intelligent und vorrausschauend gesteuerte BHKW“

### Abschlussbericht



Ansprechpartner: Marwa Mhedhbi und Lea Treick  
(E-MAKS-BD)

Erstellungsdatum: 31.07.2021

# Inhalt

<b>1</b>	<b><i>Projektüberblick</i></b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b><i>Projektbeschreibung</i></b>	<b>2</b>
<b>2.1</b>	<b>Projekttablauf</b>	<b>2</b>
2.1.1	Projektidee	2
2.1.2	Terminplan	3
2.1.3	Budgetplanung und Förderung	7
2.1.4	Kooperation und Rollen	8
<b>2.2</b>	<b>Projektplanung</b>	<b>8</b>
2.2.1	Energiekonzept und Studien	8
2.2.2	Ausführungsplanung	9
<b>2.3</b>	<b>Ökologischer Nutzen</b>	<b>36</b>
<b>2.4</b>	<b>Betrachtung der Wirtschaftlichkeit</b>	<b>37</b>
<b>3</b>	<b><i>Wirkung der Umsetzung</i></b>	<b>38</b>
<b>3.1</b>	<b>Verwertbarkeit der Ergebnisse</b>	<b>38</b>
<b>3.2</b>	<b>Projekterkenntnisse</b>	<b>40</b>
<b>3.3</b>	<b>Konzept zu nächsten Schritten</b>	<b>41</b>
<b>4</b>	<b><i>Öffentlichkeitsarbeit</i></b>	<b>41</b>
<b>5</b>	<b><i>Zusammenfassung/Fazit</i></b>	<b>47</b>

# 1 Projektüberblick

Für das Energiesystem der Zukunft sind traditionelle Ansätze der Wärmebedarfsprognose stets zu überdenken. In einem gemeinsamen Innovationsprojekt nutzen E-MAKS GmbH & Co. KG (E-MAKS) und NEXT Data Service AG<sup>1</sup> (NEXT) mit ihren Partnern Syneco Trading GmbH (Syneco) und badenovaWÄRMEPLUS GmbH & Co. KG (Wärmeplus) unter anderem die Daten fernauslesbarer Verbrauchszähler, um mit intelligenten Algorithmen den Einsatz von Blockheizkraftwerken zu optimieren. Das Ökosystem der Wärmebereitstellung wandelt sich hin zu dezentralen Energiezellstrukturen. Dabei rücken Kleinstanlagen und Quartierskonzepte gekoppelt mit Direktvermarktungsmechanismen in den Fokus. Diese zukunftsfähigen Konzepte erfordern sehr viel mehr Flexibilität und Individualität. Damit steigt die Komplexität für die Wärmebedarfsprognose und -beschaffung und für den Betrieb der Anlagen im wirtschaftlichen Optimum. Gleichzeitig bedeutet das Generieren neuer Datenquellen, dass Systeme mit passender Infrastruktur auszustatten sind. In der Konsequenz sind diese neuen Ansätze noch nicht wirtschaftlich und werden in Forschungen und Studien, wie dieser beleuchtet und Ideen zur Finanzierung ganzheitlicher Anwendungsfelder untersucht.

Gemeinsam mit NEXT widmet sich E-MAKS dieser Herausforderung. Die Unternehmen untersuchen die Realisierbarkeit von datengetriebenen Dienstleistungen und entsprechenden Geschäftsmodellen. Dazu entwickeln sie technologische Werkzeuge und intelligente Algorithmen, die sich insbesondere die seit Neustem sehr viel höhere Granularität von Verbrauchsdaten der Betriebskostenabrechnung zu Nutzen machen. Mit dem Projekt bewerten die Partner die Machbarkeit und Nutzen datengetriebener maschineller Lernverfahren. Untersucht wird, ob ein von den Betriebskostendaten getriebenes Verfahren realisiert werden kann, sodass eine optimierte kurzfristige Prognose von Wärmebedarfen für Blockheizkraftwerke (BHKW) entsteht. Die Partner sind sich sicher: Mit der Nutzung der zunehmend verfügbaren Daten erschließen Akteure in der Energiewirtschaft Datenpotenziale, mit denen sie sich erfolgreich vom Wettbewerb absetzen.

Das Vorhaben „DaS invo BHKW“ – in der Kommunikation als „DaS KI BHKW – Datenorientierter Service für KI-gestützte BHKW-Fahrweise“ bezeichnet – wird durch den Innovationsfond Klima- und Wasserschutz der badenova gefördert. Dem Projektantrag ist dabei ein intensiver Dialog von NEXT und E-MAKS mit den verbundenen Unternehmen Wärmeplus und Syneco vorausgegangen. Im Rahmen von „Data Service Ideation Workshops“ diskutierten die Partner die Fragestellung, wie neue Geschäftsmodelle für Data Driven Services auf Basis vorhandener Daten innoviert werden können. Die identifizierten Service-Ideen wurden priorisiert und diese Projektidee für die erste Machbarkeitsprüfung ausgewählt.

Basierend auf der Methodik der NEXT wurde im Projekt nun innerhalb eines dreiviertel Jahres ein sogenannter MVP (minimal viable product) untersucht, der mit minimalen Mitteln einen Machbarkeitsnachweis für den gewinnbringenden Einsatz der Daten liefern soll. Analysiert wurde mit welcher Granularität und durch welche Kombination unterschiedlicher Datensätze eine Optimierung

---

<sup>1</sup> <https://www.next-data-service.com/>

hervorgerufen werden kann. Mit dem agilen Projektmanagement-Ansatz ist das Projekt in kleinen Iterationszyklen und kontinuierlicher Rückkopplung vorangetrieben worden. Damit konnten Projektrisiken früh erkannt und eine flexible Nachsteuerung ermöglicht werden. Zusätzlich spiegelte das Projektteam monatlich im Management den Fortschritt und entschied hier über vorzeitigen Abbruch wegen Zielverfehlung, Anpassung von Vorgehensschritten auf Basis neuer Erkenntnisse oder Fortsetzung, wie geplant. Das Vorgehen erlaubte eine ressourcenoptimierte Machbarkeitsstudie auf deren Basis über die Skalierung und Weiterentwicklung des Ansatzes mit Ende des Projektes nun entschieden werden konnte.

## 2 Projektbeschreibung

### 2.1 Projektablauf

#### 2.1.1 Projektidee

Die Idee des Projektteams baut auf der Novellierung der Heizkostenverordnung auf. Diese fordert für die Umsetzung der Energieeffizienzrichtlinie in nationales Recht, dass ab dem 25.10.2020 neuinstallierte Wasser- und Wärmemengenzähler sowie Heizkostenverteiler fernauslesbar sein müssen. Bis zum 01.01.2027 müssen alle Systeme nachgerüstet sein. Die Erzeugung dieser Verbrauchsdaten, die bei fernauslesbarer Hardware erlaubt, hochgranulare Daten zu erheben, soll durch Mehrfachnutzung wirtschaftlich und durch neue Einsatzfelder zu möglichen Mehrwertdiensten ausgeweitet werden. Somit würden die technischen Kosten der Fernauslesung durch neue Mehrwertdienste dank der erhöhten Datengrundlagen nicht nur auf den Mieter umgelegt werden müssen. Bestenfalls kann dieser sogar ganz von Kostensteigerungen verschont bleiben. Der neue Informationsgehalt wird von der Wärmeplus als Optimierungspotenzial im Rahmen ihrer Wärmeplanungen angesehen und bei der Strombeschaffung als notwendiger Informationsbaustein für die Beschaffung in immer regionaleren Strukturen. Ein selbstlernender Algorithmus für den möglicherweise optimierten Betrieb von BHKW wird neben den Auslegungsparametern zu Strombedarf, Wärmebedarf und technischer Betriebsplanung nun auch die die Daten der Endverbraucher (neue Datengrundlage) beinhalten.

Dieses Wissen soll dem Algorithmus durch Interaktion in der Entscheidungsfindung mit den Experten als Training dienen. Dabei ist die umfängliche Bedarfsplanung in Konzeption und Umsetzung als digitales Werkzeug zu sehen, welches die Entwicklung des Berufsbildes eines jetzigen Planers in einer möglichen Form ergänzt – die genauere Rollenfindung ist ebenfalls im Projekt zu beleuchten.

Die Zukunft in den Datengetriebenen Geschäftsmodellen ist für Energieversorger zwar naheliegend doch durch die hochsichere Datenhaltung oft in den Möglichkeiten eines schnellen Ausprobierens mit Teildatenmengen erschwert. Dies wird unter anderem zum Anlass genommen, um in Anlehnung an das Projekt, im Rahmen einer Masterarbeit, die Datenarchitektur im Status Quo beim Aufstellen eines digitalen Reifegrades zu beleuchten und eine Handlungsempfehlung für den sicheren aber zusätzlich schnelleren Zugriff erarbeiten zu lassen. Dies gilt es im Rahmen des Projekts neben der

internen Betrachtung innerhalb der E-MAKS auch für die Daten aus der Beschaffung der Syneco, sowie der Betriebsparameter bei der Wärmeplus zu gewährleisten (was z.T. bereits durch den Status Quo gegeben ist).

Die Umsetzung erfolgt in einem agilen Projektsetup, um die State-of-the-Art-Vorgehensweisen der Software-Entwicklung in diesem Projekt einfließen zu lassen und flexibel auf „sich ändernde“ Bedürfnisse der Stakeholder reagieren zu können. Die Identifizierung von datenbasierten Serviceideen erfolgt auf Basis der Service Vision – dem potenziellen ganzheitlichen Service, den das Projektteam erarbeiten und zukünftig anbieten möchte. Dieser wird in einem grundlegenden ersten Lösungsbaustein aufgebaut und soll direkten Nutzen für den Kunden bringen. Dies ermöglicht in schnellen Iterationszyklen den ersten Kundenmehrwert zu erproben und in der Entwicklung stets zu verfolgen und erlaubt den Projektteilnehmern zügige Bewertungen, Fokussierung auf das Wesentliche und verhindert ein „Overengineering“. Dieses sogenannte Minimal Viable Product (MVP) entsteht durch Konzeption, Test und stetige Verbesserung (Vgl. Abbildung 1).

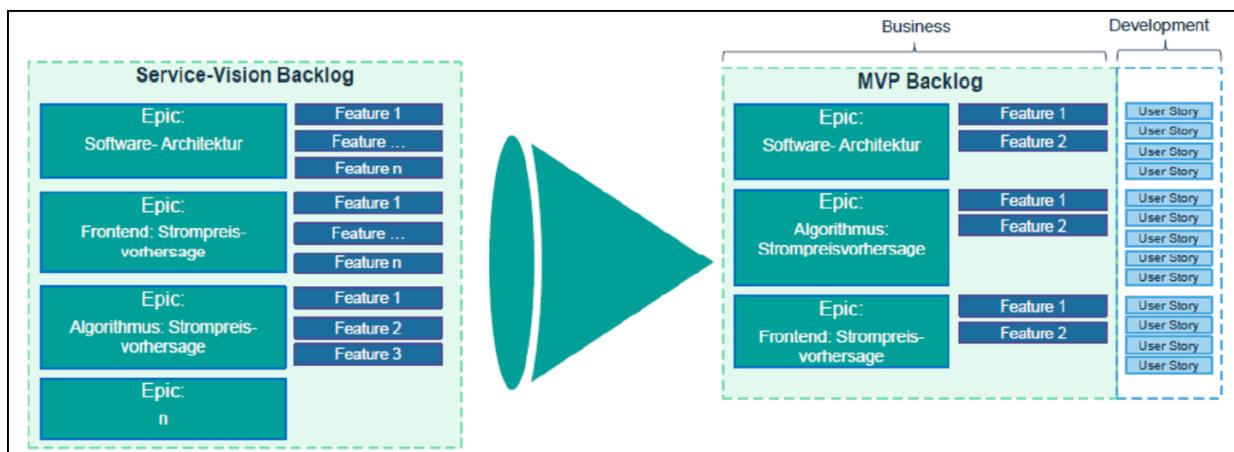


Abbildung 1 Das Projekt wird mit agilen Methoden geführt, damit erarbeitete Backlogs auch direkt für die agile Software-Entwicklung in der nachfolgenden Projektphase verwendet werden können. Dabei wird aus dem Arbeitsumfang (Backlog) der Service-Vision der MVP Backlog abgeleitet und detailliert. Jedes Epic wird in Features heruntergebrochen und diese wiederum in User Stories. Damit wird die Komplexität heruntergebrochen.

Dabei unterstützt die NEXT Data Service AG methodisch. NEXT ist darauf spezialisiert Data Services zu konzipieren, zu realisieren und bei Bedarf auch zu betreiben. Eine große Liegenschaft in Freiburg, die durch E-MAKS fernausgelesen wird, dient als Datengrundlage für Verbraucherdaten. Dort wird die Einsatzplanung des von der Wärmeplus eingebauten BHKW validiert und in Abstimmung mit der Beschaffung optimiert, wobei hier die Simulation regionaler Strukturen mit einfließt. Der selbstlernende Algorithmus erhält somit genügend historische, wie auch aktuelle Daten. Entstehen wird der MVP in einer Entwicklungsumgebung der NEXT neben dem Produktivsystems des EVUs. Die Wertschöpfung soll später bei bewahrheitetem Potenzial im Ecosystem des Energieversorgers integriert werden. Dies stellt ein auf den Erkenntnissen aufbauendes Projekt dar.

### 2.1.2 Terminplan

Das Förderprojekt ist mit sechs Arbeitspaketen angesetzt, die in Tabelle 1 mit deren Erfüllungsgrad zusammengefasst sind. Für die Bearbeitung hat das Projektteam die Arbeitspakete des Antrages in vier Tätigkeitspakete übersetzt (farblich markierte Überschriften, vgl. Abbildung 5). Dabei wird der

Erfüllungsgrad mit Blick auf den Abschluss des Projektes bereits als erfüllt, teils oder nicht erfüllt angegeben. Die detaillierte Beschreibung zum Erfüllungsgrad erfolgt auf den weiterführenden Seiten des Berichts.

Das Projekt lief vom 01.07.2021 bis zum 31.07.2021. Es ergeben sich zwischen Start und Ziel des Gesamtprojekts zwei konkrete Meilensteine, die mit der Service-Vision und der High-Level-Architektur einhergehen (Vgl. Tabelle2).

**Tabelle 1 Struktur des Projektplans im Antrag mit Aufgabe je Arbeitspaket, Ergebnisse und Erfüllungsgrad mit Blick auf den Abschluss des Projektes. Die farbliche Markierung der Überschriften zeigt die jeweils zusammengefassten Arbeitspakete je Tätigkeitsbereich des Projektteams.**

AP1	Projektmanagement	Erfüllungsgrad
Aufgabe	Die Projektkoordination wird von E-MAKS übernommen, da diese die notwendigen Abstimmungen mit der badenova-Gruppe tätigt und den Gesamtabschluss der Machbarkeitsstudie in Hinblick auf die Prozessabläufe der Badenova-Gruppe für eine mögliche Skalierung im Rahmen des Projekts in die Hand nimmt.	
Ergebnisse	(E1.1) Regelmäßige Projekttreffen	erfüllt
	(E1.2) Management-Webkonferenzen, Sprints auf Arbeitsebene	erfüllt
	E1.3) Enger technischer und organisatorischer Austausch zwischen den beiden Projektpartnern und den anderen Stakeholdern in der badenova-Gruppe	erfüllt
AP2	Daten und Service Strategie Zielbildentwicklung	Erfüllungsgrad
Aufgabe	Die Durchführung eines Data Ideation Workshops zur Identifizierung von potenziellen datenbasierten Serviceideen. Daraus wird eine Service-Vision kondensiert. Dabei ist das Alignment der Service-Vision mit dem bereits bestehenden (Projekt-) Portfolio der involvierten Stakeholdern Grundlage für die Finalisierung der Vision in ein Zielbild. Das Erstellen einer umfangreichen Sammlung von Aufgaben und Funktionalitäten, die den gesamten Service und seine Module beschreiben (Service-Backlog) und daraus Abgrenzung der gemeinsamen Definition des MVP.	
Ergebnisse	(E2.1) Definition, Beschreibung und Abgrenzung einer Service-Vision	erfüllt
	(E2.2) Entwicklung einer Zielbildgrafik für den Service	erfüllt
	(E2.3) Gemeinsame Definition des MVP Service Backlogs (Epics und Features)	erfüllt
AP3	MVP Konzeption Anforderungsdefinition	Erfüllungsgrad
Aufgabe	Zuerst das Abgrenzen einer Teilmenge des Service-Backlogs, der in einem	

Minimal Viable Product (MVP) umgesetzt werden soll, um Machbarkeit und Nutzen nachzuweisen - Dieser Umfang bildet den MVP-Backlog. Davon ausgehend lässt sich die Ableitung von benötigten Daten im Rahmen des MVP-Scopes herleiten und sich ein Bild über die Komplexität bzw. den Aufwand der Integration (externe und interne Datenquellen) machen. Es folgt die Planung der nächsten Schritte zu MVP-Umsetzung und Aufbereitung der Ergebnisse als Entscheidungsvorlage.

Ergebnisse	(E3.1) Design der Anwendungsoberfläche und Entwicklung eines Front-End Mockups für ein beliebiges Feature, welches die Usability der Anwendung deutlich macht	Nicht erfüllt
	(E3.2) Roadmap für die MVP-Umsetzung und High-Level Business Case für den Serviceeinsatz	erfüllt
AP4	Datenanalyse & Datenarchitektur Handlungsempfehlung	Erfüllungsgrad
Aufgaben	Durch das Erarbeiten einer High-Level Architektur für die technische Umsetzung gilt es allen voran die Infrastruktur des MVPs und die Einpassung in die Wärmeplus / badenova / E-MAKS Architektur (u.ä., wie Anbindung an BHKWs etc.) zu durchleuchten. Erste Datenanalysen. Masterarbeit zum Thema Handlungsempfehlung für die zukunftsorientierte Datenhaltung in energie-wirtschaftlichen Prozessen (Fokus E-MAKS)	
Ergebnisse	(E4.1) Analyse verfügbarer Test-Datensätze bezüglich Datenverfügbarkeit, -konsistenz und -qualität für die Service-Detailierung	erfüllt
	(E4.2) Technische Spezifikation der benötigten Daten, Datenquellen und Infrastruktur	erfüllt
	(E4.3) Handlungsempfehlung aus der Masterarbeit	erfüllt
	(E4.4) Erarbeitete High-Level Architektur für die technische Umsetzung	erfüllt
AP5	User Story & MVP 0.1 Geschäftsmodellentwicklung	Erfüllungsgrad
Aufgaben	Durch Umsetzung des MVP 0.1 wird die User Story finalisiert. Mit einem Konzept für Produktivsetzung inkl. Rollen- und Geschäftsmodell lässt sich die Roadmap zur Umsetzung der Service Vision erstellen, die dann eine detaillierte Aufwandsschätzung anhand des MVP Backlog aufweist und für den Business Case entscheidend ist.	
Ergebnisse	(E5.1) Umsetzung MVP 0.1	Nicht erfüllt
	(E5.2) Geschäftsmodell und Business Case entwickelt	Teils (nicht)

(E5.3) Aufbereitung der Ergebnisse und Next Steps in einer erfüllt  
Managementpräsentation

AP6	Dissemination Projektabschluss	Erfüllungsgrad
-----	--------------------------------	----------------

**Aufgabe** In diesem Arbeitspaket werden Präsentationen, Berichte und Werbematerial für die Öffentlichkeitsarbeit angefertigt, sowie der aktuelle Stand des Projektes und Ergebnisse in Richtung der Fach-Community kommuniziert. Dazu gehört Kontaktaufnahme, Mitarbeit und Einflussnahme auf relevante Standardisierungen.

**Ergebnisse** (E6.1) Präsentationen auf Veranstaltungen der Fach-Community und erfüllt  
Publikationen

Das Aufstellen des Zielbilds in AP2 ist Grundvoraussetzung für den Fortgang des Gesamtprojekts und gilt daher als klarer Meilenstein. Das AP2 umfasst die Bereitstellung und die Evaluation der Daten. Für den Aufbau, Verifizierung und Optimierung des Simulationstools wurden die Messungen am BHKW des Uni-Carée durchgeführt. Im Rahmen des AP4 ist die High Level Architektur zur technischen Umsetzung des MVPs ein weiterer Meilenstein, der die Entscheidungsgrundlage maßgeblich beeinflusst. Die Entscheidung für oder gegen die MVP Entwicklung ist der Schritt, der dann nach dem Vorbereiten der Datenstrukturen, Schnittstellen und der Datenerfassung das Ende des Förderprojekts markiert und in Form einer Managemententscheidung vorliegt. Abbildung 2 zeigt den zeitlichen ablauf der Arbeitspakete im Projekt.

**Tabelle 2 Darstellung der Meilensteine im Projekt DaS invo BHKW**

Zeitpunkt	Meilenstein
<b>Juli 2019</b>	AP 1 → Start der Entwicklung eines MVP als Entscheidungsgrundlage
<b>März 2020</b>	AP 2 → MVP Zielbild aus der Service-Vision abgeleitet
<b>Dezember 2020</b>	AP 4 → High Level Architektur zur technischen Umsetzung des MVPs erarbeitet
<b>Juli 2021</b>	AP 6 → Ende des Förderprojekts mit Managemententscheidungsgrundlage

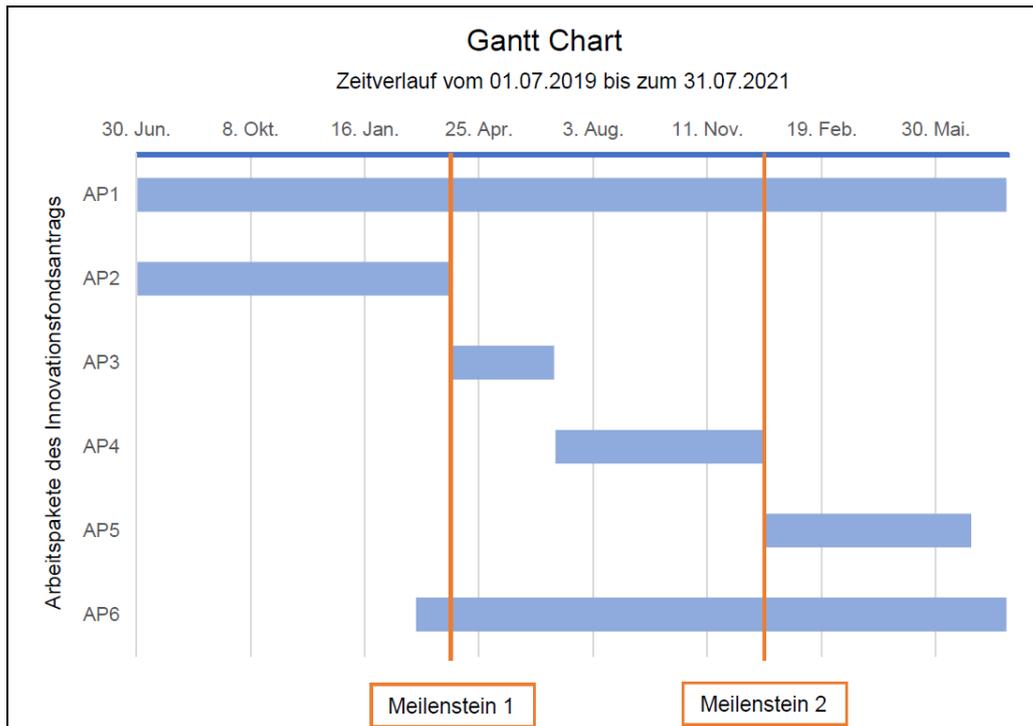


Abbildung 2 Projektdurchführung: Planung der Arbeitspakete und Darstellung in einem Gantt Chart inkl. Meilensteine

### 2.1.3 Budgetplanung und Förderung

Gesamtausgaben	100 %	311500 €
Eigenanteil	52 %	161500 €
Beantragte Zuwendung badenova	48 %	150000 €

Da sich das Projekt rein im „virtuellen Raum“ abspielt und als Ergebnis ein MVP in Softwareform entsteht, fallen keinerlei Baukosten oder Sachkosten an. Auch der parallele Daten-Layer ist über das Ecosystem der NEXT erstmal zur Verfügung gestellt.

Tabelle 3 Übersicht Finanzierungsplan

	Im Jahr 2019	2020	2021	Gesamt-betrag	Förderbeitrag-Badenova*
Personalkosten	16 751 €	139 448 €	143 300 €	299 500 €	150 000 €
Kommunikation / Öffentlichkeitsarbeit	-	7 079 €	4 921 €	12 000 €	-
Gesamtausgaben	16 751 €	146 528 €	148 221 €	311 500 €	150 000 €

Trotz unterschiedlicher Anpassungen im Projekt aufgrund veränderte Gegebenheiten im zeitlichen Verlauf der letzten 2 Jahre konnte der Finanzierungsplan eingehalten werden. Abweichungen wurden mit dem Innovationsfonds-Team besprochen, zusätzliche Aufwände, die neben dem Projektumfang notwendig wurden, sind durch Budget von E-MAKS-BD übernommen worden.

#### 2.1.4 Kooperation und Rollen

Im Rahmen des Projektes wurden folgenden Kooperationen abgeschlossen und Rollen ausgelebt:

**Wärmeplus** hat im Projekt die Rolle des Wärme- und BHKW-Experte, ist Anlagen-Daten-Owners und Tester sowie kritischer „Hinterfrager“ des Gesamtsetups im Projekt durch die Marktexpertise und stete Vergleichbarkeit von ähnlichen Angeboten am Markt im Bereich Wärme.

**Syneco** hat im Projekt die Rolle des Experten für Energiebeschaffungswissen, ist Beschaffungs-Daten Owner, z.T. Anlagen-Daten-Owner, Beschaffungstool-Experte und Liefert Transfer-Projektwissen aus eigenen Vermarktungsprojekten mit dem Ziel der Optimierung von Wärmebedarfen unter Berücksichtigung anderer Parameter und ist Tester.

**NEXT** ist darauf spezialisiert Data Services zu konzipieren, zu realisieren und auf Wunsch auch zu betreiben und hat neben der Rolle als Agile Coach, die des Data-Service-Experten.

**E-MAKS** bietet die Dienstleistung der Betriebskostenabrechnung an. Eine große Liegenschaft in Freiburg, die durch die E-MAKS fernausgelesen wird, dient als Datengrundlage für die neu aufgenommenen Verbraucherdaten. E-MAKS Rolle ist demnach Verbrauchsdaten-Owner, Experte für Energiedatenmanagement und Prozessmanagement, sowie Tester und ist Ideengeber des Projekts.

## 2.2 Projektplanung

### 2.2.1 Energiekonzept und Studien

Durch die noch neue Gesetzgebung ist das Vorhandensein granularer Verbrauchsdaten ein in Deutschland aufkommender Tatbestand. Dies ist Grund für die nur spärlichen Informationen anderer Energiekonzepte und Studien. Festzuhalten ist, dass Marktbegleiter der Syneco, wie beispielsweise AVAT, Danvos oder VK Energie allesamt eine sehr ähnliche Leistung für strommarktgeführte BHKW unter Beachtung einer Vielzahl von Stellgrößen bieten, die auf Bedürfnisse der Kunden, wie z.B. Wärmeplus abgestimmt sind. Bezogen auf die Nutzung von feingranularen Verbraucher-Daten gibt

es keine expliziten Informationen, dass Marktbegleiter diese für die Leistungserbringung untersucht haben oder aktiv in einer bestimmten Granularität nutzen.

Es finden sich jedoch eine Vielzahl an Projekte zur Untersuchung sektorübergreifendem Erzeugungs- und Lastmanagement für flexible Erzeuger, Speicher und Verbraucher. AVAT als Beispiel führt im Markt durch Integration von z. B. der Daten aus der Energiemanagement-Software Studien durch, um darüber die intelligente Steuerung der BHKWs zu veredeln (siehe Abbildung 3). Integrierte Lastgänge von Wärme, Strom und Kälte sind hier am granularsten, da aus dem Energiemanagement integriert.

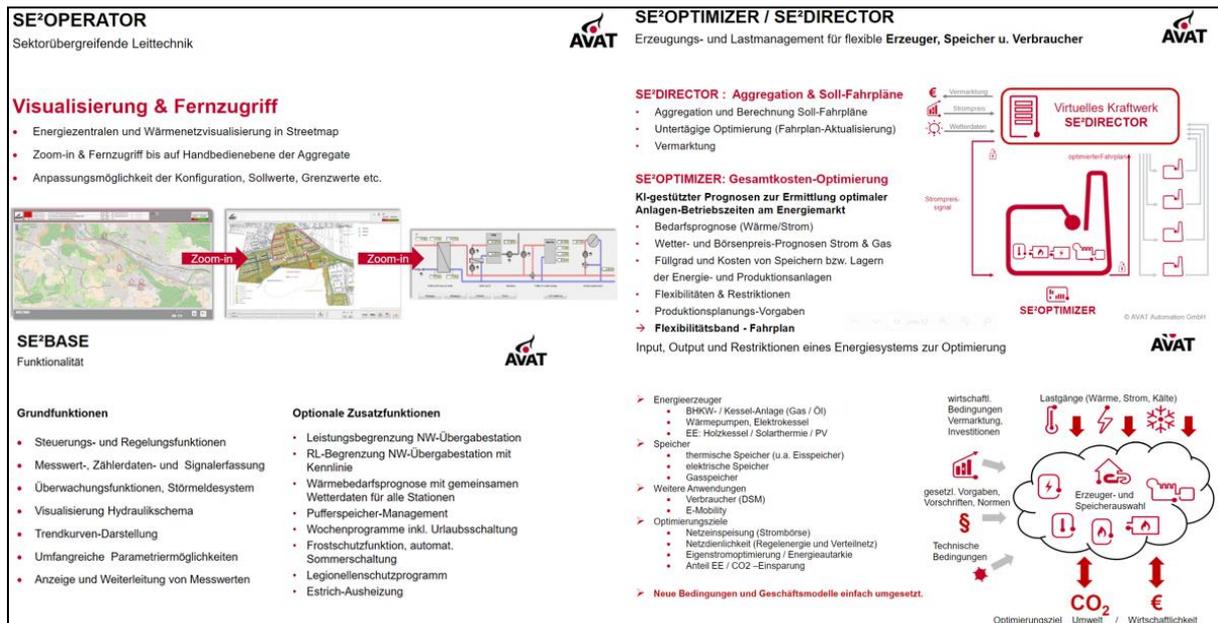


Abbildung 3 Beispiel für Untersuchungen und Produkte am Markt, die bereits Zusatzdaten für die Optimierung im Kontext der Erzeuger- und Speicherauswahl und der intelligenten Steuerung von z.B. BHKWs

## 2.2.2 Ausführungsplanung

In einer gemeinsamen Untersuchung haben E-MAKS und NEXT seit 2019 die Frage bearbeitet, wie neue Geschäftsmodelle für Data Driven Services unter Verwendung vorhandener Daten innoviert werden können.

In der Konzeptionsphase Q3 und Q4 2019 wurde ein erster „Data Service Ideation Workshop“ durchgeführt, um die Ideen der E-MAKS aufzunehmen, kritisch zu hinterfragen und zu analysieren, wo durch Kundeninterviews eine Bewertung der Ideen möglich ist. In einem zweiten Workshop wurden daraus abgeleitete Anwendungsfälle gesichtet und von Experten, wie Wärmeplus und Syneco bewertet. In diesem Zusammenhang wurde das Themenfeld der intelligenten Steuerung von BHKW bzw. Wärmeerzeugern in Kombination mit den neuen Verbrauchsdaten im Allgemeinen identifiziert und vertiefende Untersuchungen am Markt zur Ideenlage durchgeführt.

In einem Folgeworkshop im Mai 2020 erfolgte auf der Basis vorhandener Daten die Detaillierung dieses Ansatzes zu sechs kleinteiligeren Service-Ideen. Dabei wurde der Ansatz der Einflussnahme von Verbrauchsdaten auf die Wärmeprognosen für eine optimierte BHKW-Steuerung priorisiert. Für die Überprüfung der Machbarkeit und Umsetzbarkeit des Ansatzes hat E-MAKS sich für eine Minimal

Viable Produkt (MVP) Durchführung entschieden. Dabei wurde NEXT als Agile Coach, Data Coach und Entwicklungspartner beauftragt, um für die Überprüfung der erfolgreichen Machbarkeit und den damit generierten Nutzen in einem Projekt die Projektleitung zu übernehmen. Der MVP ist der erste Schritt zur Untersuchung einer innovativen und neuen BHKW-Steuerung und kann Teil eines größeren Portfolios von Data Driven Services werden (Vgl. Abbildung 4) vorausgesetzt der Nutzen lässt sich im MVP bestätigen.

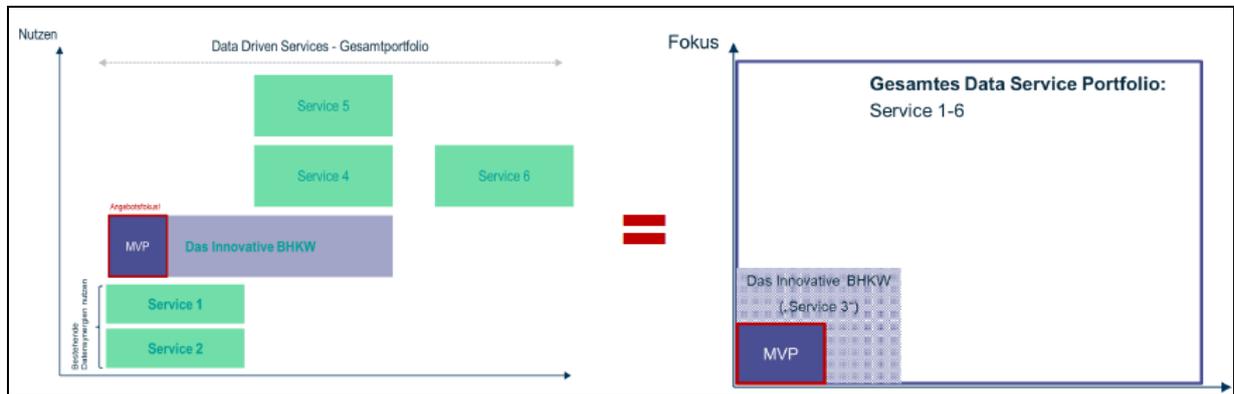


Abbildung 4 Einordnung des angestrebten MVP in Service-Vision und Gesamtportfolio

Hierfür soll ein „minimaler Durchstich“ durch den Anwendungsfall konzipiert und dieser in Software und Algorithmen ausprobiert werden. Das bedeutet, dass Machbarkeit dabei im Fokus liegt. Daher haben die erstellten Analysen, Algorithmus-Ansätze und bestenfalls Software keinen Produktivstand, sondern versuchen, die sinnhafte Umsetzung des Use Cases mit minimalem Aufwand zu belegen und daran ein Wertschöpfungsmodell mit Business Case und Rollenkonstrukt diskutieren und skizzieren.

Grundsätzlich ist diese komplexe Aufgabenstellung anhand von drei Kernfragen geleitet:

- Ist durch die Integration der BKA-Daten **eine Verbesserung der Wärmebedarfsprognose** bis zu 3 Tagen für die BHKWs möglich, um deren Betriebsoptimierung weiter zu steigern?
- Neben der Betriebsoptimierung bringt der Einbezug der Stromproduktion mit gegebenen **Strompreisprognosen eine Ertragsoptimierung?**
- Lässt sich die Dynamik der technischen Seite und der Verbraucher bei der Prognose berücksichtigen, um das **Gesamtsystem zu optimieren** (z.B. Einsatz von Pufferspeichern, typische Verbrauchsverhalten) und damit Rückschlüsse auf die **Granularität** der einzelnen **Datenquellen** ziehen?

Das Projekt zur Beantwortung der drei Fragestellungen teilt sich in vier Arbeitspakete auf, die in Abbildung 5 dargestellt sind: Projektmanagement und Konzeption, Datenbereitstellung & Data Engineering, Prognose- Modellentwicklung & Analytics und Umsetzung des MVP. Die Arbeitspakete lassen sich in zwei Projektaufgaben unterteilen – die konzeptionellen Aufgaben und bei positivem Entscheid daraus die Realisierung des MVP. Die einzelnen Arbeitspakete sowie die jeweiligen Projektphasen werden in den nachfolgenden Abschnitten näher beschrieben.

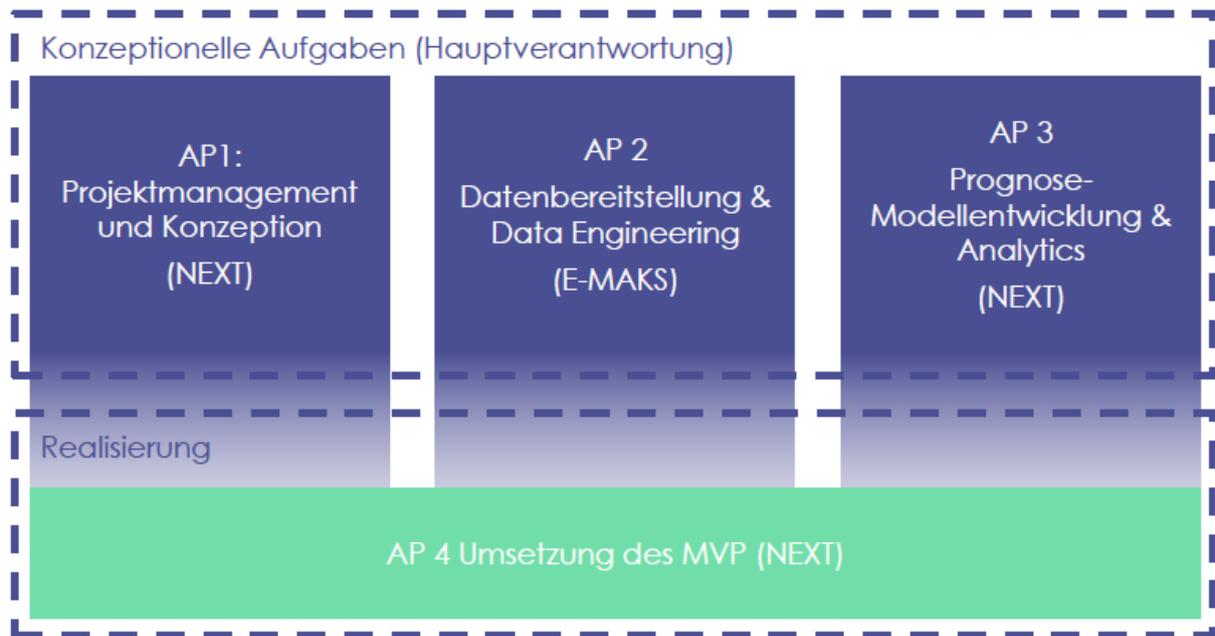


Abbildung 5 Struktur des Projektrahmens mit seinen Arbeitspaketen bei denen jeweils E-MAKS oder NEXT die Federführung übernehmen und bei denen innerhalb der Arbeitspakete nach agilen Prinzipien die Projektziele zu erreichen sind. Dabei ist die konzeptionelle Aufgabe in der Hauptverantwortung des Projekts und die Umsetzung nur bei Zielerreichung geplant, um stets rücksichtsvoll mit den Projektressourcen umzugehen.

### 2.2.2.1 Arbeitspaket 1: Projektmanagement und Konzeption - Konzeptentwicklung

Mit der agilen Projektführung sind die (neuen) Projektanforderungen stets direkt berücksichtigt worden. Dabei arbeitete ein kleines Kernteam, das aus dem Lenkungsreis (Geschäftsführung der E-MAKS und der NEXT) sowie einer operativen und strategischen Projektleitung bestand mit hoher Entscheidungsbefugnis und in kleinen Abstimmungsrunden parallel zu den Entwicklungszyklen des Gesamtprojektteams. In dem Zusammenhang wurden sogenannte Sprints im Kernteam (Weeklys und Monthlys) – also eine beschleunigte auf kurze Zyklen fokussierte Entwicklung – festgelegt. Die agile Projektführung bedeutete im Projektkontext, dass das Kernteam den Fortschritt wöchentlich abstimmt (Weekly). Zusätzlich spiegelt das Kernteam monatlich im Management den Fortschritt (Monthly) und entscheidet hier über Abbruch wegen Zielverfehlung oder Fortsetzung bzw. Anpassung. Zusätzlich dazu gab es die Expertensitzungen mit den beiden Partnern Wärmeplus und Syneco in regelmäßigen, zu den Projektarbeitspaketen passenden Zeitpunkten.

In der Konzeptionsphase wurde der Anwendungsfall mit den Experten genauer untersucht und die Potenziale sowie deren Aufwand geprüft. Zuerst wurden die aktuelle Betriebsweise und das derzeitige Erlösmodell beschrieben und zusammengestellt. Diese wurden durch das Projektteam bereitgestellt bzw. zusammen mit den jeweiligen Partnern besprochen und komplementiert.

Das folgende Modell in Abbildung 6 gibt Informationen zu Partnern, Rollen und deren Interaktionen sowie weiterer Aspekte auf noch hoher Flughöhe:

- **Zuständigkeiten der Versorgungsanlagen:** BHKW, Kessel und Puffer
- **Aktuelle Geschäftsmodelle sowie die Verantwortlichen (farblich abgehoben):** Bau/ Installation und Betrieb des BHKWs und Puffers (Wärmeplus), Energie-Vertrieb (Syneco) und Abrechnungs- und Datenmanagement zum Kunden oder gar Verbraucher (E-MAKS)
- **Kommunikationsschnittstellen zwischen den Wertschöpfungsakteuren**
- **Faktoren, die für die Dienstleistungserbringung maßgeblich sind, wie z.B. Wetter oder Restriktionen**

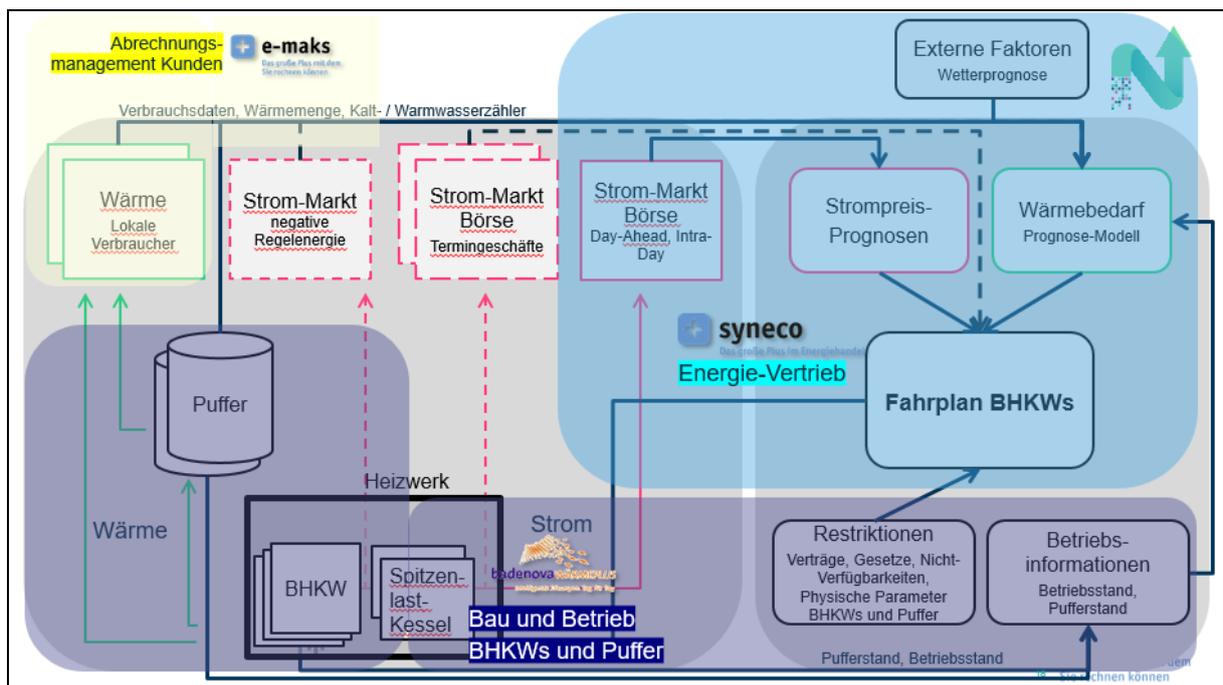


Abbildung 6 Vereinfachtes Modell zur Abgrenzung und Untersuchung der Interaktion der Projektpartner bei der Umsetzung des heutigen „BHKW-Datenkreislaufs und -Steuerung“ sowie erste Ergänzung um die Zusatzinformationen, die E-MAKS in Form der lokalen Verbrauchsinformationen liefert.

Zweitens wurden mögliche datengetriebene Services und Erlöshypothesen evaluiert, sowie die notwendigen Daten für den Service erarbeitet. In Anlehnung an die vier Arbeitspakete ergibt sich daraus die Entwicklung bis zum Geschäftsmodell in der Version 1.0, wie in Abbildung 7 nochmal zusammengefasst dargestellt ist.

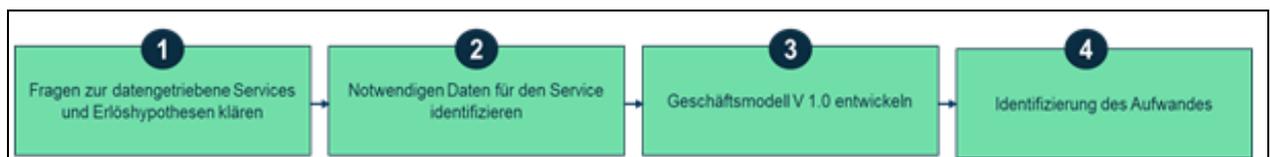


Abbildung 7 Phasen der Geschäftsmodellentwicklung, von Klärungen mit Experten der Erlöshypothesen zur Festlegung der Datenbedarfe durch Definition mit den Experten bis hin zu einem ersten Business Case, der dann Aufschluss über die zu planenden Aufwände gibt.

Dabei wurde bezüglich der Geschäftsmodelle in einer Ist-Aufnahme mit Experteninterviews der Zusatzservice durch die Wärmebedarfsprognose bereits als am vielversprechendsten identifiziert und im Folgenden dann das zukünftige Wertschöpfungsnetz definiert. Bei der Potenzialabschätzung durch NEXT, Syneco und E-MAKS sind speziell die Flexibilisierungspotenziale und die gesteigerte Wirtschaftlichkeit mehrerer Dienstleistungen sehr interessant und in Abbildung 8 auf Basis des ersten Wertschöpfungsnetzes lokalisiert. Syneco hat potenziellen Nutzen durch den Service für ihre Wärmebedarfsprognose identifiziert können, da der Service mit einer verbesserten Wärmeprognose eine verbesserte Erlösoptimierung ermöglichen kann. E-MAKS kann eine Querfinanzierung erreichen und Wärmeplus partizipiert an der Erlösoptimierung.

Als vielversprechendste Nutzenhypothesen hat das Team zwei Erlösmöglichkeiten identifiziert. Durch eine genauere Wärmebedarfsprognose könnte mehr Flexibilität bei der Verschiebung von Mengen in „höherwertige Stunden“ erreicht werden. Damit sind eine höhere Flexibilität und damit Erlöse möglich. Darüber hinaus könnte durch eine verbesserte Prognose des BHKW-Fahrplans bei strombeeinflusster Fahrweise weniger Nachteile durch das Risiko von ungeplanten Intraday-Geschäften wie z.B. Korrekturgeschäft oder Ausgleichsenergie erreicht werden.

E-MAKS konnte damit die Idee der Datenlieferung festigen und somit einen weiteren potenziellen Nutzen für den BHKW-Betreiber identifizieren. Durch eine verbesserte Wärmebedarfsprognose könnten sich die Differenzen bei der Bilanzkreisabrechnungen senken lassen und damit weitere Kostensenkungen erfolgen.

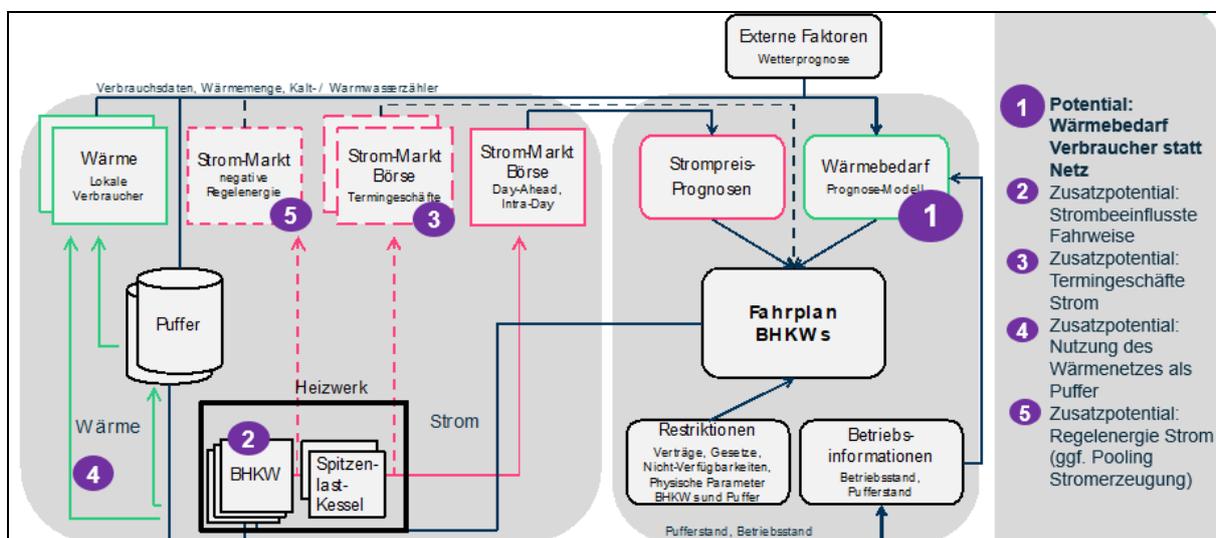


Abbildung 8 Nummer 1 ist das identifizierte Hauptpotential und 2 – 5 sind weitere Zusatzpotentiale, die im Rahmen des datengetriebenen Services nicht realisierbar sind und daher nicht im Fokus des Projektes sind, dennoch im Backlog als werthaltige Potenziale bereits vermerkt bleiben für etwaige Folgeschritte nach Projektabschluss.

Basierend auf den gewonnenen Erkenntnissen und der Identifizierung potenzieller zukünftiger Geschäftsmodelle wurde das Business Modell Canvas für den Wärmebedarfsprognose Service geschärft. Die Abbildung 9 zeigt das Canvas Modell mit dessen Bestandteilen.

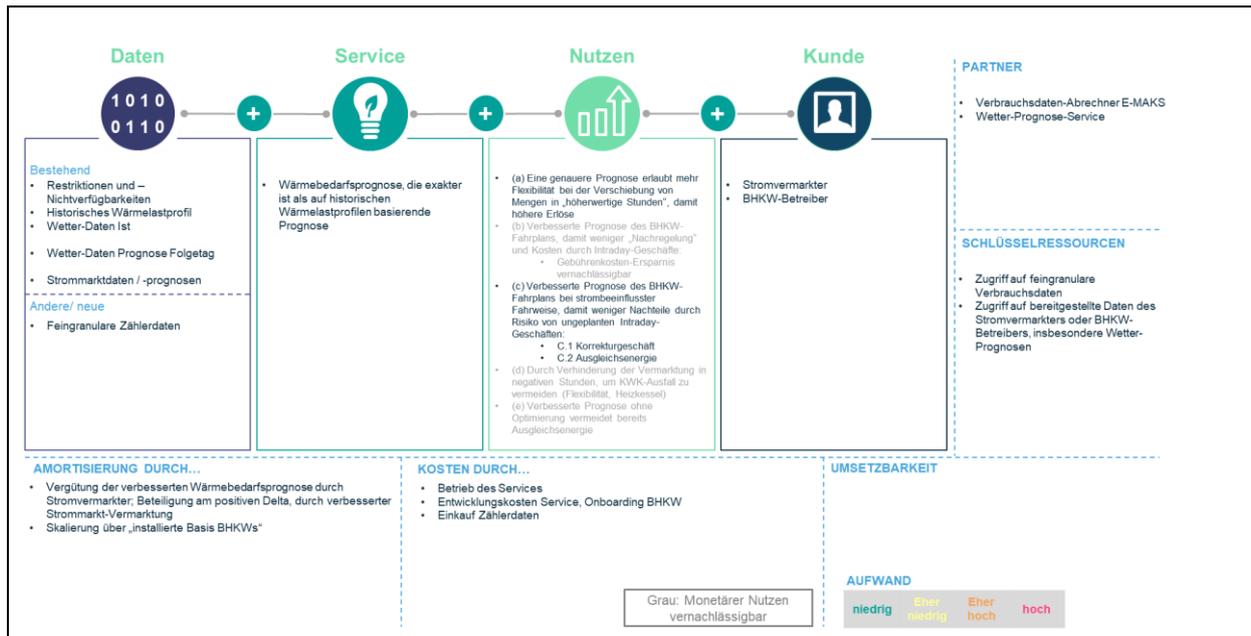


Abbildung 9 Geschäftsmodell V 0.1 nach der 3+1 Regel: Daten+ Service+ Nutzen und Kunde als Baustein für die Interaktionspfade möglicher monetärer Vorteile, dargestellt im Canvas als Wärmebedarfsprognose-Service

Die Konzeptionierung beschäftigt sich darüber hinaus mit der Erfassung und Bewertung des aktuellen Geschäftsmodells (GeMo) bzw. des gewünschten neuen GeMo. Der nachfolgende Abschnitt beinhaltet Informationen zum aktuellen Wertschöpfungsmodell, das derzeit bereits genutzt wird und die Wertschöpfungsakteure in ihrem Wertschöpfungsnetz. Dabei zeigt die Abbildung 10, wie die drei Hauptakteure mit unterschiedlichen Verantwortungen und Erlöspfaden heute abgebildet sind.

**Syneco** führt anhand zusätzlicher Daten, wie z.B. der täglichen Wetterdaten, die durch den Dienstleister DWD/ Meteogroup zur Verfügung gestellt werden, eine Wärmebedarfsprognose auf Basis der BHKW Betriebs- und Prognoseparameter durch. Unter anderem entwickelt Syneco den BHKW-Fahrplan am Vortag und untertäglich. Die Anlage wird dabei prognosebasiert geregelt. Darüber hinaus erstellt Syneco die Day Ahead (Folgetag) und Intraday (Folgestunde) Strompreisprognose für die Stromvermarktung. Durch den Strommarkt erhält Syneco die Daten für die Stromerlöse.

**Wärmeplus** ist für die BHKW Steuerung sowie für die Wartung und den Betrieb der BHKWs zuständig. Dabei erhält Wärmeplus von z.B. Bauvereinen, denen BHKWs in Wohnkomplexen gehören, das Betriebsentgelt und partizipiert mit Syneco von Stromerlösen durch optimierte Fahrweise.

**E-MAKS** führt die Ablesung der Verbrauchsdaten von Wärmemengenzählern und Kalt- sowie Warmwasserzählern durch. Das Kerngeschäft im Rahmen dieses Projekts der E-MAKS ist dabei die Abrechnungsinformation und Ableseinformationen für den Kunden z.B. einen Bauverein vorzubereiten. Darüber hinaus stellt E-MAKS die Verbrauchsdaten der Übergabestation Wärmeplus zur Verfügung. Dabei enthält E-MAKS von Wärmeplus ein Datenentgelt und vom Bauverein die Abrechnungsgebühren.

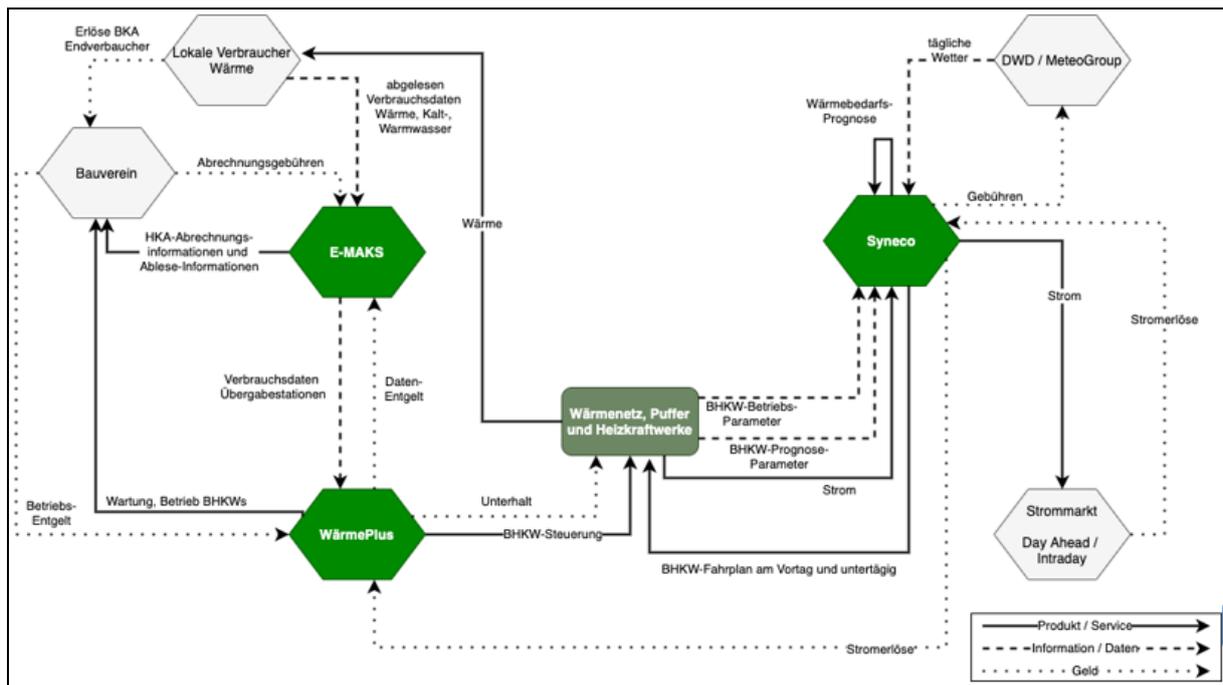


Abbildung 10 Das aktuelle Geschäftsmodell bei der Umsetzung der Wärmebedarfsprognose durch die Hauptverantwortlichen Syneco und Wärmeplus, sprich dargestellt ist das Wertschöpfungsnetz der IST-Situation. Hierbei zeigen die Pfeile die Produkt- oder Servicelieferung, den Informations- oder Datenfluss und Entgelte, die gezahlt werden oder andere Erlöspfade, die Geld bringen.

Das neue Geschäftsmodell zeigt, dass die Akteure einen höheren Erlös durch den Wärmebedarfs-Prognose-Service erreichen können, wenn die Interaktion zwischen diesen aufgebaut werden kann (vgl. Abbildung 11). Die Rolle des Wärmebedarf-Prognoseservice ist gewollt erst mal als vierter Partner dargestellt, um in einem Folgeschritt die Frage zu klären, wie die Kompetenzen für diese Rolle auszugestaltet sind. Damit ließe sich eine mögliche Zuteilung zu einem der bestehenden Partner identifizieren oder die Erkenntnis zum notwendigen Kompetenzaufbau und die Aufwände dazu gewinnen.

Im Rahmen dessen stellt E-MAKS den Service feingranularen Daten zur Verfügung und dafür enthält sie ein Serviceentgelt. Dabei liefert Syneco BHKW-Ist- und -Prognose-Parameter sowie Wetterdaten an den Prognose-Service. Anhand dessen erstellt der Serviceprovider die Wärmebedarfsprognose und stellt sie der Syneco zur Verfügung und dafür enthält der Service die Nutzungsentgelte. Darüber hinaus erstellt Syneco auf Basis der Wärmebedarfs-Prognose die Services die BHKW-Fahrpläne am Tag vorher und untertägig für Wärmeplus. Durch den Service kann Syneco zusammen mit Wärmeplus den Nutzen höherer Stromvermarktungserlöse aus besseren BHKW-Fahrplänen erreichen. Hierbei entstehen über höherer Stromvermarktungserlöse aus besseren BHKW-Fahrplänen die Gewinne. Es ist erkenntlich, dass die Servicebereitstellung noch keinem der Parteien zugeordnet wurde. Dieser könnte sowohl die Datenlieferung der E-MAKS komplementieren oder durch die Vielzahl der eingehenden Daten von Syneco direkt bei dieser oder als gesamthaft eigene Gesellschaft aufgestellt sein.

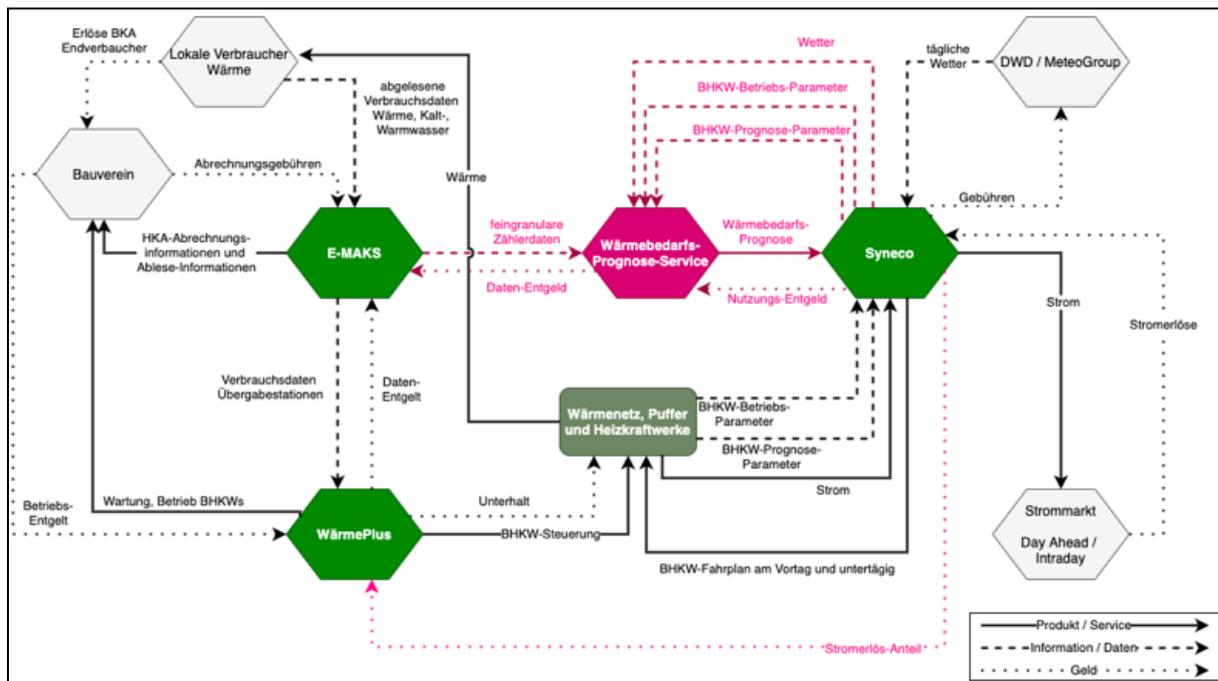


Abbildung 11: Wertschöpfungsnetz für das Geschäftsmodell V 0.1: Darstellung der drei Partner in ihrer Interaktion unter Annahme eines Service-Providers, der den Wärmebedarfsprognose-Service zur Verfügung stellt, ohne diesen Service in seiner Rolle zuzuteilen.

In der Phase erfolgte auch eine simulative Bewertung der Services sowie der möglichen zusätzlichen Ertragsaussichten. Aus den Ergebnissen werden die Grundlagen für das Geschäftsmodell abgeleitet und unterschiedliche Business Case gerechnet. Bei dem Wärmebedarfsprognose-Service ist ein zweistufiger Ansatz möglich - Potenzielle Umsatzsteigerung bzw. Kostensenkung pro MWh („ein BHKW“) und die Skalierung über weitere BHKW und damit Energieeinheiten („MWh-Cluster“). Aktuell im Projekt wurde nur der erste Ansatz betrachtet.

Um genaue Aussagen über mögliche Effekte treffen zu können, sind Kenntnisse zu den Rahmenbedingungen des BHKWs und zu den gelieferten Daten aus den verschiedenen Datenpunkten im Netz erforderlich. Da nicht alle Informationen vorliegen, musste mit einer groben Einschätzung das Potenzial erstmal angegeben werden.

- Hauptpotenzial: Zur Verschiebung von Mengen in „höherwertige Stunden“ konnte das „Verschiebepotential“ gerechnet werden. Im Wärmegeführten Betrieb erzielet man für die elektrische Energie einen Ertrag von 21.000 € pro Jahr. Dies ergibt sich aus dem durchschnittlichen Ertrag pro Stunde multipliziert mit der Jahreslaufzeit und ergibt bei 3 €/h und einer Jahreslaufzeit von ca. 7000 h/ Jahr die angegebenen 21.000 € (Siehe Abbildung 12)
- Zum zweiten Potential – Es entstehen weniger Nachteile durch das Risiko von ungeplanten Intraday-Geschäften, doch ist es schwierig hier eine Modellrechnung aufzustellen und sollte daher an Beispieldaten nachvollzogen werden.

<b>Potenzial: Erlössteigerung durch verbesserte Wärmebedarfsprognose</b>																								
	Tag	Monat	Jahr																					
Potential in Euro	72,00 €	2.160,00 €	25.920,00 €																					
Hebbarer Anteil pro BHKW	21,60 €	648,00 €	7.776,00 €																					
Gesamtpotential alle BHKWs																								
Die Differenz zwischen prognostiziertem und tatsächlichen Wärmebedarf ist die Grundlage für die berechnung potentieller Umsatzsteigerung.																								
Skalierung durch Betrachtung zusätzlicher BHKWs (auf wieviele BHKWs lässt sich die Modellrechnung übertragen, WärmePlus und bestehende Syneco-Kunden)																								
<b>Skalierung über mehrere BHKWs</b>																								
Bestand BHKWs Synoco (in MWh / Jahr)	NN																							
Bestand WärmePlus (in MWh / Jahr)																								
WärmePlus durchschnittliche MWh / Jahr / BHKW																								
Anteil BHKWs WärmePlus mit Potential für Strombeeinflusste Fahrweise	30,00%																							
Bestand BHKWs WärmePlus ohne Strommarktbeeinflusste Fahrweise	80																							
<b>Potenzialkalkulation für ein BHKW (1MW)</b>																								
Hebbares Potential für BHKW: 30%	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
EUR-Potenzial	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3		
Prognostizierter Bedarf in MWh	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
Delta-Preis pro MWh in €	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3		
Stunde	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	0

Abbildung 12 Erste Modellrechnung zur Untersuchung der Erlössteigerung als Beispiel für das „Verschiebepotential“ unter Berücksichtigung von der Potenzialkalkulation eines BHKWs

Die Konzeptionsphase widmet sich als nächstes der Definition der erforderlichen Daten von Anlagen und Zählern, die zur Validierung und später Realisierung und Umsetzung des neuen GeMos dienen. Während des Projektesverlaufes wurde im ersten Schritt durch die Projektpartner (Experten) das Geschäftsmodell nur theoretisch bewertet und der Datenbedarf identifiziert. Dabei erfolgte durch Experteninterviews die definition der Anlagen und Zählerinfrastruktur sowie die Feststellung der Messdatenpunkten und der im Bestandsprozess bereites gelieferte Daten.

Die Erkenntnisse bzgl. der vorhandenen Anlagen und den erforderlichen Zählern wurden zusammengefasst. Dabei erfolgte die Beschreibung des Betrachtungsobjektes (Uni-Carée) z.B Anzahl und Art der Gebäude und Nutzung als Gewerbe oder für Wohnzwecke, die Beschreibung der Anlagen z.B. Anzahl und Typ der Anlagen, die Beschreibung der Betriebsweise und die Verantwortlichkeiten sowie die Beschreibung der Lasten im Uni-Carée z.B. durch saisonalen Verbrauch. Die Darstellung in Abbildung 13 zeigt die Anlagen, die Datenpunkte sowie die Informationen der Datenübertragung im Uni-Carée.

Diese allgemeine Darstellung zeigt den Erzeuger (Blockheizkraftwerk (BHKW) und Kessel), die Übergabestation mit dem Pufferspeicher und die Quartier- bzw. Endverbraucher im Uni-Carré, die inklusive dem jeweiligen Warmwasserspeicher mit Wärme für Wasser und Heizung versorgt werden.

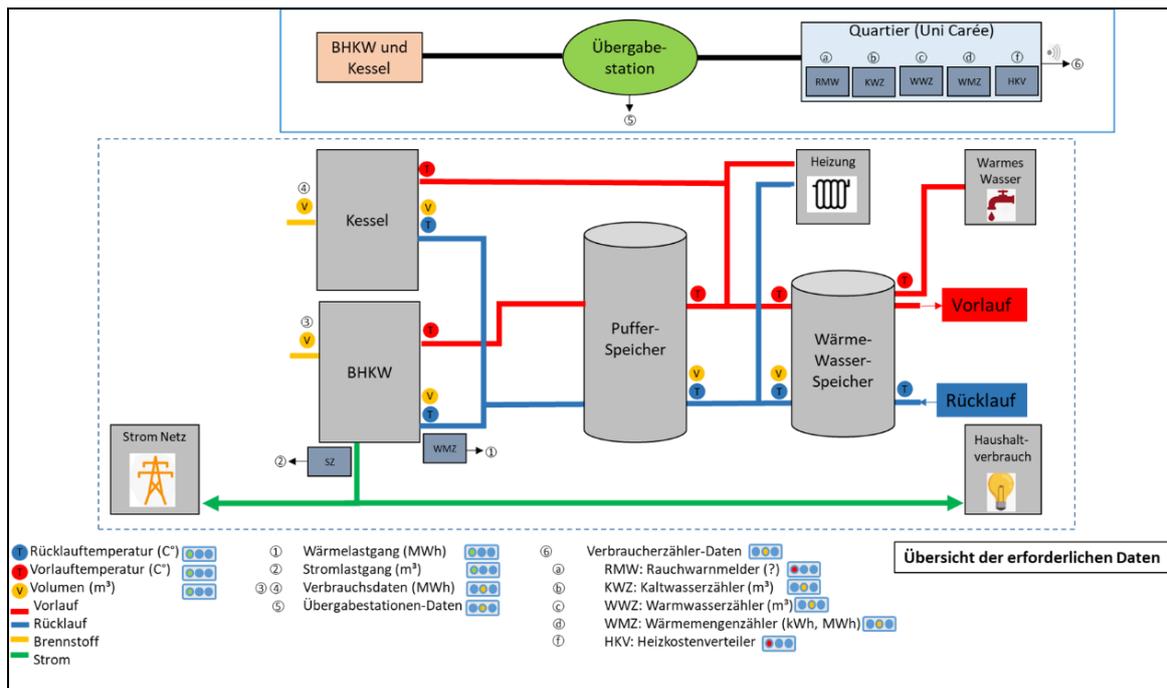


Abbildung 13 Übersicht der erforderlichen Messpunkte und gelieferten Daten im Uni-Carée dargestellt über verschiedene Flughöhen – oben systematisch, darunter technisch und die Legende für die Darstellungsformen und Datenbedarfe. Die Ampeln geben die Datenverfügbarkeit an.

Zu sehen sind die Anlagenkomponenten, die in einem Versorgungssystem in Kombination stehen. Die Anlagenkomponenten, die im Rahmen des Projektes untersucht werden, verfügen über eine Kombination aus BHKW, Heizkessel, Pufferspeicher und Warmwasserspeicher. Zentral dargestellt sind der Pufferspeicher mit Speichervolumen sowie die Verbraucherseite. Neben der Wärmeabnahme durch die Heizung befindet sich ein zweiter Speicher zur Warmwasserspeicherung. Darüber hinaus stellt die blaue Linie in Abbildung 13 den Rücklauf, die rote Linie den Vorlauf, die gelbe Linie den Brennstoff und, der Vollständigkeit halber, die grüne Linie den Stromfluss dar. Strom ist im Rahmen des Projektes jedoch nicht betrachtet worden – der Fokus liegt auf der wärmeseitigen Versorgung.

Tabelle 4 Beschreibung der Gerätetypen und des Informationsgehaltes am Beispiel eines Wärmemengenzähler

Gerät physikalisch/ Typ: WMZ	Informationsgehalt
Durchfluss in m <sup>3</sup> /h	Volumen
Vorlauftemperatur in C°	Vorlauftemperatur
Rücklauftemperatur in C°	Rücklauftemperatur
Thermische Leistung in W	Die gelieferte oder empfangene Wärmemenge wird im Wärmemengenzähler aus den Temperaturen und dem Durchfluss berechnet

In den Ausgangspunkten von jeder Anlage ist ein Messpunkt (Zähler) platziert. An den Messpunkten werden die Daten mit der entsprechenden zeitlichen Auflösung übertragen. Dabei erfassen die Erzeugungszähler (Wärmemengenzähler, Kalt- und Warmwasserzähler) die Erzeugungsdaten. Durch den Übergabezähler erfolgen die Messung und damit das Entstehen von Übergabestationsdaten (z.B. W01). Im Uni-Carré erfolgt die Erfassung von Endverbraucherdaten mit den Verbrauchszählern (Warmwasserzähler (WWZ), Wärmemengenzähler (WMZ), Kaltwasserzähler (KWZ)) in den entsprechenden Wohneinheiten. Im Zuge der Anlagenbetrachtung und deren Bewertung wurden die Daten und der Informationsbedarf sowie die Verantwortlichen für die Datensammlung identifiziert.

**Tabelle 5 Beispielhafte Beschreibung der Messpunkte und Sensoren sowie die davon notwendige Information aus den gelieferten Daten**

Messpunkt und Sensoren	Daten
BHKW	Wärmelieferung
Kessel	Wärmelieferung
Pufferspeicher	Speicherkapazität
Wärmeverbraucher	Heizwärmemenge
	Warmwassermenge
	Kaltwassermenge
Temperatursensor	Rück- und Vorlauftemperatur

Bei der Datenbedarfsdefinition wurden zusätzliche Bedarfe an Daten und Informationen rund um die gesamte Infrastruktur des Uni-Carées festgelegt. Im Rahmen dessen wurden Erkenntnisse über die Anlagen im Uni-Carée (z.B. Stammdaten vom BHKW), Wetterprognose, Preisprofile und historische Verbrauchsdaten zur Verfügung gestellt (Siehe Tabelle 6).

**Tabelle 6 Gesamthafte Zusammenstellung der zusätzlichen Daten und Informationen rund um das Netz Uni-Carée**

Informationsgehalt	Daten
Stammdaten BHKW	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Name / Bezeichnung</li> <li>• Standort (Adresse, besser: Georeferenzierung; --&gt; Marktstammdatenregister)</li> <li>• Abnahmecharakteristik Wärme (z.B. Klinik, Haushalte, Gewerbe)</li> <li>• Abnahmecharakteristik Wärme - Anteile/Gewichtung</li> <li>• Wofür wird Wärme produziert?</li> <li>• Wofür wird Strom produziert?</li> </ul>

- 
- Anzahl Module
  - Kühler- / Notkühler vorhanden
  - Max/ Min. Brennstoffzufuhr (MW)
  - Max/ Min. Stromproduktion (MW)
  - Max/ Min. Heizleistung (MW)
  - Stromkennziffer (Wirkungsgrad. Elektr., Volllast) (%)
  - Mindestbetriebszeit (hh:mm)
  - Mindeststillstandszeit (hh:mm)
  - Bezugspreis Erdgas inkl. Netzkosten, Abgaben und Steuern (€/MWh)
  - Wartungskosten (€/Betriebsstunde)
  - Einspeisevergütung (€/MWh)
  - Jahr der Inbetriebnahme
  - ...

---

Informationen zur BHKW Projektbeschreibungen für die BHKW Auslegung anhand zweier Auslegung Beispiele:

- Bau einer neuen Energiezentrale mit Blockheizkraftwerk, Pufferspeicher und Gaskesselanlage und Bau eines Wärmenetzes mit Übergabe-Stationen für Wohngebäude eines Freiburger Hausverwalters
- Bau und Betrieb einer Energiezentrale mit Blockheizkraftwerk, Pufferspeicher und Gaskesselanlage für eine gewerbliche Einrichtung in Kehl

---

Anlagenschema der entsprechenden Übergabestation

- Anlagenschema-Wärmeerzeugung und Verteilung bis in die Unterstationen
- Strangschema-Heizung und Strangschema-Sanitär

---

Weitere Informationen rund um das Netz Uni-Carée

- Lage der Wohnungen
- Anzahl der Zähler
- Wohnungsgröße/ Wohnungsart
- Mieterstrom
- Strangschema Sanitär (Uni-Carré Haus 7-10)

---

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Strangschema Heizung (Uni-Carré Haus 4-6)</li> </ul>
Historische Werte für die Erzeugungszähler- BHKW	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Durchfluss(m<sup>3</sup>/h)</li> <li>• Vorlauftemperatur (C°)</li> <li>• Rücklauftemperatur (C°)</li> <li>• Volumen (m<sup>3</sup>)</li> <li>• Wärmelastgang (MWh)</li> <li>• Stromlastgang (kW)</li> </ul>
Historische Werte für die Erzeugungszähler- Kessel	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Durchfluss(m<sup>3</sup>/h)</li> <li>• Vorlauftemperatur (C°)</li> <li>• Rücklauftemperatur (C°)</li> <li>• Volumen (m<sup>3</sup>)</li> <li>• Wärmelastgang (MWh)</li> <li>• Stromlastgang (kW)</li> </ul>
Historische Verbraucherzähler-Daten gesamte Uni-Carée (monatliche Auflösung von 2018 bis 2019)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• KWZ: Kaltwasserzähler (m<sup>3</sup>)</li> <li>• WWZ: Warmwasserzähler (m<sup>3</sup>)</li> <li>• WMZ: Wärmemengenzähler (kWh, MWh)</li> </ul>
Verbraucherzähler-Daten Uni-Carée vom Haus Barbarastr. 7 (MVP)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verbraucherzählerdaten:</li> <li>• KWZ: Kaltwasserzähler (m<sup>3</sup>)</li> <li>• WWZ: Warmwasserzähler (m<sup>3</sup>)</li> <li>• WMZ: Wärmemengenzähler (kWh, MWh)</li> <li>• Übergabestationen-Daten (kWh)</li> </ul>
Historische Temperatur-Kurve Netz – Vorlauf, Rücklauf	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Differenz zw. Vorlauf, Rücklauf ist Arbeit; lässt auf Verallgemeinbarkeit von Verbraucherdaten schließen</li> </ul>
Preisprofil	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preisprognose</li> </ul>
Außentemperatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wetterprognose</li> </ul>

### 2.2.2.2 Arbeitspaket 2: Datenbereitstellung & Data Engineering

Im Rahmen von Data-Service-Projekten gibt es eine große Herausforderung bei der Datenbereitstellung auf Grund der Vielzahl unterschiedlicher Datenquellen und Datenquellsystemen.



Richtigkeit der Daten prüfen zu können. Je besser die Datenlage, umso bessere Prognosen werden möglich sein. In den folgenden Abschnitten wird kurz beschrieben, wie die Datenprüfung und Datenbereinigung im Projekt durchgeführt wurde.

**Datenaggregation:** Da im Uni-Carré mehrere Messstellen verbaut sind, wurden neben dem BHKW und Kessel auch die acht Übergabestationen mit einem fernauslesbarem zentraleren Summenzähler (Übergabezähler) installiert. Die Übergabezähler liefern die Daten der aufsummierten Verbrauchstellen. Im gleichen Zusammenhang erfolgte im Projekt anhand der gesammelten Daten- und Experten-Informationen die Verteilung der Zähler auf drei Aggregationsstufen: Summenzähler, Übergabestationszähler, Verbraucherzähler und deren Anzahl.

Die Abbildung 15 zeigt die Übersicht der Daten der erfassten Zähler unter den Übergabestationen mit den Einheiten. Sie zeigt auch, dass einige der Zähler direkt den Verbrauch in kWh und andere Zähler den Verbrauch in m<sup>3</sup> messen. Damit lässt sich mittels der erfassten Erzeuger- und Übergabestationszähler die Umrechnung von m<sup>3</sup> in kWh ableiten. Darüber hinaus kann überprüft werden, ob alle gelisteten Zählern auch als Datensätze vorhanden sind und, dass die Zähler später für die Zuordnung bei der Entwicklung von Algorithmen den richtigen Übergabestationen zugeordnet sind.

stage	parent	uebergabe_type	unit	zaehler_art	metering_point_id
bhkw	not applicable	sum	kWh	WMZ	1
buffer	not applicable	sum	kWh	WMZ	1
end_verbraucher	HAR3	sum	kWh	W01	56
			m3	KWZ	66
				WWZ	66
	HAR4	sum	kWh	W01	38
			m3	KWZ	46
				WWZ	46
	HAR8	sum	kWh	W01	49
			m3	KWZ	49
				WWZ	49
gas	not applicable	sum	kWh	WMZ	1
gewerbe	not applicable	sum	kWh	W01	7
			m3	KWZ	6
				WWZ	6
uebergabe	not applicable	heating	kWh	W01	3
			sum	kWh	W01

Abbildung 15 Zählerübersichtstabelle für die verschiedenen Messstellen im Uni-Carré, Summenzähler mit den dahinter liegenden Endzählern sowie deren Anzahl und Einheiten

**Datenevaluation:** Umfang und Qualität der Daten – sowohl die historischen Daten als auch die während der Projektlaufzeit generierten Daten mit 15-minütiger Auflösung – wurden ausgewertet, um die festgestellten Potenziale bewerten zu können. Hierbei war es sinnvoll im ersten Schritt „Witterung“ mit den Daten aufzunehmen, um zuerst einen Überblick über die Gesamtheit zu erhalten und gewisse Rahmenbedingungen abzusichern, wie z.B., dass von allen Zählern auch Zeitreihen vorhanden sind. Mit der Betrachtung konnte das Projektteam Herausforderungen bei den bereitgestellten Daten feststellen. Die Untersuchung hat gezeigt, dass einige Übergabestationszähler fehlerhafte Werte übertragen und andere Zähler sporadisch liefern (siehe Abbildung 16). Das

Diagramm zeigt die Anzahl von übertragenen Übergabestationszählerdaten (HAR3, HAR4 und HAR8). Durch die kontinuierliche Datenlieferung kommt es zu einer geraden Darstellung (grün, rot und blau) über die Zeit, was bedeutet, dass immer ungefähr gleichviel Daten gesendet werden. In den orangenen und lila Darstellungen sieht man die Abweichung der übertragenen Zählerdaten bezüglich der Sendehäufigkeit. Das bedeutet, dass die Datenqualität hier nur teilweise gegeben ist.

Darüber hinaus wurde festgestellt, dass aufgrund der lückenhaften bzw. fehlerhaften Daten der Übergabestationen die Umrechnung von m<sup>3</sup> in kWh nicht, wie geplant direkt über die Daten möglich ist.

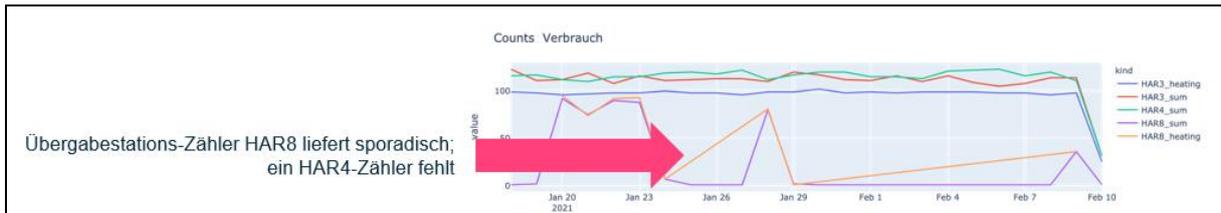


Abbildung 16 Visualisierung der übertragene Werte der Übergabestationen-Zähler über die Zeit (x-Achse) und Counts (y-Achse). Ziel ist eine möglichst gerade Liniendarstellung bei höchstmöglichem Count, denn das bedeutet, dass der Zähler regelmäßig Daten generiert und sendet.

Gleichzeitig wurden alle Messdaten für das BHKW mit Puffer, Kessel, Übergabestationen und den Endverbrauchern untersucht. Das Modell zeigt die durchschnittliche Anzahl an Meldungen der Zähler am Tag (siehe Abbildung 17). Dabei wurden alle Summenzähler betrachtet. Das Modell hat gezeigt, dass die Frequenz von der Übermittlung der Erzeugungssummenzähler-Daten wieder Aufschluss auf die Funktionsfähigkeit gibt. Die Erzeugungszähler (lila und rot) funktionieren gut. Darüber hinaus zeigt das Diagramm die Anzahl von übertragenen Endverbraucherzählerdaten (hellgrün). Durch die kontinuierliche Datenlieferung kommt es zu einer geraden Darstellung, was bedeutet, dass immer ungefähr gleichviel Daten gesendet werden. In der orangenen Darstellung sieht man die Abweichung der übertragenen Zählerdaten bezüglich der Sendehäufigkeit.

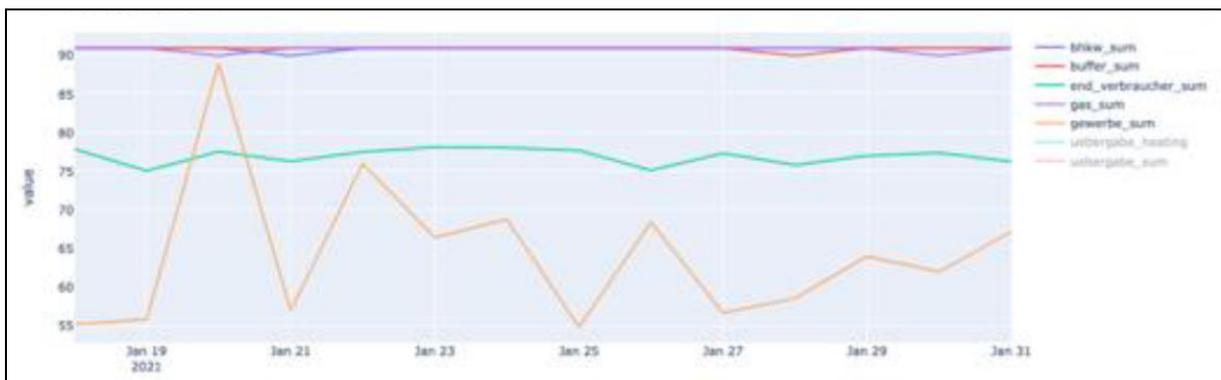


Abbildung 17 Das Diagramm zeigt die Vollständigkeit der übertragenen Daten von Summenzähler, Übergabestationszähler, Verbraucherzähler über die Zeit (x-Achse) via Counts (y-Achse). Eine gerade Linie weist dabei daraufhin, dass es zu regelmäßiger Datenlieferung kommt, je zackiger die Darstellung desto unregelmäßiger der Dateninput.

Die gewonnen Erkenntnisse aus den erstellten Modellen haben gezeigt, dass Daten für Erzeuger und Endverbraucher plausibel sind. Aber die Übergabestationsdaten sind unvollständig und dadurch ist die Plausibilisierung auf Datenbasis so erstmal unmöglich.

Im Lauf der Datenanalyse wurde festgestellt, dass die Datenaufbereitung aufgrund der fehlenden Daten aufwendiger ist als angenommen.

**Fehleranalyse:** Für die Verbesserung der Datengrundlage und für die Weiterentwicklung des Algorithmus hat das Projektteam sich entschieden, dass die Zähler gezielt beobachtet werden, denn vor allem die Wärmemengenzähler konnten großflächig verteilt im gesamten Carré nur sehr unzufriedenstellend in ihrer Auflösung eingesammelt werden, wenn überhaupt. Die Wasserzähler hingegen (z.T. nur wenige Meter entfernt) stellten oft kein Problem dar. Für eine zeitnahe Lösung und Beseitigung der Zählerproblematik hat E-MAKS im Uni-Carré mit der Unterstützung des Dienstleisters für das Einsammeln der Messwerte über sogenannte Basisstationen eine Messdaten-Fehleranalyse der Messsysteme (Gateways und Repeater) sowie der Erreichbarkeit der Zähler durchgeführt. Die große Herausforderung dabei war die Identifizierung von „Lücken“ in den bisherigen Daten sowie die nicht plausiblen Daten.

Hierfür hat NEXT Data Service AG eine Grundlage für die Ursachenforschung von Zählermängeln vorbereitet und periodische Excel-Tabellen zur Analyse generiert (siehe Abbildung 18), die übersichtlich zeigen, für welchen Zähler (Zeile) und welchen Tag (Spalte) wie viele Werte (Zelle) übermittelt wurden mit einer farblichen Hinterlegung bei unter 80 Werten pro Tag. Damit konnte die Spezialisten in der E-MAKS und der Dienstleister unterstützt werden, sodass diese gezielt untersuchen konnten, ob die Zähler, die weniger als 80 Werte senden, defekt sind oder die installierten Funkmodule im Uni-Carré nicht richtig funktionieren oder die Technik zum Einsammeln der Daten betroffen ist – kurzum, wo der Fehler der Quelldaten zu verorten ist.

**Abbildung 18** Die Übersicht zeigt für welchen Zähler (Zeile) und welchen Tag (Spalte) wieviel Werte (Zelle) übermittelt wurden mit einer farblichen Hinterlegung bei unter 80 Werten pro Tag.

Im März hat E-MAKS wie oben beschrieben Dienstleister vor Ort geschickt, um die technische Infrastruktur am Uni-Carré zu prüfen. Dabei haben die Ablesedienstleister die Zähler, Repeater sowie die Gateways im gesamten Haus geprüft. Es wurde festgestellt, dass es zwei Stränge gibt, die Einfluss auf das Projekt haben und es z.T. komplizierter gestalten als angenommen:

**a) Bewertung der Ausbaustrategie auf Basis der 15-Minuten Wert:**

Um die Zählerwerte zu garantieren wird mit Gateways und Repeatern (Batteriebetrieben) gearbeitet. Von der Ausbaustrategie zur Umsetzung des Betriebskostenabrechnungsanwendungsfalls im

"Einklang" mit dem wirtschaftlichen Mehraufwand, der sich im fast "margenlosen" Geschäftsumfeld als Triebfeder herausstellt, ergibt sich ein Ausbauszenario mit ca. 70 % der Zähler, die über Gateways theoretisch 15 min Werte senden können, und 30 % der Zähler, die sich über die deutlich günstigeren Repeater einsammeln lassen (auf Grund von Batteriebetrieb in 4 h Intervallen). Von den 96 Werten pro Tag gibt es keinen Erfahrungswert, wie viele tatsächlich ankommen und ob die Annahme mit den 80 Werten realistisch ist. Das ist stark abhängig von der Bausubstanz. Zusammengefasst heißt das, dass auf Basis der jeweiligen Ausbaustrategie immer zwei Datensätze vorhanden sein werden. Der Großteil der Zähler mit eingestellten 15-Minuten Werte, der ergänzende Anteil mit 4 h Intervallen. Wirtschaftlich lässt es sich nicht rechtfertigen ein Gebäude komplett mit Gateways auszustatten. Das bedeutet jedoch, dass man Zähler haben sollte, die diese Sendeintervall konstant einhalten und nicht, wie im Projekt aufgetreten, stets unterschiedlichste Intervalle oder gar tageweise keine Daten senden bzw. empfangen. Beim Termin vor Ort konnte ausgeschlossen werden, dass die Problematik bei den Repeatern und Gateways liegt, denn die Zählerinformationen konnten bei den identifizierten Zählern (zumeist Wärmemengenzählern) nicht erhalten werden.

#### **b) Anfrage beim Hersteller bezüglich fehlerhafter Funk-Messgeräte im Uni-Carré:**

Die nicht zu verstehenden Sendeintervalle und das systematische Ausschließen von Fehlern ließ nur noch die Frage offen, ob die Zähler selbst fehlerbehaftet sind. Dabei wurde beim vor Ort Termin eine Zählerablesung durchgeführt. Die Zähler ließen eine plausible vor Ort Ablesung visuell zu. Das bedeutet, dass der Fehler wohl in der Funkübertragungseinheit auf dem Zähler zu liegen scheint. Dafür wurden die Zählernummern der verbauten Hardware an den Hersteller gespielt. Dieser bestätigte, dass es eine fehlerhafte Charge an Funk-Hardware gegeben haben muss und auch die Zähler im Uni-Carré betroffen sind. Dies hat nun zur Folge, dass das gesamte Carré von der Hardwareseite getauscht werden muss, ehe man Daten der gewünschten Qualität erhält.

Für das Projekt bedeutet es, dass ad hoc keine besseren Daten bekommen werden können. Mit den validen Zählern, bzw. mit den Datenzeiträumen mit validen Datenpunkten wird dennoch die Prognose-Aussage unter Verwendung von Stundenwerten oder 15 min Werten untersucht. Die Modellentwicklung ist erstmal vom Prinzip in ihrem Mechanismus untersucht worden und kann jedoch erst abschließend validiert werden, wenn die Datensätze in ausreichender Menge und korrekt vorliegen.

Dazu noch ein ergänzender Gedanke: Da die Datengrundlage aus dem Jahr 2020 stammt, kommt zusätzlich hinzu, dass dies ein atypisches Verbrauchsjahr auf Grund der Corona-Pandemie ist. Haushalte sind durchgehend, ohne Urlaube oder Arbeitszeitfenster im Verbrauchsverhalten abgebildet. Daher muss auch dies berücksichtigt werden, wenn ein späterer Validationsschritt ansteht.

#### **2.2.2.3 Arbeitspaket 3: Prognose-Modellentwicklung & Analytics**

Die folgenden Abschnitte, zeigen die Modellentwicklung schrittweise beginnend mit dem Machine Learning Verfahren. Dabei werden die verfügbaren Rohdaten in zwei Teile gesplittet: in Trainings- und Testdaten. Dabei wird auf den Trainingsdaten der Machine Learning Algorithmus trainiert und mit dem Validierungsset verfeinert, um das Modell zu erhalten. Danach wird das trainierte Modell zur Qualitätskontrolle auf den Testdaten angesetzt und man versucht die Test-Daten vorherzusagen

und erhält darüber eine Aussage, wie gut der Algorithmus ist (siehe Abbildung 19). Je mehr Daten der Algorithmus über diese Logik zum Lernen erhält, desto genauer kann möglicherweise das reale Ergebnis vorhergesagt werden, denn in den Daten verstecken sich gewisse Zusammenhänge, die sich der Algorithmus zu Nutzen macht, nachdem diese verstanden sind.

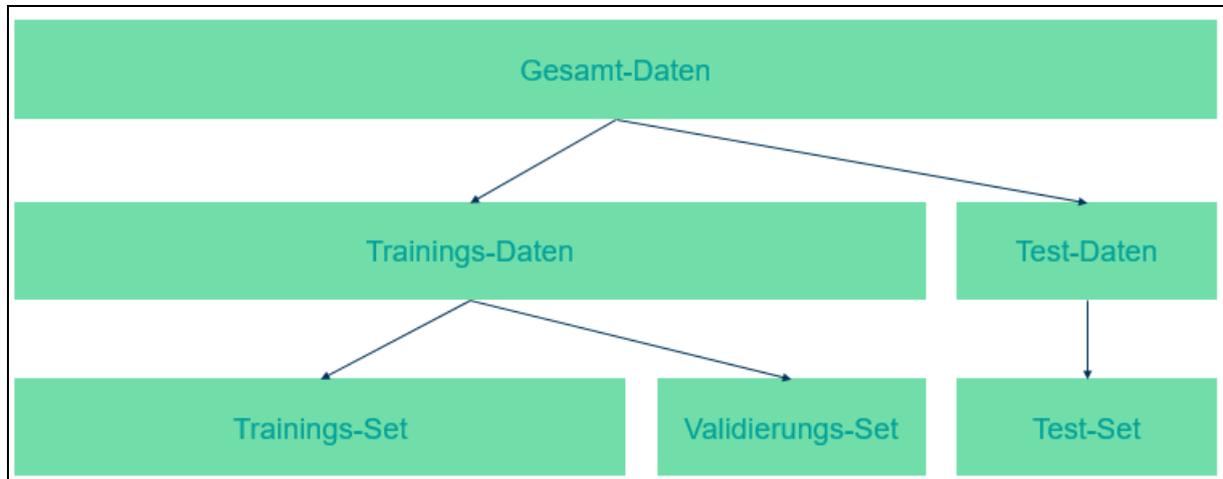


Abbildung 19 Die Darstellung zeigt wie die Daten aufgeteilt werden. Dabei werden die Trainingsdaten in Trainings- und Validierungsset aufgeteilt. Damit baut man ein ML (man arbeitet mit Trainingsset und „testet“ mit Validierungsset). Wenn man dann glaub fertig zu sein, dann testet man nochmal auf dem Test-Set, um sicherzugehen, dass das ML auch wirklich gut ist.

Für die Prognose sind die drei folgenden Fehlertypen wichtig, um zu identifizieren, ob die prognostizierte Wärmelast aussagekräftig ist. Für die Bewertung der Prognose wird der mittlere Fehler (MAE) sowie der Mean Absolute Percentage Error (MAPE) in der Statistik verwendet. Der MAE wird verwendet, um zu messen, wie gut Prognose oder Vorhersagen mit den Ergebnissen übereinstimmen. Durch die Nutzung von absoluten Fehlerwerten wird verhindert, dass sich positive und negative Fehler ausgleichen. Der MAE wertet dabei aller Ausreißer gleich und führt keine zusätzliche Gewichtung von kleineren oder größeren Abweichungen durch. Und der MAPE ist für die Vergleichbarkeit von Messreihen, die auf unterschiedlichen Messdaten beruhen notwendig. Der MAPE gewichtet und zeichnet alle Abweichungen, zeichnet ein eher optimistisches Bild und stellt ein mehr intuitives Maß für den Fehler dar.

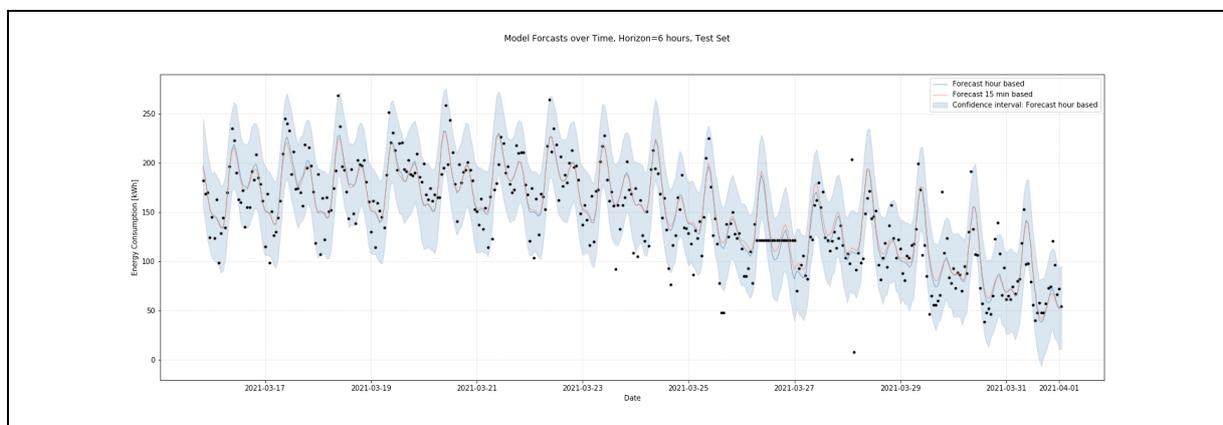
In der Projektphase wurden Wärmebedarfsprognosen auf Basis von Summenzähler und Verbrauchszähler ausgelegt. In der Regel benötigt ein gutes Maschinelles Learning sehr große Datensätze, was im Projekt aufgrund der lückenhaften Datensätze nicht möglich ist. In dieser Situation werden Algorithmen zur Fehleranalyse laufen. Diese Art von Fehlerberechnung soll, auch wenn die Datenqualität eingeschränkt überschaubare Ergebnisse liefert, für eine zukünftige exakte Lösung dienen. Auf Basis der zunächst eingeschränkt verfügbaren Daten hat das Projektteam unterschiedliche Aspekte untersucht und verschiedene KI-Modelle erstellt. Die Prognose-Modelle wurden ebenfalls in unterschiedliche Vorhersagehorizont (1 Tag, 3 Tage und 16 Tage) durchgeführt. Im Folgenden werden die Ergebnisse der Wärmebedarfsprognosen gezeigt.

## 1) Wärmebedarfsprognosen auf Basis Summenzähler (Erzeugerzähler)

Für die Bewertung des Anwendungsfalls und die Entwicklung von Prognose-Modellen wurden die gesamten Erzeugungszählerdaten (Heizungsdaten des Erzeugerzählers (kWh)) für den Gesamtwärmeverbrauch des Uni-Carées in dem Zeitraum vom Januar 2021 bis März 2021 genutzt. Der Wärmelastgang lag mit einer 15-min-Auflösung und mit einer stündliche-Auflösung aus früheren Zeiträumen vor.

### - Vorhersagehorizont 1 Tag

Als erster Schritt in der Prognose der Lastgänge wurde die Vorhersage des Tagesenergiebedarfs auf dem Test-Set mit dem Prognose-Modell und auf Basis Stunden und 15 Minuten untersucht. In der Abbildung 20 sind die Ergebnisse des Prognose-Modells dargestellt. Dabei zeigt die blaue Linie die Prognose auf Basis der stündlichen Werte, die rote Linie die Prognose auf Basis der 15-minütigen Werte und die schwarzen Punkten den tatsächlichen Gesamt-Verbrauch in kWh an.



**Abbildung 20** Übersicht über Vorhersagen auf Basis des Test-Sets mit dem Prognose-Modell auf Basis Stunden (blau) und 15-Minuten (rot). Die schwarzen Punkte zeigen den tatsächlichen Gesamt-Verbrauch an in kWh, der blaue Schlauch gibt das Konfidenzintervall an. Die meisten Messpunkte liegen innerhalb des Konfidenzintervalls der Prognose.

Da der Wärmebedarf für 24 Stunden vorhergesagt ist, wird ein Vorhersagefehler nie auszuschließen sein. Dies wird unten im Detail ausgeführt.

Im Rahmen der Fehlerrechnung wurden die MAPE und MAE Fehler bei der erstellten Vorhersage gerechnet. Die Abbildung 21 zeigt den Fehlermaß MAPE und die Fehlermaße MAE bei der erstellten Vorhersage des Tagesenergiebedarfs auf Basis Stunden (blau) und 15 Minuten (rot). Im Bild stellen die schwarzen Punkte den Vorhersagefehler je Datenpunkt dar.

Der MAPE Fehler vom vorherhergesagten Gesamtverbrauch auf Basis stündlicher Werte liegt aktuell bei 15% und vom vorherhergesagten Gesamtverbrauch auf Basis 15-minütiger Werte bei 16%. Daraus wurde geschlossen, dass die 15-min-Werte gegenüber 1h-Werten den Vorhersagefehler nicht verbessern. Darüber hinaus ist der MAPE Fehler über den Vorherzeitraum von 24h konstant und nimmt für größere Zeiträume nicht zu.

In der Übersicht liegt der MAE bei ca. 19 kWh bei einem Durchschnittsverbrauch von 140 kWh. Bei der Untersuchung wurde auch der Benchmark hour mean gerechnet. Der Benchmark hour mean

dient zum Vergleich der Fehler bei Zugrundelegung des Durchschnittsverbrauchs je Stunde am Tag als Vorhersage.

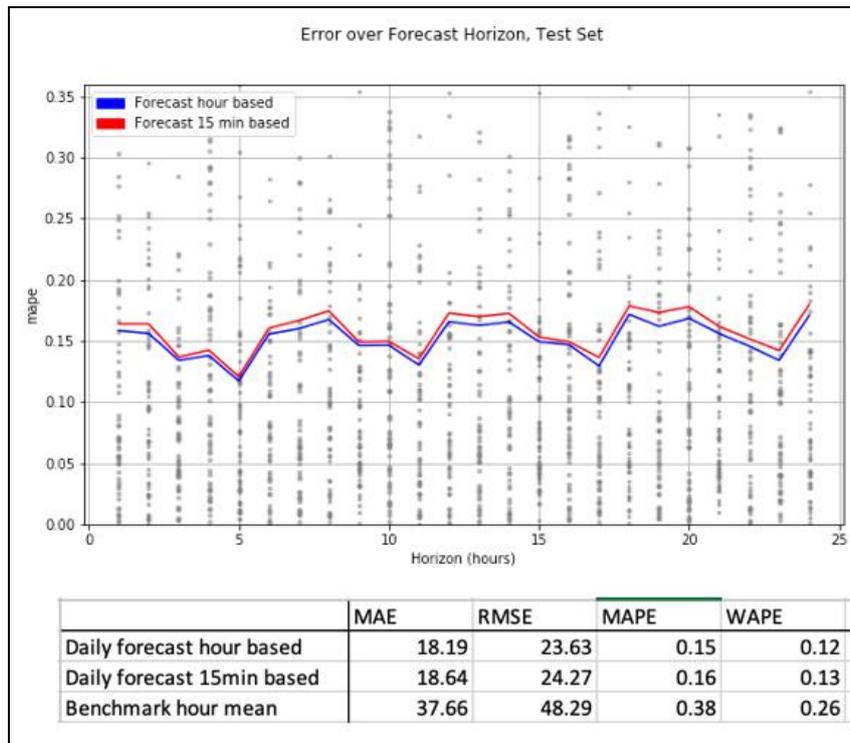


Abbildung 21 Fehlermaße bei der erstellten Vorhersage des Tagesenergiebedarfs auf Basis Stundendaten (blau) und 15 Minuten Werte (rot), sowie Fehlerabweichung in schwarz. Darstellung eine Vorhersagezeitraums von einem Tag (24 h).

Als nächstes die Prognose der Lastgänge mit Vorhersagen auf Basis des Test-Sets mit dem Prognose-Modell auf Basis Stunden und 15-Minuten Werte und einem Vorhersagehorizont von drei Tagen untersucht.

In der Abbildung 22 sind die Ergebnisse des Prognose-Modells dargestellt. Dabei zeigt die blaue Linie die Prognose auf Basis der stündlichen Werte, die rote Linie die Prognose auf Basis der 15-minütigen Werte und die schwarzen Punkte den tatsächlichen Gesamt-Verbrauch in kWh an.

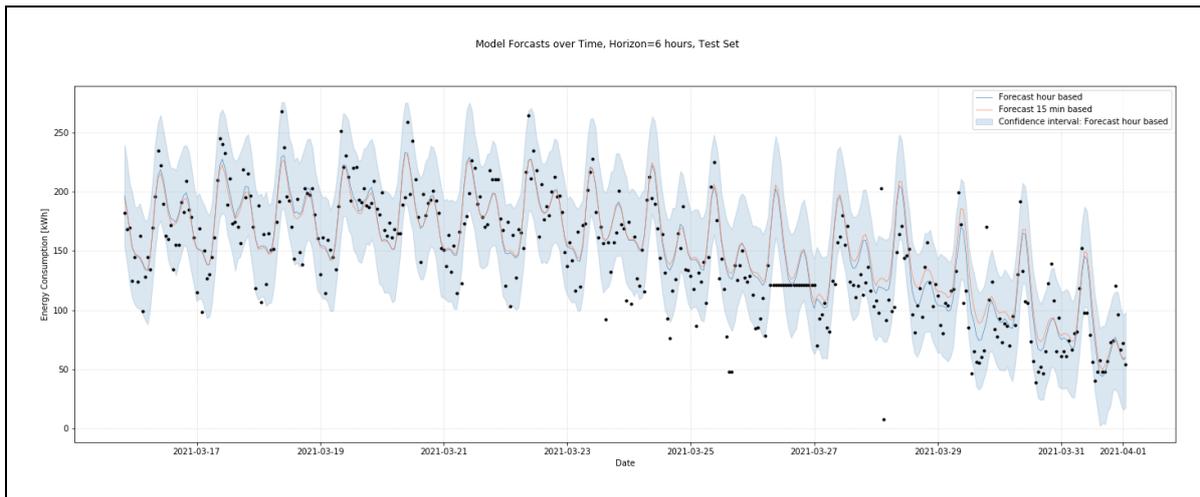


Abbildung 22 Übersicht über Vorhersagen auf dem Test-Set mit dem Prognose-Modell auf Basis Stunden (blau) und 15-Minuten (rot) und einem Vorhersagehorizont von drei Tagen. Die schwarzen Punkte zeigen den tatsächlichen Gesamtverbrauch an kWh, der blaue Schlauch gibt das Konvidenzintervall an. Die meisten Messpunkte liegen innerhalb des Konfidenzintervalls der Prognose.

Ähnlich wie bei der Vorhersage des Tagesenergiebedarfs auf Basis Stunden (blau) und 15 Minuten (rot) wurde bei der Vorhersage mit dem Vorhersagezeitraum von drei Tagen die MAPE-Fehler und MAE-Fehler gerechnet. Dabei liegt der MAPE Fehler von stündlichen Vorhersagen bei 16% und 15-minütigen Vorhersagen bei 17%. Dabei wurde festgestellt, dass der Prognosefehler mit drei Tagen Vorhersagehorizont im Vergleich zu der Vorhersage des Tagesenergiebedarfs leicht zugenommen hat. Darüber hinaus liegt der MAE-Fehler bei ca. 19 kWh bei einem Durchschnittsverbrauch von 140 kWh (vgl. Abbildung 23).

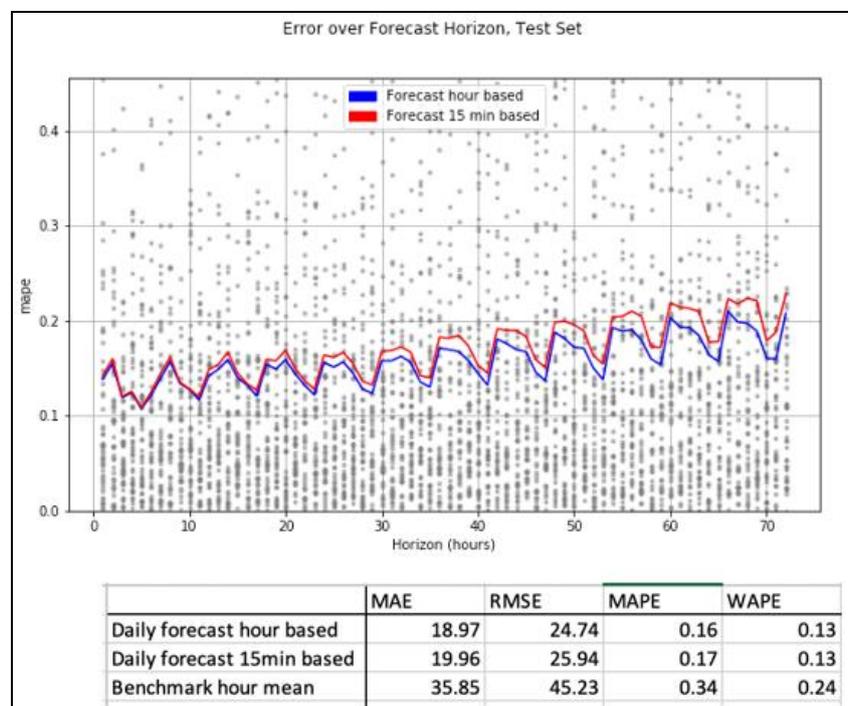


Abbildung 23 Fehlermaße beim Erstellen der Vorhersage auf Basis Stunden (blau) und 15 Minuten (rot) und mit einem Vorhersagehorizont von drei Tagen.

## - Vorhersagehorizont 16 Tage

Für die Bewertung der Vorhersage-Qualität auf lange Zeiträume wurden Vorhersagen auf dem Test-Set mit dem Prognose-Modell auf Basis Stunden und einem Vorhersage Horizont von einem Tag (blau) und 16 Tagen (rot) durchgeführt (siehe Abbildung 24).

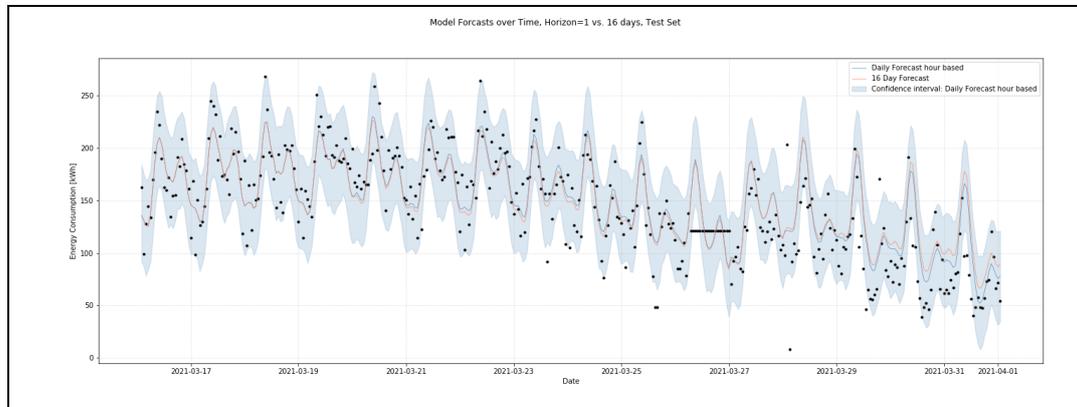


Abbildung 24 Übersicht über Vorhersagen auf dem Test-Set mit dem Prognose-Modell auf Basis Stunden und einem Vorhersage Horizont von 16 Tagen (blau) und 15-minuten Werte (rot). Die schwarzen Punkte zeigen den tatsächlichen Gesamt-Verbrauch an in kWh, der blaue Schlauch gibt das Konfidenzintervall an. Die meisten Messpunkte liegen innerhalb des Konfidenzintervalls der Prognose.

Die Berechnung des MAPE-Fehlers von 21% bzw. 22% zeigt, dass der Fehler mit 16 Tage Vorhersagehorizont im Vergleich zum Vorhersagefehler mit einem Vorhersagezeitraum von 24 Std. und Vorhersagezeitraum von 3 Tagen geringfügig größer geworden ist. Dadurch wurde festgestellt, dass gute Vorhersagen auch auf lange Zeiträume möglich sein werden.

	MAE	RMSE	MAPE	WAPE
Daily Forecast hour based	20.24	26.1	0.21	0.14
Daily Forecast 15min based	20.54	26.87	0.22	0.14
16 Day Forecast	21.54	27.47	0.23	0.15

Abbildung 25 Fehlermaße bei der erstellten Vorhersage auf dem Test-Set mit dem Prognose-Modell auf Basis Stunden und einem Vorhersage Horizont von 16 Tagen

Die resultierten Ergebnisse aus den drei erstellten Vorhersagen mit dem Prognose-Modell und drei verschiedenen Vorhersagehorizonten (1 Tag, 3 Tage und 16 Tage) deuten darauf hin, dass sich mit den Zählerdaten KI-Modelle trainieren lassen, die eine sehr vielversprechende Genauigkeit aufweisen, und dass diese KI-Modelle deutlich von granularen **Summenzähler-Daten** profitieren können. Die Summenzählerdaten stellen dabei den ersten Detailgrad dar, der durch die Fernauslesetechnik zur Verfügung gestellt wird.

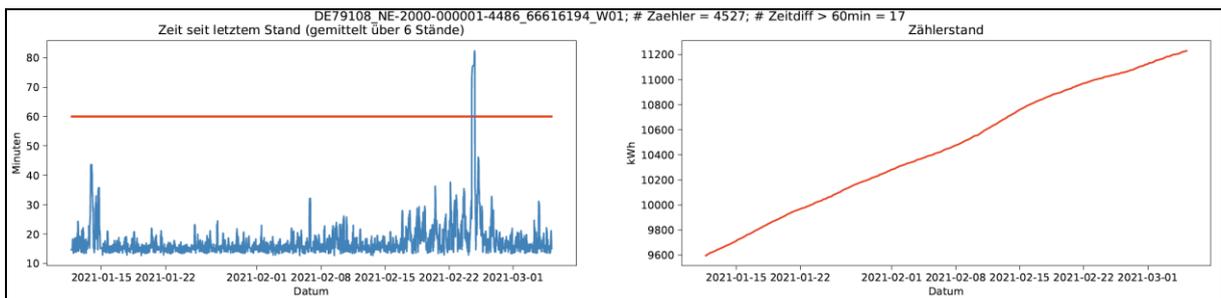
## 2) Wärmebedarfsprognosen auf Basis Verbraucherzähler

### - Identifikation von zulässigen Zählern

Für die Nutzung der Verbraucherzähler ist sichergestellt worden, dass nur problemfreie Zähler verwendet wurden. Daher wurden zunächst einmal alle Zähler überprüft und kategorisiert in valide

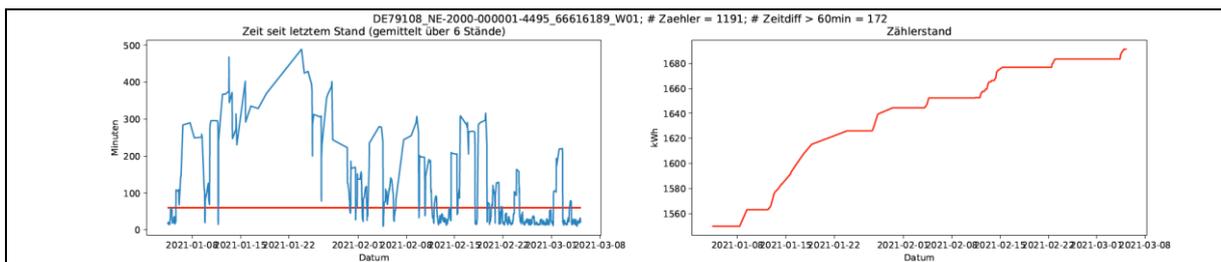
und nicht valide Zähler. Dazu wurden die Frequenz der Datenlieferung und der kumulative Verlauf des Zählerstandes begutachtet.

In den folgenden Abbildungen 26 und 27 sind Beispiele für validen und nicht validen Zähler dargestellt, um den Prozess der Identifikation bildlich zu machen. Im Diagramm präsentiert die rote Line die Zeitbegrenzung (60 min) und die blaue Line die Sendefrequenz der Zähler. Die Zähler senden bestenfalls alle 15 min und erwartet wird spätestens alle 4 h ein Wert. Je niedriger die blaue Line, desto besser ist die Sendefrequenz vom Zähler, sprich zwischen dem Versand zweier Datenpakete liegt weniger als eine Stunde (Bezug auf die y-Achse). In der Abbildung zur Rechten ist auch der Verlauf des Zählerstandes (rot) dargestellt. Dabei sieht man im oberen Diagramm einen ansteigenden Zählerstand, im unteren Diagramm eine „Stufenfunktion“.



**Abbildung 26** Beispiel für einen validen Zähler – Die Darstellung der Sendehäufigkeit über die Zeit links und der Referenzlinie bei 60 min in Rot zeigt auf, dass die Daten in Intervallen deutlich kleiner als 60 min ankommen. Rechts die Darstellung des Zählerstands über die Zeit mit kontinuierlichem Verlauf.

Im oberen Diagramm ist es ein valider Zähler, der kontinuierlich Daten sendet und die Kurve kontinuierlich ansteigt. Und im Diagramm darunter ist es ein nicht valider Zähler, da es Zeiträume gibt, wo keine Daten ankommen und demnach erst bei erneuter Übermittlung eines Wertes in der Zwischenzeit deutlich mehr Verbrauch stattgefunden hat und somit eine Stufe entsteht.



**Abbildung 27** Beispiel für einen nicht validen Zähler – Die Darstellung der Sendehäufigkeit über die Zeit links und der Referenzlinie bei 60 min in Rot zeigt auf, dass die Daten in sehr unterschiedlichen Intervallen deutlich über 60 min ankommen. Rechts die Darstellung des Zählerstandes über die Zeit mit sprunghaftem Verlauf basierend auf der fehlenden Kontinuität einkommender Daten.

### - Vorhersagehorizont 1 Tag

Im Folgenden wird auf Grund von lückenhaften Verbrauchsdaten im gesamten Uni-Carée-Netz ein einfacher Verbrauchszähler als Beispiel betrachtet, der mit einem hohen und kontinuierlichen Verbrauch im Netz identifiziert wurde. Dies ermöglicht es, dass das Prognose-Modell abgebildet

werden kann und eine konkrete Vorhersage untersucht und beschrieben wird, die später auf den gesamten validen Datensatz angewendet werden kann, sobald dieser vorhanden ist.

Hierbei wurden die Vorhersagen des Tagesenergiebedarfs auf dem Test-Set mit dem Prognose-Modell auf Basis von Stunden und 15-Minuten untersucht. Die Abbildung 28 zeigt die Ergebnisse des Prognose-Modells. Dabei stellt die blaue Linie die Prognose auf Basis der stündlichen Werte, die rote Linie die Prognose auf Basis der 15-minütigen Werte und die schwarzen Punkte den tatsächlichen Gesamt-Verbrauch in kWh dar.

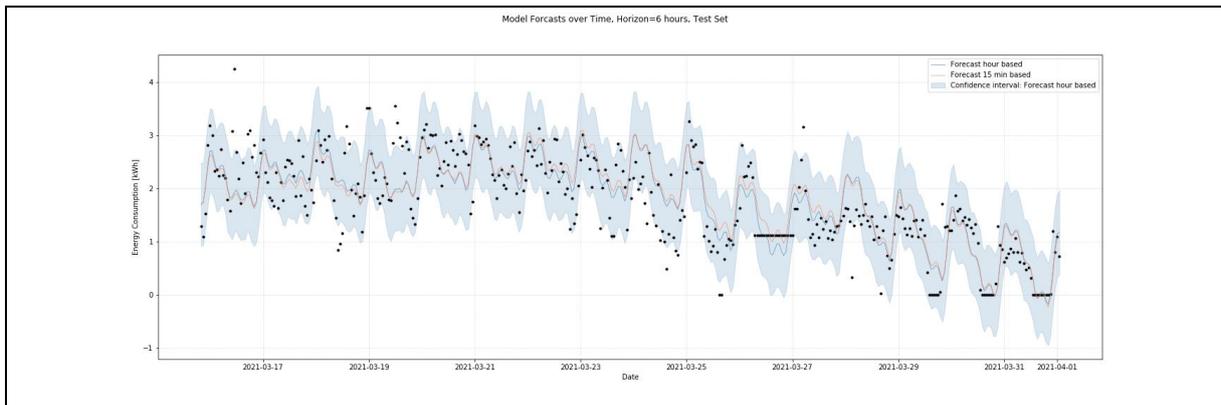


Abbildung 28 Übersicht über Vorhersagen auf dem Test-Set mit dem Prognose-Modell auf Basis Stunden (blau) und 15-Minuten (rot). Die schwarzen Punkte zeigen den tatsächlichen Gesamt-Verbrauch in kWh. Die Grafik zeigt den Vorhersagezeitraum von 6 h an.

Im Weiteren wurde der Vorhersagefehler berechnet. Dabei wurden MAE und WAPE (weighted absolute percentage error) berechnet, da der MAPE Fehler bei Null-Verbräuchen (d.h. Stunden ohne Verbrauch) nicht definierbar ist. Der relative Fehler (WAPE) liegt bei 23 % und damit um 11 % höher als bei der Vorhersage des Erzeugerzählers. Und der MAE Fehler liegt bei ca. 0,4 kWh bei einem Durchschnittsverbrauch von 1,7 kWh (Siehe Abbildung 29).

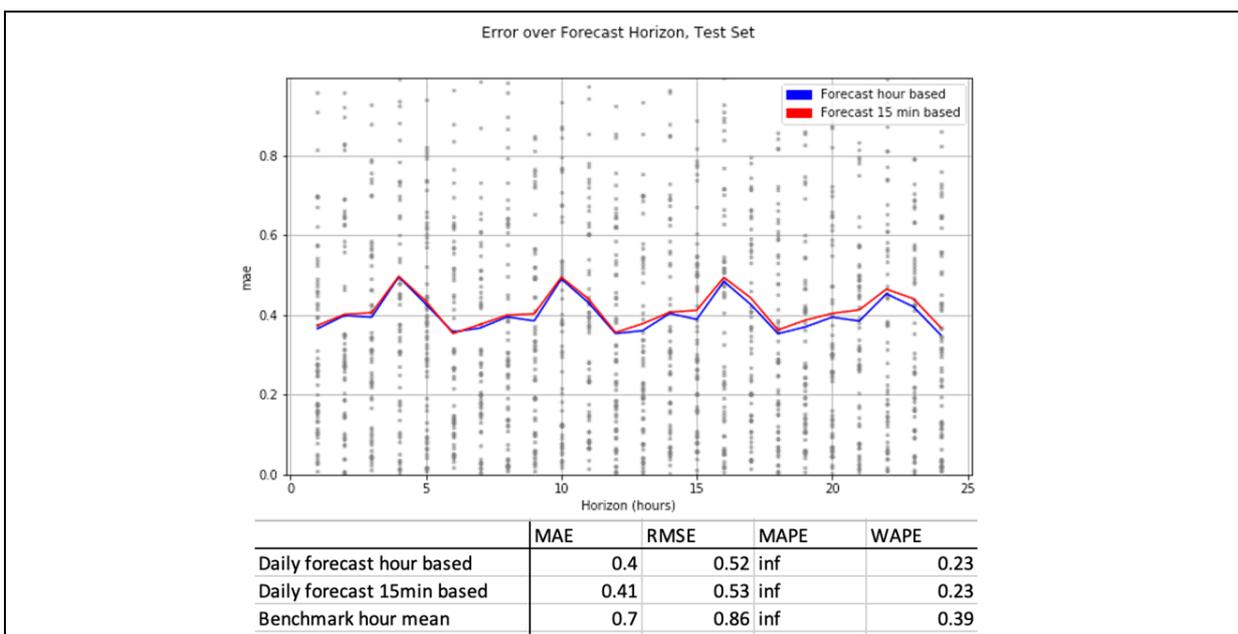


Abbildung 29 Fehlermaße bei dem Erstellen von Vorhersagen des Tagesenergiebedarfs auf Basis der Vorhersage in Stunden (Blau) und 15 Minuten (Rot).

## - *Prognose-Potential durch Verbrauchszähler*

Durch die Verwendung von Verbraucherzählern im Rahmen der aktueller Datenlage, sprich unter Verwendung ausschließlich der funktionierenden Verbrauchszählern, konnte das theoretische Optimierungspotential durch die Nutzung des Prognose-Modells ermittelt werden. Im Folgenden wurde die Frage „wie stark kann das Modell durch die Nutzung der verfügbaren Verbraucherzähler maximal verbessert werden“? beantwortet.

Aufgrund der Probleme bei der Datenerfassung auf Endverbraucher-Ebene und der zeitintensiven Fehlersuche, die nur durch Tausch der Hardware gelöst werden kann, war eine Vorhersage aller Endverbräuche nicht möglich. Der Einfluss der Endverbräuche auf die Vorhersage des Gesamtverbrauchs wurde stattdessen durch die verfügbaren Endverbräuche simuliert. Durch die durchgeführten Simulationen konnte identifiziert werden, dass bei vollständigen Daten diese Vorhersage sehr gut zu machen wäre - die Zielgröße Gesamtverbrauch entspricht dem Input aus den Endverbrauchern (theoretisch abzüglich Verluste).

Bei bestehender Datenlage liefert das Experiment zwei Einsichten:

1. Die Verifizierung der verfügbaren Endverbraucherdaten bestätigt, dass die Struktur der verfügbaren Verbraucherdaten für Vorhersagen geeignet ist und auf einen vollständigen Datensatz transferiert werden kann.
2. Der erwartete Vorhersagefehler, unter der Annahme einer perfekten Vorhersage auf Basis der verfügbaren Endverbräuche, zeigt, dass die theoretisch erreichbare Verbesserung auf Grundlage der funktionierenden Verbraucherzähler zwingend validiert werden muss, um den Einfluss von Verlusten o.ä. bewerten zu können.

In diesem Abschnitt wurden 66 manuell geprüfte Verbraucherzähler als zusätzliche Prädiktoren (zusätzlich zu historischen Gesamterzeugerzählerdaten, Wetter, etc.) für die Erstellung von Vorhersagen auf dem Test-Set mit dem Prognose-Modell auf Basis stündlicher Endverbräuche verwendet. Das Prognosemodell berücksichtigt nicht die Warmwasserzählerdaten und entspricht daher 30% des zu prognostizierenden Gesamtverbrauchs im Carré. Mit dieser Untersuchung soll aufgezeigt werden, welche Methode nötig ist, um die optimierende Vorhersage zu erstellen. Dies hilft die Grenzen bei der Verwendung von vollständigen Endverbrauchsdaten zu verstehen und deren Potenzial zu identifizieren.

Die Abbildung 30 stellt die Ergebnisse der Vorhersage dar. Dabei zeigt die blaue Linie die Prognose auf Basis stündlicher Werte ohne Endverbraucher, die rote Linie die Prognose auf Basis stündlicher Werte mit Endverbrauchern als Prädiktor und die schwarzen Punkte den tatsächlichen Gesamtverbrauch in kWh an.

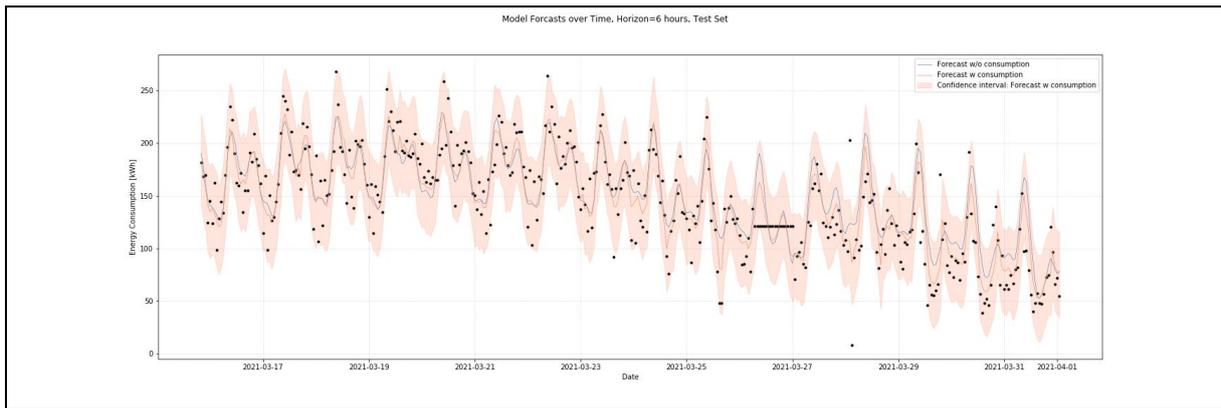


Abbildung 30 Übersicht über Vorhersagen auf dem Test-Set mit dem Prognose-Modell auf Basis Stunde ohne Endverbräuchen (blau) und mit Endverbräuchen (rot) als Prädiktor und schwarz sind die tatsächlichen Gesamtverbräuche in kWh.

Das Model mit Endverbrauchern zeigt einen deutlich geringeren Fehler als das Ursprungsmodell. Dabei liegt der MAE-Fehler mit Endverbrauchern bei ca. 16 kWh bei einem Durchschnittsverbrauch von 140 kWh, also bei 13% und ohne Endverbraucher liegt der MAE bei ca. 20 kWh bei einem Durchschnittsverbrauch von 140 kWh, also bei 18% (siehe Abbildung 31).

Im Vergleich zu diesem simulationsbasierten Benchmark wird der echte Vorhersagefehler durch die Vorhersagefehler der Verbraucherzähler voraussichtlich größer. Bei Berücksichtigung aller Verbraucherzähler wird dieser wiederum sinken, denn dann lässt sich durch "Fine Tuning" der Modelparameter einwirken auf die Vorhersage.

Zusammenfassend zeigt die erzielte Verbesserung des Vorhersagefehlers durch die Einbindung eines Teils der Endverbräuche in Kombination mit der soliden Vorhersagequalität des Beispiel-Endverbrauchs, dass der Vorhersagefehler durch vollständige Endverbraucherdaten weiter reduziert werden kann.

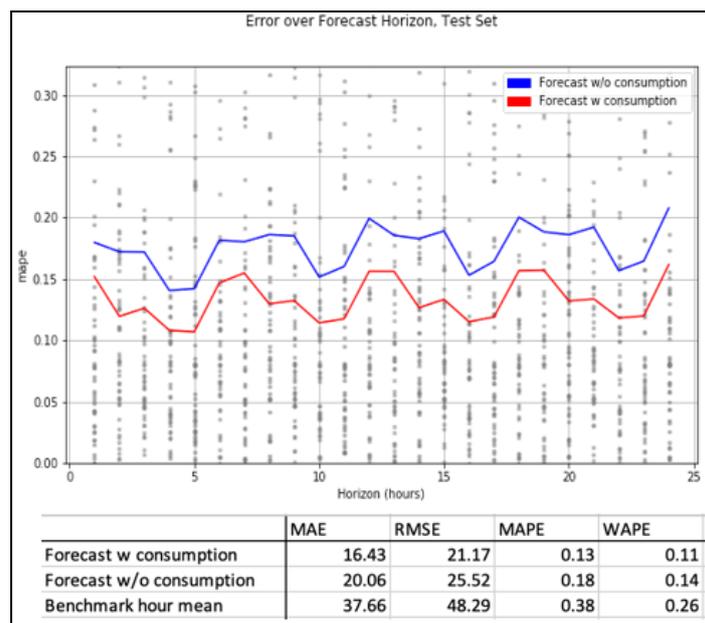


Abbildung 31 Fehlermaßen bei der erstellten Vorhersage

Anhand des entwickelten Prognosemodells und auf Basis der verfügbaren Daten konnten Wärmebedarfsprognosen auf Basis der Summenzähler (Erzeugerzähler) und Wärmebedarfsprognosen auf Basis der Verbrauchszähler durchgeführt werden. Diese Prognosemodelle erlauben eine erste Einschätzung, allerdings ist die Generalisierbarkeit durch den sehr kurzen Zeitraum stark beschränkt. Darüber hinaus ist ein Qualitätssprung erst mit zusätzlichen, vollständigen Daten möglich. **Die bisherigen Erkenntnisse deuten stark darauf hin, dass sich ein Wärmebedarfsprognose-Service auf Basis der Zählerdaten erstellen lässt, insbesondere scheinen die Daten der Verbrauchszähler die Güte der Vorhersage deutlich zu steigern.** Eine finale Bewertung ergibt sich dann, wenn der Status-Quo der Wärmebedarfsprognose parallel zu einer Prognose unter Berücksichtigung der Zusatzdaten parallel läuft und damit dann die Rückschlüsse auf die Einsparpotenziale oder Zusatzerlöse quantifiziert werden können.

## 2.3 Ökologischer Nutzen

### - *Einsparung an Primärenergie und Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emission*

Die neu gewonnene Datengrundlage aus der Betriebskostenabrechnung löst das jährliche Anfahren der Kundenliegenschaften zum Erheben der Rechnungsdaten mit einem Auto ab. Hierbei werden direkte Emissionen wie CO<sub>2</sub> und NO<sub>x</sub> vermieden. Dort wo aktiv mit dem Auto vorbeigefahren werden muss, um die Zähler auszulesen, kommt es zu einer Emissionsbelastung. Durch die steigende Anzahl an Ablesungen pro Jahr inkl. einem durchschnittlichen Fahrtaufwand von 1,5 Fahrten pro Zähler auf Grund von Kontrollablesungen, können jeweils bis zu 22 t CO<sub>2</sub> und NO<sub>x</sub> in Bezug auf den jetzigen Kundenstand über die nächsten drei Jahre eingespart werden, wenn die Daten per Fernübertragung der Abrechnung zur Verfügung stehen.

Des Weiteren zielt der Einsatz des Algorithmus auf die Optimierung des Betriebs der Anlage mit einer direkten Wirkung auf die zum Einsatz kommenden Brennstoffe. Der optimale Wirkungsgrad wird bei richtiger Dimension und Auslastung erreicht. Gleichzeitig verbessert die Überwachung der Anlage Reaktionszeiten auf Abweichungen des Normalzustands und atypische Verhalten können mit einer ganzheitlichen Datengrundlage besser analysiert werden. Hier liegt die größte Stellschraube an CO<sub>2</sub>-äquivalenter Emissionseinsparung, die als These weiterhin Bestand hat, jedoch ebenfalls final zu validieren ist.

Die mit Umsetzen der Energieeffizienzrichtlinie verbundene Visualisierung ist nicht von ungefähr, sondern soll dem Kundenbewusstsein dienen. Studien sprechen von Einsparungspotenzialen bei Strom-, Wasser und Wärmeverbräuchen durch die Bewusstseinsmaßnahmen in Kombination aus Verbrauchpreisen und Mengenangaben. Der Aufbau des Letztverbraucherportals zum Verarbeiten der granularen Verbrauchsdaten hat die Intensität der Kundeninteraktion zur Dokumentenverwaltung besser zu steuern. Die Verbindung aus Rechnungslegung, Preisgestaltung und die Visualisierung des Verbrauchs führen im Schnitt bis zu 10 % freiwillige Einsparung der Verbraucher<sup>1</sup>. Bei einem durchschnittlichen Wert von 474 g CO<sub>2</sub> pro kWh Strom<sup>2</sup> aber auch von nur 0,35 g CO<sub>2</sub> pro Liter Wasser<sup>3</sup> ist jede nicht verbrauchte kWh oder jeder nicht verbrauchte Liter Wasser mit einer direkten Reduktion an Emissionen aber auch nicht notwendigen Aufwänden für Erzeugung, Transport, o.ä. verbunden.

Für DaS invo BHKW sind diese Reduzierungspotenziale ebenfalls von Bedeutung, soll doch untersucht werden, wo Ressourcen eingespart und demnach Emissionen verringert werden können. Im

weitreichendsten Fall sind Optimierungen bis zur Dimensionierung und Einstellung der Anlage denkbar, die die Brennstoffkosten und den Nutzen dieser beeinflusst.

Wichtig ist, dass dem Projektteam klar ist, dass granulare Datensätze auch in Rechenzentren gespeichert werden und demnach wieder Emissionen verursachen, doch soll darauf hingewiesen sein, dass hier Datensätze nun der Mehrfachverwendung unterzogen werden. Im Folgenden lassen sich zukünftig weitere Zusammenhänge mit ressourcenschonendem Einsatz im Projekt feststellen, denn durch zusätzliche Daten lassen sich auch Anomalien festhalten und frühzeitig vorhersagen. Dies sichert die Wärmeliefergarantie und damit den optimalen wirtschaftlich und technischen Einsatz.

1. <https://www.enbausa.de/heizung/aktuelles/artikel/heizungsdigitalisierung-einsparpotenzial-ist-ueberschaubar-6312.html>

2 <https://www.umweltbundesamt.de/themen/co2-emissionen-pro-kilowattstunde-strom-sinken>

3 <https://www.zeit.de/news/2019-08/15/bund-foerdert-leitungswasser-als-durstloescher>

(alle Seiten besucht am 02.07.21)

## 2.4 Betrachtung der Wirtschaftlichkeit

### - *Verbesserung der Wirtschaftlichkeit*

Anhand der prognostizierten Wetterdaten, dem historischen Energiebedarf und technischen Restriktionen berechnet die Software mittels KI welche Fahrweise den zukünftigen Bedarf decken wird. Also eine gesamtkostenminimierende Betrachtung. So können auch über das Förderende hinaus deutliche Mehrerlöse zu erzielt werden.

Da die verfügbaren Datenreihen der Wärmelast aus dem Uni-Carée nur für wenige Monate tatsächlich vollständig vorliegen, lässt sich das wirtschaftliche Potential nicht in Zahlen valide daraus ableiten. Die ersten erreichten Ergebnisse zeigen jedoch, dass durch den Wärmebedarfsprognose-Service ein Mehrwert hinsichtlich einer genaueren Prognose erschlossen werden kann. Darüber hinaus wurde im Projekt auch identifiziert, dass durch das Nutzen einer verbesserten Wärmebedarfsprognose ein Verschiebungspotential erreicht werden kann. Hierbei erlaubt die genauere Prognose mehr Flexibilität bei der Verschiebung von Mengen in „höherwertige Stunden“, was damit eine höhere Erlösmöglichkeit geben kann.

Die Einsparungen ergeben sich dann, wenn durch die einfache Zugänglichkeit der Daten und einer guten und transparenten Datenaufbereitung der Service tatsächlich angeboten werden kann – sprich zuvor sind nochmals Aufwände notwendig, um die einheitliche Datenarchitektur umzusetzen. Des Weiteren entsteht bei der fernausgelesenen Betriebskostenabrechnung ein direkter Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit durch das Wegfallen von Fahrten für die vor Ort Begehung der Anlagen und Zähler. Hier kommen jedoch auch Mehraufwände durch die neu zum Einsatz kommende Technik dazu, weshalb weiter an Querfinanzierungssträngen gearbeitet werden muss. Jedoch ist die Skalierfähigkeit der Dienstleistung durch die Fernauslese erst großflächig gegeben, was sich wiederum auf die Wirtschaftlichkeit auswirkt.

## 3 Wirkung der Umsetzung

### 3.1 Verwertbarkeit der Ergebnisse

Die Anwendungsfälle, die im Rahmen des Projektes betrachtet wurden, haben die Chance gegeben wesentliche Erfahrungen zu sammeln, um den Service aus Sicht möglichst vieler Eventualitäten und Rahmenbedingungen zu erproben und die Machbarkeit zu beweisen. Durch nicht Erreichen des ein oder anderen validen Ergebnisses, durch das Fehlen der Wärmemengenzählerdaten, kommt es bei den Erfüllungsgraden noch zu offene Punkten, was der Hintergrund für die Aussage „teils“ ist (siehe Tabelle 7).

Tabelle 7 Erfüllungsgrad der Projektziele (erfüllt, teils)

Projektziele	Erfüllungsgrad
Demonstration und Nachweis der Machbarkeit des Einsatzes maschineller Lernverfahren zur Optimierung kurzfristiger Wärmebedarfsprognose (bis zu 3 Tage) für BHKWs für deren Betriebsoptimierung	erfüllt
Demonstration und Nachweis der Machbarkeit des Einsatzes maschinelle Lernverfahren unter Einbezug der Stromproduktion mit gegebenen Strompreisprognosen zur Ertragsoptimierung	teils
Demonstration und Nachweis der Machbarkeit des Einsatzes maschinelle Lernverfahren zur Optimierung des Gesamtsystems	teils
Demonstration und Nachweis der Machbarkeit des MVP durch den Anwendungsfall in Software	teils
Nachweis der Flexibilisierungspotenzial mit der Wärmebedarfsprognose (mehr Flexibilität bei der Verschiebung von Mengen in „höherwertige Stunden“)	teils
Nachweis der Wirtschaftlichkeit mit der Wärmebedarfsprognose (Potenzielle Umsatzsteigerung bzw. Kostensenkung pro MWh („ein BHKW“))	teils

Die Ergebnisse, die im Zuge des Projektes erzielt werden konnten, können folgendermaßen verwertet werden:

Die **Kommunikation und Datenbereitstellung** sowie die teilweise erforderlichen Anpassungen und Installationen an der Uni-Carée Infrastruktur haben sich in die Länge gezogen. Die Anlagen und Zähler im Uni-Carée waren nicht ausreichend fernauslesbar. **Bei einem Data-Science Projekt ist die Datengrundlage zu Beginn akribisch zu evaluieren und in der Qualität weniger in der Quantität zu garantieren.**

Die **Anforderungen an E-MAKS 3-BKA** waren weitaus größer als ursprünglich gedacht. Eingangs wurde davon ausgegangen, dass die fernauslesbaren Zähler sowie die Gateways und Repeater ausreichend und vollständig installiert sind und, dass die Anbindungen mit den Partnern und Dienstleistern aus dem vorherigen Projekt so gut wie abgeschlossen wurde. Im Lauf des Projektes mussten für eine vollständige Datenlage die Geräte und Kommunikationskomponenten neu bewertet und konfiguriert werden. Letztendlich ist ein Mehraufwand für die Abstimmung mit den Praxispartnern und Dienstleistern entstanden (z.B. die vor Ort Besichtigung der Anlagen und Zähler, dazu gehörige Dokumentation, neue Installation von Gateways, ...). **Diese Zeitkomponente konnte in der Gesamtplanung des Projekts auf Grund der gut geplanten Puffer untergebracht werden, hat jedoch zur Folge, dass Mehrkosten getragen werden mussten und der Detailgrad des Projektteams im Rahmen der Zeit nicht, wie gewünscht erreicht werden konnte.**

Die **Datensammlung** in einem Partnerumfeld, das noch erste Erfahrungen mit Data Service Projekten sammelt, zeigt sich als zeitaufwändig und benötigt eine gute Anleitung. **Grund dafür ist, dass die Identifikation der Daten zur Folge hat, dass diese in diversen Datentöpfen vorliegen, die wiederum unterschiedlichen Verantwortungen unterstehen.** Der ein oder andere Export ist auch nicht standardmäßig gegeben und so kommt es zu einer sehr aufwändigen Datensammlung.

Die **Komponenten für die Zähler -, Sensor und Anlagenanbindung** mussten bewertet und getestet werden. Für die Bewertung und die Installation der Komponenten mussten auf Grund der Corona-Pandemie länger gewartet werden, bis die Gebäude mit Dienstleistern betreten werden durften. Die längeren Lieferzeiten der Komponenten haben ebenfalls zum Umplanen geführt. Dabei musste eine Vielzahl an Einzelkomponenten und deren Interaktion getestet werden. **Zu erkennen waren dadurch auch Verbesserungen der Software zur Überwachung der Anlagen und Zähler. Denn es konnte über diese nicht erkannt werden, was genau die Ursache war, sodass gewartet werden musste, bis der Zutritt wieder sicher für alle Beteiligte war.** Die Sicht als Anwender auf die Software konnte damit mit erweitertem Feedback an den Hersteller zurückgespielt werden.

**Verlässliche Aussagen zur Wirtschaftlichkeit** des neuen Geschäftsmodells lassen sich schwer anhand der generierten Daten und der gesammelten Erfahrungen innerhalb des Projektes für eine klare Managemententscheidung heranziehen. Um eine qualifizierte Aussage treffen zu können, muss eine längere Datensammlungsphase (mindestens ein weiteres Jahr) notwendigerweise an das Projektende angehängt werden. Die ersten Ergebnisse bestätigen die Projekthypothesen, jedoch ist der Fehlerrahmen zu groß für die Validation des Business Cases, der wiederum die Rollendiskussion abschließt. **Das Kernteam aus E-MAKS und NEXT wird in einem Jahr nach Umrüstung des Uni-Carrés erneut zusammenkommen, um die Validation der Erkenntnisse nachzuholen und die Projektpartner über die Ergebnisse informieren.**

Die Partner waren insgesamt im Rahmen aller notwendigen Arbeiten für die **Konzipierung des MVPs** sehr aufgeschlossen und hilfsbereit. Im Laufe des stets in Iterationen aufgebauten Projektes wurde festgestellt, dass unsere Partner das stetige Schärfen des Projektziels nicht immer ganz nachvollziehen konnten, sodass ein vermehrter Kommunikationsaufwand notwendig wurde. **Dies hat gezeigt, dass das Projektmanagement nach SCRUM viele Vorteile hat (kleine Schritte, um an ein großes Ziel zu kommen), jedoch auch hier eine klarere Anleitung systematisch neben den inhaltlichen Projektaktivitäten gegeben werden muss.**

Die **Planung des Gesamtprojektes**, mal abgesehen von der fehlerhaften Charge, ist für das erste Data-Service-Projekt zeitlich, wie auch in der Systematik sehr gut geplant worden und auch in der Durchführung insgesamt ein wahrer Erfolg. **Die Key Learnings sind bereits verwendet worden für weitere Data-Service-Projekte, die erfolgreich initiiert werden konnten.**

## 3.2 Projekterkenntnisse

In diesem Kapitel werden die zentralen Erkenntnisse, die im Laufe der Projektlaufzeit gewonnen werden konnten, beschrieben und die Lessons Learned, die bereits heute bei weiteren Daten Services in den Transfer gebracht werden, aufgezeigt.

- Für die Datenbereitstellung sollte man mehr Zeit einplanen oder die Qualität von vorhandenen Basisdaten detaillierter prüfen, sodass diese ein Projekt nicht aufhalten.
- Für die Datensammlung sollte man ein Datenpool entwickeln. Da bei Data-Service Projekten eine große Menge an Daten, die eine hohe Datenspeicherkapazität brauchen, geliefert werden müssen. Der Datenpool sollte Datenschutz und Sicherheit sowie die Zugänglichkeit aller Parteien ermöglichen.
- Für die Überprüfung der Datenqualität kontinuierlich eingehender Daten empfiehlt es sich ein Monitoringkonzept zu erstellen und eine oder mehrere verantwortliche Personen mit der Anlagenüberwachung zu betrauen. Die Daten sollten nach Möglichkeit mindestens monatlich erfasst werden. Für die Auswertung empfehlen sich standardisierte Berechnungsvorlagen und eine grafische Auswertung mittels eines Tabellenkalkulationsprogramms.
- Für die Datenanalyse sollte man bei der großen Menge an Daten und bei Daten mit hohem Detaillierungsgrad eine Datenaggregation durchführen. Darüber hinaus sollte eine Datenanalyse durchgeführt werden. Hierbei wird eine Fehleranalyse getätigt und die Vollständigkeit der Daten überprüft.
- Die Anbindung der Zähler, Sensoren und Analgen erhalten eine sehr viel höhere Bedeutung, als wenn „nur für die Abrechnung“ und im ersten Schritt für den Kunden ein Monatswert gebraucht wird. Kommt dieser einen Tag früher oder später ist das im Prinzip egal, wenn man darauf Prognosen aufbaut, kommt ein viel höheres Potenzial den Daten zu aber auch viel mehr Aufwand in der Sicherstellung der Daten!
- Die Ergebnisse aus den drei erstellten Vorhersagen mit dem Prognose-Modell und drei verschiedenen Vorhersaghorizonten (1 Tag, 3 Tage und 16 Tage) deuten darauf hin, dass sich mit den Zählerdaten KI-Modelle trainieren lassen, die eine sehr vielversprechende Genauigkeit aufweisen und dass diese KI-Modelle deutlich von Erzeugerzählerdaten profitieren.
- Die Ergebnisse aus den drei erstellten Vorhersagen mit dem Prognose-Modell und drei verschiedenen Vorhersaghorizonten (1 Tag, 3 Tage und 16 Tage) deuten darauf hin, dass 15-min-Werte den Vorhersagefehler gegenüber 1h-Werten nicht verbessern.

- Durch die vorhandenen Daten kann man ein theoretisches Konzept erstellen, welches die Machbarkeit bereits teilweise beweisen kann. Die Datenevaluation diente der Auswertung der gewonnenen Daten und der Analyse der im Projekt identifizierten Potentiale. Das Flexibilisierungspotential zeigt eine Möglichkeit eine Wirtschaftlichkeit abzubilden.
- Die Projektplanung und Umsetzung hat gezeigt, wie effektiv die agile Projektmanagement Methode für Data-Service Projekte mit verschiedenen Parteien ist. Die gesamte Planung des Projektes ist realistisch aufgebaut und umgesetzt worden. Durch die iterative Vorgehensweise und transparente Kommunikation innerhalb des Projektkernteam in Weeklys und Monthlys konnte die Umsetzung und Anforderungen immer wieder nach Bedarf angepasst werden. So konnten trotz der Datenlücken die Meilensteine eingehalten und alternative Lösungswege gefunden werden.

### 3.3 Konzept zu nächsten Schritten

Das Projektteam hat sich entschieden das Projekt bis Q2/2022 zu pausieren. In der Zwischenzeit sollen die mangelhaften Zähler getauscht und Daten für die Winterperiode 2021/22 gesammelt werden. Da eine Datenlage von länger als einem Jahr für die Weiterführung des Projekts benötigt wird, soll in Q2 wieder „Witterung mit den Daten aufgenommen werden“, um die Qualität frühzeitig zu überprüfen und einen neuen Projektstart zu bewerten. Die Weiterentwicklung des bestehenden Prognose-Modells und die Fertigstellung des MVPs bleiben Ziel der Projektgruppe. Dazu gehören die Evaluierung der identifizierten Potenziale und die Validierung des GeMos, um dann den Service-Owner zu identifizieren. Damit soll schlussendlich die Vermarktungschance, sofern der MVP die geplante Leistung erbringen kann, bewertet werden.

Die Entwicklung einer standardisierten Anbindung der Zähler und Anlagen ermöglicht zukünftig eine kostengünstige und zeitsparende Kopplung der notwendigen Geräte zur Erfassung der grundlegenden Daten. Dies wird mit dem Hersteller der Fernauslesekomponenten weiter evaluiert.

Die Entwicklung von einem Daten und Informationspool, um hinsichtlich der Projektdaten eine solide Basis für das weitere Vorgehen aufzubauen ist mit einem Konzept für die Datenerfassung aufzustellen, um ein solches Vorgehen für weitere Data-Service Projekte zu garantieren.

## 4 Öffentlichkeitsarbeit

Das Thema Marketing wurde im Marketing-Jourfix regelmäßig synchronisiert und abgestimmt. Im Rahmen dessen erfolgte die Kommunikation zum gemeinsamen Projekt sowie die Klärung der Ziele der Publikation, Inhalt (z.B Logo des Services, Neuigkeiten im Projekt, ...), Kanäle der Publikation und sonstige Themen (siehe Abbildung 32). Dabei wurden alle geplanten Schritte in einem Plan umgesetzt (siehe Abbildung 33).

## Kommunikation zum gemeinsamen Innovationsprojekt Überblick

### Ziele: Warum publizieren wir?

- NEXT als Innovator im Energie-Segment positionieren
- Markenbranding NEXT Data Service
- Den Service positionieren/ Projektteam in Innovationsfonds präsentieren
- Projektfeedback einholen, Marktpotential für den Service abschätzen, z.B. durch Social M. Follower
- Neukunden gewinnen, Projekthalte in die Breite tragen und Reichweite steigern
- E-MAKS und Badenova (?) als Innovatoren positionieren, (Ansatz: zunächst E-MAKS und NEXT, danach den Erfolg über Badenova hebeln)

### Kanäle: Wo publizieren wir?

- Social Media Kanäle Next (XING, LinkedIn, Facebook)
- Social Media Gruppen
- Webseite der NEXT
- Social Media Kanäle E-MAKS: XING, zukünftig LinkedIn
- Thüga Medien (Thüga Extranet, Artikel Netzwerk - nächste Ausgabe Dez)  
-> Verbände/ Veranstaltungen/ GF-Kanal
- Webseite E-MAKS
- Newsletter Innovationsfonds
- Persönliche Kanäle von Dr. Vulpus, Marcus Goerke, Masud FazaalBaqae, etc.
- Vorträge auf Konferenzen und Platzierung auf virtuellen Events
- Forschungseinrichtungen/Verbände: z.B. Dena als Kanal für NEXT-Kommunikation

### Inhalte: Was publizieren wir?

- Erste Kommunikation zur Zusammenarbeit: (Deadline Ende August)
  - 1/2 Seite Projektbeschreibung Badenova, Next, E-MAKS -> Frau Mhedhbi und Masud
  - Webseiten, Social M.
- Service-Logo und Name
- Feedback zum MVP abholen (Umfrage)
- tieferegelegte Beschreibung, Plakat/Big Picture
- Neuigkeiten im Projekt, Preis gewonnen, oder ähnliches
- Projektreferenz

### Weitere To Dos:

- Kommunikationsplanung verabschieden
- Verbände/Forschungseinrichtungen der Branche recherchieren
- Social M. Gruppen mit der richtigen Zielgruppe recherchieren
- Events und Awards recherchieren
- Auflagen Innovationsfonds stets beachten! (siehe Folie 2)
- Wer initiiert und verantwortet die gemeinsamen Publikationsschritte?

### Team: Wer arbeitet mit?

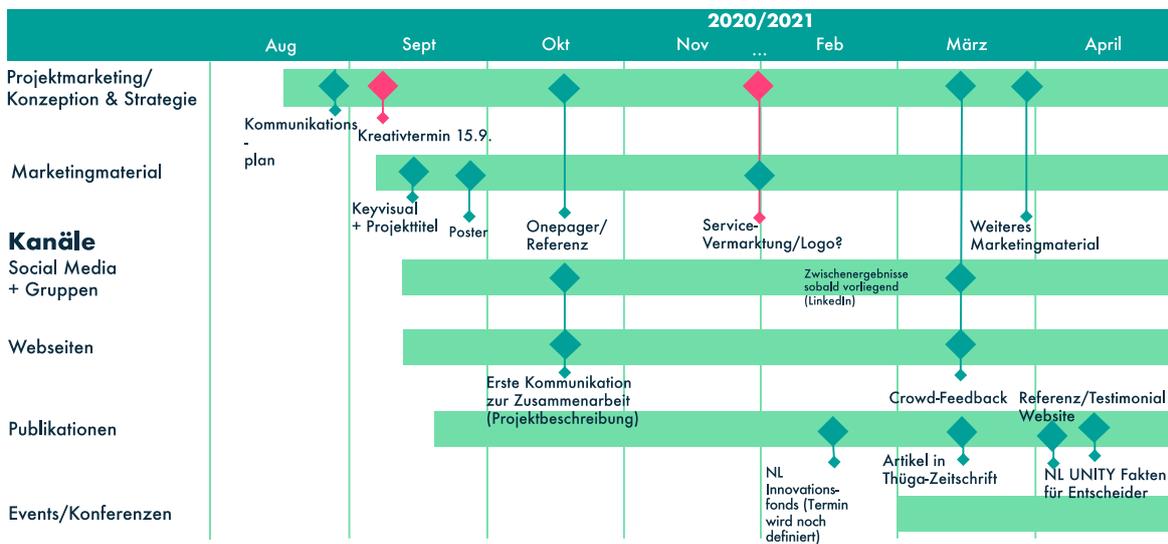
- E-MAKS: Lea Treick, Marwa Mhedhbi, Julia Fechti
- NEXT Data Service: Marcus Goerke, Julia Thiele, Masud FazaalBaqae

07.04.21 Marketingmaterialien E-MAKS NEXT Data Service

1

Abbildung 32 Überblick der Kommunikationsaktivitäten im gemeinsamen Innovationsprojekt

## Kommunikation zum gemeinsamen Innovationsprojekt Zeitplan



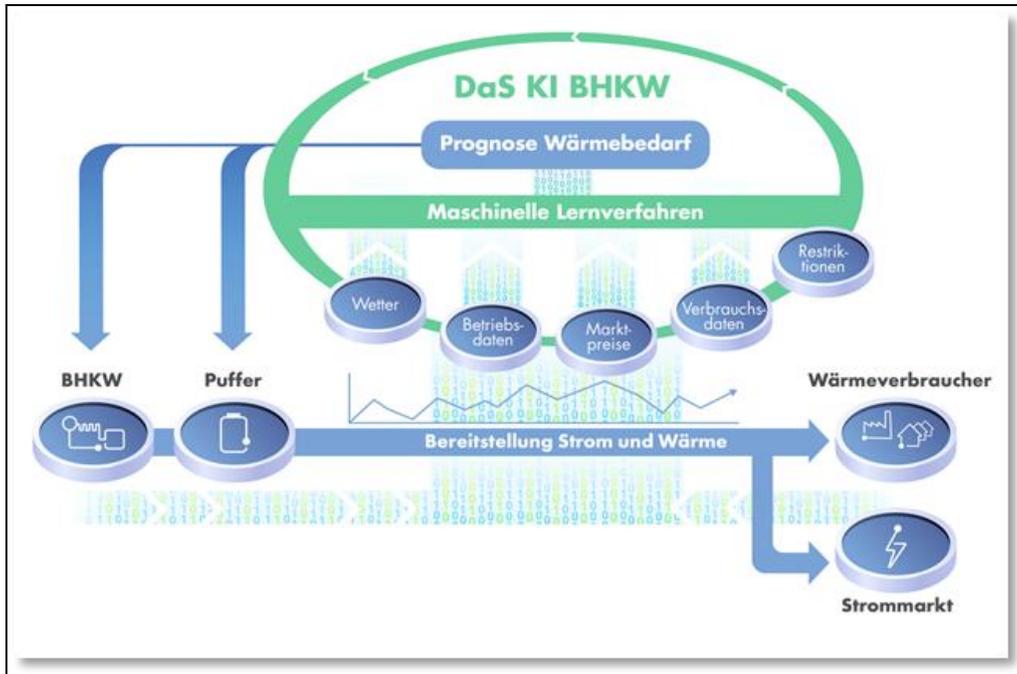
07.04.21 Kommunikationsplan e-maks NEXT Data Service

4

Abbildung 33 Plan zur Umsetzung der Marketing Aufgaben im Rahmen der Kernprojektlaufzeit

Die erreichten Ergebnisse aus der Zusammenarbeit vom Marketingteam sind im Folgenden zu sehen.

### 1. Key Visual



### 2. Facebook und LinkedIn Veröffentlichung durch NEXT Data Service AG

### 3. NEXT-Webseite<sup>2</sup>

**NEXT DATA SERVICE** [nextDK](#) [Leistungsangebot](#) [Markt und Kunden](#) [Whitepaper](#) [Über NEXT](#) [Karriere](#) [Kontakt](#) [Deutsch](#)

## DAS KI BHKW

Datenorientierter Service für intelligent & vorausschauend gesteuerte BHKW

Gemeinsam mit E-RAKS untersuchen wir datengetriebene Dienstleistungen und Geschäftsmodelle, um mit intelligenten Algorithmen den Einsatz von Blockheizkraftwerken zu optimieren. Basierend auf unserer MVP (minimal viable product) Methodik, soll mit minimalen Mitteln ein Machbarkeitsnachweis für den gewinnbringenden Einsatz der Daten geliefert werden.

**e-maks**  
Das große Plus mit dem Sie rechnen können

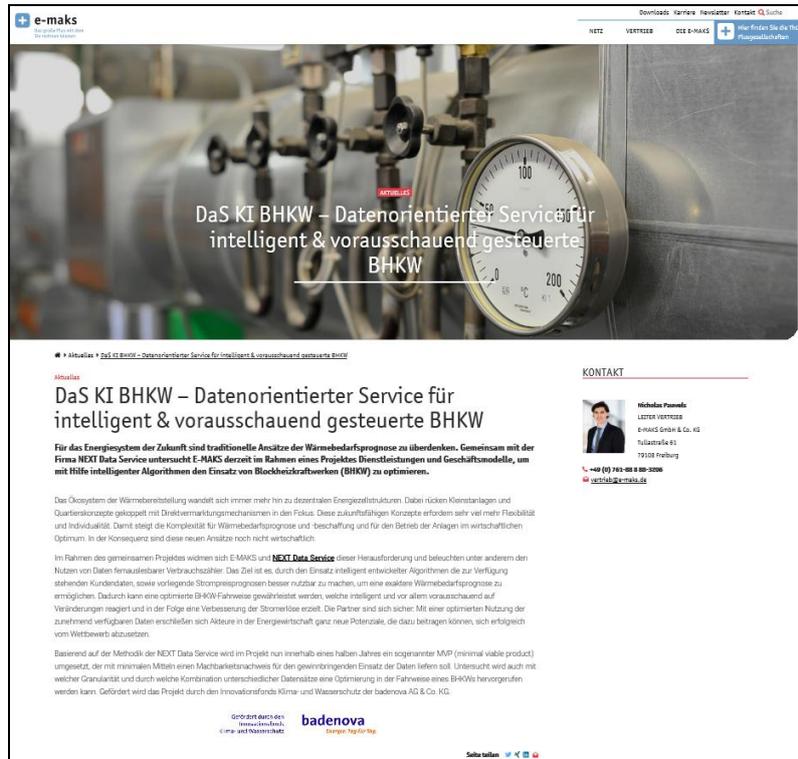
- Nutzen von Daten fernauslesbarer Verbrauchszähler zur Optimierung des Einsatz von Blockheizkraftwerken
- Untersuchung der Realisierbarkeit von datengetriebenen Dienstleistungen, maschinellen Lernverfahren und entsprechenden Geschäftsmodellen
- Entwicklung technologischer Werkzeuge und intelligenter Algorithmen, die sich insbesondere die sehr viel höhere Granularität von Verbrauchsdaten zu Nutze machen
- Umsetzung eines MVP (minimal viable product) mit minimalen Mitteln als Machbarkeitsnachweis für den gewinnbringenden Einsatz der Daten.
- Agiler Projektmanagement-Ansatz für kleine Iterationszyklen und kontinuierliche Rückkopplung

Die Partner sind sich sicher:

„Mit der Nutzung der zunehmend verfügbaren Daten erschließen Akteure in der Energiewirtschaft Datenpotenziale, mit denen sie sich erfolgreich von Wettbewerb absetzen.“

<sup>2</sup> <https://www.next-data-service.com/markt-und-kunden/>

## 4. E-MAKS-Webseite



The screenshot shows the e-maks website with a navigation bar at the top containing 'NETZ', 'WERTPAPIER', 'DSE E-MAKS', and a search icon. The main content area features a large image of industrial machinery with a pressure gauge. The headline reads 'DaS KI BHKW – Datenorientierter Service für intelligent & vorausschauend gesteuerte BHKW'. Below the headline is a sub-headline: 'Aktuelle: DaS KI BHKW – Datenorientierter Service für intelligent & vorausschauend gesteuerte BHKW'. The article text discusses the challenges of decentralized energy structures and the role of data in optimizing BHKW operations. A 'KONTAKT' section on the right provides contact information for Michael Frensch, including a phone number and email address. The footer includes the logo for 'badenova' and social media icons.

Navigation: [NETZ](#) [WERTPAPIER](#) [DSE E-MAKS](#) [Suche](#)

# DaS KI BHKW – Datenorientierter Service für intelligent & vorausschauend gesteuerte BHKW

**Aktuelle: DaS KI BHKW – Datenorientierter Service für intelligent & vorausschauend gesteuerte BHKW**

Für das Energiesystem der Zukunft sind traditionelle Ansätze der Wärmebedarfsprognose zu überdenken. Gemeinsam mit der Firma NEXT Data Service untersucht E-MAKS derzeit im Rahmen eines Projektes Dienstleistungen und Geschäftsmodelle, um mit Hilfe intelligenter Algorithmen den Einsatz von Blockheizkraftwerken (BHKW) zu optimieren.

Das Ökosystem der Wärmebereitstellung wandelt sich immer mehr hin zu dezentralen Energiezellstrukturen. Dabei rücken Kleinanlagen und Quartierskonzepte gekoppelt mit Dreifachmarkungsmechanismen in den Fokus. Diese zukunftsfähigen Konzepte erfordern sehr viel mehr Flexibilität und Individualität. Damit steigt die Komplexität für Wärmebedarfsprognose und -beschaffung und für den Betrieb der Anlagen im wirtschaftlichen Optimum. In der Konsequenz sind diese neuen Ansätze noch nicht wirtschaftlich.

Im Rahmen des gemeinsamen Projektes widmen sich E-MAKS und NEXT Data Service dieser Herausforderung und beleuchten unter anderem den Nutzen von Daten fernauslesbarer Verbrauchszähler. Das Ziel ist es, durch den Einsatz intelligenter entwickelter Algorithmen die zur Verfügung stehenden Kundendaten, sowie vorliegende Strompreisprognosen besser nutzbar zu machen, um eine exaktere Wärmebedarfsprognose zu ermöglichen. Dadurch kann eine optimierte BHKW-Fahrweise gewährleistet werden, welche intelligent und vor allem vorausschauend auf Veränderungen reagiert und in der Folge eine Verbesserung der Stromerlöse erzielt. Die Partner sind sich sicher: Mit einer optimierten Nutzung der zunehmend verfügbaren Daten erschließen sich Akteure in der Energiewirtschaft ganz neue Potenziale, die dazu beitragen können, sich erfolgreich vom Wettbewerb abzuheben.

Basierend auf der Methodik der NEXT Data Service wird im Projekt nun innerhalb eines halben Jahres ein sogenanntes MVP (minimal viable product) umgesetzt, der mit minimalen Mitteln einen Machbarkeitsnachweis für den gewinnbringenden Einsatz der Daten liefern soll. Unterstützt wird auch mit welcher Granularität und durch welche Kombination unterschiedlicher Datensätze eine Optimierung in der Fahrweise eines BHKW hervorgerufen werden kann. Gefördert wird das Projekt durch den Innovationsfonds Klima- und Wasserschutz der badenova AG & Co. KG.

**KONTAKT**

 **Michael Frensch**  
LEITER VERTRIEB  
E-MAKS GmbH & Co. KG  
Huldenstraße 61  
79108 Freiburg  
☎ +49 (0) 741-98 8 88-3006  
✉ [m.frensch@e-maks.de](mailto:m.frensch@e-maks.de)

**badenova**  
GRÜNDUNGSGESELLSCHAFT  
ENERGIE UND WASSERSCHAFT

Seiteninfos [f](#) [t](#) [in](#)

## ENERGIEWELT

BIG DATA

# KI für Wärme nach Maß

Wie viel Wärme brauchen wir? Für das Energiesystem der Zukunft sind **innovative Prognoseansätze** gefragt. E-MAKS und NEXT Data Service nutzen in einem Projekt unter anderem die Daten fernauslesbarer Verbrauchszähler, um mittels Algorithmen den Einsatz von Blockheizkraftwerken zu optimieren.

TEXT: Antje Meyen

**D**ezentral lautet das Schlagwort, wenn es um die Wärmeversorgung der Zukunft geht. Gemeint sind damit Kleinanlagen und Quartierskonzepte, gekoppelt mit direkter Vermarktung. Diese müssen flexibel und individuell gestaltet sein. Dadurch wiederum werden Prognose und Beschaffenheit des Wärmebedarfs immer komplexer. Gleiches gilt für den optimalen Betrieb der Anlagen. Gesetzliche Anforderungen führen bei der Betriebskostenabrechnung ebenfalls zu vielschichtigen Systemen bei gleichbleibender Marge. Die Folge: fehlende Wirtschaftlichkeit.

### MACHBARKEIT UNTER DER LUPE

Gemeinsam mit der NEXT Data Service AG untersucht die Thüga-Plusgesellschaft E-MAKS, wie datengetriebene Dienstleistungen und Geschäftsmodelle realisierbar sind. „Dazu entwickeln wir technologische Werkzeuge und intelligente Algorithmen, die vor allem auf die wachsende Granularität, also den Verdichtungsgrad von Verbrauchsdaten, aufbauen“, erklärt Projektleiterin Marwa Mhedhbi aus dem Business Development der E-MAKS.

Die Partner nehmen Machbarkeit und Nutzen datengetriebener maschineller Lernverfahren (künstliche Intelligenz/KI) unter die Lupe. Diese Verfahren liefern eine kurzfristige Prognose des Wärmebedarfs für Block-

heizkraftwerke (BHKW). „Wir glauben, dass unsere Algorithmen auf Basis der Daten fernauslesbarer Verbrauchszähler hier punkten“, sagt Dr. Masud Fazal-Baqaie, Data Coach bei NEXT Data Service. Dabei werden sowohl Erlöse aus der Stromproduktion als auch die Dynamik der technischen Seite einbezogen. Einflussgrößen wie den Einsatz von Pufferspeichern oder verschiedene Verbrauchsszenarien können die KI-Verfahren ebenso berücksichtigen. „Nutzen Akteure in der Energiewirtschaft die zunehmend verfügbaren Daten, erschließen sie Potenziale, mit denen sie sich erfolgreich vom Wettbewerb absetzen“, so E-MAKS-Geschäftsführer Dr. Stephan Vulpus.

### NEUE MÖGLICHKEITEN DANK ZUSAMMENARBEIT

Das Vorhaben „DaS KI BHKW – Datenorientierter Service für KI-gestützte BHKW-Fahrweise“ fördert der Innovationsfonds Klima- und Wasserschutz der badenova. Neben NEXT und E-MAKS nehmen auch die Thüga-Plusgesellschaft Syneco sowie badenova Wärmeplus am Projekt teil. Syneco und Wärmeplus liefern die Basis an Daten und bringen ihre Expertise mit ein, die E-MAKS baut ihre Rolle als Datenmanagerin mithilfe von NEXT und unter Einbezug von KI weiter aus.

Im kommenden halben Jahr entsteht nun ein Minimal Viable Product, das – wie der Name sagt – mit minimalen Mitteln nachweisen soll, dass ein gewinnbringender Einsatz der Daten machbar ist.



## 5 Zusammenfassung/Fazit

Im Rahmen der Konzeptionsphase hat das Projektteam den „Wärmebedarfsprognose-Service“ auf Basis von Verbraucherzählerdaten als vielversprechenden Service identifiziert. Der Service soll – sofern der bisherigen Prognose überlegen – z.B. von der Syneco für die Erläsoptimierung genutzt werden können und der E-MAKS als Datenlieferant einen weiteren Erlöspfad für die Betriebskostenabrechnung ermöglichen. Der Service basiert auf KI-Modellen, die unter anderen mit den Verbraucherzählerdaten trainiert werden. Das Projektteam hat hier die relevanten Daten identifiziert und deren Vorbereitung und Nutzung für das Trainieren von KI-Modellen im Rahmen des Piloten „Uni-Carré“ demonstriert. Damit kann ein Grundstein für die Erkenntnisse für die Anforderungen an Daten in allen anderen BHKW-Netzen gelegt werden.

Bei der Datenbereitstellung und Qualitätsprüfung der Daten wurde festgestellt, dass die Erzeugungszählerdaten sowie die Warmwasserzählerdaten vollständig sind, aber die Wärmemengendaten lückenhaft sind.

Auf Basis der zunächst eingeschränkt verfügbaren Daten hat das Projektteam unterschiedliche Aspekte untersucht und verschiedene KI-Modelle erstellt. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass sich mit den Zählerdaten KI-Modelle trainieren lassen, die eine sehr vielversprechende Genauigkeit aufweisen und dass diese KI-Modelle deutlich von Erzeugerzähler-Daten profitieren.

Mit den vorhandenen Erzeugungszähler-Daten lässt sich der Gesamtverbrauch auf Basis stündlicher Werte aktuell auf ca. 15-16% Genauigkeit von einer Stunde bis 24 Stunden (ein Tag) vorhersagen. Auch für größere Vorhersagezeiträume (+ 3 Tage und mehr) ist der Vorhersagefehler mit nur 17% erstmal überschaubar. Jedoch ist eine Prognosegenauigkeit mit dieser Abweichung nicht mit marktüblichen Prognosen vergleichbar. Dazu muss der Fehler deutlich unter 10 % kommen.

Bei der Untersuchung wurde auch festgestellt, dass die Verwendung von Daten mit 15-min-Auflösung („feinster Granularität“) keine Verbesserung gegenüber der 1h-Auflösung herbeiführt. Das würde darauf hindeuten, dass die aufwändige Sicherstellung von 15 min-Werte nicht notwendig ist, sondern ein Wert je Stunde das Ziel des Service-Use-Cases wäre. Was im Übrigen auch seitens der Datenschutzkonformität leichter zu erklären ist.

Darüber hinaus konnte das theoretische Optimierungspotential bei Verwendung der aktuellen Datenlage mit funktionierenden Summen- und Verbrauchszählern ermittelt werden, d.h.: „wie stark kann das Modell durch die Nutzung der verfügbaren Verbraucherzählern maximal verbessert werden?“. Hierbei wurde ein reduzierter Vorhersagefehler von 13% erreicht. Durch die Untersuchung der Daten eines Verbrauchszählers lässt sich der individuelle Verbrauch auf Basis stündlicher Werte aktuell auf ca. 22% für eine Stunde bzw. bis zu 24 h vorhersagen. Dieser Wert stellt ein initiales Ergebnis dar, erst mit der Aggregation über weitere Zähler lässt sich ein belastbarer Prognosefehler berechnen.

Die Entwicklung des Modells sowie die speziellen Erkenntnisse sind ebenso wie die identifizierten Potentiale durch die unzureichende Datenlage vom Use Case über jeweils rund sechs Monaten nicht belastbar. Aufgrund technischer Herausforderungen bei den verbauten Zählern im Uni-Carré ist der Datenbestand, der die Grundlage für die KI-Modelle bildet, unvollständig. Die einzelne Anlagen,

Zähler und Sensoren sowie der Jahresverlauf und die Saisonalität der Wärmebedarfe haben einen großen Einfluss auf die Ergebnisse, daher ist die Betrachtung der Anwendungsfall über den Zeitraum von mindestens einem weiteren kompletten Jahr, besser - noch mehrere Jahre, wünschenswert. Die technischen Probleme lassen sich nicht kurzfristig lösen und die fehlenden Daten können nicht wiederhergestellt werden. Daher hat das Projektteam entschieden das Projekt bis Q2/2022 zu pausieren. In der Zwischenzeit sollen die mangelhaften Zähler getauscht und Daten für die Winterperiode 2021/22 gesammelt werden.

Das Projektteam ist sehr zuversichtlich, dass sich mit einer durchgängigen, lückenlosen Datenlage die Gesamtqualität der KI-Modelle sogar noch weiter steigern und damit ein Wärmebedarfsprognose-Service realisieren lässt.

**Die Projektpartner bedanken sich bei Innovationsfonds der badenova für die Unterstützung. Der Innovationsfonds hat einen erheblichen Beitrag zur erfolgreichen Durchführung des Projekts geleistet.**

**Danke**

