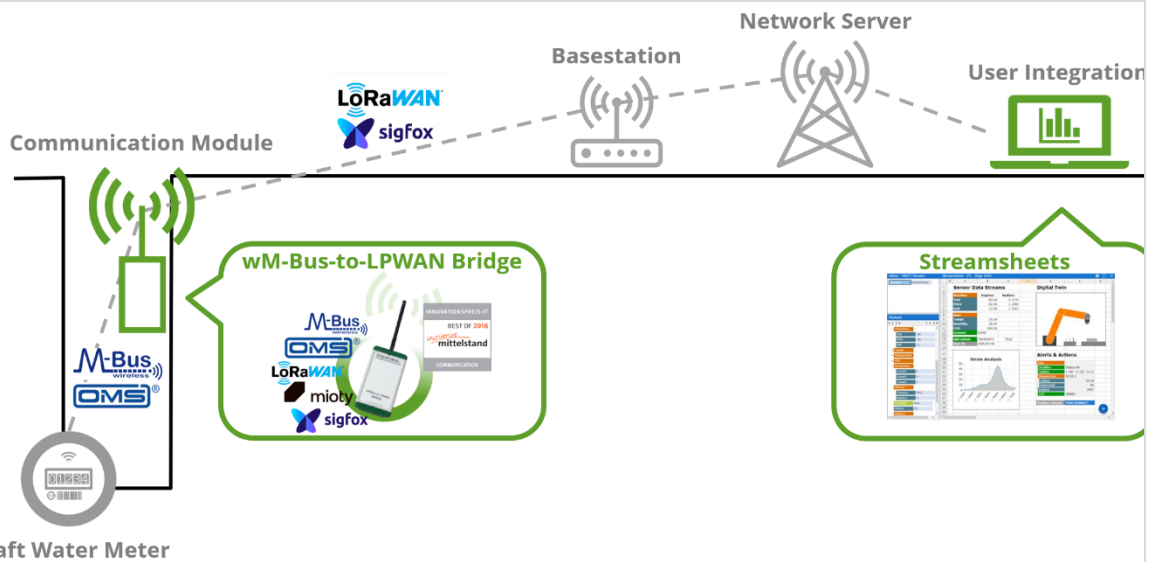


Projekt 2019-03

SmartCityKommT

Abschlussbericht



Ansprechpartner David Rahusen

Erstellungsdatum 31.10.2020

Inhalt

1	<i>Projektüberblick</i>	3
1.1	Ausgangslage	3
1.2	Wissenschaftliche und technische Ziele	3
2	<i>Projektbeschreibung</i>	4
2.1	Projektablauf und Planung	4
2.1.1	Projektidee und technischer Hintergrund	4
2.1.2	Terminplan	13
2.1.3	Ausführungsplanung	14
2.2	Technische Umsetzung	16
2.2.1	Erzielte Ergebnisse	16
2.2.2	Erreichen der gesetzten Meilensteine	22
2.2.3	Aufgetretene Probleme	23
2.3	Ökologischer Nutzen und generelle Mehrwerte	26
2.4	Betrachtung der Wirtschaftlichkeit	29
2.4.1	Investitionskosten	29
2.4.2	Betriebskosten	29
2.4.3	Verbesserung der Wirtschaftlichkeit	29
3	<i>Wirkung der Umsetzung</i>	30
3.1	Übertragbarkeit und Multiplikatoreffekt	30
4	<i>Zusammenfassung/Fazit</i>	32
5	<i>Ausblick</i>	33
6	<i>Anlage: Projekterkenntnisse</i>	34

1 Projektüberblick

1.1 Ausgangslage

Die Smart City ist eines der Trendthemen unserer Zeit. Die Visionen rund um die digitale Stadt beschäftigen sich mit der Frage, wie wir zukünftig leben wollen. Ein sehr individuelles Thema mit vielen Einflussfaktoren. Dennoch zeichnet sich ab, dass eine saubere, sichere und nachhaltige Stadt, die als lebenswert bezeichnet wird. Ein Schlüssel in diesem Gestaltungsprozess wird der Datengeneration und -analyse zugesprochen. Die Digitalisierung ist hierbei Mittel zum Zweck, um den Forderungen an das zukünftige Wirtschaften und Leben in einer Stadt mit Transparenz, Vereinfachung in den Abläufen, Ressourcenschonung und Nachhaltigkeit, gleichwohl mit Sicherheit und Wertschöpfung zu begegnen. Die Vision datengestützter Mehrwerte verlangt einen systematischen Aufbau ganzheitlich gedachter Infrastrukturen von der Datenaufnahme bis zu Verarbeitung.

Derzeit sind noch viele Datenquellen manuell zu erheben. Korrelationen aus Daten abzuleiten ist jedoch nur dann möglich, wenn eine ausreichende Datengrundlage vorhanden ist. Vielerlei Informationen werden aktuell noch gar nicht aufgenommen und stellen daher potenzielle Datenquellen dar. Die Diskrepanz zwischen Zielvision und Realität muss Schritt für Schritt abgebaut werden um der Komplexität Herr zu werden, allen voran aber, um im Wettbewerb der Digitalisierung mithalten und diesen aktiv zu gestalten. Dazu passen die Worte Mahatma Ghandis:

Ohne Tat bleibt der schönste Gedanke blass.

1.2 Wissenschaftliche und technische Ziele

Damit die Datengeneration, -speicherung und -bereitstellung sicher und skalierbar jetzt angegangen werden kann, war das Ziel in diesem Projekt ein Kommunikationsmodul zu erstellen. Stellvertretend für vielerlei heutige Situationen steht der Ausleseprozess der Schachtwasserzähler. Die manuell zugänglichen Verbrauchsdaten wurden bisher jährlich erhoben. Für die Überwachung der Infrastruktur wurden wichtige Daten, wie z.B. Temperatur bisher zwar erfasst, aber nicht übermittelt (schwarz dargestellt). Um eine frequentierte Datenübermittlung zu etablieren, wird das blaue System in der Skizze 1 eingeführt. Daten aus Bestandssystemen und Standardsensorik können nun über ein Kommunikationsmodul ohne großen Aufwand digitalisiert werden, und zwar über neuartige Niedrigenergie-Funknetzwerke.

Das Projektteam hat in der schrittweisen Ausgestaltung die in der Skizze Orange dargestellten Vision der zukünftigen Wertschöpfung in einer Test Version umgesetzt. Diese bietet vielseitige Potenziale für die Umsetzung digitaler Geschäftsmodelle. Diese können nur erschlossen

werden, wenn trotz des schnellen technologischen Wandels ein bezahlbarer und skalierbarer Zugang zur Digitalisierung heutiger Systeme geboten wird.

Bei „SmartCityKommt“ – das ist keine Frage – mit dem vorgestellten Projekt hat das Team den

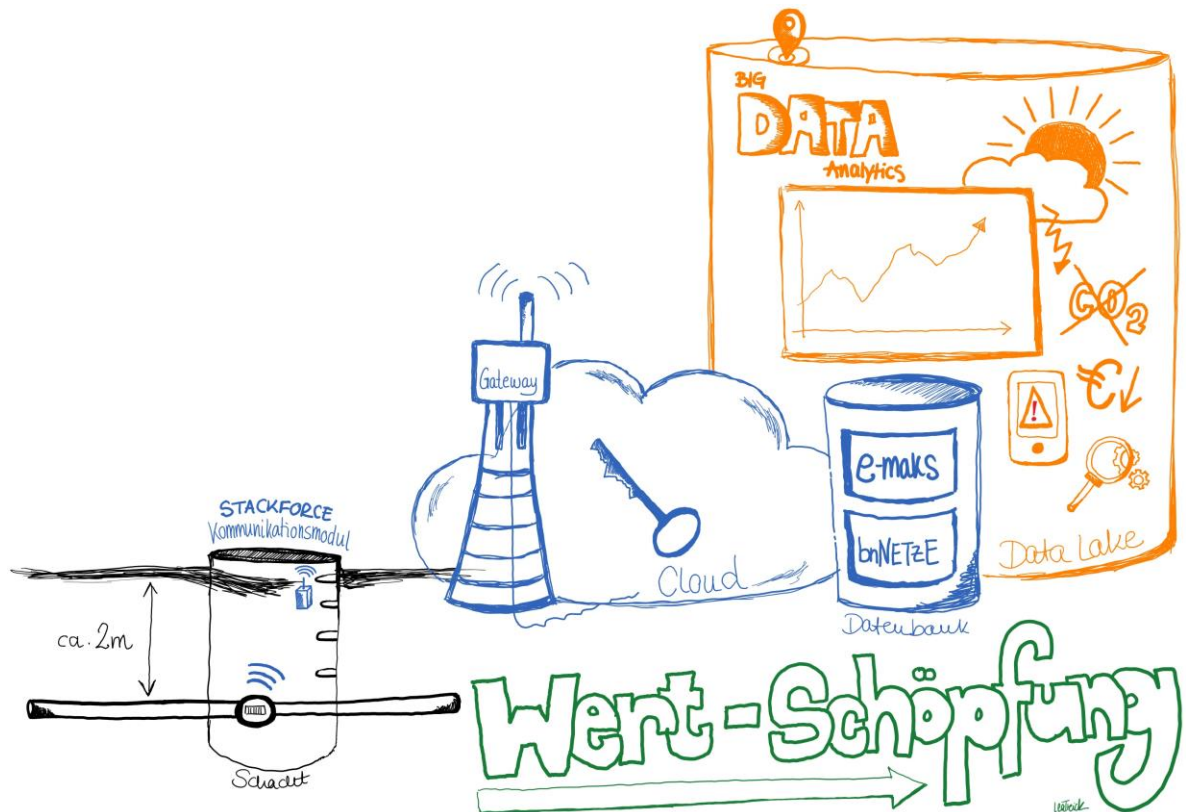


Abbildung 1: Wert-Schöpfung – ein Wortspiel mit Blick in die Zukunft. Schwarz dargestellt das heutige System, angelehnt an das hier beschriebene Projekt, stellvertretend mit einem Wasserzähler im Schacht. Informationen des Zählers werden manuell erhoben. Die Vision in Orange stellt die datenbasierte Zukunft dar. Um diese zu erreichen, brauchen wir die in Blau dargestellten Systemkomponenten, die integraler Bestandteil sind, damit die „SmartCityKommt“ (Quelle: E-MAKS)!

Grundstein für konkrete Digitalisierungsprojekte gelegt, damit die Visionen von morgen greifbarer und mit Taten angegangen werden kann.

2 Projektbeschreibung

2.1 Projekttablauf und Planung

2.1.1 Projektidee und technischer Hintergrund

Städte und Kommunen, Versorgungs- und Dienstleistungsunternehmen werden von der Digitalisierung voll erfasst. Folglich gewinnen Aufgaben, wie die digitale Erfassung, Übermittlung und vor allem die Verarbeitung von Daten zu Informationen immer mehr an Bedeutung. Wenn Daten richtig erfasst, analysiert und in intelligente Betriebskonzepte integriert werden, können nicht nur Kosten reduziert, sondern auch spürbare Zusatznutzen entstehen. Dabei liegt in der rasanten Entwicklung vernetzter Geräte, deren Daten dafür

kosten-, energieeffizient und sicher übertragen werden müssen, nicht nur die Voraussetzung für diese Entwicklung, sondern gleichermaßen auch eine der Herausforderungen.

Der Bereich des Internets der Dinge (Internet of Things, IoT) mit der Vernetzung von Sensoren, Aktoren, Geräten, Steuerungen und anderen Dingen treibt die Digitalisierung der Wirtschaft (Industrie 4.0, Smart Factory), der Energieeffizienz und -versorgung (Smart Grid, Smart Metering, Smart Building), der Kommunen (Smart City) und der Gesellschaft (Smart Society) in vielen Sparten voran. Im Infrastrukturbereich spielen neben den herkömmlichen mediengebundenen Kommunikationssystemen die drahtlosen Netze eine wichtige Rolle. Während lange Zeit hier klassische zellulare Technologien wie Mobilkommunikation (GSM/GPRS, UMTS oder LTE) Einsatz gefunden haben, ist in den vergangenen Jahren eine völlig neue Kategorie von sogenannten energieeffizienten Weitverkehrs-Funklösungen, sogenannte Low Power Wide Area Networks (LPWAN), erforscht und entwickelt worden. LPWANs erlauben erheblich geringere Investitions- und Betriebskosten und ermöglichen eine deutlich verbesserte Energieeffizienz, so dass auch ein langjähriger batteriebetriebener oder sogar energieautarker Einsatz von Sensorik möglich ist. Gleichzeitig sind bemerkenswerte Reichweiten von bis zu 10 km und auch Abdeckungen von Gebäuden bis in Kellergeschosse möglich. Bekannteste Beispiele sind LoRaWAN®, Sigfox, mioty® und Weightless-P. Neben diesen treten zunehmend die Erweiterungen der zellularen Mobilkommunikation, die unter dem Oberbegriff Narrowband IoT (NB-IoT) oder Cellular IoT (cIoT) zusammengefasst werden.

Diese innovativen Technologien erlauben komplett neue Anwendungen, die bisher aus finanziellen Gründen, z.B. auf Grund von notwendigen Erschließungsmaßnahmen mit Stromkabeln oder energetischen Aspekten, z.B. wegen der Notwendigkeit eines Stromanschlusses oder wegen zu häufiger Batteriewechsel, nicht möglich waren. Hierzu zählen gegenwärtig vor allem die Überwachung von Infrastrukturen, Anlagen, Maschinen und Geräten sowie das Erfassen von Umwelt-, Betriebs- und Zustandsdaten in städtischen oder ländlichen Gebieten durch Kommunen, Stadtwerke, Energieversorger oder Verkehrsunternehmen. Von der Überwachung von Gewässern und Pegelständen über das Erfassen von Betriebskosten- oder Umweltdaten bis hin zum Monitoring von Vitaldaten, z.B. Gewichtszunahme von Bienenstöcken, gibt es eine große Vielfalt an Ideen, die eine Effizienzsteigerung und Automatisierung von Prozessen versprechen.

Die vielseitigen Produkte und Dienstleistungen, die mit solchen kostengünstigen IoT-Funkinfrastrukturen denkbar sind, basieren auf Datenbanken, die durch Ausbringen von geeigneter Sensorik gefüllt oder ergänzt werden. Die zielgerichtete Analyse dieser Daten erlaubt ein besseres Verständnis für die Gesamtprozesse, ihre Abhängigkeit und ihr Optimierungspotenzial. Auch lassen sich konkrete Entscheidungen treffen, welche Handlungen abzuleiten sind, so z.B. ob Wartungsintervalle zu ändern sind (Predictive Maintenance), wie viele weitere Betriebsstunden einem System zugemutet werden können (Remaining Useful Lifetime, RUL) oder wie sich äußere Einflüsse, wie z.B. Wetterereignisse, auswirken.



Die dafür notwendige IoT-Infrastruktur besteht aus den Komponenten IoT-Gerät (Sensoren), IoT-Funknetz (Kommunikationsnetz) und dem IoT-Netzwerk (Datenhaltung und -aufbereitung) um darüber IoT-Anwendungen zu ermöglichen (Mehrwertdienste) (vgl. Abbildung 2).

Abbildung 1 Blick in einen Schacht mit Wasserzähler (blaue Abdeckung) der ca. 2 m unter der Erde liegt und durch Absteigen über die Metalltritte rechts, abgelesen wird (Quelle: E-MAKS).

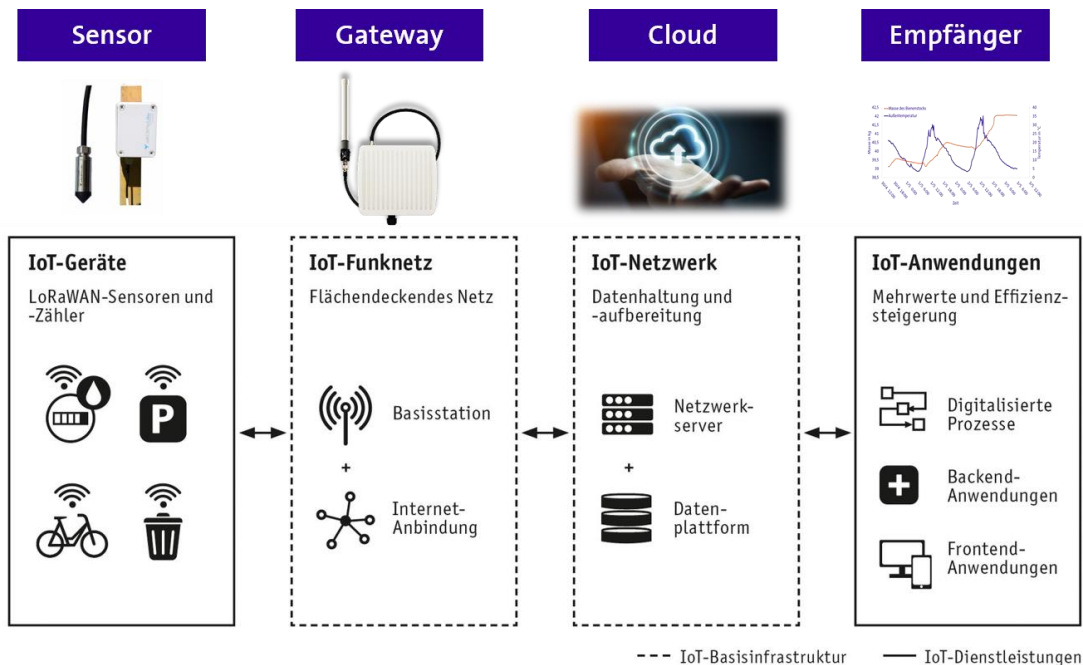


Abbildung 3 Die Strecke vom Sensor bis zur Anwendung auf Basis von z.B. LoRaWAN™-Sensorik, die in ein LoRaWAN™-Funknetz integriert, Daten in ein IoT-Netzwerk ablegt, die über Visualisierung o.ä. für Mehrwertdienste und Effizienzsteigerung in Form der IoT-Anwendung Verwendung finden (Bildquelle in Anlehnung an Thüga Smartservice GmbH).

Viele Daten werden schon heute z.B. in den Versorgungsnetzen der badenova AG & Co. KG (badenova) gesammelt. Zum Einsatz kommen hier gängige Funktechnologien zur Übertragung, z.B. in die Verbundleitwarte der Netztochter bnNETZE GmbH & Co. KG (bnNETZE), wo die Infrastruktur überwacht wird. Ebenso in die Datenbanken der Abrechnungstochter E-MAKS GmbH & Co. KG (E-MAKS), um dort die Bilanzierung vorzunehmen.

Im Zusammenhang mit den neuen Möglichkeiten, die durch LPWAN gegeben werden, dem Bestreben der Digitalisierung von manuellen Prozessen rund um die Infrastrukturdienste der badenova-Gruppe sowie der Notwendigkeit detaillierter und zeitnaher Datensätze für die

intelligente Verarbeitung, rückt der Prozess der Schachtwasserzählerauslesung in den Fokus (vgl. Abbildung 3).

Die Auslesung ist sowohl für E-MAKS als auch für bnNETZE ein interessanter Anwendungsfall für die Überwachung der Wasserinfrastruktur. Zähler in Schächten gibt es beispielsweise häufig auf Spielplätzen mit einer Wasserpumpe. Aber auch auf privaten Grundstücken werden Zähler in Schächten verbaut, wenn eine Wasserleitung bis zum Hausanschluss länger als 20 m ist. Insgesamt befinden sich im Netzgebiet der bnNETZE ca. 1.500 Schachtzähler, die einmal jährlich für die Abrechnung durch E-MAKS abgelesen werden und nicht immer gut zugänglich sind. Ab einer Schachttiefe von mehr als 2 m muss die Schachtbegehung mit einer Absturzsicherung durchgeführt werden. Schachtablesen sind dann nur noch zu zweit durchzuführen, da die Person, die in den Schacht klettert, jeweils durch eine andere Person gesichert werden muss (vgl. Abbildung 4). Diese jährlich erhobenen Daten tragen nicht zu



Abbildung 4 Der Abstieg in den Schacht erfolgt durch den Ableser, der gesichert über den Seilzug (Dreibein) von einer zweiten Person im Notfall geborgen werden kann (Quelle: E-MAKS).

einer höheren Transparenz im Wassernetz bei, sondern dienen nur der Abrechnung. Die klassische Zählerfernauslesung mit Mobilfunk ist für Schächte auf Grund der Bauart (Betonwände und Metaldeckel) und der damit einhergehenden Funkdämpfung sowie dem hohen Energiebedarf für die Kommunikation nicht geeignet. Erstmals wird es mit der in diesem Projekt eingesetzten LPWAN-Technologie möglich sein, Daten aus Schächten effizient und wirtschaftlich in kleineren Zeitabständen, z.B. im Stundentakt, zu übermitteln.

Um diese und andere Anwendungen aus dem Versorgungsgebiet zu digitalisieren, setzt badenova auf LPWAN-Funktechnologien und stellt somit die IoT-Basisinfrastruktur bereit (vgl. Abbildung 1). Dabei nimmt badenova die Digitalisierung ihres Versorgungsgebiets selbst in die Hand, da sie den Vorteil hat auf eigenen Standorten über Gateways ein Netz aufzubauen (vgl. Abbildung 5). Eine weitere Motivation besteht in der verantwortungsvollen Wahl der Funktechnologie und der Bereitstellung einer geeigneten Infrastruktur zur Steigerung der Prozess-, Energie- und Ressourceneffizienz. Vor dem Hintergrund des rasanten Wachstums des IoT, das bereits im Jahr 2030 über 125 Milliarden Geräte weltweit miteinander vernetzen wird (Quelle: IHS Markit, IoT trend watch 2017), sind LPWAN Technologien unerlässlich. Die Kernstadt von Freiburg ist bereits mit einem eigenen LoRaWAN®-Funknetz abgedeckt (vgl. Abbildung 5 und 6) und erhält über die Schachtwasserzählerfernauslesung einen Anwendungsfall, der die Technik nicht nur unter Beweis stellen soll und Kosten spart sondern vor allem durch die daraus entwickelte Dienstleistung zeigt, welche Möglichkeiten sich durch die Digitalisierung eröffnen.

Die E-MAKS möchte die passenden Zählerstände sowie Zusatzinformationen per Funk, z.B.

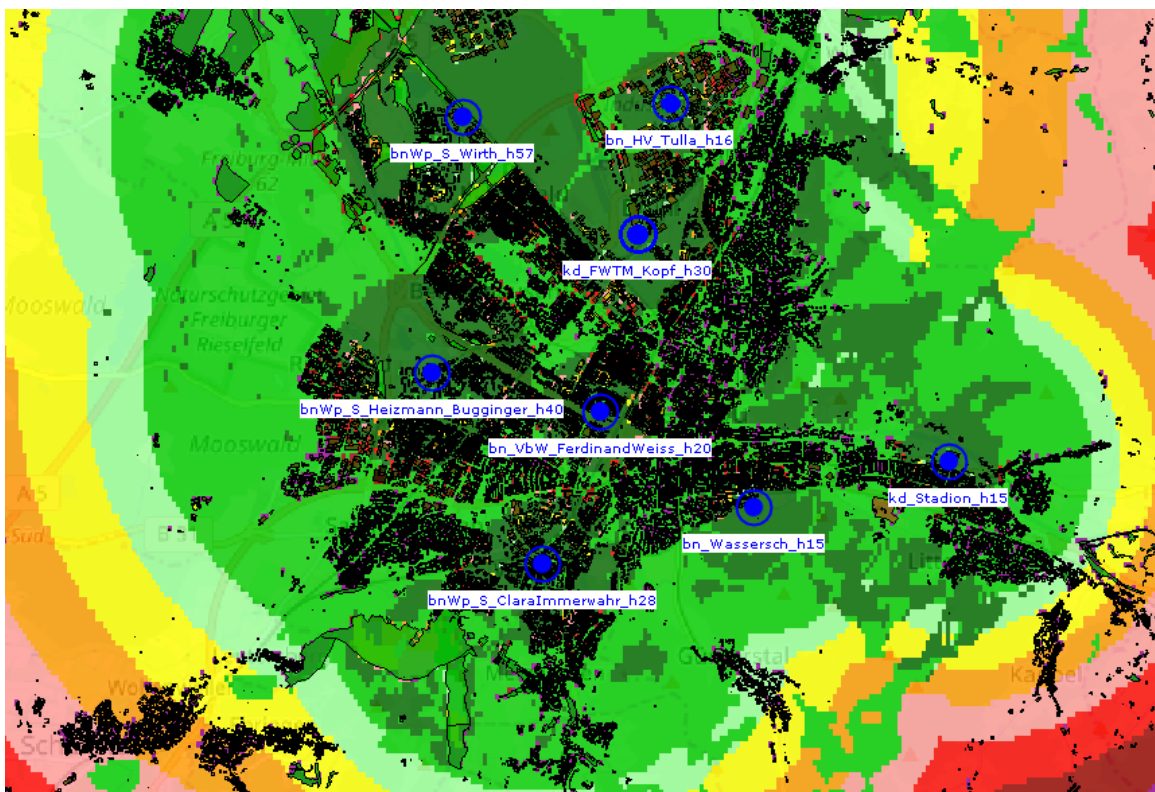


Abbildung 5 Die Abdeckung der Stadt Freiburg mit acht LoRaWAN™-Gateways, die über eine Farbmatrix mit einer Abstufung von sehr gut bis keinen Empfang von dunkel grün bis dunkel rot in der Simulation dargestellt sind und mittels Referenzmessungen validiert wurden (Bildquelle Thüga Smartservice GmbH)

unter Nutzung von LPWAN-Technologien, in regelmäßigen Abständen auslesen. Neben den jährlichen abrechnungsrelevanten Zählerständen kann somit zur Erweiterung der bisherigen Überwachung der Infrastruktur beigetragen werden und mehr Transparenz sowohl für den Konzern als auch für den Kunden geschaffen werden. Auf diese Weise können mögliche



Abbildung 6 Hervorragender Gatewaystandort mit freier Sicht auf Freiburg auf dem Schornstein des Heizkraftwerks der badenova Tochter badenova Wärmeplus GmbH & Co.KG, die das Auslesen der Wärmemengenzähler mit LoRaWAN™ anvisiert (Gateway unten rechts sichtbar; Quelle: E-MAKS).

Alleinstellungsmerkmale für die Positionierung mit neuen Dienstleistungen herausgearbeitet werden.

Sowohl LoRaWAN® als auch NB-IoT sind als zu Grunde liegende Technologien noch sehr jung. Die Unternehmen, die entsprechende Geräte entwickeln, sind im Wesentlichen an ihren eigenen Business Cases, aber nicht an offenen Systemlösungen interessiert. Folglich ergibt sich die Problematik fehlender, unpassender oder nicht anpassbarer Sensorik. Konkret bedeutet dies, dass zum jetzigen Zeitpunkt kein Wasserzähler auf dem Markt verfügbar ist, der mittels der LPWAN-Technologien Zählerstände oder weitere Informationen wie die Temperatur übermitteln, die essenziell für eine nachhaltige Infrastrukturüberwachung ist.

Vor dem Hintergrund dieser Situation wurde in dem Projekt „SmartCityKommT“ (Smart City Kommunikations-Technik) ein flexibler, modularer, getesteter und frei konfigurierbarer Baukasten von Systemelementen zusammengestellt, entwickelt, konfiguriert und getestet um einzelnen Anwendern den Einstieg in die Digitalisierung ihrer Kommunikations-, Sensor- und Monitoring-Systeme für Smart City-Anwendungen zu erleichtern. Unter den Systemelementen im Rahmen des „SmartCityKommT“-Projekts werden Hardware-, Software- sowie Kommunikationselemente verstanden.

Insbesondere

1. wird ein generisch, flexibles Kommunikationsmodul zur Anbindung lokaler Sensoren an ein LPWA- oder NB-IoT-Netzwerk zur Fernanbindung bereitgestellt. Dieser Kommunikationskoppler umfasst:
 - insbesondere die LoRaWAN®-Technologie, die von badenova bereits in Freiburg im prototypischen Einsatz ist und eine großflächige Abdeckung mit wenigen Gateway-Knoten ermöglicht (vgl. Abbildung 4 sowie Kapitel 3.7), sowie das von Kommunikationsanbietern angebotene NB-IoT, das kürzlich als

erfolgreich aufgesetztes und nutzbares Funknetz an die Öffentlichkeit herausgegeben wurde (vgl. Kapitel 3.7).

- leistungsfähige Zusatzfunktionen für ein Fog-Computing, wie z.B. Zwischenspeicherung und einfache Vorverarbeitungen wie Mittelwertbildung, Erfassung von Maximal- und Minimalwerten, Verwaltung von Alarmschwellen usw.
 - einfache Unterstützungs-, Konfigurations- und Einbindungsmöglichkeit
 - Formatumwandlung / Datenmodellierung, wie z.B. OPC UA (industrielles Kommunikationsprotokoll),
 - plug & play-Funktionen, einschließlich der Unterstützung im Backend,
 - einfache und flexible Integrationsmöglichkeiten verschiedener lokaler und heute nach Stand der Technik vorhandener Sensoren durch
 - direkte Anbindung (SPI)
 - optische Schnittstelle von Zählern
 - drahtgebunden (4-20mA „Stromschleife“, Reed-Kontakte)
 - funkbasierte Anbindung (insbesondere Wireless M-Bus),
 - standardisierte Ausgänge, um einfachere Schaltvorgänge vorzunehmen, um somit die Regelung von Zuständen zu steuern.
2. werden über dieses Element beispielhaft die Schachtwasserzähler an einen Cloud-Service und von dort an das Abrechnungssystem und an die Leitwarte angebunden, sowie über einen Portalzugang dem Anschlusskunden zur Verfügung stehen. Demnach werden erhobene Daten gespeichert und verarbeitet, um den Wertschöpfungsschritt der Datengeneration bis zum Mehrwert für den Anwender inklusive Reduzierungspotenzial aufzuzeigen.
- Der Cloud-Service wird dabei unter Verwendung von LoRaWAN® die hauseigenen Systeme verwenden – bei NB-IoT kommt ein Kommunikationsunternehmen dazu – sodass hier im Projekt auch ein Preisvergleich erarbeitet werden kann.
 - Neben der Automatisierung der Abrechnung soll zusätzlich zu den verbesserten Überwachungsmöglichkeiten der Wasserinfrastruktur und zum verringerten Zeit- und Fahrtaufwand (Verkehrsreduzierung, CO₂-Reduktion) auf das Sicherheitsrisiko der Schachtbegehung eingegangen werden, wodurch es zu weiteren Kostensenkungen im Prozess kommt. Durch den Kundenzugang zur

Verbrauchseinsicht wird die ganzheitliche Betrachtung des Anwendungsfalls abgedeckt und im Rahmen des Projekts angestrebt

3. werden die nicht LPWAN-fähigen Schachtwasserzähler, die derzeit noch manuell ausgelesen werden, online angebunden. Der Anwendungsfall steht stellvertretend für andere vorstellbare Use-Cases, die denkbar aber mit konventionellen Technologien noch nicht abbildbar sind (vgl. Abbildung 6). Dabei wird der Pilot folgendermaßen aufgebaut:
 - 20 Schachtwasserzähler werden mit je einem Kommunikationsmodul für die Funkfernauslesung befähigt. Je die Hälfte der Zähler wird über LoRaWAN® und über NB-IoT angebunden, sodass die Vor- und Nachteile der beiden Technologien gegenübergestellt werden können.
 - Der Anwendungsfall soll demonstrieren, dass selbst bei schwierigsten technischen Bedingungen eine zuverlässige Datenübertragung mit geringem Energieaufwand realisierbar sein wird.
 - Nach dem ersten Iterationsschritt sollen neben der vollständigen Abbildung der Anforderungen der Datenübertragung aus dem Use-Case dann auch die Erfahrungen zur Handhabbarkeit des Kommunikationsmoduls (z.B. Formfaktoren des Gehäuses für eine einfache Installation) Berücksichtigung finden. Sprich, das Kommunikationsmodul wird einem weiteren Entwicklungsschritt unterzogen, sodass nach erfolgreichem zweiten Iterationsschritt die Skalierung angegangen werden kann.
 - In dem Anwendungsfall wird in einem Proof-of-Concept das wirtschaftliche Potenzial aufgezeigt, um als Vorbild und Anreiz für weitere Anwendungen zu dienen.

- Das zu entwickelnde System ist schematisch in Abbildung 7 gezeigt. Gleichzeitig werden die Schnittstellen des Moduls zum Sensor links und die Übersetzung der Informationen zu „Netzwerksprachen“ für die Datenübermittlung in die Serverinfrastruktur rechts verbildlicht. Die farblich hinterlegten Module stellen unmittelbare Erweiterungen des Systems dar, wurden aber nicht im Rahmen des Projekts entwickelt und bereitgestellt. Diese zeigen aber Anwendungsfälle, die von direktem Interesse sind und über das Kommunikationsmodul funkvernetzt werden könnten. Hiermit wird die Flexibilität der angestrebten Lösung nochmals deutlich. Verschiedenste Sensorik soll über die standardisierten Schnittstellen über ein und dasselbe Kommunikationsmodul befähigt werden. Ähnliche Anforderungen und Grundvoraussetzungen lassen Skaleneffekte beim Kommunikationsmodul erwarten. Des Weiteren wird veranschaulicht, welcher der beiden Partner für welchen Teil des Gesamtsystems verantwortlich ist.

Das Projekt wird von zwei regionalen Partnern bearbeitet, die in ihren Domänen bereits umfangreiches Knowhow aufweisen und sich ideal ergänzen.

Als Abrechnungsdienstleister in der Energiewirtschaft betreut die E-MAKS kompetent und zuverlässig die Prozesse ihrer kommunalen und industriellen Auftraggeber. 2008 wurde die E-MAKS in Freiburg im Breisgau gegründet und hat neben der badenova mit der Thüga AG einen weiteren Anteilseigner. Den Grundstein für eine langfristig verlässliche Partnerschaft von Unternehmen, Kunden und Gesellschaftern legt eine stabile Ergebnisentwicklung zugrunde.

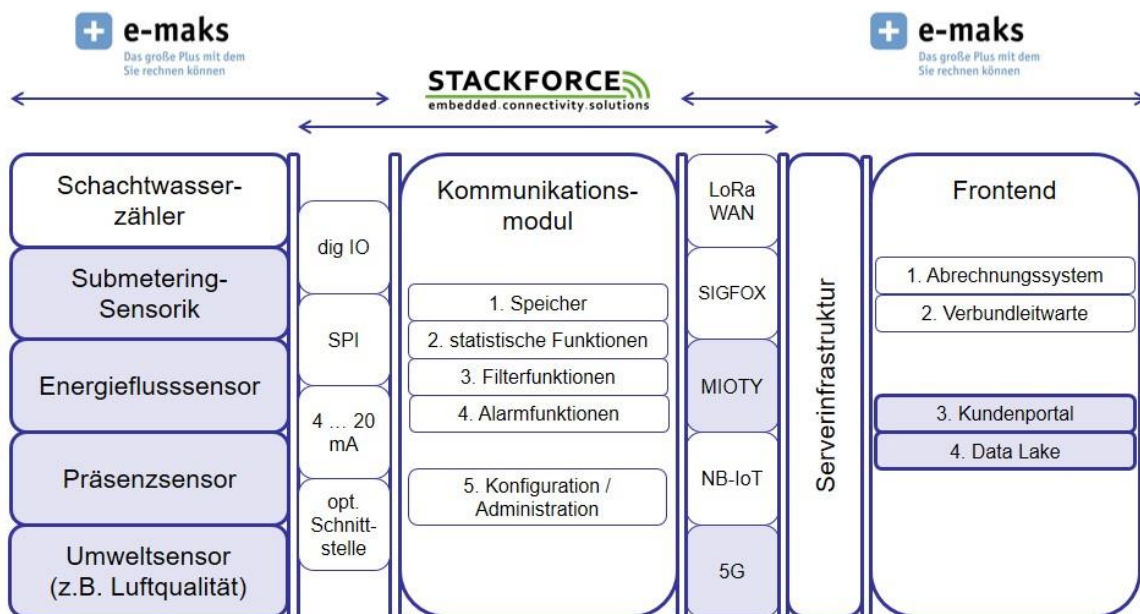


Abbildung 7 Schematischer Aufbau des Kommunikationsmoduls als integraler Bestandteil zwischen der Sensorik links (z.B. Schachtwasserzähler) und der schlussendlichen Anwendung im Frontend rechts (z.B. Abrechnungssystem). Die farblich hinterlegten Module stellen unmittelbare Erweiterungen des Systems dar, werden aber nicht im Rahmen des beantragten Projekts entwickelt und bereitgestellt.

Die E-MAKS setzt auf Wachstum in Verbindung mit Profitabilität. Um beides zu realisieren, wird auf effiziente Prozesse, effektive Strukturen, eine gute Unternehmenskultur sowie auf kontinuierliche Kosten- und Qualitätsoptimierungen gesetzt, und zwar in den Bereichen Netzmanagement, Energiedatenmanagement, Marktkommunikation, Kundenservice, Abrechnungsmanagement und Forderungsmanagement. Durch eine hohe Prozess- und Servicequalität, vertrauensvolle Beziehungen zu den Kunden und die Fähigkeit, das Dienstleistungsangebot flexibel und spezifisch an die Anforderungen der Auftraggeber anzupassen, bietet die E-MAKS einen Mehrwert, mit dem gerechnet werden kann.

Die STACKFORCE GmbH ist ein innovatives High-Tech-Unternehmen mit Sitz im Markgräfler Land, das Entwicklungsdienstleistungen und Produkte für das Internet der Dinge (IoT) anbietet. Es wurde 2014 auf der Grundlage eines Steinbeis-Transferzentrums von Prof. Dr.-Ing. Sikora von der Hochschule Offenburg gegründet. Gegenwärtig entwickeln 12 Ingenieure umfangreiche Software- und Systemlösungen insbesondere für die Zählerfernauslesung und für Smart City-Anwendungen. Technologien wie Wireless M-Bus (EN13757-4), LoRaWAN® und Sigfox werden bei STACKFORCE regelmäßig implementiert und integriert, so dass hier eigene Lösungen vorliegen, die auch kundenspezifisch angepasst werden können. Zu den Kunden des Unternehmens gehören global tätige Halbleiterhersteller, Zähler- und Infrastrukturhersteller, zunehmend aber auch lokale und regionale Anwender, wie Stadtwerke und Kommunen.

2.1.2 Terminplan

Zeitpunkt	Ziel	Beschreibung
April 2019	Geräte stehen in der ersten Version zur Verfügung	Für den Einbau im Feld ist die Sensorik beschafft und das Kommunikationstool für den Pilotumfang entwickelt.
September 2019	Feldtest erste Phase abgeschlossen	Die Kommunikationsstrecke bis zum Datenexport per .csv-Datei ist abgebildet und über den Zeitraum aufrechterhalten.
Januar 2020	Geräte stehen in der finalen Version zur Verfügung	Das Kommunikationstool ist basierend auf den Ergebnissen der ersten Pilotphase weiterentwickelt.
Juni 2020	Feldtest zweite Phase abgeschlossen	Die Kommunikationsstrecke bis zum Datenexport in die Endanwendungen der verschiedenen Partner ist abgebildet und über den Zeitraum aufrecht erhalten
September 2020	Projektabschluss	Das Kommunikationstool wird als Produkt vorgestellt und die Pilotanwendungen skaliert.

Der Terminplan wurde im Wesentlichen eingehalten, wenn auch gegen Ende des Projekts teilweise Verzögerung durch die Corona Pandemie entstanden sind. Besonders in den Monaten März, April und Mai waren personelle Einsätze vor Ort nicht möglich.

2.1.3 Ausführungsplanung

Der Plan für die Bearbeitung der Teilschritte des Projektes wurde anhand von Arbeitspaketen definiert. Diese werden fort folgend als AP benannt. Im Wesentlichen sind die Arbeitspakete mit Zeitaufwand eingehalten worden.

AP1	Projektmanagement		Leitung:	E-MAKS
		E-MAKS	STACKFORCE	Total
Aufwand [PM]		0,8	0,4	1,2
Aufgaben:	Die Projektkoordination wurde von E-MAKS übernommen, da diese die notwendigen Abstimmungen mit der badenova-Gruppe und in die Thüga-Gesellschaft tätigen und verantworten die Gesamtintegration des „SmartCityKommT“-Projekts mit den zwei Proof-of-Concept Phasen in die Prozessabläufe der badenova-Gruppe			
Ergebnisse	(E1.1) Regelmäßige (monatliche) Projekttreffen (E1.2) Wöchentliche Webkonferenzen (E1.3) Enger technischer und organisatorischer Austausch zwischen den beiden Projektpartnern und den anderen Stakeholdern, z.B. in der badenova-Gruppe und zu Thüga SmartService.			
AP2	Erarbeitung der Feinspezifikation		Leitung:	E-MAKS
		E-MAKS	STACKFORCE	Total
Aufwand [PM]:		1,3	1,2	2,5
Aufgaben:	Es wurde in einem ersten Schritt eine Feinspezifikation für die im Projekt zu erarbeitenden Kommunikationslösungen erstellt (Lastenheft). E-MAKS als Anwender und Dienstleister unterstützte mit ihren Bedarfen insbesondere bei der Beschreibung der Anforderungen in den bestehenden Use-Cases, wie auch der Weiterentwicklungsvorstellung der Dienstleistung sowie bei der konkreten Auswahl von zu beschaffenden Sensoren. Die Beschaffung der Sensoren (3rd Party-Sensoren) erfolgte über E-MAKS.			
Ergebnisse	(E2.1) Feinspezifikation der zu verwendenden Kommunikationslösungen, insbesondere LoRaWAN und NB-IoT (E2.2) Feinspezifikation der einzubindenden Sensoren und der zugehörigen Schnittstellen und Funktionen zur Datenauslesung und zur Verwaltung der Sensoren (E2.3) Feinspezifikation der Verwaltungssoftware im Backend (E2.4) Beschaffung der Sensorik			
AP3	Aufbau Sensoren & Gateway		Leitung:	STACKFORCE
		E-MAKS	STACKFORCE	Total
Aufwand [PM]:		0,8	5	5,8
Aufgaben:	In diesem Arbeitspaket wurden			

	<ul style="list-style-type: none"> - die benötigten Sensoren und Kommunikationsmodule beschafft bzw. entwickelt, und anschließend integriert - die sensorseitigen Schnittstellen (APIs) implementiert und getestet. Hierzu gehören sowohl die eigentlichen Nutzbefehle (Daten lesen) als auch die Managementbefehle zur Einstellung der Messintervalle, von Alarmschwellen oder des Low-Power-Verhaltens (Schlafmodi) - die Gateways beschafft und integriert
Ergebnisse	(E3.1) IoT-Sensoren für die Anwendungen verfügbar und im Labor getestet (E3.2) IoT-Gateways verfügbar und im Labor getestet

AP4	Bereitstellung der Backend-Funktionen		Leitung:	E-MAKS
		E-MAKS	STACKFORCE	Total
Aufwand [PM]		0,8	0	0
Aufgaben:	In diesem Arbeitspaket wurden die zu bedienenden Sensor-APIs im Backend der badenova-Gruppe mit Thüga SmartService durch E-MAKS implementiert und getestet.			
Ergebnisse	(E4.1) Abbildung der Schnittstelle in die Serverstruktur der E-MAKS (E4.2) Verwendbare Funktionen im Backend verfügbar			
AP5	Feldtest 1 – Fernauslesung von Schachtwasserzählern		Leitung:	E-MAKS
		E-MAKS	STACKFORCE	Total
Aufwand [PM]		1,7	1,7	3,4
Aufgaben:	In diesem Arbeitspaket wurden: <ul style="list-style-type: none"> - die Installation der Wasserzähler und der Kommunikationslösung in den ausgewählten Schächten mit den Kunden vorbereitet, koordiniert und durchgeführt, - die Erprobung des Betriebs und der Funktionen der Datenübertragung bis in die Erstanwendung getestet und - die fortlaufende Optimierung anhand der Erkenntnisse aus dem Feldtest (in Überlappung mit AP3 und 4) für den Anwendungsfall „Schachtwasserzählerfernauslesung“ durchgeführt und bewertet. 			

Ergebnisse	(E5.1) Ablaufplan, Informationsschreiben für den Kunden und Installationsberichte für alle Schachttypen liegen vor (E5.2) Die Kommunikationsstrecke von Wasserzähler bis zur Datenbereitstellung ist abgebildet und getestet (E5.3) Kennzahlen der Kommunikationstrecke liegen vor (z.B. Batterielaufzeit, Übertragungssicherheit und Paketverluste, ...)			
AP6	Optimierung Sensoren & Gateway		Leitung:	STACKFORCE
		E-MAKS	STACKFORCE	Total
Aufwand [PM]		0	1,7	1,7
Aufgaben:	In diesem Arbeitspaket wurde: <ul style="list-style-type: none"> - eine optimierte Hardware für das Kommunikationsmodul entwickelt und umgesetzt. Diese Optimierung bezieht sich insbesondere auf die Baugröße und die Kosten. Die erstellte Lösung kann auch in skalierbaren Anwendungen mit größeren Stückzahlen zum Einsatz kommen. - die Software in den Sensoren und im Gateway wurde basierend auf den Erfahrungen aus AP5 und AP6 überarbeitet. 			
Ergebnisse	(E7.1) optimierte IoT-Sensoren für die Anwendungen verfügbar und im Labor getestet (E7.2) optimierte IoT-Gateways verfügbar und im Labor getestet			
AP7	Optimierung Auslese- & Backend-Software		Leitung:	E-MAKS
		E-MAKS	STACKFORCE	Total
Aufwand [PM]		1,7	0	1,7
Aufgaben:	In diesem Arbeitspaket wurde: <ul style="list-style-type: none"> - die Integration in das Abrechnungssystem durch Anpassung der Schnittstelle im backend der badenova-Gruppe automatisiert - die Integration in die Verbundleitwarte durch Anpassung der Schnittstelle im backend der badenova-Gruppe automatisiert 			
Ergebnisse	(E8.1) Die Kommunikationsstrecke von beiden Sensor- bis Endanwendungen der E-MAKS ist abgebildet und getestet (E8.2) Die Kommunikationsstrecke von Schachtzähler-Sensorik bis zur Datenbereitstellung in der Verbundleitwarte ist abgebildet und getestet			
AP8	Feldtest 2 – Fernauslesung von Schachtwasserzählern		Leitung:	E-MAKS
		E-MAKS	STACKFORCE	Total
Aufwand [PM]		1,7	0,8	2,5
Aufgaben:	In diesem Arbeitspaket wurden die Feldtests aus AP5 mit den optimierten Systemen aus AP7 und AP8 erneut und erweitert durchgeführt.			

Ergebnisse	(E9.1) Ablaufplan und Installationsberichte für alle Schachttypen liegen vor (E9.2) die Kommunikationsstrecke von Wasserzähler bis zur Endanwendung ist vollständig abgebildet und getestet (E9.3) Detaillierte Kennzahlen der Kommunikationstrecke liegen vor (z.B. Batterielaufzeit, Übertragungssicherheit und Paketverluste, ...) und entsprechen den Mindestanforderungen			
AP9	Projektabschluss & Dissemination		Leitung:	STACKFORCE
		E-MAKS	STACKFORCE	Total
Aufwand [PM]		1,3	1,2	2,5
Aufgaben:	In diesem Arbeitspaket wurden: <ul style="list-style-type: none"> - Präsentationen, Berichte und Werbematerial für die Öffentlichkeitsarbeit angefertigt - Aktueller Stand des Projektes und Ergebnisse in Richtung der Fach-Community kommuniziert - Kontaktaufnahme, Mitarbeit und Einflussnahme auf relevante Standardisierungen angestrebt 			
Ergebnisse	(E11.1) Präsentationen auf Veranstaltungen der Fach-Community und Publikationen			

2.2 Technische Umsetzung

2.2.1 Erzielte Ergebnisse

Ein generisch, flexibles Kommunikationsmodul zur Anbindung lokaler Sensoren an ein LPWAN-Netzwerk zur Fernanbindung ist im Praxistest verprobt und der Pilot abgeschlossen. Das Kommunikationsmodul umfasst:

- die LoRaWAN®-Technologie und Sigfox als Übertragungsmedium,
- dabei die Auslesung des Zählerstandes, der Temperatur, der verbleibenden Batterielaufzeit, DIF/VIF Filter zur Reduzierung der Informationen die der Zähler durch wM-Bus Pakete sendet (damit diese über LPWAN ohne Fragmentierung versendet werden können), sowie eine Möglichkeit zur die Konfiguration des Moduls via Downlink (z.B. um Sendeintervalle mittels Fernzugriff zu verändern) und
- ein schachtfreundliches Gehäuse, sodass dieses nach Vorgaben der Arbeitssicherheit als Modul fest angebracht werden kann.

Die vollständige Abbildung der Anforderungen für die geplante Datenübertragung aus dem Use-Case wurden im Langzeittest überprüft und auch die Erfahrungen zur Handhabbarkeit des Kommunikationsmoduls (z.B. der Formfaktoren des Gehäuses für eine einfache Installation) und die Anforderungen zur Batterielaufzeit sind für eine zweimalige Eichfristperiode umgesetzt. Die Netzgesellschaften können, bei einem positiven Stichprobenverfahren, Wasserzähler eine zweite Eichperiode im Feld lassen. Daher kommt es zur doppelten Eichfristdauer, die als Richtwert für die Batterielaufzeit des Kommunikationsmoduls gilt.

Demnach wurden alle geplanten Features entwickelt. Auf Grund der Einschränkungen durch die Corona Pandemie durften Grundstücke nicht betreten werden und somit kam es zu einer Verzögerung des Zählertauschs. Dazu kam die Kurzarbeiterregelung der bnNETZE Monteure aber auch die Lieferverzögerung der Wasserzähler – ebenfalls auf Grund von Produktionsverzögerungen, ausgelöst durch Kurzarbeit. Die digitalen Zähler sind Grundlage dafür, dass das Kommunikationsmodul Daten empfangen kann. Daher sind nicht, wie im Projekt geplant, 20 Kommunikationsmodule mit den digitalen Zählern ins Feld gekommen. Auf Grund der soliden und performanten Übertragung der bestehenden acht Schachtzähler (sieben via LoRaWAN® und einer mit Sigfox, siehe Tabelle 1) hat E-MAKS entschieden eine Bestellung von 100 Geräten auszulösen, um die Skalierung des Anwendungsfalls nun in die Hand zu nehmen. Gleichzeitig wird das LoRaWAN®-Netz verdichtet, um die Anbindung der Schachtwasserzähler zu garantieren.

wM-Bus to LPWAN Bridge	Distanz zu Gateway in km	Verbindungsqualität
1_Gelaende-Schacht 15 ba d0 01 Tullastraße 61 LoRaWAN	0,25	Sehr gut
3_Offenburger_Straße-52 15 ba d0 03 Offenburger Straße 52 LoRaWAN	1,14	Gut
4_Zita-kaiser-Straße-9 15 ba d0 04 Zita-kaiser-Straße 9 LoRaWAN	1,39	Gut
2_Komturstrosse-FLSt6142-10 15 ba d0 02 Komturststraße LoRaWAN	1,80	Keine (Auf Grund von fehlender Netzabdeckung)
5_Kirchhofweg 15 ba d0 05 Kirchhofweg (Leichenhalle) LoRaWAN	1,76	Ausreichend
6_Kirchhofweg-7 15 ba d0 06 Kirchhofweg 7 (Spielplatz) LoRaWAN	1,79	Gut
7_Schlehenrain	1,82	Gut

15 ba d0 07 Schlehenrain LoRaWAN		
Sigfox_Stadtstraße D2071A Stadtstraße Sigfox	---	Gut

Tabelle 1 Darstellung der im Langzeittest befindlichen Kommunikationsmodule in Freiburg mit ID, Abstand in km zum Gateway und der Verbindungsqualität.

Dabei sind innerstädtische Zähler mit LoRaWAN® Übertragung geplant und Randgebiete, bei denen es sich wirtschaftlich nicht lohnt, diese durch Ausbau des eigenen Netzes mit LoRaWAN® anzubinden, werden via Sigfox verbunden. Ab dem 09.11.2020 werden 40 weitere Schächte mit dem seit September wieder durchgeführten Zählerwechsel ausgebracht. 32 werden via LoRaWAN® angebunden, acht senden ihre Daten via Sigfox. Durch die geringere Bandbreite im Vergleich zu LoRaWAN®, muss das Datenpaket bei Übertragung mit Sigfox in vier Fragmente unterteilt werden, um die Informationen zu übermitteln. Die Fragmente werden nach Erhalt wieder zusammengesetzt, entschlüsselt und stehen dann zur Verarbeitung wieder als eine Information zur Verfügung. Dies ist durch die Implementierung der STACKFORCE Payload Fragmentation und der STACKFORCE End-to-End Encryption möglich. Die STACKFORCE End-to-End Encryption wurde entwickelt, um Komplikationen mit dem Datenschutz Grundverordnungsgesetz DSGVO zu vermeiden, da das zu verwendende Sigfox-Backend automatisch die Sigfox eigene Verschlüsselung entschlüsselt und bis zu 50.000 Datenpakete pro Gerät speichert. Die Gesamtinformationen, die nun erhalten werden können, sind in Abbildung 8 zu sehen. Diese Daten können auch über Streamsheets dargestellt werden, was vordergründig während der Umsetzungsphase von hohem Wert war, um zu prüfen, dass die Daten ankommen und valide sind. Für die tatsächliche Verarbeitung sind die Werte in den Endapplikationen entscheidender. Daher wurde zusätzlich eine Schnittstelle

implementiert (MQTT mit spezifischen Topics), die es ermöglicht, Daten in Echtzeit an zu verarbeitende Systeme weiterzuleiten (Publisher-Subscribe-Verfahren).

Geprüft wurde die Integration der Zähler via SAP-Schnittstelle und IEC 104 Schnittstelle. Da diese Schnittstellen extrem aufwändig im Aufbau und damit kostspielig sind, wurde auf Grund der finanziellen Belastung durch die Corona-Pandemie entschieden, dass die Daten für die Abrechnung wie auch für die



Verbundleitwarte, solange es überschaubare Zählerstückzahlen sind, über die bereits vorhandene, manuell zu bedienende Schnittstelle integriert werden sollen. Der bisher manuelle Prozess läuft so ab, dass Ableser einen digitalen Assistenten mit sich tragen, über den angezeigt wird, welche Messstelle abzulesen ist. Der abgelesene Zählerwert wird dann eingegeben und am Ende des Tages kann durch einen Export eine csv.-Datei in einem vorgeschriebenen Ordner abgelegt werden. Liegt diese ab, kann der Ableser im SAP den Vorgang als abgeschlossen angeben und es kommt zum Einlesen der Daten. Die Satzbeschreibung ist in Abbildung 9 einzusehen und zeigt auf, in welches Format die übermittelten Zähler geschrieben werden müssen, sodass eine baugleiche Datei entsteht und sich an den Bestandsprozess andocken lässt. Dadurch lässt sich dann eine Abrechnung generieren. Einen ähnlichen Austauschordner gibt es auch für die Integration in die Verbundwarte.

Relevante Satzbeschreibung

- Spalte 001-012: 'E2BPEABLU000'
- Spalte 013-049: " (37 Leerzeichen)
- Spalte 050-055: Satzähler (6-stellig) ==> Beginnend mit 000001
- Spalte 056-063: " (8 Leerzeichen)
- Spalte 064-081: Materialnummer (18-stellig) ==> Ohne führende Nullen
 - Feldinhalt DWA_DEVICE-MATNR aus Ableseauftrag-Datei (sh. 1.)
- Spalte 082-099: Seriennummer (18-stellig) ==> Mit führenden Nullen
 - Feldinhalt DWA_DEVICE-GERAET aus Ableseauftrag-Datei (sh. 1.)
- Spalte 100-102: Zählwerk (3-stellig) ==> " (3 Leerzeichen)
- Spalte 103-104: Ablesegrund (2-stellig) ==> Festwert 'z '
- Spalte 105-124: Interne ID des Ablesebelegs (20-stellig) ==> Mit führenden Nullen
 - Feldinhalt DWA_READING-ABLBELNR aus Ableseauftrag-Datei (sh. 1.)
- Spalte 125-156: Abgelesener Zählerstand (32-stellig)
- Spalte 157-160: Ablesehinweis vom Ableser (4-stellig) ==> '000 '
- Spalte 161-162: Ableseart (2-stellig)
- Spalte 163-165: Nummer des Ablesers (3-stellig)
- Spalte 166-173: Abrechnungsrelevantes Ablesedatum (8-stellig) ==> Format YYYYMMDD
- Spalte 174-177: Abrechnungsrelevante Ablesezeit (4-stellig) ==> Format HHMM
- Spalte 178-185: Tatsächliches Ablesedatum (8-stellig) ==> Format YYYYMMDD
- Spalte 186-189: Tatsächliches Ablesezeit (4-stellig) ==> Format HHMM
- Spalte 190-229: " (40 Leerzeichen).

Abbildung 9 Aufbau der relevanten Satzbeschreibung, um die via Funk übermittelten Daten SAP lesbar zu machen und somit den Abrechnungsprozess zumindest vorerst teilzuautomatisieren.

Die umgesetzten Piloten bis zur Übertagung sind bereits Teil erster Marketing- und Vertriebstätigkeiten. Mit den Stadtwerken Gundelfingen wurde bereits ein erster Kunde gewonnen, die noch dieses Jahr 11 Zähler verbauen werden, die mit dem Kommunikationsmodul ausgerüstet sind. Da die nur geringe Stückzahl an Schachtzählern bei Gundelfingen nie im SAP abgerechnet wurden, ist die Bereitstellung via csv.-Datei insgesamt ausreichend. Des Weiteren wird am 03.11.2020 das Projekt und das fertige Produkt beim Wassersymposium der Thüga AG vorgestellt.

2.2.2 Erreichen der gesetzten Meilensteine

Fünf Meilensteine markieren den Projekterfolg:

- Version 1.0 der Module steht bereit (erledigt)
- erster Pilot aufgeteilt in zwei Teilschritte (erledigt)
- Modul Version 2.0 steht bereit (erledigt)
- dazu abgeschlossener Piloten beider Kommunikationstechniken (erledigt)
- schlussendlich dann der Gesamtprojektabschluss inkl. Anbindung an die Produktivsysteme (mit Einschränkung bzw. durch Anpassung erledigt).

2.2.3 Aufgetretene Probleme und Lösungsansätze

Aufgetretene Probleme (z.B. mit Finanzierung, Personal, technischer Realisierung Planabweichung):

1. Komplexität der Datenübertragung bis zur Visualisierung einer neuen Technologieform in den Bestandssystemen ist auf weniger Akzeptanz gestoßen als angenommen. Zum Teil mit

sicher berechtigter Sorge einer Interaktion mit bestehenden Produktivsystem mit hohen Sicherheitsanforderungen, z.T. auf Grund von personell fehlenden Ressourcen dritter Partner. Für das Aufspannen eines eigenen Entwicklungssystems sind Kosten und Personalaufwände angefallen (~ 10 T€). Dazu kommen Anpassungen der Reihenfolge der Arbeitspakete, nicht aber deren Inhalt. Der Umzug auf das Bestandsystem ist im Rahmen der Einbindungsmöglichkeit in der Vorbereitung. Die Gerätespezifikation und der Ablaufplan sind entwickelt und müssen mit den jeweiligen Providern umgesetzt werden.

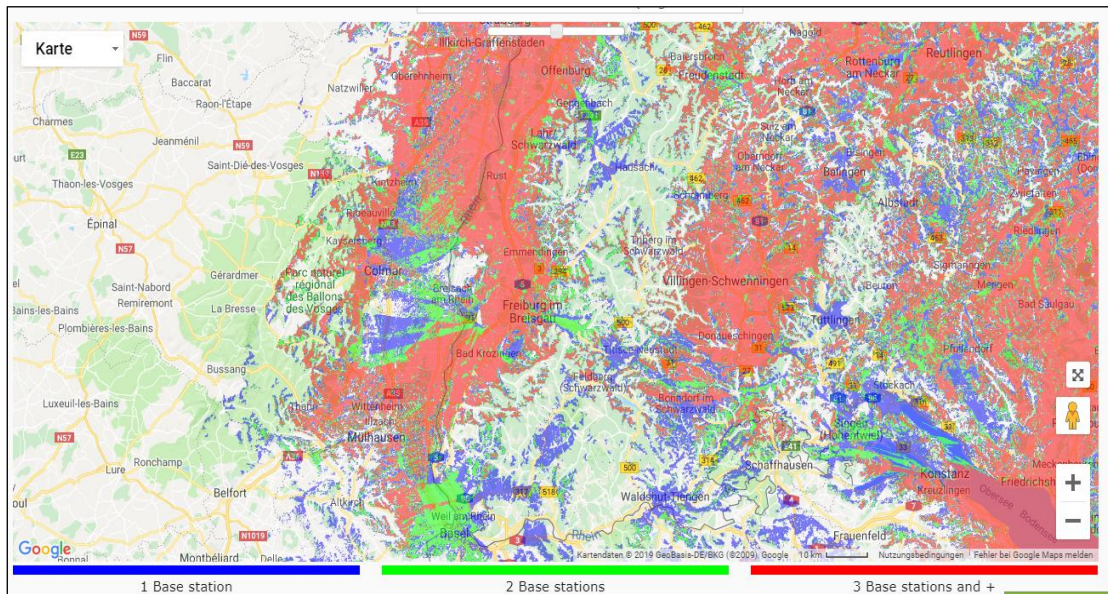
2. Durch den anfänglich zu hohen Stromverbrauch kam es zu einem zusätzlichen Entwicklungsaufwand, den es zu finanzieren gilt (30 T€). Dies wurde durch Budget des Business Developments der E-MAKS finanziert.
3. Die nach dem Stichprobenverfahren gesetzlich erlaubte Laufzeit der Wasserzähler wurde während der Projektdurchführung von mindestens sechs Jahre auf acht Jahre ab 2020 erhöht. Das bedeutet, dass bei positiver Stichprobe ein Zähler nicht mehr 12, sondern 16 Jahre im Feld verbleiben kann, was das Kommunikationsmodul bestenfalls ebenfalls kann. Die Absicherung einer entsprechenden Batterielebensdauer von größer 16 Jahren für das Kommunikationsmodul, wurde durch die Optimierung des Stromverbrauchs sowie durch Vergrößerung der Batteriekapazität erreicht werden.
4. Durch die Corona-Pandemie konnten keine weiteren Zähler als die in Tabelle 1 dargestellten ausgebracht werden. Gleichzeitig verzögert sich die Integration in die Bestandssysteme, da auf Grund finanzieller Belastungen die Projekte innerhalb der E-MAKS umpriorisiert und Budgets gekürzt wurden.

Da es einen manuellen Schritt zwischen bisheriger Ablesung und Einlese der Ablesedateien in SAP gibt, ließ sich dieser Schritt nutzen, um zumindest vorerst via Teilautomatisierung den gesamten Prozessschritt umzusetzen und somit im Zeitplan zu bleiben.

Vorgeschlagene Lösungen zur Behebung dieser Probleme:

1. Aufbau eines Parallelnetzwerks für Testzwecke innerhalb dessen die Übertragung mittels LoRaWAN® stattfindet und die Entpackung der Pakete bis zur Visualisierung mittels Streammaschine über STACKFORCE genutzt wird, um den Gesamtweg von Sensor bis Dashboard aufzustellen, „Kinderkrankheiten“ durchgehend im Entwicklungssystem zu beheben, die Umsetzbarkeit zu beweisen und zu präsentieren und damit die Skepsis zu nehmen und dann gemeinsam die Integration in die Produktivsysteme zu vollziehen (Aktivität parallel zu Pilotphase 2 bereits gestartet). In den gemeinsamen Projektsitzungen ist die Anpassung der Reihenfolge der Arbeitspakete vorgenommen worden. Inhaltliche Änderung ist dabei nicht betroffen. Dies wurde weiterhin so verfolgt.
2. Integration zweier weiterer Partner, die Teilnutzen aus der Umsetzung des Anwendungsfalls haben und demnach Zahlungsbereitschaft signalisiert haben, den es nun schriftlich festzuhalten und dann freizugeben gilt. Finanzierung wurde über Entwicklungsbudget gesichert.

3. Fraglich, ob das angedachte NB-IoT nicht zu energieintensiv ist, weshalb für die zweite Pilotphase in Klärung ist, ob das von Kommunikationsanbietern angebotene NB-IoT, oder Sigfox zusätzlich zum Einsatz kommt, damit das Gehäuse nicht unnötig durch den Einsatz von noch mehr Batterien größer wird. Sigfox Abdeckung ist gegeben (Vgl. 10). Es wurde auf Grund des Batteriearguments und der stetig besser werdenden Abdeckung die Übertragung über Sigfox gewählt.



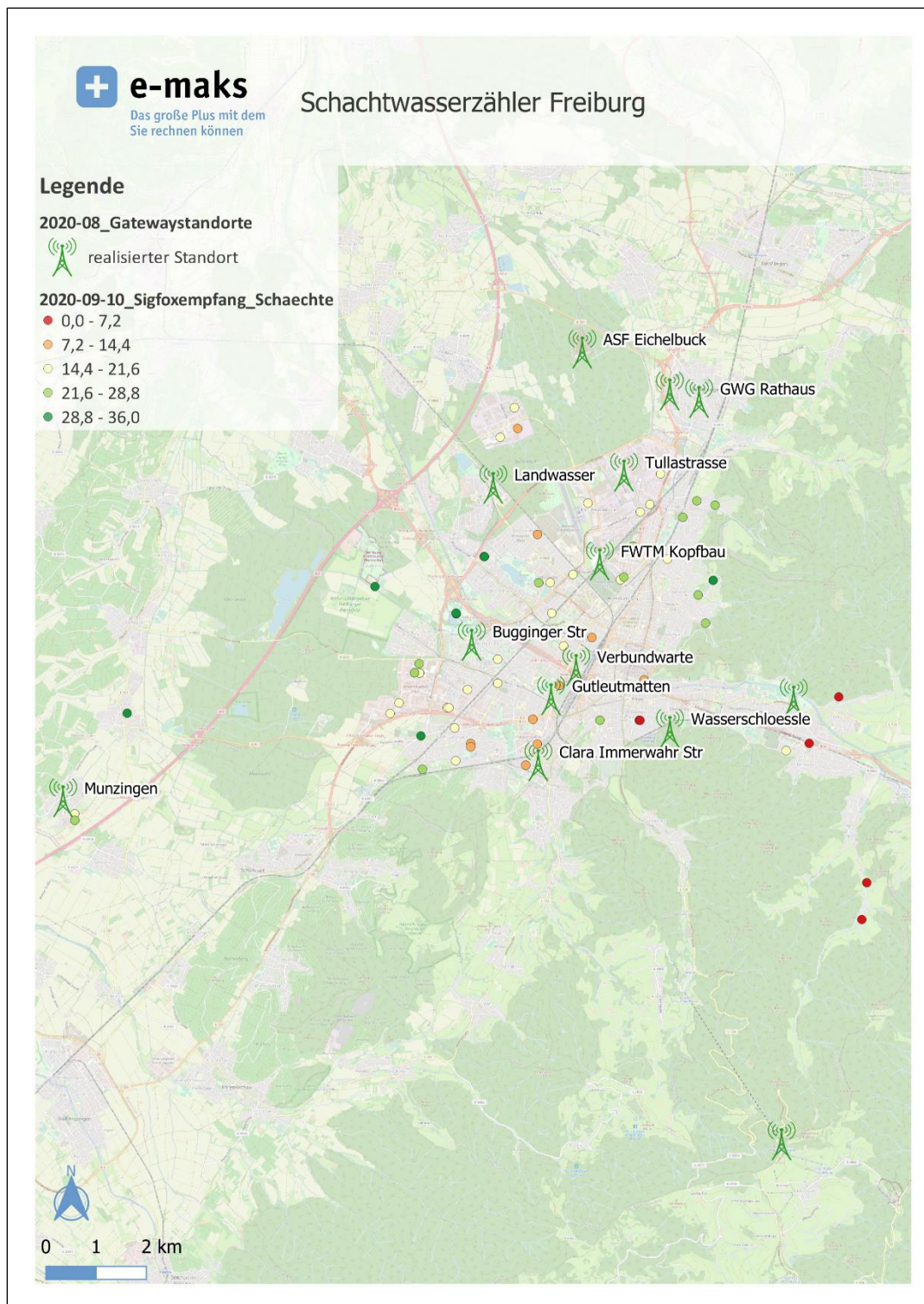


Abbildung 11: Sigfox Gateways und Empfang

4. Mit Umzug des Kommunikationsmoduls vom Testübertragungssystem auf das Produktivsystem wird eine größere Abdeckung erreicht, was es ermöglichen wird, die vorhandene Hardware flächig ins Feld zu bringen (Skalierung, wie im Projekt angelegt auf je 10 Module mit Batterielaufzeit > 16 Jahre).
5. Daten werden nicht direkt über die Schnittstelle in die Endsysteme übertragen, sondern via Formatvorlage zur Verfügung gestellt und dadurch mit einem manuellen Zwischenschritt die Prozesskette abgebildet. Dieser Schritt ist bis zum Zeitpunkt der

kompletten Umrüstung aller Schachtzähler auf das Kommunikationsmodul für alle manuell ausgelesenen Zähler Pflicht. Spätestens nachdem alle Zähler durch den Turnuswechsel mit digitalen Zählern und dem Kommunikationsmodul ausgestattet sind, muss die automatische Integration in z.B. SAP funktionieren. Zu diesem Zeitpunkt macht die IEC 104 Schnittstelle dann auch in die Verbundleitwarte Sinn.

2.3 Ökologischer Nutzen und generelle Mehrwerte

Indem lokale Sensorik online verfügbar gemacht wird, erhöht sich nicht nur die zeitnahe Beobachtbarkeit von Systemen, ihren Zuständen und Veränderungen, was zusätzliche Dienstleistungen und Geschäftsmodelle ermöglicht, es werden auch Aufwände und Verluste, durch z.B. unentdeckte Leckagen, reduziert.

Die Fernauslesung der Schachtwasserzähler über IoT-Lösungen ersetzt den klassischen Ableseprozess, bei dem zwei Ableser bisher jeden Schacht für manuelle Ablesungen mindestens einmal pro Jahr anfahren. In Abhängigkeit vom Tarifmodell sind auch monatliche Ablesungen gefordert. Werden die rund 1500 Schachtwasserzähler im Versorgungsgebiet der bnNETZE fernausgelesen, könnte insgesamt eine jährliche Fahrleistung von 5000 km eingespart werden, was einem Ausstoß von 1,5 t CO₂ pro Jahr entspricht. Dies geht einher mit der Vermeidung von Feinstaub und dem Ausstoß von Stickoxiden (NO_x).

Das Kommunikationsmodul lässt sich selbstverständlich auch außerhalb des badenova-Netzgebiets anwenden, sodass beim Einsatz in anderen Stadtwerken oder Versorgungsunternehmen gleichermaßen Einsparungen erzielt werden.



Abbildung 12 Bevor herabgestiegen werden kann, gilt es, für die eigene Sicherheit, eine Messung des Sauerstoffgehalts im Schacht durchzuführen (Quelle: E-MAKS).

Die manuelle Auslesung muss bislang immer zu zweit durchgeführt werden. Nur so ist sichergestellt, dass die ablesende Person auch in Notsituationen wieder aus dem Schacht herausgezogen werden kann. Bevor der Ableser in den Schacht klettert, ist es besonders wichtig, den Sauerstoffgehalt am Boden des Schachtes zu messen (vgl. Abbildung 12). Liegt der Wert nicht innerhalb der Norm, muss das Team warten, bis der Sauerstoffgehalt steigt – gegebenenfalls muss ein Luftaustausch erfolgen. Erst dann kann abgelesen werden. Die Ablesung ist somit eine zeitaufwändige und nicht ungefährliche Aufgabe. Daher ist auch eine jährliche Schulung für die Ableser Pflicht. Alle diese Aufwände erhöhen die

Kosten.

Der größte Mehrwert entsteht allerdings in der zusätzlichen Überwachung der Wassernetze. Stündlich übertragene Messwerte aus den Schächten können es dem Netzbetreiber ermöglichen, rechtzeitig atypisches Verhalten zu erkennen, zu orten und schneller zu reagieren. Durch Referenzbildung zu Durchschnittswerten kann erhöhter Volumenstrom auf Leckage hinweisen. Des Weiteren kann eine Unterdimensionierung der Netze erkannt werden, sodass bei höherer Auslastung von Netzsträngen auch immer die richtige Zählergröße verbaut ist, um Ablesefehler (Sättigung der Zählersensorik) zu vermeiden.

Die Differenz zwischen Ein- und Ausspeisung liegt bei Wassernetzen typischerweise bei 10 % bis 12 %. Für einen Netzbetreiber wie bnNETZE bedeutet das einen jährlichen Schwund von 2 Mio. m³ Wasser, für dessen Aufbereitung und Transport rund 0,5 kWh · m⁻³ und somit 1 GWh Energie aufgewandt wird. Basierend auf dem deutschen Strommix (2017) entstehen so 200 g CO₂ · m⁻³ und durch die Netzdifferenz werden bis zu 400 t CO₂ pro Jahr ausgestoßen. Hinzu kommt der Verlust der kostbaren Ressource Wasser. Über den Einbau des Kommunikationsmoduls wird eine bis heute unberücksichtigte Datenquelle zugänglich.

Zusätzlich kommen neue Herausforderungen auf den Netzbetreiber zu, denn durch die Auswirkungen des Klimawandels und die Erderwärmung steigt die Temperatur im Wassernetz an. Ein Temperaturanstieg in den Wasserleitungen hat zur Folge, dass sich das sensible Ökosystem verändert und sich Bakterienkulturen schneller ausbreiten können, was direkte Auswirkungen auf die Wasserqualität haben kann. Deshalb werden im Projekt „SmartCityKommT“ moderne Ultraschall-Wasserzähler eingesetzt, die neben dem Wasservolumen zusätzlich auf die Anforderung der Netzbetreiber eingehen und die Temperatur messen. Somit werden auch diese Werte regelmäßig an den Netzbetreiber übertragen. Eine großflächige Erfassung von Temperaturdaten unter anderem aus den Schächten hilft, die Wasserqualität im Netz zu überwachen und zu gewährleisten. Anomalien können so zuverlässig lokalisiert, überwacht oder behoben werden, weshalb die Übermittlung der Temperaturdaten eine essenzielle Information der Zähler darstellt, die über das Kommunikationsmodul zugänglich gemacht werden.

Der Netzbetreiber hat somit ein sehr starkes Interesse, seine Infrastruktur mit zusätzlicher Informations- und Kommunikationstechnik auszustatten. Die bereits heute rasant ansteigende Anzahl vernetzter Geräte, Sensoren und Messinstrumente legt den Datengrundstein für Smart Grids auch im Wasserbereich. Mit zunehmender Funkvernetzung spielt die Energieeffizienz bei der Kommunikation eine immer bedeutendere Rolle. Die in diesem Projekt eingesetzte Sensorik, die in die Low Power Netzwerke (LPWAN), wie z.B. LoRaWAN® und Sigfox integriert werden, kann über mehrere Jahre autark und wartungsfrei betrieben werden. So kann mit einem sehr geringen Energie- und Arbeitsaufwand eine großflächig verteilte Infrastruktur sicher überwacht und gleichzeitig die Aufwände überschaubar gehalten werden. Verdeutlicht wird der Leistungsunterschied der Sensoren beim Einsatz in LPWA-Netzwerken zu Mobilfunkgeräten, die LTE verwenden, in Abbildung 13. Die Grafik veranschaulicht sehr deutlich und gibt zu verstehen, warum ein Mobiltelefon jeden Abend wieder erneut aufgeladen werden muss, ist es doch konstant mit dem Netzwerk

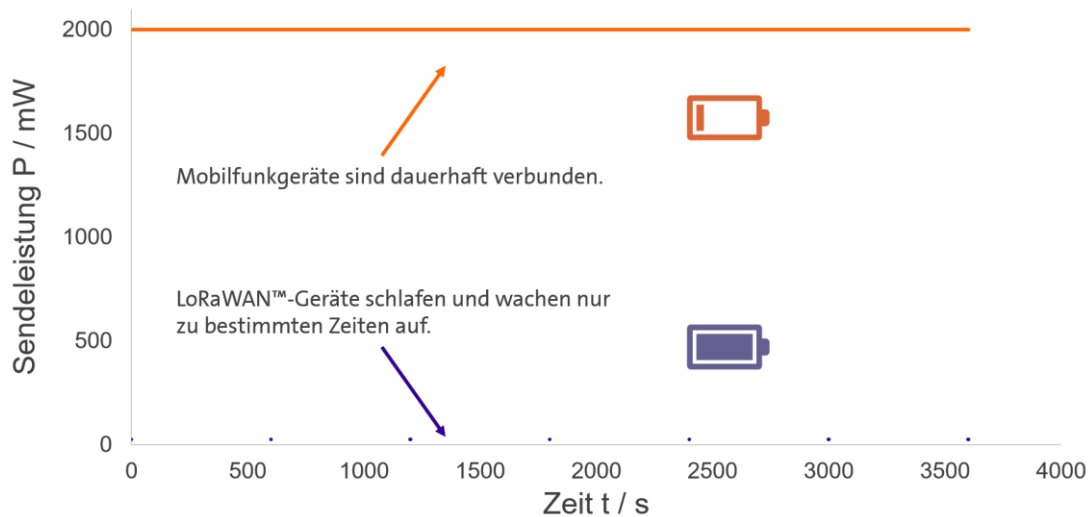


Abbildung 13: Mobilfunkgeräte mit LTE Verbindung haben ca. eine Sendeleistung von 2000 mW, wohingegen Low Power Netzwerke, wie LoRaWAN™ durch die Konfiguration der Sensorik mit zeitlich vordefiniertem Schlafmodus und Sendeleistungen von 25 mW deutlich sparsamer und damit energieeffizienter sind.

verbunden. Im IoT-Umfeld spart man Energie durch einen Schlafmodus. Die entsprechenden Sensoren und Kommunikationsmodule schlafen einen Großteil der Zeit.

Neben dem Netzbetreiber soll aber auch der Anschlusskunde hinter dem Schachtwasserzähler von der Digitalisierung profitieren. In einem Kundenportal bekommt der Anschlussinhaber seine Verbrauchsdaten, die zuvor per LPWAN übertragen werden, zur Verfügung gestellt. Neben Privatpersonen sind oft Industriebetriebe oder Gewerbekunden über einen Schachtwasserzähler an das Versorgungsnetz angeschlossen. Für diese Kundengruppe ist eine regelmäßige Überprüfung der Wasserverbrauchsdaten unerlässlich, um ihr Umweltmanagement zu optimieren. Hier stellen Schachtwasserzähler oft eine Lücke dar, da sie bisher nur über einen unwirtschaftlichen Mehraufwand in das Überwachungssystem eingebunden werden konnten. Demnach kann hier neben den reduzierten Aufwänden eine Informationslücke geschlossen werden. So kann der Kunde für seinen Verbrauch sensibilisiert werden und der Versorger kann zudem Mehrwertdienste anbieten, wie z.B. Warnungen bei atypischen Verhalten der Zähler. So könnte bei einem Rohrbruch durch automatische Abschaltung der Zuleitung, ein größerer Schaden vermeiden werden, was jedoch nicht mehr Teil des Projekts, aber eine logische Weiterentwicklung der Dienstleistung ist.

Mit dem in diesem Projekt entwickeltem Kommunikationsmodul kann Sensorik, die bereits mit Standardschnittstellen ausgerüstet ist, in ein LPWAN integriert werden. In diesem Fall kann sehr ressourcenschonend nachgerüstet werden und es ist nicht zwingend notwendig, bestehende Sensorik auszutauschen. Im Projekt „SmartCityKommT“ wurde der turnusgemäße Wechsel der Wasserzähler zu modernen Ultraschallwasserzählern genutzt. Die noch sehr jungen IoT-Infrastrukturen weisen eine überschaubare Auswahl an qualitativ hochwertiger Sensorik von einer geringen Anzahl von Herstellern auf. Demnach trägt das Kommunikationsmodul auch zu einer Risikominimierung bei. Es können bewährte Systeme,

die bereits von Herstellern angeboten und im Feld erprobt sind, sowie in Stückzahlen produziert werden, erworben und zu IoT-Anwendungen befähigt werden.

Weiterhin besteht die lukrative Möglichkeit, dass mit einem Kommunikationsmodul mehrere Zähler angesprochen werden können. Beim Schachtwasser-Anwendungsfall kommt auf ein Kommunikationsmodul ein Zähler. Nimmt man z.B. den Submetering-Anwendungsfall (Vgl. Abbildung 13) so könnten die bestehenden Systeme zur Betriebskostenabrechnung (BKA), die Anbieter meist mit so genannten Walk-In-, Walk-By- oder Drive-By-Verfahren auslesen, online verbunden werden. Wasserzähler für Kalt- und Warmwasser, Heizkostenverteiler oder Wärmemengenzähler werden pro Mietwohnungen abgelesen, um diese für den Rechnungsgebrauch zu verwenden. In diesem Anwendungsfall könnte das Kommunikationsmodul einmal statisch in die jeweiligen Gebäude installiert werden, das die Ablesung und die Übermittlung der Verbrauchsdaten mehrerer Wohneinheiten dauerhaft übernimmt. Diese Anwendung ist von E-MAKS anvisiert, liegt aber aus Aufwandsgründen nicht im Umfang des Projekts. Ein nächstes Proof-of-Concept ist nach einem erfolgreichen Projektabschluss mit den Wasserzählern geplant.

Durch den universellen Einsatz des Kommunikationsmoduls ergibt sich eine Vielzahl an Einsatzbereichen, die basierend auf den bestehenden Netzen, eine gute Skalierbarkeit von IoT-Anwendungen versprechen. Nach erfolgreicher Pilotierung können weitere Zähler und Sensoren mit LoRaWAN® oder Sigfox angebunden werden, um so die Transparenz für Verbraucher, Städte, Kommunen und Infrastrukturbetreiber zu erhöhen und die Grundlage für einen effizienteren Ressourceneinsatz zu verbessern.

2.4 Betrachtung der Wirtschaftlichkeit

2.4.1 Investitionskosten

Betrachtet man die Investitionskosten des Ausbaus eines kompletten Netzwerkes, so hat man einen hohen Initialaufwand. Neben den Kosten der Geräte, die je nach Stückzahl zwischen 200 Euro und 95 Euro variieren, kommen einmalige Installationskosten hinzu. Diese sind schwer pauschal aufzulisten, da sie abhängig von der Begehbarkeit des Installationsplatzes sind. So spielen beispielsweise Sicherungsmaßnahmen in Schächten oder auf Masten ebenso eine Rolle wie der Aufwand für zusätzliches Personal. Sowohl bei der Installation als auch beim Preis der Geräte kommen hier Economies of Scale in Betracht. So sinkt der Gerätepreis bei höherer Stückzahl als auch der Aufwand der Installation, wenn man berücksichtigt, dass bei häufiger Installation Lerneffekte entstehen und mögliche Fehlerquellen vorab identifizierbar sind.

2.4.2 Betriebskosten

Sofern die Investitionskosten getragen sind, gehen mit der Installation eine immense Reduzierung der Betriebskosten einher. Betrachtet man die Batterie-Laufzeit von mittlerweile 16 Jahren, käme als Betriebskosten für das Gerät nur noch ein Jahresbetrag zwischen 12,50 Euro bis ca. 6 Euro zu Stande. Selbst wenn man eine Fehlerquote mit einbezieht, kommt man

kaum über 20 Euro Betriebskosten pro Jahr. Diesen stellen sich Ersparnisse in großem Ausmaß gegenüber. Da weniger Personal für die Auslesung benötigt wird und das Personal die Daten deutlich schneller erfassen und verarbeiten kann, kann man mit einer Ersparnis von mindestens 80% der Personalkosten rechnen.

2.4.3 Verbesserung der Wirtschaftlichkeit

Je nach Stückzahl und Einsatz geht man davon aus, dass die Ersparnis der Betriebskosten den Aufwand der Investitionskosten schon nach wenigen Jahren getragen hat. Je nach Berechnung und Größe der Betriebsanlage erreicht man die Gewinnschelle nach 2-5 Jahren.

3 Wirkung der Umsetzung

3.1 Übertragbarkeit und Multiplikatoreffekt

Da das bereitzustellende Kommunikationsmodul durch die Verwendung bekannter und häufig verwendeter Schnittstellen jegliche standardisierte Sensorik IoT fähig machen und in LPWA-Netze integrieren kann, steht der Anwendungsfall der Schachtwasserzählerfernauslesung stellvertretend für eine Vielzahl verbauter bzw. zu verbauender Sensorik nicht nur im Versorgungsgebiet der bnNETZE. Die Bereitstellung von Informationen, die bisher nur mit manuellen Aufwänden zugänglich gemacht werden können, findet man weit über das Anwendungsgebiet eines Energieversorgers hinaus und wird auch im Anwendungsfall von Smart Cities als wesentliche Voraussetzung für aufbauende Dienstleistungen angesehen.

Es ist für praktisch alle Anwender, Kommunen, Versorgungsunternehmen und Stadtwerke eine grundlegende Fragestellung, ob im Rahmen der Digitalisierungs- und Automatisierungsbestreben bewährte Systeme befähigt oder Sensorik in einer neuen Technologie ihren Einsatz finden soll. Die Kommunikationslösung ist also insbesondere dann gut übertragbar sein, wenn sie nicht nur konkrete Anwendungsfälle unmittelbar unterstützt, sondern auch ausreichend flexibel und offen ist, um spezifische Integrations- und Anpassungsaufgaben zu ermöglichen. Genau nach diesem Konsens ist das Endprodukt des „SmartCityKommT“-Projekts ausgestaltet. Dabei kann das Kommunikationsmodul als eine Art Linker gesehen werden, um den Übergang zwischen Bestandssystemen und neuen IoT-Funksystemen zu unterstützen.

Dabei wird mit IoT-Anwendungen in erster Linie an die badenova-Gruppe, die Thüga-Gesellschaft und deutschlandweit an weitere Stadtwerke und Kommunen gedacht, wobei der Ausbau der Angebotsmodularität bis zur Infrastruktur durch Unternehmen, wie z.B. Thüga SmartServices GmbH, übernommen werden kann.

Im „SmartCityKommT“-Projekt wurde auf das LoRaWAN® Netzwerk der badenova zurückgegriffen. Es musste daher keine neue Infrastruktur aufgebaut werden. Diese Netzwerke haben einen überschaubaren Invest, sodass es, gerade in Anbetracht der Bestrebungen rund um die Digitalisierung der Energiewirtschaft, in Freiburg nicht das einzige

Netz ist. Einige Stadtwerke und Energieversorger sind gerade dabei, speziell LoRaWAN® Netze in ihren Versorgungsgebieten aufzubauen oder sich mit dieser oder der Möglichkeiten durch Sigfox zu befassen. Demnach ist neben der Übertragbarkeit an Anwendungen und Anforderungen auf andere Städte und Kommunen auch die Skalierung des Netzwerks kein Spezialfall.

Es lassen sich vielfältige Anwendungen identifizieren, die über das Kommunikationsmodul befähigt werden können. Einige Beispiele mit unmittelbarer Relevanz für den südbadischen Raum, aber eben auch für viele andere Stadtwerke und Versorgungsunternehmen, Städte und Gemeinden sind:

- Anbindung von Energiesensoren, um Unternehmen bei der Durchführung von Energiemanagementsystemen zu unterstützen und Einsparpotenziale anhand von (leider oft fehlenden) Daten zu bestimmen. Hier sind meist nur individuelle, herstellerspezifische Lösungen vorhanden – es fehlt ein universell integratives System.
- Die Auslesung der Warm- und Kaltwasserzähler, sowie die Heizkostenverteiler oder Wärmemengenzähler sind typischerweise Walk-By, oder Drive-By Prozesse, durch deren Aufnahme eine jährliche Rechnung für den Kunden entsteht. Die bestehenden Fernauslesungsmöglichkeiten werden über Mobilfunk gewährleistet und sind bisher in der Ausgestaltung teurer als der Come-By Prozess für die Ablesung. Hier finden sich rein geschlossene Systeme.
- Die Überwachung von Verkehrsströmen und das Management von Parkplätzen innerhalb einer Kommune, um zielgerichtete Maßnahmen durchzuführen. Dabei sind Informationen über Belastung und Stoßzeiten identifizierbar, gleichzeitig aber auch das Parkplatzmanagement gemeint. Hierbei sind nur in Stückzahlen sehr kostenintensive und damit unrentable Lösungen in der Erprobung (z.B. pro Parkplatz ein Sensor).
- Die Erhebung von Zustandsinformationen aus Trafostationen, wie Temperatur, Rauchentwicklung, Wassereinbruch, etc. findet heutzutage auf Grund fehlender vernetzter Sensorlösungen nicht statt, ist jedoch wünschenswert.

Die ähnlichen oder gar gleichen Anforderungen von Stadtwerken, Energieversorgern, von Smart City bis Industrie 4.0 Anwendung, bilden die Grundlage für einen hohen Multiplikatoreffekt. Die individuellen Lösungsansätze aus den Branchen werden flexibel unterstützt und bleiben durch das Ausnutzen von Skaleneffekten erschwinglich. Nicht nur durch den Einsatz des immer gleichen Kommunikationsmoduls, sondern auch damit, dass im Markt bewährte und zu wettbewerbsfähigen Preisen erhältliche Sensorik ihren Einsatz findet.

Da die etablierten, marktbeherrschenden Anbieter und Hersteller kein Interesse an offenen und anpassbaren Lösungen haben, da sie den Kunden mit geschlossenen Technologien an sich zu binden versuchen (Vendor-Lock-In), könnten sich auf dieser Grundlage eine Kreativitätskultur, technische Innovationen und komplett neue Geschäftsmodelle und Dienstleistungen (Services) entwickeln. Damit unterstützt das bereitzustellende

Kommunikationsmodul die im Zuge der Digitalisierung fortschreitende Servifizierung (Servicification). Des Weiteren ist die Integration in zwei verschiedenen Kommunikationsnetzen (LoRaWAN®/Sigfox) durch den Einsatz des Kommunikationsmoduls als Enabler für IoT-Anwendungen direkt deutschlandweit möglich und in einem Bauteil gegenübergestellt.

Monitoring, Analyse, Vorhersage, Regeln oder Optimieren – Diese Funktionalitäten zuerst einmal von Datenaufnahme bis zum Monitoring abzubilden, ist im Umfeld der Energieversorger und der Stadtwerke durch ein schrittweises Erweitern der bestehenden Datenverarbeitungssysteme zu bewerkstelligen. Im Smart City Umfeld muss meist erst eine solche Architektur etabliert werden. Wie die Daten später einmal in das System kommen, wird eine untergeordnete Rolle durch standardisierte Schnittstellen spielen. Der Aufbau solcher Datenstrecken vom Sensor bis zur Anwendung ist nicht trivial, weshalb das Kommunikationsmodul die schrittweise Implementierung einer ansteigenden Anzahl an Sensoren in ein Datenverarbeitungssystem unterstützt.

Dabei wird der langfristige Trend der Digitalisierung hin zur aktiven Vereinfachung von Prozessen, Automatisierung nachhaltig Folge geleistet. Vor allem die einfache Ausgestaltung mit kostengünstiger Hardware und der unkomplizierten Verknüpfung von Sensorik und Funktechnik beschleunigt die Umstellung.

Mit dem schon heute spürbaren Fachkräftemangel und der derzeitigen Altersstruktur im Arbeitsmarkt ist die Digitalisierung auch eine wichtige Voraussetzung, um zeitaufwändige oder gesundheitsgefährdende Tätigkeiten zu automatisieren. Die Angst vor der Digitalisierung kann durch einfach realisierbare Projekte reduziert werden. Durch Senken der Digitalisierungshürde, dank vorausgewählter und getesteter Bausteine, kann der Kunde additiv seine zu digitalisierenden Prozesse in einem „rund um sorglos Paket“ der Datenbereitstellung zusammenstellen. Es gilt mehr und mehr „Vorzeigeobjekte“ mit Erfolgsgarantie zu entwickeln. Die Infrastruktur für die Skalierung bereitzustellen, ist bei LoRaWAN® finanziell kein Ausschlusskriterium mehr. Sigfox ist durch den Kommunikationsnetzbetreiber in Ballungszentren neuerdings gegeben.

4 Zusammenfassung/Fazit

Das durchgeführte Projekt adressiert einen zukunftsgerichteten Aspekt dieser Entwicklung für Smart City- und Smart Grid-Anwendungen. Dabei wurde nicht nur eine innovative Anwendung beispielhaft umgesetzt, die zukünftig zu einer Veränderung der Geschäftsmodelle führen kann (Servicification). Des Weiteren werden auch innovative Technologien erstmalig eingesetzt, bzw. weiterentwickelt, um diese Potenziale für Smart-City-Anwendungen zu evaluieren und zu nutzen. Speziell im Anwendungsfall der Schachtwasserzähler ist festzuhalten, dass bisher eine Funkauslesung in Schächten auf Grund der Dämpfung von Betonwänden und Metallabdeckungen nicht möglich war. Hierbei hat das durchgeführte Projekt einen essentiellen Beitrag zur Weiterentwicklung von Smart City Komponenten geführt. Viele

Aufwände für Fahrten zu und das Hinabsteigen zu Schachtwasserzählern können durch die im Projekt angewandte innovative Technik eingespart werden. Hierzu wird erstmals ein offenes, Gewerke- und herstellerunabhängiges, flexibles, erweiterbares und konfigurierbares Kommunikationsmodul bereitgestellt, das nicht nur aus einzelnen prototypischen Demonstratoren besteht, sondern mit Abschluss des Projekts für den langfristigen industriellen Einsatz geeignet ist.

5 Ausblick

Im Rahmen des Projekts „SmartCityKommT“ wurde die Applikation der Schachtwasserzählerfernauslesung gewählt. Durch die Erkenntnisse, die im praktischen Einsatz mit den Schachtwasserzählern gewonnen worden sind, ist eine Übertragung auf andere Bereiche problemlos möglich. Einsatzmöglichkeiten für hausinterne Stromzähler, Gaszähler und weitere industrielle Einsätze sind nun in erreichbare Nähe gerückt und ohne größere weitere Entwicklungsaufwände umsetzbar. Selbst die Applikation auf andere Industriezweige, wie beispielsweise Smart Farming sind problemlos möglich.

6 Anlage: Projekterkenntnisse

Darstellung drei wesentlicher Erkenntnisse aus dem Projekt.

(Je Punkt maximal 300 Zeichen.)

1.	Fernanbindung von Zählern bzw. Sensoren von schwer erreichbaren Orten ist im Allgemeinen mit den eingesetzten LPWAN Technologien kosteneffizient und effektiv umsetzbar.
2.	Die Weitere Verarbeitung von Daten zur Umsetzung von überwachungs- und sicherheitsrelevanter Funktionalitäten kann mit diesem Anwendungsfall erreicht werden, neue Geschäftsmodelle sind hierdurch ebenfalls möglich.
3.	Der Einsatz fortschrittlicher Technologien zur Beschleunigung und Umsetzung der Digitalisierung, insbesondere mit Blick auf (Energie-)Effizienz und Klimaschutz, hat ein großes öffentliches Interesse.

Weitere Angaben

Zum Datenschutz:

Bei Erhebung, Speicherung und Verarbeitung mit Daten ist ein hohes Maß an Verantwortung gefordert. Dies gilt vor allem dann, wenn es sich um (potentiell) personenbezogene Daten handelt. Im Rahmen des Projekts, aber auch darüber hinaus, legt das Projektteam von „SmartCityKommT“ großen Wert auf Transparenz und natürlich die Einhaltung jeglicher Vorgaben der neuen Datenschutz-Grundverordnung (DS-GVO).

Diesbezüglich wurde das Projekt in enger Abstimmung mit dem Datenschutzgrundbeauftragten der badenova AG & Co. KG durchgeführt. Dem Kunden soll dieses Projekt in Bezug auf die interne Verarbeitung der Daten zeigen, dass das Team dem Thema Datenschutz einen sehr hohen Stellenwert einräumt. Gleichzeitig soll gezeigt werden, dass diese Richtlinien keine Einschränkung im Digitalisierungsprozess darstellen, sondern nicht nur integraler Bestandteil, sondern auch wesentliche Voraussetzung für die Akzeptanz sind.

Weitere Literatur zu den Funknetzwerken:

LoRaWAN® Netzwerk der badenova:

Start am 28.03.2018:

https://www.badenova.de/repository/Detailseiten/News/1016192_DE/smart-city-freiburg-auf-sendung

Weitere Informationen zu LoRaWAN®:

<https://lora-alliance.org/about-lorawan>

Konferenzbeiträge und Veröffentlichungen

A. Sikora, "Die Rolle von LPWA-Netzwerken: Lückenfüller, Enabler, Konkurrenz",
Gastkommentar, Elektronik 1/2018, S. 33.

A. Sikora, "How LPWA and NB-IoT change the wireless world ...", Invited Keynote to 4th IEEE Int'l Symposium on Wireless Systems within IEEE International Conferences on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems, 20-21 Sep 2018, L'viv, Ukraine.

P. Nguyen, J.M. Jose, M. Schappacher, A. Sikora, "Wake-On-Radio in Real Wireless Applications", Proceedings Wireless Congress 2016, München, ISBN 978-3-645-50161-3, S.930-935.

A. Yushev, A. Sikora, M. Schappacher, "Verification and Validation of 6Lo Protocol Stacks", Proceedings Wireless Congress 2016, München, ISBN 978-3-645-50161-3, S.903-907.

A. Sikora, D. Jäckle, D. Rahusen, P. Weber, "Flexible and Open Source Usage of LoRaWAN", Proceedings Wireless Congress 2016, München, ISBN 978-3-645-50161-3, S.547-571.

R. Sharma, A.S. Sairam, A. Yadav, A. Sikora, "Tunable Synchronization in Duty-cycled Wireless Sensor Networks", 10th IEEE International Conference on Advanced Networks and Telecommunications Systems, 6-9 November 2016 – Bangalore, India, pp.856-860.

P. Weber, D. Jäckle, D. Rahusen, A. Sikora, "IPv6 over LoRaWAN", 3rd IEEE IDAACS Symposium on Wireless Systems within the IEEE International Conferences on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IEEE IDAACS-SWS 2016), 26-27 Sep 2016, Offenburg, pp75-79.

M. Aref, A. Sikora, "Free Space Range Measurements with Semtech LoRa technology", 2nd IDAACS Symposium Wireless Systems within the IEEE International Conferences on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS WIRELESS 2014), 11. - 12. September 2014, Offenburg, Germany, pp. 19-23.

Vorträge:

A. Sikora, "Smart und Sicher - Technische und gesellschaftliche Aspekte von autonomen Geräten im Internet der Dinge", Vortrag auf der Tagung "Heute schon ins Netz gegangen? Risiken der vernetzten Gesellschaft", 23. bis 25. Februar 2018, Bad Herrenalb.

A. Sikora, "Ein Wegweiser durch die 4G/5G/NB-IoT-/LPWA-Technologien", Wirtschaftsrat der CDU Sektion Freiburg-Emmendingen, Vortrag auf der Veranstaltung "Roadmap 5G – Technologien für das massive Internet der Dinge", 22. Feb. 2018, Freiburg.

A. Sikora, "Seamless Security Solutions for the IoT – How to Make the Dream Come True?", Vortrag auf dem M2M Summit 2017, 10. Oktober 2017, Köln.

A. Sikora, "Das Besondere an LPWA - Low Power Wide Area", Interview 5. Oktober 2017, <http://www.management-circle.de/blog/das-besondere-an-lpwa/>.