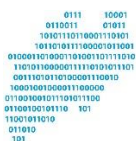




**Konzept zum Aufbau
eines nachhaltigen IoT-Netzes
für die Stadt Delbrück
unter Berücksichtigung der Übertragbarkeit
auf andere Kommunen**

Stand: März 2019



**DIGITALES
NORDRHEIN-WESTFALEN
MODELLREGION OWL**

**Ministerium für Wirtschaft, Innovation,
Digitalisierung und Energie
des Landes Nordrhein-Westfalen**



Inhalt

1	Projektbeschreibung.....	3
1.1	Grundidee und Motivation	3
1.2	Projektumfang und Ziel	4
1.3	Projektaufbau	5
1.4	Rolloutprozess	8
1.5	Visualisierungsplattform	11
1.6	Herausforderungen	13
1.7	Netzabdeckung	13
1.8	Übertragbarkeit	17
1.8.1	Offene Systemarchitektur	17
1.8.2	Kooperation mit lokalen Partnern	18
1.9	Beschreibung der umgesetzten Anwendungsfälle	18
1.10	Beschreibung der erarbeiteten Anwendungsfälle	23
2	Bewertung der Anwendungsfälle	35
3	Ausbaupotential und Konzept.....	37
3.1	Zusammenfassung Anwendungsfälle	37
3.2	Ausbaubedarf Gateways	37
3.3	Notwendige Arbeitspakete.....	39
3.3.1	Umsetzung der Anwendungsfälle	39
3.3.2	Gateway-Rollout.....	39
3.3.3	Betreibermodell, Kostenmodell, Verantwortlichkeiten, Rollen, Rechte	39
3.3.4	Roaming und Kollaboration mit Netzbetreibern	39
3.3.5	Weiterentwicklung Visualisierungsplattform e2watch.....	40
3.3.6	App Entwicklung.....	40
3.3.7	Individuelle Systemanforderungen	40
3.3.8	Anwendungsfälle für Bürger	40
3.3.9	Open Data / Bürgerportal	40
3.3.10	Projektkoordination / -management und Controlling	41
3.3.11	Kommunikation / Öffentlichkeitsarbeit	41
3.3.12	Datenerfassung per „Fly-by-Drone“	41
3.3.13	Übertragbarkeit sicherstellen.....	41
4	Ansprechpartner.....	42

1 Projektbeschreibung

„Daten sind Rohstoffe des 21. Jahrhunderts“ – Mit dieser Aussage unterstrich die Bundeskanzlerin Angela Merkel schon im November 2015 die wirtschaftliche Bedeutung von Daten im 21. Jahrhundert. Die Digitalisierung schreitet seit Jahren unaufhaltsam fort. Neue Technologien und fallende Preise ermöglichen neue Innovationen. Dabei geht es nicht selten um die Optimierung der Wirtschaftlichkeit, aber auch um nicht direkt monetär bewertbare Potentiale wie etwa Stadtentwicklung, Erhöhung der Sicherheit oder die Verringerung von gesundheitsschädlichen Einflüssen. Um auch in Zukunft aktiv zur Gestaltung dieser Innovationen beizutragen, diese weiter zu erforschen und sie skalierbar und marktfähig zu machen, hat die NRW Landesregierung im Jahr 2017 eine Fördersumme von 91 Millionen Euro bereitgestellt. Unter dem Namen „Digitale Modellregionen NRW“ werden innovative Projekte aus den Bereichen E-Government und digitale Stadtentwicklung gefördert. Dazu wurden in NRW fünf Modellregionen auserwählt. Die Regionen Aachen, Gelsenkirchen, Soest, Wuppertal und OWL haben nun bis Ende 2021 die Möglichkeit Innovation aktiv mitzugestalten. Im Fokus stehen dabei Projekte, die sich nach erfolgreicher Erprobung auf andere Städte übertragen lassen und somit skalierbar sind. Der dadurch entstehende Gesamtnutzen ist nicht nur für NRW relevant.



Abbildung 1 Ostwestfalen-Lippe

Dieses Konzept dokumentiert und bewertet alle Projektaktivitäten, insbesondere den Feldtest mit den umgesetzten Anwendungsfällen. Des Weiteren werden die im Rahmen der Workshops entwickelten Ideen und Anwendungsfälle dokumentiert und bewertet. Kapitel 3 dient als Grundlage für das Folgeprojekt. Es werden vielversprechende Anwendungsfälle gesammelt, weitere Ausbaupotentiale beschrieben, sowie wichtige Arbeitspakete skizziert.

1.1 Grundidee und Motivation

Eine digitale Stadt benötigt Daten. Die digitale Stadtentwicklung hat dabei zahlreiche Facetten. Neben dem Gebäudemanagement oder dem Energiemanagement gibt es auch im Bereich Frisch- und Abwasser große Digitalisierungspotentiale. Aber auch nicht kommunale Bereiche wie die Landwirtschaft, Bürger/Öffentlichkeit, Dienstleister und Unternehmen profitieren schon heute von einer umfassenden Digitalisierung. Dabei gibt es noch viele Prozesse, die heutzutage

tage händisch durchgeführt werden. Mit Hilfe moderner Sensoren lassen sich viele dieser Prozesse mit geringem Aufwand digitalisieren. Dadurch wird nicht nur die Wirtschaftlichkeit optimiert, sondern auch die Fehleranfälligkeit verringert, da es nicht mehr zu Ables- und Übertragungsfehlern kommt. Neben der Automatisierung lassen sich in vielen Fällen sogar neue Prozesse gestalten. Die moderne Sensorik ist in der Lage, dauerhafte Messungen durchzuführen. Diese zeitliche und räumliche Auflösung ist durch manuelle Datenerhebungen nicht möglich. Dies erhöht in vielen Prozessen die Transparenz, Anomalien können erkannt und Optimierungen besser geplant werden.

Die bewährten Kommunikationstechnologien, wie etwa WLAN oder Mobilfunk, stoßen in der Realität bereits heute aus unterschiedlichen Gründen oft an ihre Grenzen. Am Beispiel dezentral erhobener Daten aus Gebäuden oder von entlegenen Orten lässt sich das Problem gut verdeutlichen: Der Betrieb eines Sensors oder Aktors benötigt zum einen eine Energiequelle und zum anderen eine Datenverbindung zur Übermittlung von Informationen. Investitions- und Betriebskosten setzen sich zu einem großen Teil aus diesen beiden Infrastrukturbausteinen zusammen. Damit ein datenbasierter Anwendungsfall wirtschaftlich vertretbar umgesetzt werden kann, müssen diese Kosten minimiert werden. Die aufwändige Installation von physischen Datenleitungen (z.B. Ethernet oder MBus) kann schon heute durch unterschiedliche Funktechnologien erfolgreich substituiert werden. Diese Funktechnologien benötigen aufgrund ihres hohen Energiebedarfs in der Regel immer eine kabelgebundene und damit teure Stromversorgung.

In diesem Bereich kann die LoRaWAN Technologie ihr Potential ausspielen. Der extrem geringe Energiebedarf ermöglicht den Einsatz von batteriebetriebenen Sensoren und Aktoren. Installations- und Betriebskosten werden dadurch deutlich gesenkt. Im Gegensatz zum zellularen Mobilfunk lassen sich außerdem sogenannte Private-Networks aufbauen. Bei diesem Modell bleibt der Betrieb der Sende- und Empfangsstationen (sogenannte Gateways) in eigener Hand. Dies ermöglicht den bedarfsgerechten Ausbau. Insbesondere die individuelle Nachverdichtung zur besseren Netzabdeckung unter schwierigen Gegebenheiten wird möglich.

Im Rahmen des Pilotprojekts „Aufbau eines nachhaltigen IoT-Netzes für die Stadt Delbrück“ wurde so ein Netz aufgebaut und umfangreich getestet. Insgesamt wurden dabei zwölf unterschiedliche Anwendungsfälle im kleinen Maßstab im Rahmen eines Proof of Concept (PoC) getestet. Das Vorgehen und alle umgesetzten Anwendungsfälle werden in den folgenden Kapiteln beschrieben.

1.2 Projektumfang und Ziel

Das Ziel dieses Projekts lässt sich in drei Bereiche unterteilen.

Anwendungsfälle

Für die Digitalisierung von Städten und die moderne Stadtentwicklung ergeben sich durch neue Technologien stetig mehr Möglichkeiten. Günstigere Sensoren, schnellere Kommunikation, leistungsfähige IT-Plattformen und -Dienste ermöglichen innovative Digitalisierungskonzepte. Die in Kapitel 1 genannte Förderung bietet die Möglichkeit, diese zu erproben. Im Rahmen des Pilotprojekts „Aufbau eines nachhaltigen IoT-Netzes für die Stadt Delbrück“ wurden die Möglichkeiten erarbeitet, durchgeführt und evaluiert. Insgesamt wurden 12 vielversprechende Anwendungsfälle ausgewählt und umgesetzt. Die technische Machbarkeit und der Mehrwert für die Nutzer sollte untersucht werden. Die eingesetzten Sensoren und Aktoren

konnten im Feld getestet und Aussagen über deren Funktionsweise, Zuverlässigkeit und Genauigkeit abgeleitet werden. Die Mehrwerte wurden von den Nutzern selbst evaluiert, indem sie die Technologie bereits während des Feldtests nutzen konnten.

Technologie Evaluation

Der Einsatz der LoRaWAN-Technologie ist in Deutschland noch nicht sehr verbreitet und erfährt erst seit zwei Jahren größeren Aufschwung. Die Aussagen über die tatsächlichen Möglichkeiten und Grenzen gehen oft auseinander. Daher wurde im Rahmen dieses Projekts die generelle Eignung der LoRaWAN-Technologie im Feld untersucht. Insbesondere die Reichweite der Funksignale und die Batterielebensdauer der Sensoren und Aktoren standen im Fokus. Aber auch die Stabilität des Funknetzes und die Datenübertragungsqualität der Sensoren war ein wichtiger Teil dieser Evaluierung. Am Ende wurde bewertet, ob LoRaWAN den bestehenden Standards wie Mobilfunk oder WLAN vorzuziehen ist.

Übertragbarkeit und Ausbau

Der Aufbau einer neuen Datenübertragungsinfrastruktur ist aus kaufmännischer Sicht nur sinnvoll, wenn diese hinreichend intensiv genutzt wird. Die Wirtschaftlichkeit muss also durch ausreichend viele oder ausreichend große Anwendungsfälle sichergestellt werden. Ein Ziel des Projekts war, die Skalierbarkeit und Übertragbarkeit unterschiedlicher Anwendungsfälle im Feld zu untersuchen. Im Rahmen von Workshops mit unterschiedlichen Stakeholdern, insbesondere aus dem nicht Verwaltungsumfeld, wurden zusätzlich weitere Anwendungsfälle erarbeitet, die zukünftig die neu errichtete Datenübertragungsinfrastruktur nutzen können. Dabei wurden alle Anwendungsfälle hinsichtlich ihrer Skalierbarkeit und Übertragbarkeit auf andere Städte bewertet.

1.3 Projektaufbau

Das Pilotprojekt lässt sich in drei Phasen gliedern (siehe Abbildung 2). Das Projekt beginnt mit einem Proof of Concept und der dazu notwendigen Spezifikationen der Hardware. Auf Basis der Anforderungen an die Netzabdeckung sowie der Anwendungsfälle wurde die einzusetzende Hardware spezifiziert und beschafft. Während eines mehrtägigen Rollouts wurden Gateways, Sensoren und Aktoren im Feld ausgebracht und im Backend mit Device Management registriert. Zudem wurde die Anwenderplattform e2watch für die jeweiligen Anwendungsfälle angepasst. Den Nutzern wurde jeweils ein Zugang zur Anwenderplattform eingerichtet, sodass die umgesetzten Arbeiten erprobt werden konnten. Zudem wurden Möglichkeiten geprüft, die Anwendungen in bestehende Systeme der Stadt Delbrück zu integrieren.

Die ersten Ergebnisse des PoC wurden dann im Rahmen von acht zielgruppenspezifischen Workshops vorgestellt und diskutiert. Ziel der Workshops war es, weitere Anwendungsfälle aus den Bereichen Verwaltung, Landwirtschaft, Bürgerschaft, Dienstleister und Unternehmen gemeinsam zu erarbeiten. Durch ein lösungsorientiertes Vorgehen sollten unterschiedlichste Probleme identifiziert und mit Hilfe der LoRaWAN Technologie eine Lösung gefunden werden.

Den Abschluss des Projekts bildet die Dokumentation aller Ergebnisse und deren Bewertung sowie das Konzept für ein Folgeprojekt, in welchem bestehende Anwendungsfälle skaliert und neue Anwendungsfälle erprobt werden sollen.

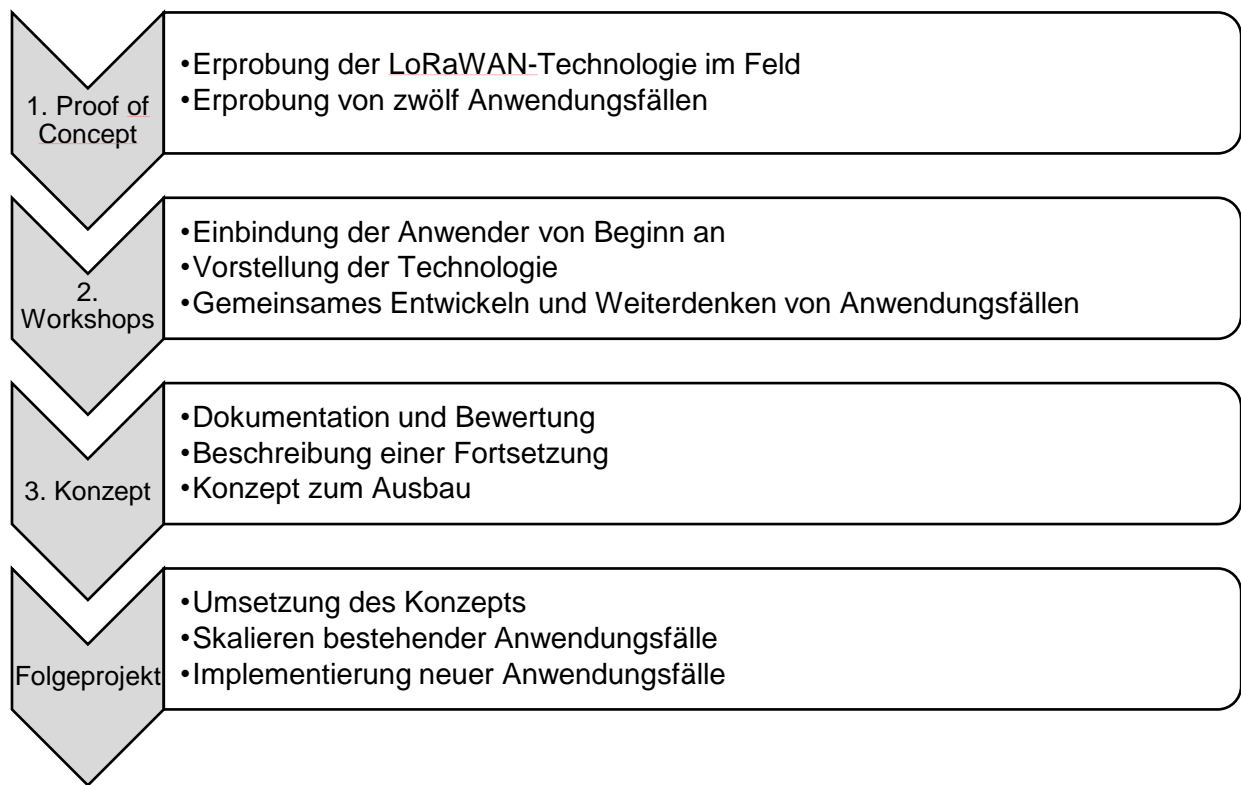


Abbildung 2 Projektphasen

Tabelle 1 zeigt den Projektplan. Dieser spiegelt die in 2 dargestellten Projektphasen wider, ist aber um ein übergreifendes Teilprojekt „Projektmanagement – Allgemein“ erweitert.

Nr.	Arbeitspakete	Zeitraumen (von – bis)	
1.0	Projektmanagement - Allgemein	22.11. 2018	15.02. 2019
1.1	Durchführung von wöchentlichen Abstimmungsterminen (Telefonkonferenz bzw. Skype) / Jour Fix		
1.2	lfd. Projektcontrolling anhand der Budget- und Maßnahmenplanung		
1.3	Koordination und Abstimmung der Teilprojekte		
1.4	Vorbereitung und Moderation von monatlichen Lenkungskreis-Sitzungen (Telefonkonferenz bzw. Skype)		
2.0	Teilprojekt - Proof of Concept (PoC)	27.11. 2018	28.02. 2019
2.1	Vor-Ort-Termin: Projekt - Kick-Off (Definition Projektorganisation, Projekt- bzw. Teilprojektmitglieder, etc.)	11.12. 2018	11.12. 2018
2.2	Vor-Ort-Termin: Keynotevortrag zu Technik und Möglichkeiten von LoRaWAN mit anschließendem Grundlagenworkshop mit der Projektgruppe (Ziel: Schaffung einer gemeinsamen Ausgangsbasis für den weiteren Projektverlauf)	12.12. 2018	12.12. 2018

2.3	Einrichtung / Customizing der bereits vorhandenen IoT-Plattform inkl. techn. LoRaWAN Netzbetrieb (IoT Data Source/Cloud)	27.11.2018	12.12.2018
2.4	Roll-Out-Vorbereitungen bzgl. der aufgeführten Sensoren für die Konnektivität zur IoT-Plattform (Onboarding / Devicemanagement)	27.11.2018	08.02.2019
2.5	Vor-Ort-Termin: Lieferung, Montage und Inbetriebnahme von drei LoRaWAN-Gateways in Delbrück, Ostenland und Westenholz	08.01.2019	08.01.2019
2.6	Vor-Ort-Termin: Netzplanung / Erstellung einer Netzabdeckungskarte (Messungen mit Feldstärkentestgeräten in zu vermessenden Straßenzügen bzw. vereinzelt Gebäuden)	09.01.2019	08.02.2019
2.7	Vor-Ort-Termin: Lieferung, Montage und Inbetriebnahme von Sensoren	14.01.2019	08.02.2019
2.8	Einrichtung / Customizing der bereits vorhandenen Energie-Management-Plattform "e2watch" zur Datenvisualisierung (User-Application / Webfrontend)	14.01.2019	18.01.2019
2.9	Vor-Ort-Termin: Benutzerschulung bzgl. e2watch für Projektgruppe (inkl. Vor- und Nachbereitung)	24.01.2019	24.01.2019
2.10	Gesamtdokumentation des Rolloutprozesses zur späteren Integration in die Konzepterstellung	24.01.2019	15.02.2019
2.11	Testbetrieb der im PoC bereitgestellten Hard- und Software durch die Projektgruppe und, wenn gewünscht, Vertreter der Zielgruppen	28.01.2019	28.02.2019
2.12	Beratung bzgl. Prozess- und Systemintegration - Anforderungsaufnahme und Realisierung zur Integration der IoT-Lösung in bestehende Geschäftsprozesse und IT-Systeme der Stadt Delbrück	28.01.2019	28.02.2019
2.13	Optional: Anforderungsaufnahme und ggf. Realisierung von individuellen Softwareanpassungen für die Stadt Delbrück	28.01.2019	28.02.2019
3.0	Teilprojekt - Workshops	13.12.2018	15.02.2019
3.1	Vorbereitung von zielgruppenspezifischen Workshops / technische Aspekte (Bezug zu Beispielen aus dem PoC)	13.12.2018	04.01.2019
3.2	Vorbereitung von zielgruppenspezifischen Workshops / wirtschaftliche Aspekte (Bezug zu Beispielen aus dem PoC)	13.12.2018	04.01.2019
3.3	Vor-Ort-Termin: Durchführung zielgruppenspezifischer Workshop: a) Verwaltung / b) Bürgerschaft (inkl. Sammlung und Dokumentation von Ideen und Vorschlägen aus der Zielgruppe / Bedarfsermittlung)	17.01.2019	17.01.2019
3.4	Vor-Ort-Termin: Durchführung zielgruppenspezifischer Workshop: a) Unternehmen / b) Landwirtschaft (inkl. Sammlung und Dokumentation von Ideen und Vorschlägen aus der Zielgruppe / Bedarfsermittlung)	18.01.2019	18.01.2019
3.5	Vor-Ort-Termin: Durchführung zielgruppenspezifischer Workshop: a) Dienstleister / b) Unternehmen (inkl. Sammlung und Dokumentation von Ideen und Vorschlägen aus der Zielgruppe / Bedarfsermittlung)	29.01.2019	29.01.2019

3.6	Vor-Ort-Termin: Durchführung zielgruppenspezifischer Workshop: a) Verwaltung / b) Bürgerschaft (inkl. Sammlung und Dokumentation von Ideen und Vorschlägen aus der Zielgruppe / Bedarfsermittlung)	30.01. 2019	30.01. 2019
3.7	Gesamtdokumentation der Anforderungen/Bedarfe nach Zielgruppen zur späteren Integration in die Konzepterstellung	31.01. 2019	15.02. 2019
4.0	Teilprojekt - Konzepterstellung	04.02. 2019	07.03. 2019
4.1	Erstellung eines Konzeptes zum Aufbau und Betrieb von Anwendungen in einem funkbasierten IoT-Netz unter Beteiligung verschiedener Zielgruppen	04.02. 2019	15.02. 2019
4.2	Präsentation "Zwischenbericht zum Projekt" im Rat der Stadt Delbrück	14.02. 2019	14.02. 2019
4.3	Abschlusspräsentation	07.03. 2019	07.03. 2019

Tabelle 1 Projektplan

Projektorganisation

Es wurden zwei Projektteams mit unterschiedlichen Aufgaben definiert. Das Kernprojektteam bestand aus der Projektleitung sowie Beratung und technischem Support.

- ❖ regio iT – Projektleitung
- ❖ regio iT – Technische Projektleitung und Beratung
- ❖ regio iT – Technischer Support, Beratung: e2watch und Rollout
- ❖ regio iT – Technischer Support, Beratung: e2watch und Rollout
- ❖ regio iT – Technischer Support, Beratung: Gateways
- ❖ Stadt Delbrück – Projektleitung
- ❖ Stadt Delbrück – Technische Projektleitung

Die erweiterte Projektgruppe bestand aus Leitungspersonen unterschiedlicher Fachabteilungen und Mitarbeitern der Stadt Delbrück, welche inhaltliche Zuarbeit leisteten und Anwendungsfälle im Feld erprobten.

- ❖ Stabsstelle Öffentlichkeitsarbeit, Marketing, Wirtschaftsförderung
- ❖ Vertretung vom Personalrat (und Hochbauverwaltung, Bauordnung, Städteplanung)
- ❖ Leiter Abwasserwerk
- ❖ Leiter des städtischen Bauhofs
- ❖ Leiter Fachbereich Tiefbau
- ❖ Mitarbeiter Wasserwerk
- ❖ Hausmeister Gesamtschule

1.4 Rolloutprozess

Der Rolloutprozess wurde in zwei getrennte Prozesse unterteilt. Der Gateway-Rollout diente der Schaffung der benötigten LoRaWAN-Funkinfrastruktur. Während des Device-Rollouts wurden Sensoren, Aktoren und Zähler im Feld installiert, welche über das LoRaWAN-Funknetz kommunizieren.

Im Rahmen der Vorbereitungen des Device-Rollouts wurden alle zwölf Anwendungsfälle gemeinsam mit der Stadt Delbrück final spezifiziert. Als Grundlage dienten dabei die von der Stadt Delbrück skizzierten Anwendungsideen. Eine erste Vor-Ort-Begehung (Technik Checkup) fand am 11. und 12.12.2018 statt. Durch Einbeziehung von späteren Nutzern und Fachanwendern sowie Beratung durch die regio iT wurden die Anwendungsfälle final ausgearbeitet. Es wurden zudem alle wesentlichen Anforderungen und Umfänge definiert (siehe Abbildung 3). Anschließend wurden Anforderungen an die einzusetzende Hardware sowie Stückzahlen abgeleitet. Die finale Stückliste wurde der Stadt Delbrück am 14.12.2018 vorgelegt und freigegeben. Der Beschaffungsprozess wurde unmittelbar danach angestoßen (20.12.2018).

Aufgrund des Jahreswechsels kam es bei der Auslieferung jedoch zu Verzögerungen. Der letzte Teil der Hardware wurde Anfang Februar ausgeliefert. Während der Spezifikationsarbeiten beschloss die Stadt Delbrück, nur fünf anstelle der angefragten zehn Wasserzähler zu beschaffen. Die restlichen Zähler sollten durch einen alternativen Hersteller bereitgestellt werden. Hintergrund ist der Wunsch nach einem Vergleich zweier unterschiedlicher Ansätze der Auslesung und Übertragung.

1. Abwasserwerk	
Ziel	Überwachung einer Abwasserpumpstation. Erkennen von Fehlzuständen auf Basis von Störmeldungen und Stromverbrauch. Störmeldungen sollen digital erfasst und per LoRaWAN an das Backend übertragen werden. Weitergehend soll untersucht werden, ob es möglich ist drohende Fehlzustände rechtzeitig zu erkennen.
Problem	Insgesamt gibt es im Stadtgebiet über 40 Abwasserpumpstationen. Es kommt immer wieder vor, dass die Pumpen verstopfen. Messbar ist dies durch einen erhöhten Stromverbrauch. Aktuell wird dies nicht remote überwacht. Es gibt lediglich eine Warnlampe die bei der Störung blink, sodass man auf aufmerksame Anwohner angewiesen ist. Nur der Motorschutzschalter ist auf eine Meldestelle aufgeschaltet.
Umsetzung	Die Überwachung der Pumpen (Nennleistung 3,7KW Nennstrom: 8,4A, 3 Phasen) soll auf zwei Wegen umgesetzt werden. Mit Hilfe eines Stromwandlers (0-20mA) soll der Stromfluss einer Phase überwacht werden. Außerdem soll der Motorschutzschalter über einen Potentialfreien Kontakt überwacht werden. Stromwandler und Potentialfreier Kontakt werden durch einen zuständigen Techniker bereitgestellt. Zukünftig sollen so mögliche Ausfälle auch vorhersagbar werden (nicht Teil des POC). Zum anderen soll der Motorschutzschalter (potentialfreier Kontakt) des elektrischen Pumpenmotors überwacht werden. Dieser Kontakt ist aktuell auf eine Störmeldestelle aufgeschaltet. Ein Auslösen dieses Schalters soll Ad Hoc zusätzlich per LoRaWAN an das im POC ausgerollte Backend übertragen werden.
(Vor)arbeiten durch Delbrück	2x 0-20mA Stromwandler installieren, 2x potentialfreier Kontakt des Schutzschalters
Hardware	1x Messung Stromverbrauch über Stromwandler (0-20mA) (Pos. 2): Analog-Adapter, Adeunis (2 Eingänge), 93,5€ 1x Erfassung einer Störmeldung über potentialfreien Kontakt (Pos. 3): Dry Contacts - LoRaWAN-Adapter mit 4 x Digital I/O (4 Eingänge), Adeunis, 83€
Preis	93,5€+83€
Einbauort	Abwasserwerk
Offen	

Abbildung 3 Spezifikation eines Anwendungsfalls am Beispiel einer Abwasserpumpstation

Aufgrund diverser Einzellieferungen konnte der ursprüngliche Rolloutplan nicht eingehalten werden. Hiernach wurden vier zusammenhängende Personentage (PT) für die Montage aller Sensoren eingeplant. Infolge der Verzögerungen wurden diese auf mehrere separate Vor-Ort-Termine umgestellt. Der erste Montagetermin fand parallel zum Gateway-Rollout am 08.01.2019 statt. Die Montage wurde durch Mitarbeiter der regio iT oder in enger Zusammenarbeit mit Mitarbeitern der Stadt Delbrück durchgeführt. Aus Zeitgründen wurde die Verantwortung der Montage einzelner, leicht zu montierender Sensoren in die Verantwortung der Stadt Delbrück gegeben. Insgesamt wurden 35 Sensoren, Aktoren und Zähler im Feld installiert.

Neben der Montage der Sensoren und Aktoren im Feld wurden alle Devices im LoRaWAN-Backend registriert und von dort aus mit Hilfe eines Device Managements verwaltet. Parallel dazu wurde die Datenschnittstelle zur Anwenderplattform e2watch aufbereitet. Auf dieser Plattform wurden Liegenschaften, Sensoren und Aktoren anwendungsspezifisch angelegt und die erhobenen Daten den entsprechenden Nutzern zum Test bereitgestellt.

Der Aufbau des eigentlichen Funknetzes mit Hilfe von LoRaWAN-Gateways fand parallel zum Rollout der Sensoren, Aktoren und Zähler statt. Aufgrund der Vorarbeiten der Stadt Delbrück konnte die Lieferung der Gateways bereits am 04.12.2018 beauftragt werden. Die Spezifikationsarbeiten konnten nach einer Standortbegehung am 11. und 12. Dezember 2018 zügig abgeschlossen werden, sodass ein gemeinsamer Rollout von Sensoren, Aktoren, Zählern und Gateways anvisiert und geplant wurde.

Am 08.01.2019 wurden die Gateways mit Hilfe der freiwilligen Feuerwehr Delbrück, Mitarbeitern der Stadt Delbrück, regio iT und ZENNER Connect erfolgreich installiert (Abbildung 44). Dieser Teil des Rollouts fand auch Eingang in die lokale und überregionale Berichterstattung (Lokalzeit im WDR Fernsehen vom 09.01.2019) und stellte damit einen wichtigen Teil der Außendarstellung dieses Projekts dar. Insgesamt wurden drei Gateways des Typs Lorix One der Firma Wifx installiert. Abbildung 5 zeigt die drei Standorte in Ostenland, Westenholz und Delbrück Mitte.



Abbildung 4 Gateway Montagearbeiten



Abbildung 5 Gateway-Standorte Grundschule Ostenland, Grundschulzentrum Westenholz und Rathaus Delbrück

1.5 Visualisierungsplattform

Zur Verarbeitung der Daten wurde eine zentrale Visualisierungsplattform (e2watch) eingerichtet. Neben der Visualisierung wurden zahlreiche weitere Funktionen angeboten und bereits mit Daten aus dem Feldtest erfolgreich getestet. Mit Hilfe dieser Plattform ist es möglich, Verbräuche und Zustände zentral zu überwachen. Es können zudem visuelle Auswertungen vorgenommen werden. 6 zeigt beispielweise den 15-minütig gemessenen Wasserverbrauch der Gesamtschule Delbrück. Optimierungspotential und Anomalien können hier mit einfachen Mitteln abgeleitet werden.



Abbildung 6 Wasserbrauch Gesamtschule Delbrück

Komplexere Auswertungen lassen sich durch Aggregation der Werte zu Tages-, Monats- und Jahreswerten, Vergleiche, Temperaturbereinigungen und Multiauswertungen durchführen. Abbildung 7 zeigt eine Multiauswertung mehrerer Messwerte in einem Diagramm. Auf diese Weise lassen sich Zusammenhänge einfach und schnell visualisieren und auswerten.

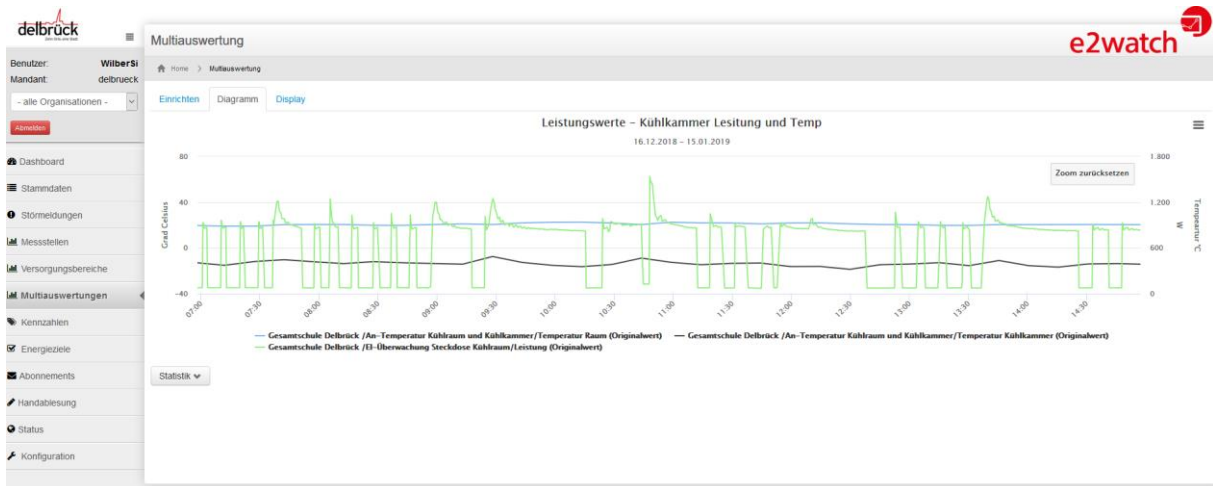


Abbildung 7 Kühlkammerüberwachung: Vergleich von Leistungsaufnahme mit Kühlkammertemperatur in der Gesamtschule Delbrück. Anomalien und Fehlfunktionen sind schnell erkennbar.

Speziell im Energiebereich bietet die Forecast Funktion zudem die Möglichkeit, auf Basis historischer Daten den Verbrauch in gewissen Zeiträumen vorherzusagen. Auf diese Weise lässt sich der aktuelle Energieverbrauch einordnen.

Die Erkennung von Anomalien und Fehlzuständen kann durch das Stör- und Alarmmanagement automatisiert werden. Regelmäßige visuelle Kontrolle von Verbräuchen und Messwerten wird auf diese Weise überflüssig. In diesem Modul können Störmeldungen, Schwellenwerte und Uhrzeiten frei konfiguriert werden, sodass sich die Überwachungsfunktionalität für jeden Anwendungsfall individualisieren lässt. Störmeldungen werden automatisch erzeugt und im System hinterlegte Personen per SMS oder E-Mail benachrichtigt. Neben der Dokumentation aller Störmeldungen bietet e2watch auch Unterstützung bei der Analyse jeder Störmeldung (Abbildung 8).

Objekt	Konfiguration	Medium	Importdatum	Fehlerdatum	Fehlermeldung	Priorität	Fehler	bearbeitet	Dokumente
Gesamtschule Delbrück	An-Bewegungssensor 1 Sporthalle / Anwesenheit	Zustand	27.02.2019 06:01	27.02.2019 05:56	Unbefugter Zutritt Sporthalle	A		<input type="checkbox"/>	
Gesamtschule Delbrück	An-Zylinderüberwachung Sekretariat / Türzylinder Sekretariat	Anzeige	27.02.2019 05:31	27.02.2019 05:26	Unbefugter Zutritt Sekretariat	A		<input type="checkbox"/>	
Gesamtschule Delbrück	An-Zylinderüberwachung Sekretariat / Türzylinder Sekretariat	Anzeige	27.02.2019 04:31	27.02.2019 04:26	Unbefugter Zutritt Sekretariat	A		<input type="checkbox"/>	
Gesamtschule Delbrück	An-Zylinderüberwachung Sekretariat / Türzylinder Sekretariat	Anzeige	27.02.2019 03:31	27.02.2019 03:26	Unbefugter Zutritt Sekretariat	A		<input type="checkbox"/>	
Gesamtschule Delbrück	An-Zylinderüberwachung Sekretariat / Türzylinder Sekretariat	Anzeige	27.02.2019 02:31	27.02.2019 02:26	Unbefugter Zutritt Sekretariat	A		<input type="checkbox"/>	
Gesamtschule Delbrück	An-Zylinderüberwachung Sekretariat / Türzylinder Sekretariat	Anzeige	27.02.2019 01:31	27.02.2019 01:26	Unbefugter Zutritt Sekretariat	A		<input type="checkbox"/>	
Gesamtschule Delbrück	An-Zylinderüberwachung Sekretariat / Türzylinder Sekretariat	Anzeige	27.02.2019 00:31	27.02.2019 00:26	Unbefugter Zutritt Sekretariat	A		<input type="checkbox"/>	
Gesamtschule Delbrück	An-Zylinderüberwachung Sekretariat / Türzylinder Sekretariat	Anzeige	26.02.2019 23:31	26.02.2019 23:26	Unbefugter Zutritt Sekretariat	A		<input type="checkbox"/>	
Gesamtschule Delbrück	An-Bewegungssensor 2 Sporthalle / Anwesenheit	Zustand	26.02.2019 22:31	26.02.2019 22:27	Unbefugter Zutritt Sporthalle	A		<input type="checkbox"/>	
Gesamtschule Delbrück	An-Zylinderüberwachung Sekretariat / Türzylinder Sekretariat	Anzeige	26.02.2019 22:31	26.02.2019 22:26	Unbefugter Zutritt Sekretariat	A		<input type="checkbox"/>	

Abbildung 8 e2watch Störmeldungsübersicht

Komplexere Gebäudesituationen, die nicht durch entsprechende Zähler und Sensoren vor Ort erfasst werden, können durch das Modul „Versorgungsbereiche“ auf Basis individualisierbarer mathematischer Funktionen abgebildet werden. Verbräuche, welche über einen zentralen Verbrauchszähler erfasst werden, lassen sich beispielsweise unterschiedlichen Gebäudeteilen zuordnen. Das Modul „Kennzahlen“ unterstützt zudem dabei, wichtige Informationen für die

Bewertung der Verbrauchssituation und das Controlling zu erhalten. Dieses Modul erlaubt die Erstellung individueller Kennzahlen auf Basis beliebiger Umrechnungsfaktoren und Bezugsgrößen.

Mit diesen und weiteren Funktionen ist e2watch eine vielfältig einsetzbare Plattform zur Auswertung und Visualisierung diverser Daten. Wesentlicher Vorteil ist die Bündelung zahlreicher Funktionalitäten aus einer zentralen Plattform heraus. Dies erleichtert die Bedienbarkeit für den Anwender und verbessert die Transparenz. Auf Basis der gewonnenen Informationen können gezielte Handlungen und Optimierungspotential abgeleitet werden. Das komplexe Rollen- und Rechtemanagement erfüllt zudem hohe Anforderungen aus dem Bereich Datenschutz.

Hinweis der Redaktion: Funktionalitäten und die Visualisierung / Benutzerfreundlichkeit des e2watch wurden im Verlauf des Sommers 2020 optimiert.

1.6 Herausforderungen

Eine zentrale Herausforderung stellt die derzeitige Fragmentierung des Marktes dar. Viele Anbieter von LoRaWAN-Sensorik befinden sich erst seit kurzer Zeit in der Phase der Serienproduktion. Prozessbedingt kommt es dadurch immer wieder zu Engpässen bei der Verfügbarkeit und Lieferschwierigkeiten. Viele dieser Anbieter befinden sich zudem derzeit erst in der Erarbeitung von Massenprozessen, was aktuell dazu führt, dass insbesondere die Provisionierung der benötigten LoRa-Schlüssel noch nicht einheitlich geregelt wird und derzeit noch mit zusätzlicher händischer Arbeit verbunden ist. Nicht nur die regio iT übt in dieser Hinsicht massiven Druck auf die Hersteller und Anbieter der Hardware aus, diese Prozesse zu verbessern. Eine langfristige Zeitplanung sowie die rechtzeitige Suche nach Alternativen hilft dabei, mit der derzeitigen Marktsituation umzugehen.

Auch auf den ersten Blick wenig komplexe Anwendungsfälle erfordern eine genaue Spezifikation. Die enge Zusammenarbeit mit entsprechenden Domänenexperten muss von Anfang an gesucht werden, um aufwändige Anpassungen und Nachspezifikationen zu vermeiden.

In KW 7 2019 kam es zu einem Ausfall zweier Gateways. Unter erneuter Hilfe der Freiwilligen Feuerwehr musste ein Gateway ausgetauscht werden. Ein weiteres Gateway konnte durch einen VPN-Fernzugriff wieder in Betrieb gesetzt werden. Dieser Vorgang soll an dieser Stelle erwähnt werden, um die spätere Rolle des Netzbetreibers zu verdeutlichen. Dieser ist in der Verantwortung den Betrieb des Netzes zu sichern, indem Ausfälle erkannt und behoben werden. Im Rahmen dieses Projektes wurden diese Strukturen und Verantwortlichkeiten noch nicht etabliert. Dieser Vorfall zeigt jedoch die Relevanz einer solchen Instanz. In Form eines eigenen Arbeitspakets soll diese Thematik im Folgeprojekt behandelt werden.

1.7 Netzabdeckung

Nach dem Abschluss des Gateway-Rollouts wurde mit einem zweistufigen Netztest begonnen. Zum einen wurde eine Messung an allen späteren Montageorten durchgeführt, um sicherzustellen, dass jedes verbaute Device die nötige Netzabdeckung erhält. Als Basis diente eine Auflistung aller geplanten und potentiellen Device Standorte, welche durch die Stadt Delbrück im Vorfeld definiert wurden. Aus Zeitgründen musste die Liste priorisiert werden, sodass größ-

tenteils nur Standorte, die im Rahmen des PoC genutzt wurden, vermessen wurden. Als Richtwert für eine ausreichende Abdeckung gilt ein Wert von -120 dBm bei einem Spreading Faktor von 12. Im Realbetrieb muss hier schon von einem erhöhten Paketverlust ausgegangen werden. Alle Messwerte wurden dokumentiert und sind Tabelle zu entnehmen.

Liegenschaft	Adresse	Messpunkt	Messwerte in dBm
Gesamtschule GB. 1	Nordring 2	Keine Messung, da umfangreich mit Sensorik ausgestattet	
St. Marien Grundschule	Leipziger-Str. 27	Technikraum neben Sporthalle min	-115
		Technikraum neben Sporthalle max	-110
Grundschule Ostenland	Osterloher-Str. 85	Serverraum	-97
Grundschule Lippling-Westerloh	Zur alten Kapelle 25		n.A.
Schulzentrum Westenholz	Anton-Pieper-Str.14	Grundschule Aula	-68
		Grundschule Heizungskeller Wasseruhr	-94
		Grundschule Heizungskeller Heizung	-107
		Grundschule Pellet Lager	-99
		Hauptschule Technikraum	-79
Familienzentrum Westenholz	Lausitzer Weg 15	Vor dem Eingang	-89
Kita Hagen	Schlinger Str. 47a	Heizungsraum	139
		Besprechungsraum	-132
		Öltank außen	-130
		Öltank innen	-131
Lippe-Grundschule Boke	Landolinusplatz 9	Schulgelände min	-134
		Schulgelände max	-129
		Schulgebäude OG min	-132
		Schulgebäude OG max	-131
		Schulgebäude EG über Messstelle Wasser	n.A
Grundschule Lippling	Brakendiek 2		n.A
Familienzentrum Purzelbaum	Kettelerstr. 11	Messwerte Gebäudeinneres min	-119
		Messwerte Gebäudeinneres max	-104
Ostenland	Reksweg 10	Heizraum EG	-136
Kindergarten Lippling	Zur Schmiede 10	Foyer min	-137
		Foyer max	-129
Steinhorst	Kaunitzer Str. 52	Nur LoRa-Empfang im Freien getestet, Gebäude war abgeschlossen.	-128
Schöning	Schöninger Str. 75		n.A.
Anreppen	Im Dorfe 7	Dorfhalle EG	n.A
		Dorfhalle OG	-135
		Gelände Dorfhalle min	-135

		Gelände Dorfhalle max	-109
Bentfeld	Lippeweg 6	Im Freien min	-128
		Im Freien max	-111
Abwasserwerk	Am Bauhof 6	Abwasserwerk Gelände min	-104
		Abwasserwerk Gelände max	-124
		Kontrollraum	n.A.
Wasserwerk	Wasserwerkstr.39	Gelände min	-134
		Gelände max	-111
		Im Wasserwerk (Maschinenraum EG)	n.A.
Sporthalle Boke	Landolinusplatz 9a	Sporthalle Technikraum	-134
Sporthalle Bentfeld	Mühlenweg 5		n.A.
Alternativer Messpunkt	Godefriedstraße	Freifeldmesspunkte min	-130
		Freifeldmesspunkte max	-114
Delbrück	Südstr. 39	Messpunkt im EG	-109
		Messpunkt im Keller/Hausanschlussraum	-135
		Messpunkte im freien vor dem Gebäude	-111
		Messpunkte im freien vor dem Gebäude	-94

Tabelle 2 Signalstärkemessungen im Innenbereich

Zum anderen wurde eine großflächige Außenmessung im gesamten Stadtgebiet von Delbrück durchgeführt. Ein im PKW mitgeführtes Messgerät ermittelte im Laufe einer mehrstündigen Fahrt die Empfangsqualität mit zehnstufiger Taktung. Die Route wurde so geplant, dass das gesamte Stadtgebiet von Delbrück gleichmäßig abgefahren wurde (siehe Abbildung 9), jedoch primär auf größeren Straßen.

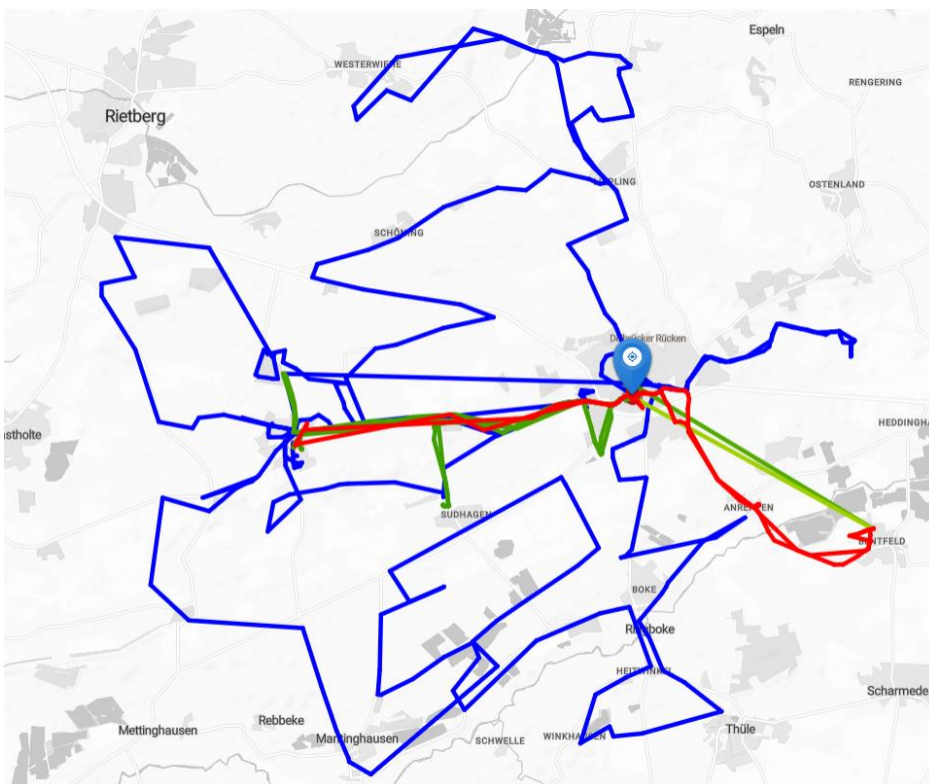


Abbildung 9 Route Netzabdeckung West

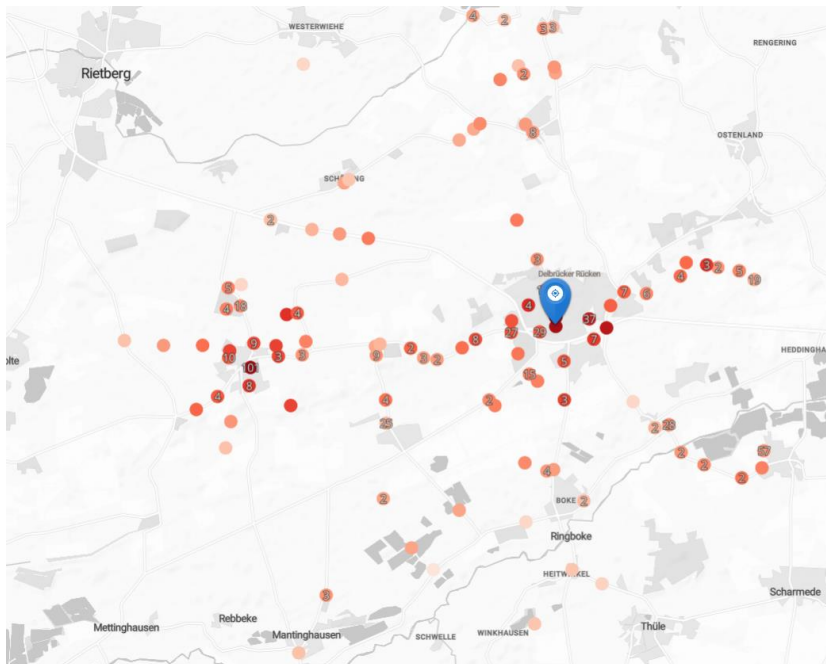


Abbildung 10 Einzelwerte Messung West

Aufgrund einer Verzögerung beim Rollout wurde die Netzabdeckungsmessung in einen Ost- und einen Westteil getrennt. Beide Messfahrten dauerten etwa 5 Stunden. Anschließend wurden die Messwerte beider Messfahrten zusammengeführt, aufbereitet und bereinigt. Unplausible Messwerte und Messfehler wurden dabei entfernt. Die Messwerte wurden anschließend auf einer Heatmap visualisiert (Abbildung 11).



Abbildung 11 LoRaWAN Outdoor-Netzabdeckung Heatmap

Das Ergebnis zeigt eine Netzabdeckung, die das gesamte Delbrücker Stadtgebiet umfasst. Die lila Quadrate zeigen die LoRaWAN-Gateway-Standorte, in deren direkter Umgebung die Signalstärke am besten ist. Die erreichte Abdeckung ist jedoch insbesondere in den Randbereichen im Norden und Süden nicht ausreichend für den sicheren Betrieb von Sensoren und Aktoren. Die größte in diesem Test gemessene Entfernung zu einem Gateway beträgt mehr als 11 km. Die Karte verdeutlicht jedoch den großen Einfluss der Geografie sowie der Höhe der Gateways. Beispielsweise verschattet ein Höhenzug, der nördlich parallel zur Lippstädter

Straße führt, den Bereich südlich von Westenholz. Eine Mulde im Bereich Anreppen sorgt dagegen im Ort Bentfeld (Luftlinie 7 km zum Gateway Delbrück Rathaus) stellenweise für sehr guten Empfang, was auf einen Sichtkontakt auch in 7km Entfernung zum Gateway zurückzuführen ist.

Die erzeugte Netzabdeckungskarte kann daher nur Näherungsweise zur Abschätzung der Netzqualität genutzt werden. Die tatsächlichen Messwerte vor Ort hängen stark von unterschiedlichen Faktoren wie Geografie, Bebauung, Bewaldung, Wetter und Koppellage zwischen Sensor und Gateway ab. Die Messungen wurden zudem nur im Freien durchgeführt, sodass kein Rückschluss auf den Empfang in Gebäuden möglich ist. Generell wird empfohlen, die Netzabdeckungskarte durch weitere Messungen zu verfeinern. Da dies mit großem zeitlichen Aufwand verbunden ist, sollten die Messungen durch regelmäßig bewegte Fahrzeuge wie etwa Busse, Kehrmaschinen oder Müllfahrzeuge durchgeführt werden. Unabhängig davon, soll vor Installation von Sensoren und Aktoren im Feld, der Empfang am Montageort individuell geprüft werden. Im Innenbereich unterliegt das LoRaWAN-Funksignal durch die Bauphysik zusätzlichen Einflüssen. Eine Abschätzung der Empfangsqualität ohne zusätzliche Messung stellte sich im Laufe des Projekts als kaum möglich heraus.

1.8 Übertragbarkeit

Ein zentrales Kriterium bei der Durchführung dieses Projekt war die Sicherstellung der Übertragbarkeit aller Ergebnisse auf andere Kommunen. Um dies zu gewährleisten wurden zwei Prinzipien umgesetzt.

1.8.1 Offene Systemarchitektur

Die umgesetzten Lösungen bestehen aus mehreren miteinander verbundenen Komponenten, wie Abbildung 12 zeigt. Im Wesentlichen ist jede dieser Komponenten austauschbar. Der eingesetzte Application- und Network-Server (ELEMENT) der Firma ZENNER unterstützt alle von der LoRa Alliance zertifizierten Devices. Dies eröffnet eine umfangreiche Auswahl zwischen diversen Herstellern und Produktkategorien. Auch lässt sich eine Vielzahl unterschiedlicher Gateways verschiedener Hersteller nutzen. Die zentrale Visualisierungsplattform e2watch lässt sich durch standardisierte Schnittstellen an beliebige Plattformen anbinden und ist somit nicht auf den derzeit eingesetzten LoRaWAN Network- und Application-Server angewiesen. Durch diesen Aufbau ist e2watch nicht auf eine Datenübertragung per LoRaWAN beschränkt. Die Kombination mit beliebigen Device-Management- und Datenplattformen ermöglicht die Datenübertragung aus unterschiedlichen Quellen mit einer Vielzahl bewährter Übertragungstechnologien. Der gesamte Aufbau lässt sich somit individuell auf Bedürfnisse und Gegebenheiten anderer Kommunen anpassen.

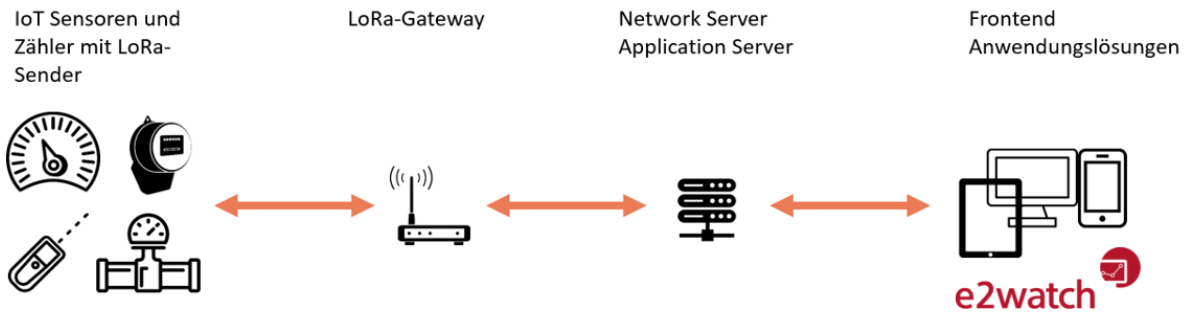


Abbildung 12 Offene Systemarchitektur

1.8.2 Kooperation mit lokalen Partnern

Die beschriebene Architektur erlaubt die Integration verschiedener Soft- und Hardware. Dies macht die Zusammenarbeit mit lokalen Partnern möglich. Es können herstellerunabhängig Devices und Gateways im Feld verwendet werden, aber auch bestehende Plattformen und Dienste angebunden werden. Die Auslagerung einzelner Aufgaben an diese Partner ermöglicht es, die umgesetzte Lösung zu professionalisieren und zu skalieren. So kann beispielsweise der LoRaWAN-Netzbetrieb an den lokalen Netzbetreiber übergeben werden. Dieser verfügt über entsprechendes Knowhow und Personal im Betrieb unterschiedlicher Funk-, Energie- und Wassernetze. Lokale Partner können aber auch bei der Umsetzung unterschiedlicher Anwendungsfälle unterstützen und diese gegebenenfalls betreuen und so die Beschaffung, die Installation und das Device-Management bestimmter Devices übernehmen.

Im Rahmen verschiedener Veranstaltungen im Kontext dieses Pilotprojekts wurden unterschiedliche Partner identifiziert. Im Rahmen des Folgeprojekts ist das Ziel, die Zusammenarbeit mit diesen Enablern zu suchen.

1.9 Beschreibung der umgesetzten Anwendungsfälle

Im Folgenden werden alle umgesetzten Anwendungsfälle beschrieben. Eine Bewertung der Umsetzung und Ergebnisse, sowie die Möglichkeit eines Ausbaus werden in Kapitel 2 beschrieben. Wichtig an dieser Stelle ist folgender Hinweis: Ein Großteil der Anwendungsfälle kann bereits heute mit etablierter Technik umgesetzt werden. Ein großer Nachteil ist oft der hohe Preis, der von einer Investition abhält. Zudem lassen sich diese Anwendungsfälle selten aus einem zentralen System heraus überwachen und administrieren. An dieser Stelle kann LoRaWAN seine Vorteile ausspielen. Das große Angebot von LoRa-Sensoren und -Aktoren am Markt erlaubt es, individuelle Lösungen auf Basis preiswerter Hardware umzusetzen. Die einfache Installation der batteriebetriebenen Sensoren verringert die Installationskosten gegenüber herkömmlichen kabelgebundenen Systemen enorm. Zahlreiche Adapter und Retrofitlösungen ermöglichen die Digitalisierung von bestehenden Anlagen, deren Modernisierung sich ansonsten nicht lohnt. Als Beispiel sei hier die Überwachung von Anlagen aus dem Energieerzeugungsbereich wie etwa Pumpen und Heizungen genannt. Alle über LoRaWAN erhobenen Daten lassen sich über Standard Schnittstellen zudem bei Bedarf in beliebige Bestandssysteme integrieren.

1. Abwasserpumpenüberwachung

Ziel - Überwachung einer Abwasserpumpstation. Erkennen von Fehlzuständen auf Basis von Störmeldungen und Stromverbrauch. Störmeldungen sollen digital erfasst und per LoRaWAN an das Backend übertragen werden. Weitergehend soll untersucht werden, ob es möglich ist drohende Fehlzustände rechtzeitig zu erkennen.

Problem - Insgesamt gibt es im Stadtgebiet über 40 Abwasserpumpstationen. Es kommt immer wieder vor, dass die Pumpen verstopfen. Messbar ist dies durch einen erhöhten Stromverbrauch. Aktuell wird dies nicht remote überwacht. Es gibt lediglich eine Warnlampe die bei der Störung blinkt, sodass man auf aufmerksame Anwohner angewiesen ist. Nur der Motorschutzschalter ist auf eine Meldestelle aufgeschaltet.

Umsetzung - Die Überwachung der Pumpen (Nennleistung 3,7 kW, Nennstrom 8,4 A, 3 Phasen) soll auf zwei Wegen umgesetzt werden. Mit Hilfe eines Stromwandlers (4-20 mA) soll der Stromfluss einer Phase überwacht werden. Außerdem soll der Motorschutzschalter über einen potentialfreien Kontakt überwacht werden. Stromwandler und potentialfreier Kontakt werden durch einen zuständigen Techniker bereitgestellt. Zukünftig sollen so mögliche Ausfälle auch vorhersagbar werden (nicht Teil des PoC). Zum anderen soll der Motorschutzschalter (potentialfreier Kontakt) des elektrischen Pumpenmotors überwacht werden. Dieser Kontakt ist aktuell auf eine Störmeldestelle aufgeschaltet. Ein Auslösen dieses Schalters soll Ad Hoc zusätzlich per LoRaWAN an das im PoC ausgerollte Backend übertragen werden.

2. Wasserpegelmessung / Grundwasserpegelüberwachung

Ziel - Digitalisierte und automatisierte Überwachung des Grundwasserpegels.

Problem – Die Messung der Grundwasserpegelstände ist derzeit mit großem personellem Aufwand verbunden. Jede Messstelle wird einzeln angefahren und der Messwert händisch gemessen. Dies erhöht zudem die Fehleranfälligkeit durch Ablese- und Übertragungsfehler. Die Zeitabstände der Messwerte sind zudem zu groß um kurzzeitige Effekte analysieren zu können.

Umsetzung - Mit Hilfe von geeigneter Sensorik sollen zwei der bestehenden Grundwasserpegelmessstellen digitalisiert werden. Bisher erfolgt die Ablesung händisch. Die Grundwasserpegelmessstellen sind in den Boden eingelassene DN50 Rohre, in welchen sich das Grundwasser sammelt. Die Tiefe dieser Rohre ist unterschiedlich. Die Messstellen sind über das gesamte Stadtgebiet verteilt. Nach bisherigen Informationen handelt es sich um Tiefen in einer Größenordnung von 5-6 m. Die Kunststoffrohre sind verschlossen und bieten an sich keinen Platz für die Montage von Sensorik. Die Sensorik muss daher außerhalb angebracht werden. Durch ein Loch im Kunststoffrohr kann dann eine Messsonde nach unten geführt werden. Messwerte werden an das im PoC ausgerollte Backend übertragen.

3. Wasserverbrauchsmessung

Ziel - Digitalisierung der Wasserverbrauchsmessung in Wohngebäuden.

Problem – Die Wasserzähler werden aktuell nur einmal jährlich durch den Messstellenbetreiber oder alternativ durch den Hausbewohner selber abgelesen. Dies verursacht insbesondere auf Seiten des Messstellenbetreibers großen zeitlichen Aufwand. Durch Ablese- und Übertra-

gungsfehler ist das System zudem fehleranfällig. Das System der Selbstablesung durch Hausbewohner birgt zudem das Risiko von bewussten Fehlablesungen, welche erst mit größerer Verzögerung entdeckt werden können. Auf Basis der jährlichen Werte können keine Aussagen über das Verbrauchsverhalten und eventuelles Einsparpotential abgeleitet werden.

Umsetzung - Über das gesamte Stadtgebiet verteilt soll in neun der zehn Bezirke jeweils eine Wasserverbrauchsmessung erfolgen. Es handelt sich hierbei um abrechnungsrelevante Zähler, weshalb an dieser Stelle mit dem Messstellenbetreiber kooperiert werden muss. Messwerte werden an das im PoC ausgerollte Backend übertragen.

Hinweis der Redaktion: die Wasserverbrauchsmessung wurde schließlich nicht bei abrechnungsrelevanten Zählern umgesetzt, sondern bei Zählern städtischer Liegenschaften.

4. Ölfüllstandmessung

Ziel - Digitalisierte und automatisierte Überwachung des Ölfüllstandes einer Heizungsanlage.

Problem - Die Ölfüllstände werden in großen Abständen durch den zuständigen Hausmeister oder Techniker abgelesen und an einen Dienstleister zur weiteren Verarbeitung weitergeleitet. Durch die großen Intervalle ist es nicht möglich, Anomalien zu erkennen oder zeitliche Effekte zu untersuchen. Durch die händische Ablesung kann es zudem zu Ablese- und Übertragungsfehlern kommen.

Umsetzung - Mit Hilfe geeigneter Sensorik soll der Füllstand des Öltanks einer Ölheizung überwacht werden. Aktuell wird dieser händisch abgelesen und dem Versorger mitgeteilt, welcher daraufhin Lieferzeitpunkte bestimmt, sowie Verbrauchsstatistiken erstellt. Die digitalisierte Erfassung erlaubt eine Automatisierung der Ablesung, sowie eine höhere zeitliche Messwertauflösung. Messwerte werden an das im PoC ausgerollte Backend übertragen.

5. Stromverbrauchsmessung/Kühlkammerüberwachung

Ziel - Digitalisierte und automatisierte Messung des Stromverbrauchs einer Schule. RLM (Registrierte Leistungsmessung) des Hauptpunktes und Untervermessung der Schule.

Problem - Die Stromzähler werden aktuell nur jährlich durch den Messstellenbetreiber abgelesen. Dies verursacht insbesondere auf Seiten des Messstellenbetreibers großen zeitlichen Aufwand. Durch Ablese- und Übertragungsfehler ist das System zudem fehleranfällig. Auf Basis der jährlichen Werte können keine Aussagen über das Verbrauchsverhalten und eventuelles Einsparpotential abgeleitet werden.

Umsetzung - Die Hauptvermessung soll über RLM Daten des Betreibers ausgelesen werden. Für die Untervermessung der Turnhalle soll ein zusätzlicher Zähler parallel zum existierenden Ferrariszähler angeschlossen werden. Messwerte werden an das im PoC ausgerollte Backend übertragen. Es stellte sich heraus, dass der beschaffte Zähler aufgrund zu großer Kabelquerschnitte nicht montierbar war. Stattdessen wurde ein anderer Stromzähler zur Verbrauchsmessung der Kühlkammer verbaut. Parallel dazu wurden Temperatursensoren verbaut, welche die Kühlkammer- und die Raumtemperatur messen.

6. Regelung von Oberlichtern

Ziel - Automatisierte Öffnung der Oberlichter (RWA) zur Gebäudelüftung auf Basis einer Temperaturmessung.

Problem – Die Oberlichter der RWA-Anlage werden in Warmperioden genutzt, um das Gebäude nachts durch kühle Außenluft zu kühlen. Der zuständige Hausmeister muss deswegen insbesondere im Sommer sehr früh zum Dienst erscheinen, was einen größeren zeitlichen Aufwand bedeutet.

Umsetzung - In einem ersten Schritt soll das Öffnen der RWA Oberlichter remote ermöglicht werden. Darüber hinaus soll das automatisierte Öffnen der Oberlichter basierend auf einer Messung der Innen- und Außentemperatur des Gebäudes geregelt werden. Die RWA-Anlage ist nicht an zusätzliche Sensorik (Wind, Regen, etc.) gebunden. Primär geht es dabei um die Kühlung des Gebäudes an warmen Sommertagen über Nacht. Bisher werden die Oberlichter händisch per Schalter vom Hausmeister geöffnet. Es handelt sich um einen Schalter, der 2 Minuten lang gedrückt werden muss. Dieser Schalter soll neben der manuellen Bedienung per LoRaWAN bedient werden können. Dazu soll ein entsprechender Aktor an den bestehenden Schaltkreis geklemmt werden. Ein Steuersignal besteht demnach nur aus einem Öffnen- oder Schließen-Befehl. Das Kabel kann direkt parallel zum händischen Schalter angebracht werden. Die Messwerte werden an das im PoC ausgerollte Backend übertragen. Die Regelung erfolgt ebenfalls durch dieses Backend.

7. Schließzylinderüberwachung

Ziel - Überwachung des Schließzustandes von Türen.

Problem - In der Vergangenheit kam es zu Einbrüchen, Diebstählen und Vandalismus im Sekretariat der Gesamtschule Delbrück und verschiedenen anderen Gebäudeteilen.

Umsetzung - Mit Hilfe der Überwachung soll sichergestellt werden, dass die entsprechende Tür verschlossen ist. Es werden zwei Türen überwacht. Bei der Tür zum Sekretariat soll überwacht werden, ob der Riegel eingerastet ist, um zu verhindern, dass die Tür geöffnet werden kann. Eine Fluchttür aus dem Gebäude heraus soll mit Hilfe von einem Kontaktsensor überwacht werden. Messwerte werden an das im PoC ausgerollte Backend übertragen.

8. Überwachung durch Bewegungsmelder

Ziel - Überwachung von Räumen zum Schutz vor Einbrechern und Vandalismus.

Problem - In der Vergangenheit kam es zu Einbrüchen, Diebstählen und Vandalismus im Sekretariat der Gesamtschule Delbrück und verschiedenen anderen Gebäudeteilen.

Umsetzung - Mit Hilfe von Bewegungssensoren sollen ausgewählte Räume (Lehrerzimmer, Foyer) überwacht werden. Die Sensoren sollen für die Überwachung in den Nachtstunden eingesetzt werden, und nur in diesen Stunden mögliche Einbrecher Ad hoc an das im Rollout implementierte Backend melden.

9. Rauchmelder

Ziel - Überwachung von Rauchmeldern

Problem - Defekte oder fehlende Rauchmelder werden nicht rechtzeitig identifiziert.

Umsetzung - Die eingesetzten Brandmelder melden in einem regelmäßigen Statusreport ihre Funktionsfähigkeit sowie den Zustand der Batterie. Auf diese Weise kann gewährleistet werden, dass die Rauchmelder jederzeit funktionsfähig sind. Nicht funktionsfähige Rauchmelder

werden nach spätestens 24h identifiziert, sodass ein Wartungsauftrag ausgelöst werden kann. Die verfügbaren Rauchmelder unterstützen keine Ad hoc Meldung von Bränden. Ein Brand wird nur durch ein akustisches Signal gemeldet, sowie durch eine 24-stündige Statusmeldung. Messwerte werden an das im PoC ausgerollte Backend übertragen. Die Erkennung von defekten Rauchmeldern wird ebenfalls hier implementiert.

10. Überwachung von Rettungswegen

Ziel - Überwachung von Stellflächen

Problem - Fluchtwege, Feuerwehruzufahrten und Halteverbotszonen insbesondere vor Schulen und anderen öffentlichen Gebäuden werden regelmäßig durch parkende oder haltende Autos blockiert. Eine Quantifizierung dieses Problem ist mit einfachem Aufwand nicht möglich.

Umsetzung - Die Parkplatzsensoren sollen eingesetzt werden, um Fluchtwege und Halteverbotszonen (z.B. Feuerwehruzufahrten) zu überwachen. So soll verhindert werden, dass parkende Autos diese blockieren. Mögliche alternative Szenarien: Überwachung der Parkplatzbelegung, Überwachung von Ladesäulen. Messwerte werden an das im PoC ausgerollte Backend übertragen. Stör- und Alarmmeldungen werden ebenfalls in diesem erzeugt.

11. Glatteisüberwachung

Ziel - Überwachung der Glatteisbildung zur bedarfsgerechten Räumung durch den Winterdienst.

Problem - Die Beseitigung von Glätte durch Bodenfrost basiert auf den Lufttemperaturwerten einer zentralen Temperaturmessstelle, die in einiger Entfernung zum Stadtgebiet ist, und nicht repräsentativ für lokale Temperaturunterschiede ist. Außerdem gibt die Messung keine Anhaltspunkte zur Wahrscheinlichkeit von Glättebildung auf Basis von Luftfeuchtigkeit. Derzeit gibt es keine Möglichkeit, lokal und bedarfsgerecht die Glatteisbildung zu bekämpfen, sodass aktuell konservativ und mit hohem Aufwand gearbeitet wird.

Umsetzung - Mit Hilfe von Temperatursensoren in Bodennähe soll die Bodentemperatur an Bushaltestellen überwacht werden. So kann der Winterdienst priorisiert und bedarfsgerecht Bushaltestellen räumen, bei denen das Risiko der Glatteisbildung am größten ist. Messwerte werden an das im PoC ausgerollte Backend übertragen.

12. Asset Tracking/Netztest

Ziel - Tracking von Assets des städtischen Bauhofs und Verbesserung der Netzabdeckungskarte

Umsetzung - Mit Hilfe von GPS Tracking, soll der Standort von bestimmten Assets des städtischen Bauhofs überwacht werden. Dies funktioniert nur im Abdeckungsgebiet des LoRa-Netzes! Die Batterielaufzeit von GPS-Trackern ist im Gegensatz zu anderer Sensorik deutlich geringer (wenige Tage). Eine dauerhafte Stromversorgung dieser Sensoren ist daher empfehlenswert. Alternativ werden die Tracker genutzt um die Abdeckung mit LoRaWAN zu messen. Messwerte werden an das im PoC ausgerollte Backend übertragen.

1.10 Beschreibung der erarbeiteten Anwendungsfälle

In diesem Kapitel werden die Anwendungsfälle beschrieben, welche im Rahmen der zielgruppenspezifischen Workshops mit Bürgern, Unternehmen, Verwaltung, Landwirtschaft und Dienstleistungsunternehmen erarbeitet wurden. Es wurden unterschiedliche Themenschwerpunkte ausgemacht. Abbildung 13 zeigt einen Überblick aller Anwendungsfälle sortiert nach Themenfeldern. Die Anwendungsfälle haben teilweise Schnittmengen und lassen sich nicht eindeutig nur einem Themenfeld zuordnen.

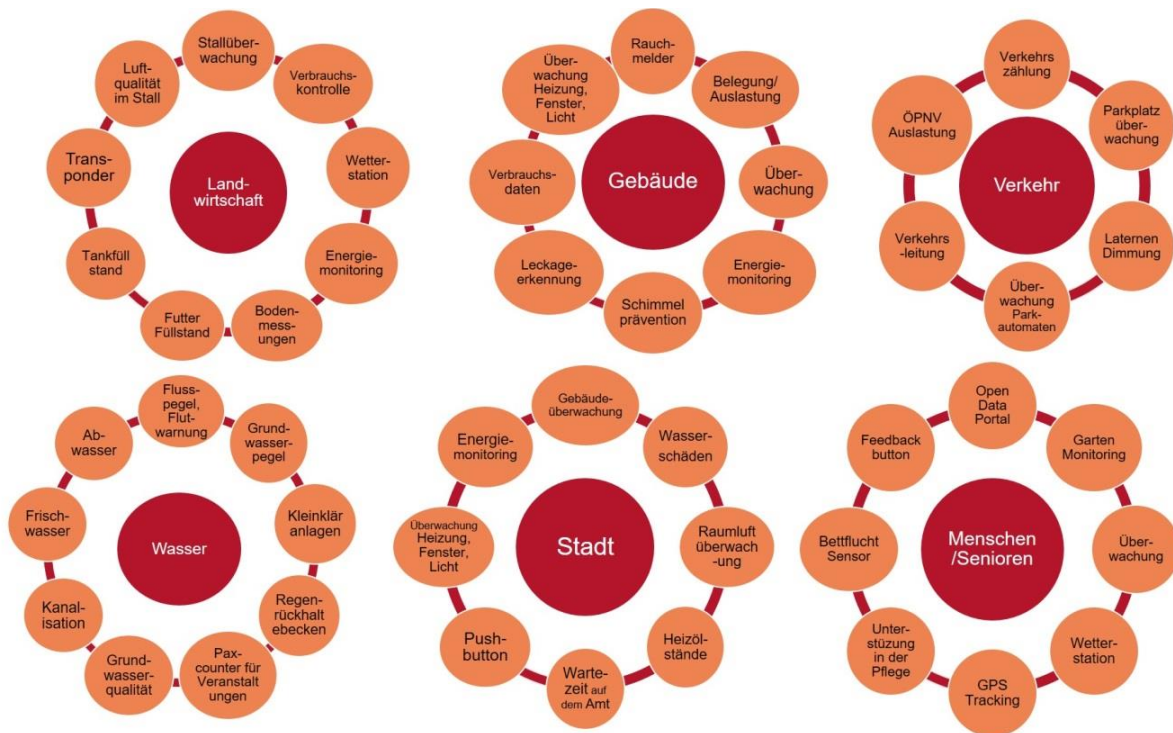


Abbildung 13 Übersicht über alle erarbeiteten Anwendungsfälle

Wetterstation (inkl. Luftqualitätsmessung)

Problem – Bisher stehen nur Daten von Wetterstationen in größerer Entfernung zur Verfügung, welche lokale Wetterereignisse nicht widerspiegeln können.

Lösungsansatz – Eine lokale Messung von Wetterdaten wie Temperatur, Luftfeuchte, Niederschlag, Sonnenscheindauer und Windgeschwindigkeit kann als Grundlage für unterschiedliche andere Anwendungsfälle genutzt werden.

Hardware – Relative Luftfeuchte, Lufttemperatur, Bodentemperatur, Sonnenstrahlung, Windgeschwindigkeit, Niederschlag, Luftdruck, Taupunkt, Wetterstation (mcf88)

Unterstützung in der Pflege

Problem – Technologien zur Unterstützung in der Pflege sind bereits am Markt erhältlich und etabliert. Aufgrund enorm hoher Kosten aber oft nicht in ausreichender Stückzahl vorhanden, was insbesondere im privaten Umfeld ein großes Problem ist. Größere Pflegeeinrichtungen

kämpfen zudem oft mit schlechten Personalschlüsseln, was insbesondere nachts oft zu Problemen führt. Eine angemessene Überwachung und Betreuung kann so oft nicht oder nur schwer gewährleistet werden.

Lösungsansatz – Der Einsatz von verschiedenen LoRaWAN-Sensoren könnte den täglichen Einsatz von Fachkräften und Privatpersonen in der Altenpflege erleichtern. Insgesamt werden hier drei Themen identifiziert. Eine Überwachung von Räumen und Betten durch Bewegungsmelder und Drucksensoren hilft insbesondere in größeren Pflegeeinrichtungen die Anwesenheit von Personen zu kontrollieren und z.B. eine Bettflucht rechtzeitig zu erkennen. Einen Schritt weiter geht die Überwachung von Türen und Notausgängen mit Hilfe von Kontaktsensoren. Ein Verlassen des Gebäudes kann so schneller durch das Pflegepersonal entdeckt werden. Der Einsatz von Feedbackbuttons kann ältere Menschen dabei unterstützen eine positiv Rückmeldung zu geben. So kann die betreffende Person mit Hilfe eines solchen Buttons ihr Wohlbefinden übermitteln, um ggf. Pfleger und Angehörige zu entlasten.

Hardware – Druck, Bewegung, Kontakt, Feedback

Feedbackbuttons

Problem – Gezieltes Feedback oder Rückmeldung durch Personen zu erfassen ist mit großem Aufwand verbunden. Dabei gibt es unterschiedliche Szenarien wie etwa Kundenfeedback in Geschäften, Feedback von Bürgern, die einen städtischen Service beansprucht haben oder aber die Rückmeldung über aufgebrauchtes Verbrauchsmaterial in größeren Bürogebäuden wie etwa Druckerpapier oder Seife. Letzteres wird in der Regel durch regelmäßige und teilweise überflüssige Kontrollgänge sichergestellt.

Lösungsansatz – Individualisierbare Feedbackbuttons können die Rückmeldung auf einfachste Art an eine zuständige Stelle ermöglichen. Das reduziert den Einsatz von Personal und verringert den Aufwand. Ein griffiges Beispiel ist die bedarfsgerechte Nachfüllung von den oben genannten Verbrauchsmaterialien. So ist mit geringem Aufwand sichergestellt, dass jederzeit alle Materialien in ausreichender Menge zu Verfügung stehen.

Hardware – Feedback

Energiemonitoring

Problem – Die Intransparenz bei Strom-, Gas- und Wasserverbräuchen führt oft zu ineffizientem Einsatz und Verschwendung dieser Medien. Falsches Verhalten, Fehler im Anlagenbetrieb und Leckagen können nur schwer erkannt und behandelt werden.

Lösungsansatz – Die Digitalisierung von Verbräuchen schafft Transparenz und ermöglicht die automatisierte Überwachung von Wasser- und Energieverbräuchen. Neben dem Einsatz von LoRaWAN-fähigen Zählern, können auch unterschiedliche Adapter genutzt werden, um einen Zählertausch überflüssig zu machen. Dieses Monitoringsystem kann durch den Einsatz von Temperatursensoren, Leckagesensoren, Licht-, Bewegungs- und Kontaktmeldern ergänzt werden, um weitere Einflüsse auf den Energieverbrauch zu identifizieren. Dauerhaft offene Fenster oder über Nacht aktive Beleuchtung werden so erkannt. Auch die Überwachung von Anlagen und Maschinen kann integriert werden, um einen reibungslosen Betrieb zu ermöglichen, indem Fehlzustände rechtzeitig erkannt werden. Ein solches System lässt sich in beliebigen Gebäuden einsetzen.

Hardware – Stromzähler, Wasserzähler, Gaszähler, Impulsaufsätze, Impulszähler, Temperatursensoren, Leckagesensoren, Lichtsensoren, Kontaktsensoren, Bewegungsmelder

Bodenmessung: Überwachung von Belastungen

Problem – Anforderungen an die Überwachung von Bodenbelastungen kommen insbesondere aus dem Verwaltungsumfeld, aber auch aus der Landwirtschaft. Insgesamt ist sicherzustellen das gesetzliche Grenzwerte (beispielsweise Nitrat) nicht überschritten werden, um die Belastung von Gewässern zu minimieren. Dabei müssen zum einen die Landwirte wissen, in welchem Zustand der Boden ist, um bedarfsgerecht Düngemittel und andere Substanzen einzusetzen, die Verwaltung muss zum anderen die Einhaltung dieser Werte kontrollieren. Dies ist heutzutage in der Fläche nur mit großem Aufwand verbunden. Auch die Menge der Daten ist begrenzt, weil Messwerte nur in großen Abständen erhoben werden. Die Bearbeitung von Flächen durch die Landwirtschaft ist zudem an bestimmte Temperaturen gebunden. Eine lokale Messung dieser Größe unterstützt Landwirte dabei diese Regularien besser einzuhalten, da sie aktuell auf die Messungen von zentralen Wetterstationen angewiesen sind. Von besonderem Interesse sind diese Messungen in oder in der Nähe von Wasserschutzgebieten. Die Kombination mit Daten aus einer lokalen Wetterstation kann hier zudem weitere Vorteile bringen.

Lösungsansatz – Zeitlich höher aufgelöste Messungen durch Bodensensoren ermöglichen es, ein genaues Bild der Bodenbelastung zu erstellen. Landwirten wird es so ermöglicht, Böden effizienter zu nutzen und weniger zu belasten. Die Verwaltung bekommt ein detailliertes Bild und ist in der Lage Einflüsse aus unterschiedlichen Richtungen besser zu untersuchen. Alle erhobenen Daten werden zudem automatisch erfasst und gespeichert und stehen auch für spätere Analysen digital bereit.

Hardware – Nitrat, pH, Bodenfeuchte, Bodentemperatur

Futterfüllstandüberwachung in der Landwirtschaft

Problem – Neben hoch technologisierten Betrieben in der Landwirtschaft gibt es nach wie vor eine Vielzahl veralteter und nur teilweise automatisierter Betriebe. Investitionen in Modernisierungen und Erneuerungen sind insbesondere für kleinere Betriebe oft nicht tragbar und somit existenzbedrohend. Regelmäßige Kontrollen von Füllständen in Fütterungsanlagen, Wassertränken und Tanks sind für den Landwirt mit großem zeitlichem Aufwand verbunden.

Lösungsansatz – Diese monotone und wiederkehrende Arbeit lässt sich mit einfachen Sensoren automatisieren. Die Überwachung von unterschiedlichen Medien wie fest oder flüssig basiert auf unterschiedlichen Messprinzipien. Die Nachrüstung ist mit geringem Aufwand möglich. Eine Monitoring-Plattform informiert den Landwirt bei Anomalien und der Unter- oder Überschreitung von definierten Schwellenwerten wie etwa einer Mindestfüllhöhe.

Hardware – Druckbasierte Pegelmessung, Ultraschallbasierte Pegelmessung

Luftqualität im Stall

Problem – Neben hoch technologisierten Betrieben in der Landwirtschaft gibt es nach wie vor eine Vielzahl veralteter und nur teilweise automatisierte Betriebe. Investitionen in Modernisierungen und Erneuerungen sind insbesondere für kleinere Betriebe oft nicht tragbar und somit existenzbedrohend. Die Kontrolle der Luftqualität in Ställen mit vielen Tieren ist essentiell für die Gesundheit und das Wohlbefinden von Tieren. Die Überschreitung von Grenzwerten wird aktuell in vielen Ställen nicht oder nur mit großer Verzögerung festgestellt.

Lösungsansatz – Das Echtzeit-Monitoring der Luft in Ställen soll insbesondere den Hitze-stress bei Tieren vermeiden. Aber auch die korrekte Luftfeuchte sowie die Einhaltung von CO₂- und VOC-Grenzwerten sollen zum verbesserten Wohlbefinden bei Nutztieren beitragen. Eine Software dokumentiert die Messwerte und erlaubt es Grenzwertüberschreitungen sofort zu melden.

Hardware – CO₂, VOC, Temperatur, relative Luftfeuchte

Stallüberwachung

Problem – Neben hoch technologisierten Betrieben in der Landwirtschaft gibt es nach wie vor eine Vielzahl veralteter und nur teilweise automatisierte Betriebe. Investitionen in Modernisierungen und Erneuerungen sind insbesondere für kleinere Betriebe oft nicht tragbar und somit existenzbedrohend. Die Überwachung der vollen Funktionsfähigkeit eines Tierstalls stellt aktuell eine Vielzahl von Anforderungen. Neben dem Energie- und Wasserverbrauch muss auch sichergestellt werden, dass Türen verschlossen sind, um illegale Zutritte zu vermeiden. Die Bündelung in einem zentralen System stellt die Landwirte aktuell vor große technische und finanzielle Herausforderungen.

Lösungsansatz – Der Einsatz robuster und günstiger LoRaWAN-Sensorik soll eine umfassende Überwachung ermöglichen. Verbrauchswerte von Wasser und Energie, wie sie ein Energiemonitoring System zur Verfügung stellt, können in diesem Zusammenhang gesondert auf Anomalien überwacht werden, um beispielsweise Stromausfälle schnell zu erkennen. Bewegungs- und Kontaktmelder überwachen den Zutritt zum Gebäude. So kann sichergestellt werden, dass Türen zu bestimmten Zeiten verschlossen sind. Anomalien werden erkannt und dem Landwirt mitgeteilt. Eine mögliche Erweiterung ist der Einsatz von steuerbaren Wasser-ventilen. Diese können im Falle eine Leckage aus der Ferne automatisch verschlossen werden, um höhere Kosten und mögliche Schäden zu vermeiden. Im Kontext von vielen Wasser-freileitungen, die teilweise in marodem Zustand sind, ergeben sich hier weitere Einsparungspotentiale.

Hardware – Stromzähler, Wasserzähler, Gaszähler, Impulsaufsätze, Impulszähler, Wasser-ventile, Bewegungsmelder, Kontaktmelder

Verbrauchskontrolle in der Landwirtschaft

Problem – Dieser Anwendungsfall hat große Überschneidungen mit den Fällen Energiemonitoring und Futterfüllstandüberwachung in der Landwirtschaft. Die Überwachung von Futter- und Energieverbräuchen pro Tier ist eine interessante Kenngröße für den Landwirt. Zum einen verbessert dies die monetäre Transparenz des Betriebes, zum anderen soll so sichergestellt werden, dass jedem Tier eine ausreichende Menge Futter und Wasser zur Verfügung steht. Die aktuelle Herausforderung besteht in der Zuordnung von Verbräuchen zu einzelnen Tieren.

Lösungsansatz – Die Überwachung des Verbrauchs von Futtermittel und Energie kann wie in den oben genannten Anwendungsfällen realisiert werden. Die individuelle Zuordnung zu einzelnen Tieren stellt derzeit eine Herausforderung dar. Die Nutzung von Transpondern, die bereits an den Nutztieren angebracht sind und diese eindeutig identifizieren, könnte eine Möglichkeit sein. Für das Auslesen und Übertragen der Transponderinformationen per LoRaWAN ist aktuell noch keine Hardware bekannt.

Hardware – Transponder Auslesung

Personenzählung auf Großveranstaltungen

Problem – Die Zählung von Personen ist in vielen Bereichen interessant. Für Großveranstaltungen sind diese Zählungen aus wirtschaftlicher Sicht interessant, aber auch wichtig für die Erarbeitung von Sicherheitskonzepten. Bisher basieren diese Zählungen auf Basis von Kameratechnik oder händischen Zählungen. Beides ist nur mit größerem Aufwand realisierbar.

Lösungsansatz – Sogenannte Pax Counter zählen die Macadressen von mobilen Geräten. Diese Methode erlaubt keine direkten Rückschlüsse auf die tatsächliche Personenanzahl, es lassen sich jedoch Trends und Verläufe erkennen. Durch weitere Untersuchungen kann jedoch annäherungsweise die tatsächliche Personenzahl abgeleitet werden. Pax Counter können für Dauerzählungen fest installiert werden oder im Rahmen von Veranstaltungen nur temporär genutzt werden.

Hardware – Pax Counter

ÖPNV Auslastung

Problem – Die Zählung von Personen ist in vielen Bereichen Interessant. Veraltete Ticketsysteme erlauben keine Fahrgastzählungen in Bussen, sodass man nach wie vor auf händische Zählungen angewiesen ist. Aufgrund des hohen Aufwands können diese lediglich Momentaufnahmen abbilden und ermöglichen kein umfassendes Bild des gesamten ÖPNV-Netzes.

Lösungsansatz – Die Zählung von Personen in Bussen ist nicht nur aus wirtschaftlicher Sicht sinnvoll. Fahrgäste können sich so beispielsweise im Voraus darüber informieren wie voll ein bestimmter Bus ist. Der Betreiber hingegen kann die Auslastung detailliert untersuchen und Mobilitätsbedarfe genauer ermitteln. Linien, die regelmäßig überlastet sind, könnten so durch eine höhere Taktung entlastet werden. Unrentable Linien werden schneller identifiziert, sodass geeignete Maßnahmen geplant werden können.

Hardware – Pax Counter

Optimierung des Verkehrs

Problem – Überfüllte Straßen und Parkplätze sind heutzutage an vielen Stellen ein Problem. Oftmals sind genaue Zahlen und Statistiken hierzu Mangelware.

Lösungsansatz – Mit Hilfe einfacher Sensoren können Fahrzeuge gezählt werden. Parkplatzsensoren überwachen freie Stellplätze. Diese Informationen können dafür genutzt werden, um Verkehr effektiver zu leiten. Neben herkömmlicher Messung durch Sensoren stehen auch sogenannten Floating Car Daten bereit. Diese Daten werden im fließenden Verkehrs ermittelt. Basis hierfür ist die Übertragung von Positions- und Geschwindigkeitsdaten von Mobilfunk- und Navigationsgeräten. Unterschiedliche Anbieter erheben und aggregieren diese Daten und

bereiten diese für eine weitere Verarbeitung auf. Die Information aus den Parkplatzsensoren kann zusätzlich über eine individuelle App den Nutzern bereitgestellt werden, damit diese gezielt freie Parkplätze anfahren können. Die Informationen über den fließenden und ruhenden Verkehr können zusätzlich für verkehrs- und städteplanerische Maßnahmen genutzt werden.

Hardware – Verkehrszählung, Parkplatzsensoren

Laternendimmung

Problem – Aktuell wird ein Großteil der Laternen über Tonfrequenzrundsteuerempfänger (TRE) gesteuert. Aufgrund der weitverbreiteten veralteten Technologie stehen vielerorts hohe Reinvestitionen an. Die bestehende Technik erlaubt bisher nicht bedarfsgerecht zu Beleuchten. Neben hohen Stromkosten kommt es so auch zu erhöhter Belastung durch Lichtemissionen.

Lösungsansatz – LoRaWAN-fähige Rundsteuerempfänger ermöglichen das Dimmen und Steuern einzelner Lichtpunkte. Zusätzlich ermöglichen Lichtsensoren in den Laternen eine exaktere Anpassung an die aktuellen Lichtverhältnisse. So kann das Licht in Zeiten ohne Bedarf auf ein Minimum reduziert werden. Eine solche Laterne kann auch als Basis für weitere sensorgetriebene Anwendungsfälle genutzt werden.

Hardware – LoRa Rundsteuerempfänger

Parkautomatenüberwachung

Problem – Parkautomaten fallen immer wieder aus. Ein solcher Defekt wird erst mit größerer Verzögerung erkannt. In der Regel ist man hier auf Zufallsentdeckungen angewiesen. Personen die aus diesem Grund kein Parkticket lösen können, haben zudem oft keine Möglichkeit nachzuweisen, dass ein Automat nicht funktionsfähig ist. Der Parkplatzbetreiber hingegen hat keine Möglichkeit nachträglich zu beweisen, dass ein Automat zu einem bestimmten Zeitpunkt funktionsfähig war.

Lösungsansatz – Parkscheinautomaten können auch aus der Ferne überwacht werden. Neben einer simplen Überwachung des Stromverbrauchs können ggf. auch tiefere Funktionen des Automaten durch Integration von Adaptern überwacht werden. Der Ausfall im Ganzen oder einzelner Komponenten könnte auf diese Weise schnell erkannt werden.

Gebäudeüberwachung

Problem – In der Gebäudeüberwachung gibt es unterschiedliche Anwendungsfälle. Alle zielen darauf ab, die Immobile zu schützen. Schäden können durch unterschiedliche Einflüsse entstehen. Falsches Nutzerverhalten (Schimmelbildung), Vandalismus, Einbrüche, Brände oder Wasserschäden.

Lösungsansatz – Der LoRaWAN-Markt bietet mittlerweile ein breites Angebot an möglichen Sensoren für die Gebäudeüberwachung. Zum Schutz vor Vandalismus sollen Türen mit Kontaktsensoren und ggf. auch mit Schließzylinderüberwachungssystemen ausgerüstet werden. Bewegungssensoren können zudem unerlaubtes Eindringen erkennen. In der Vergangenheit kam es immer wieder zur mutwilligen Entleerung von Feuerlöschern. Diese könnten zusätzlich mit Beschleunigungssensoren ausgestattet werden. LoRaWAN-fähige intelligente Rauchmel-

der überwachen sich selbsttätig, sodass Fehlfunktionen automatisch erkannt werden. Temperatur und Luftfeuchtesensoren im Gebäude überwachen das Raumklima. Die Gefahr von Schimmelbildung kann so reduziert werden. Intelligente Wasserzähler erkennen Leckagen und können in Kombination mit fernsteuerbaren Ventilen automatisch die Wasserzufuhr des Gebäudes schließen. Leckagesensoren können an besonders sensiblen Einrichtungen installiert werden, um diese gesondert zu überwachen. Weiterhin können diese Sensoren auch für das Monitoring von Abwasser eingesetzt werden. Schäden durch überlaufende Waschbecken und Toiletten können so rechtzeitig erkannt werden. Alle Sensoren sind auf ein zentrales Monitoringsystem aufgeschaltet, sodass die zuständige Person einen zentralen Überwachungspunkt hat.

Hardware – Rauchmelder, Bewegungsmelder, Kontaktsensoren, Schließzylindersensoren, Leckagesensoren, Smart Valve, Smart Water Meter.

Analyse der Gebäudeauslastung

Problem – Gebäude und deren Räume werden zum Teil unterschiedlich intensiv genutzt. Die genaue Auslastung ist in der Regel unbekannt.

Lösungsansatz – Dieser Anwendungsfall hat große Überschneidungen mit dem Anwendungsfall Gebäudeüberwachung. Mit Hilfe von Bewegungsmeldern kann die Belegung von Räumen überwacht werden. Eine Datenauswertung mit dem Ziel die Auslastung zu optimieren kann auf Basis dieser Daten durchgeführt werden. Echtzeitinformationen können zudem in ein Raumbuchungssystem integriert werden. Freie Räume können dann effektiver gefunden und genutzt werden. Energiesparende E-Ink Displays könnten zudem eingesetzt werden um den Raumstatus vor Ort anzuzeigen.

Hardware – Bewegungsmelder, E-Ink Displays

Wasserschäden

Problem – Wasserschäden durch Frisch- und Abwasser verursachen bei zu später Erkennung oft große bauliche Schäden und führen somit zu hohen Sanierungskosten. Die Erkennung von Wasserschäden ohne gesonderte Überwachung ist nur in wenigen Fällen schnell möglich.

Lösungsansatz – Eine Kombination aus digitalisierten Wasserzählern, Leckagesensoren und steuerbaren Ventilen ermöglicht eine umfassende Überwachung und verhindert größere Schäden. Leckagesensoren können eingesetzt werden, um punktuell sensible Einrichtungen wie beispielsweise IT-Infrastruktur zu überwachen. Neben simplen Kontaktsensoren, die punktuell messen, gibt es auch widerstandsbasierte Sensoren, welche auf einer größeren Strecke messen (Seil Sensor). Mit Hilfe digitalisierter Wasserzähler lässt sich der Gesamtverbrauch von Gebäuden überwachen, sodass auch versteckte Wasserrohrbrüche entdeckt werden können. Im Falle einer solchen Anomalie im Verbrauch oder einer Meldung durch einen Leckagesensor, kann ein verbautes Ventil automatisch per LoRaWAN-Downlink verschlossen werden. Leckagesensoren lassen sich zudem auch für die Überwachung von Abwasser einsetzen. Leckagen oder überlaufende Waschbecken und Toiletten können schnell identifiziert und behoben werden.

Hardware – Wasserzähler, Impulsaufsätze, Leckagesensoren (Kontakt und Seil)

Wasserqualitätsmessung

Problem – Neben der bereits erprobten Grundwasserpegelmessung können weitere Größen überwacht werden. Insbesondere die Überwachung der Grundwasserqualität steht hier im Fokus. Belastungen insbesondere aus der Landwirtschaft werden in oder in der Nähe von Wasserschutzgebieten oft nicht intensiv genug überwacht.

Lösungsansatz – Sensorik zur Überwachung von Schadstoffen im Wasser (Nitrat, pH, Giftstoffe, ...) überwachen engmaschig und dauerhaft das Grundwasser. Anomalien und Grenzwertüberschreitungen werden schnell erkannt und gemeldet. Dieser Anwendungsfall hat große Überschneidung mit dem Anwendungsfall Bodenmessung.

Hardware – Wassersensor (pH, Nitrat, ...)

Kleinkläranlagen

Problem – Kleinkläranlagen und Sammelbecken werden auch heutzutage noch bei Liegenschaften ohne Anschluss an das Kanalnetz eingesetzt. Weitestgehend ohne Überwachung werden Leckagen und Anomalien in der Pegelhöhe dieser Sammelbecken nicht erkannt. Die Entleerung dieser Becken erfolgt oft in regelmäßigen Intervallen und nicht bedarfsgerecht.

Lösungsansatz – Der Einsatz von Pegelsensoren erlaubt eine automatisierte Überwachung dieser Anlagen. Fehlzustände werden so schnell erkannt. Auch die bedarfsgerechte Entleerung wird so ohne großen Aufwand ermöglicht, indem die Messwerte automatisch in das Workforce-Management des Dienstleisters integriert werden.

Hardware – Pegelsonde, Ultraschallsensor

Regenrückhaltebecken

Problem – Die Dimensionierung von Regenrückhaltebecken zum Schutz der Kanalisation vor Überlastung hängt maßgeblich von Annahmen während der Planung ab. Diese Annahmen sind heutzutage schwer zu treffen und basieren auf vereinzelt Messungen und Abschätzungen erwarteter Wassermengen.

Lösungsansatz – Mit Hilfe von Pegelsonden kann zum einen im Vorlauf einer solchen Planung der Grundwasserpegelstand überwacht werden. Einflüsse durch Niederschläge können auf Basis dieser Messungen untersucht werden. Nach Erbauung der Rückhaltebecken kann deren Auslastung ebenfalls durch Pegelsonden überwacht werden. Zum anderen können so die getroffenen Annahmen für die Auslegung überprüft werden, was ggf. wichtige Erkenntnisse für zukünftige Baumaßnahmen liefert. Auch kann auf Basis dieser Pegelstandmessung das gesamte System besser gesteuert werden. In Kombination mit einer Messung der Kanalauslastung kann die Regel verbessert werden, sodass jederzeit die optimale Wassermenge in die Kanäle abgelassen werden kann. Auf diese Weise soll eine Überlastung der Rückhaltebecken aber auch der Kanalisation verhindert werden.

Hardware – Pegelsonden, Ultraschallsensor

Flusspegelüberwachung und Flutwarnungen

Problem – Heftige Regenfälle führen oft zu einem Spontananstieg von Wasserpegeln in Gewässern. In dicht besiedelten Gebieten führt dies regelmäßig zu Überschwemmungen mit entsprechenden Schäden.

Lösungsansatz – Ein Monitoringsystem welches die Flusspegel überwacht soll helfen mögliche Überschwemmungen früher zu erkennen um den Umfang möglicher Schäden zu minimieren. Die zeitlich hochaufgelöste Messung dieser Pegel unterstützt zudem dabei Zusammenhänge und Einflüsse durch den Niederschlag und ggf. Grundwasserpegel zu untersuchen. Diese Informationen können für die Planung baulicher Maßnahmen in Gewässernähe genutzt werden.

Hardware – Pegelsonden, Ultraschallsensor

Kanalüberwachung

Problem – Die Auslastung von Kanälen wird derzeit nicht überwacht, was aber insbesondere im Kontext der Einleitung von Regenwasser nicht unwichtig ist. Die Reinigung und Spülung zur Beseitigung von Ablagerungen wird derzeit in regelmäßigen Zyklen und nicht bedarfsgerecht durchgeführt. Auch die Bildung von giftigen oder geruchsbelästigenden Gasen wird nicht überwacht.

Lösungsansatz – Insbesondere Sensorik zu Überwachung der Auslastung scheint hier sinnvoll. Auf Basis dieser Daten können auch Rückschlüsse auf eventuelle Ablagerungen gezogen werden. So soll es ermöglicht werden bedarfsgerechter zu reinigen. Eine solche Reinigung/Spülung könnte durch den Einsatz von fernsteuerbaren Ventilen realisiert werden. Eine Messung der Auslastung kann zudem dabei unterstützen größere Regenwassermengen aus Rückhaltebecken gezielter einzuleiten und liefert Rückschlüsse für möglichen Ausbau und Dimensionierung neuer Regenrückhaltebecken.

Hardware – Gassensoren, Pegelsensoren (Laser, Ultraschall, Radar, Druck), Steuerbare Ventile

Intelligentes Standrohr und Baustromzähler

Problem – Standrohre und Baustromzähler werden für die Entnahme von Strom und Wasser auf Baustellen eingesetzt. Die integrierten Zähler ermöglichen die zeitlich begrenzte Verbrauchserfassung. Insbesondere auf kleinen Baustellen wird der Gesamtverbrauch aus der Differenz des Anfangs- und Endstandes berechnet. Fehlverbräuche oder Anomalien bleiben daher oft unentdeckt. Zudem kommt es immer wieder vor, dass diese mobilen Zähleinrichtungen illegaler Weise an anderen Orten als dem Bestimmungsort eingesetzt werden.

Lösungsansatz – Intelligente funkfähige Zähler ermöglichen ein Energiemonitoring und Zwischenabrechnungen auch auf einer Baustelle. Fehlverbräuche und Anomalien werden schnell entdeckt. Illegale Nutzung an anderen Orten kann durch die Nutzung von GPS-Trackern und Geofencing unterbunden werden.

Hardware – Standrohr mit Moderner Messeinrichtung, Baustromzähler mit Moderner Messeinrichtung, GPS Tracker

Elektronische Parkscheibe

Problem – Heutzutage werden Parkgebühren im Voraus an einem zentralen Automaten bezahlt. Oft ist im Voraus nicht genau abzuschätzen, wie lange ein Parkvorgang dauert. Zudem ist das Lösen des Tickets oft mit längeren Fußwegen und Zeitaufwand verbunden. Insbesondere bei älteren Parkautomaten kann nur mit Münzgeld bezahlt werden.

Lösungsansatz – Die Automatische Erfassung der Parkdauer mittels Parkplatzsensoren könnte in Kombination mit einer App das Parken deutlich komfortabler machen. Der Parkvorgang kann aus der App angemeldet werden. Der Parkplatzsensor misst automatisch die Parkdauer.

Hardware – Parkplatzsensoren

Energieinfotafeln

Problem – Im Zuge des Ausbaus regenerativer Energien erfreuen sich sogenannte Energieinfotafeln größerer Beliebtheit. Diese visualisieren die erzeugte Energie. Der Einsatz dieser Technologie geht oft mit zwei Problemen einher: Die Erfassung der Daten muss oft tief in Gebäuden erfolgen, Mobilfunk und kabelgebundene Lösungen scheiden daher oft aus. Die Datenübertragung an die Tafeln erfolgt oft über teuren Mobilfunk, dies ist jedoch hinsichtlich der übertragenen Datenmengen oft nicht rentabel

Lösungsansatz – Sowohl für die Erfassung der Daten in den Gebäuden als auch für die Übertragung der Daten an die Tafeln ist LoRaWAN die optimale Technologie. Geringe Investitions- und Betriebskosten sind an dieser Stelle eine interessante Alternative zum Mobilfunk.

Hardware – Energieinfotafeln

Überwachung von Bienenstöcken

Problem – Imker stehen vor vielfältigen Herausforderungen. Zum einen hängt die Ernte von Wettereinflüssen wie Temperatur und Luftfeuchte ab, zum anderen aber auch vom optimalen Erntezeitpunkt. Dies macht in Hochzeiten tägliche Kontrollen notwendig. Diebstahl und Vandalismus sind weitere Herausforderungen.

Lösungsansatz – Moderne Sensorik kann Imker dabei unterstützen den Zustand im und um den Bienenstock herum zu überwachen und so effektiver zu arbeiten. GPS-Tracker, Bewegungsmelder und Kontaktsensoren können dem Imker dabei helfen seine Bienenstöcke besser zu schützen.

Hardware – GPS-Tracker, Bewegungsmelder, Kontaktsensoren

Überwachung von abgelegenen Standorten

Problem – Es gibt unterschiedlichste Gebäude, Liegenschaften oder Maschinen, welche nicht durch Personal besetzt sind. Probleme werden hier nur mit größerer Verzögerung entdeckt.

Lösungsansatz – LoRaWAN bietet sich insbesondere dort an wo keine Datenübertragung existiert oder nur mit größeren Investitionen realisierbar wäre. Zudem bietet der Markt unterschiedlichste Adapter und Sensoren zur Nachrüstung von diversen Anlagen und Maschinen an. Ziel ist die zeitnahe Erkennung von Defekten und Fehlzuständen.

Hardware – Impulszähler, Analogadapter, I/O Adapter, Modbus Adapter, MBus Adapter, Kontaktsensoren, Temperatursensoren, ...

Digitale Mausefalle

Problem – Aus unterschiedlichen Gründen müssen auch im Gebäudebereich regelmäßig Tierfallen zur Bekämpfung von Ratten und Mäusen aufgestellt werden. Damit es zu keiner Belästigung durch Gerüche kommt, müssen die Fallen regelmäßig geprüft werden. Dies ist zeitaufwändig und oft ineffektiv.

Lösungsansatz – LoRaWAN Ratten- und Mäusefallen melden automatisch ein Auslösen der Falle, sodass die Fallen bedarfsgerechter überprüft werden können.

Hardware – Ratten-/Mäusefallen

Fallenüberwachung

Problem – Jäger sind dazu verpflichtet Kleintierfallen zu überwachen, um einen Fang oder Manipulation schnell erkennen zu können. Am Markt erhältliche Systeme basieren auf Mobilfunk und haben insbesondere in ländlichen Räumen oft Probleme mit dem Empfang.

Lösungsansatz – LoRaWAN-Sensoren können eingesetzt werden, um den Zustand von Kleintierfallen zu überwachen. Bewegungs- oder Kontaktmelder können die Betätigung der Falle melden.

Hardware – Beschleunigungssensoren, Kontaktmelder, GPS Tracker

Wartezeiten auf dem Amt

Ein mögliches Szenario für die Verbesserung von Verwaltungsgängen ist eine Abschätzung der aktuellen Wartezeit auf dem Amt. Bürger können so von zuhause eine mögliche Wartezeit auf dem Amt abrufen, um ggf. Ihren Besuch zu verschieben.

Personenüberwachung /Delbrücker Alarmnetzwerk

In unterschiedlichen Berufen mit erhöhten Risikopotential z.B. Arbeiten in Schächten und Kanälen, Bau- oder Waldarbeiter wird heutzutage bereits eine Personenüberwachung eingesetzt. Diese auf Mobilfunktechnologie basierende Anwendung ist mit hohen Kosten verbunden. Ein möglicher Wechsel auf LoRaWAN könnte geprüft werden.

Sonstige Themen

Open Data - An der öffentlichen Bereitstellung bestimmter Daten besteht nicht nur von Seiten der Bürger großes Interesse. Eine Kommune und angeschlossene Betriebe und Dienstleister, könnten erhobene Daten in Teilen öffentlich verfügbar machen. Diese sind für Startups und Forschungsvorhaben eine wichtige Basis. Open Data ist dabei nicht mit Free Data gleichzusetzen. Denkbar ist hier ein Datenmarktplatz, auf dem teilweise öffentliche und kostenlose Daten bereitgestellt werden, aber auch Daten zum Verkauf angeboten werden. Unternehmen und Dienstleister könnten auf dieser Basis neue Geschäftsmodelle entwickeln.

Parallel dazu können Daten von öffentlichem Interesse über das Serviceportal der Kommune frei zur Verfügung gestellt werden.

Bürger App – Bürger sollen auch lokalen Zugriff auf Daten bekommen. Ein interessantes Beispiel hier ist die Bereitstellung von Verbrauchsdaten. Bürger können so ihre individuellen Energieverbräuche einsehen und Benchmarken. Außerdem können sie Benachrichtigungen bei Anomalien wie bspw. Leckagen bekommen.

Alternative Gatewaystandorte – Primär geht es bei der Auswahl von Gatewaystandorten um die erreichbare Höhe. Je höher ein Gateway hängt umso besserer Empfang wird ermöglicht. Zusätzlich sollte dieser Standort eine Rundumsicht für das Gateway ermöglichen, sodass es in keiner Richtung abgeschattet wird. Windräder erfüllen beide dieser Kriterien. Probleme ergeben sich hier allerdings unter Umständen aus den Besitzverhältnissen sowie möglichen Interferenzen des Funksignals mit starken magnetischen Feldern der Generatoren und Transformatoren in den Windradgondeln.

Fly-By-Auslesung – In ländlichen und dünnbesiedelten Gegenden wird sich der Aufbau eines LoRaWAN-Netzes voraussichtlich nicht rentieren. Aber auch hier sollen Energie- und Wasserzähler digitalisiert werden, um die händische Ablesung zu ersetzen. Ein möglicher Ansatz ist eine sogenannte Fly-By-Auslesung. Hierbei fliegt eine Drohne (automatisch oder ferngesteuert) eine definierte Route ab und sammelt auf dem Weg Zählerstände ein. Abgeleitet wurde diese Idee aus der bereits etablierten Drive-By-Auslesung, bei der Mitarbeiter des Abrechnungsdienstleisters funkbasiert Zähler auslesen können, ohne die Liegenschaft betreten zu müssen. Dieses Verfahren kommt immer dann zum Einsatz, wenn die Erhebung von Daten in langen Intervallen (z.B. jährlich) ausreichend ist. Größter Vorteil ist hier die enorme Zeitersparnis, da eine umständliche Terminkoordination mit Anwohnern entfällt. Auch der Auslesevorgang selber wird deutlich beschleunigt. Der Fly-By Ansatz bedeutet gegenüber dem Drive-By Ansatz eine weitere Einsparung im Hinblick auf Zeit und Personal.

2 Bewertung der Anwendungsfälle

Alle Anwendungsfälle werden nach einem einheitlichen Schema bewertet. Das Ergebnis wird in **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** dargestellt. Insgesamt werden dabei **fünf Kriterien** untersucht:

- 1) Installationsaufwand
- 2) Individuelle Datenerfassung/Metadaten
- 3) Systemintegration
- 4) Nutzen
- 5) Investitions-/Betriebskosten

Diese fünf Kriterien werden zum Zweck der besseren Darstellung zusammengefasst. Die **Skalierbarkeit** basiert auf den Kriterien Installationsaufwand, individuelle Datenerfassung/Metadaten und Systemintegration. Dabei wird eine dreistufige Bewertung durchgeführt: geringer Aufwand (1 Punkt), mittlerer Aufwand (2 Punkte), großer Aufwand (3 Punkte). Aus den drei einzelnen Bewertungen wird eine Gesamtsumme errechnet. Die Skalierbarkeit wird dann nach folgendem Schema abgeleitet:

- 3-4 Punkte: gut skalierbar
- 5-7 Punkte: mittel skalierbar
- 8-9 Punkte: schlecht skalierbar

Die **Kosten/Nutzen** Abschätzung basiert auf den Kriterien Nutzen und Investitions-/Betriebskosten und leitet sich aus folgendem Schema ab:

- Grundannahme: Anwendungsfall ist komplett umgesetzt und funktionsfähig.
- Großer Nutzen (1 Punkt)
- Mittlerer Nutzen (2 Punkte)
- Geringer Nutzen (3 Punkte)

Die Bewertung des Investitions- und Betriebskostenaufwandes leitet sich aus einer einfachen Abschätzung der Kosten ab. Folgende Kosten werden dabei berücksichtigt: Hardwarekosten, Softwarekosten, Lizenzkosten, Plattform-Betriebskosten, Wartungskosten, Mietkosten und Verbrauchskosten (z.B. Strom). Ergebnis ist auch hier eine dreistufige Einteilung

- Hohe Kosten (1 Punkt)
- Mittlere Kosten (2 Punkte)
- Geringe Kosten (3 Punkte)

Das Verhältnis aus Kosten zu Nutzen wird durch eine Division der jeweiligen Punktzahl errechnet. Ein Optimales Kosten/Nutzen-Verhältnis entspricht demnach der Zahl 3. Das schlechteste Kosten/Nutzen-Verhältnis entspricht der Zahl 1/3. Die Skala wird in die Bereiche schlechtes Kosten/Nutzen-Verhältnis (<1), mittleres Kosten/Nutzen-Verhältnis ($=1$) und gutes Kosten/Nutzen-Verhältnis (>1) eingeteilt.

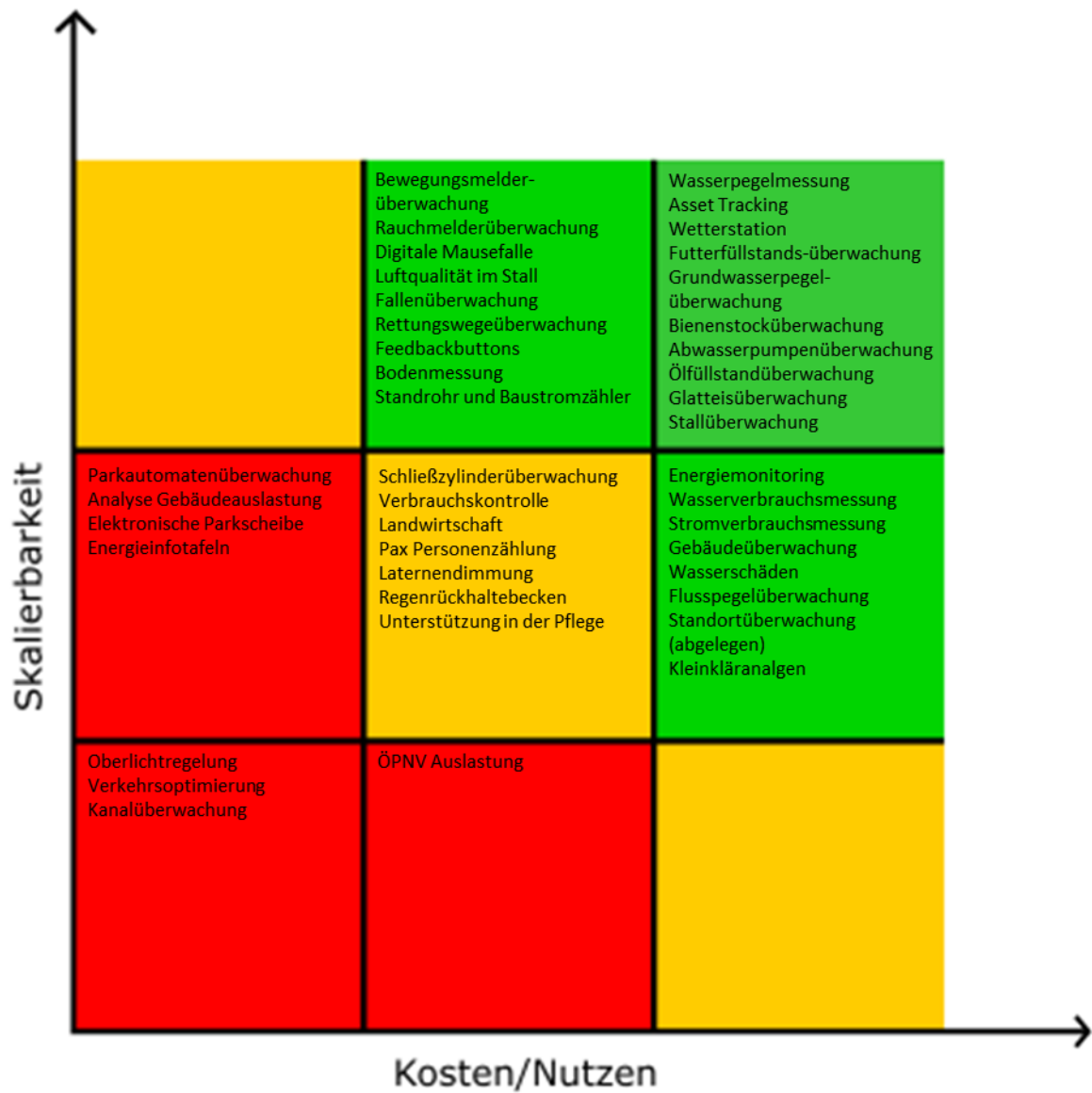


Abbildung 14 Bewertung aller Anwendungsfälle nach Kosten/Nutzen und Skalierbarkeit

3 Ausbaupotential und Konzept

3.1 Zusammenfassung Anwendungsfälle

Die Anwendungsfälle lassen sich grob in vier Cluster unterteilen. Diese Cluster bündeln Anwendungsfälle eines Themas. Die Cluster sind:



Wasser: Alles rund ums Wasser. Hierunter fallen alle Anwendungsfälle aus dem Bereich Grundwasser, Wasserqualität, Pegelstände, Frisch- und Abwasser.



Energie- und Gebäudeüberwachung: Dieses Cluster umfasst gebäudespezifische Themen wie das Energiemonitoring, die Erhöhung der Sicherheit in Gebäuden, die Vermeidung von Schäden, aber auch die Verbesserung des Komforts in Gebäuden.



Verkehr: Im Bereich Verkehr geht es maßgeblich um den ruhenden und fließenden Verkehr.



Sonstige: Weitere Themen die sich nicht in einen Verbund bringen lassen können und daher in einem separaten Cluster gesammelt werden.

Der Zweck hinter der Clusterbildung ist die Bündelung von Kompetenzen und Zuständigkeiten zu einem übergeordneten Bereich. Eine zentrale Koordinierung verwandter Themen scheint hier aufgrund der zahlreichen Schnittmengen und Zusammenhänge sinnvoll.

3.2 Ausbaubedarf Gateways

Aus der Auswertung der Netzabdeckungskarte in Kombination mit den Ergebnissen der Gebäude- und Standortmessungen lässt sich ein allgemeiner Bedarf für eine Nachverdichtung mit Gateways ableiten. Der Betrieb von Sensoren und Aktoren innerhalb von Gebäuden in einer größeren Entfernung zu den Gateways, lässt sich in der aktuellen Ausbaustufe nicht ermöglichen.

Ausbauszenario 1: Ein Gateway in jedem Stadtteil

Ziel dieses Szenarios ist die Installation von einem Outdoor-Gateway in jedem Stadtteil. Insgesamt erhöht sich damit die Anzahl der Gateways auf zehn Stück. Vorteil wäre eine relativ gleichmäßige Verteilung der Gateways wie Abbildung 155 zeigt. Zudem würden Gateways in der Nähe dichter Besiedlung installiert. Nachteil ist, dass womöglich nicht in jedem Stadtteil ein optimaler Standort gefunden werden kann.

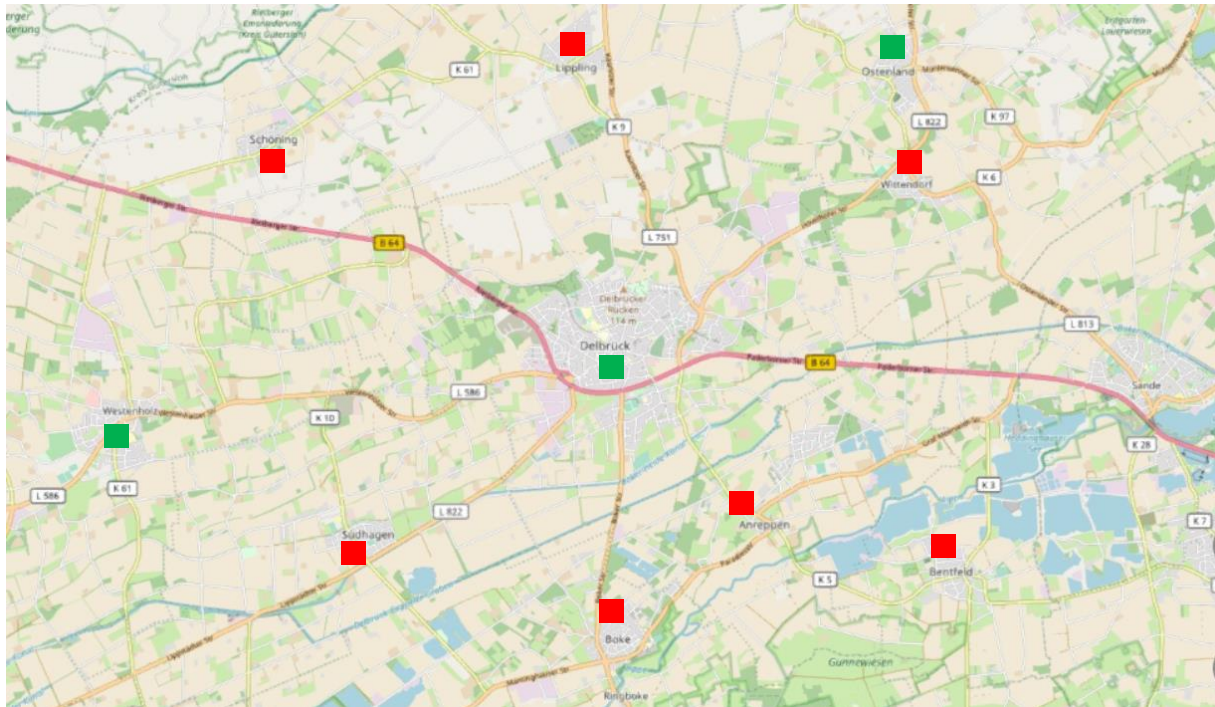


Abbildung 15 Ausbauszenario 1

Ausbauszenario 2: Suche nach optimalen Standorten

Auf der Suche nach optimalen Gateway-Standorten liegt der Fokus auf der erreichbaren Höhe und einer guten Rundumsicht für das Gateway. Mögliche Standorte sind bestehende Funkmasten (Bsp.: WWN-Funkturm auf dem Höhenzug zwischen Delbrück und Westenholz) oder Windräder. Besitzverhältnisse und eventuelle Standortmieten werden in einem zweiten Schritt berücksichtigt. Bei der Suche und dem späteren Rollout ist man auf lokale Partner wie etwa die WWN dringend angewiesen.

Ausbauszenario 3: Bedarfsgerechter Ausbau

Der Ausbau der Gateways kann rein bedarfsgerecht erfolgen. Zusätzliche Gateway-Standorte werden nur dort eingerichtet, wo ein Anwendungsfall Netzabdeckung erfordert. Vorteil hier ist, dass die Gateways durch den bedarfsgerechten Ausbau besser ausgelastet sind. Netzteile ohne Sensoren und eine Mindestauslastung werden so vermieden. Nachteil ist, dass so kein flächendeckendes Netz entsteht und das Ausrollen zusätzlicher Anwendungsfälle ggf. mit einem Gateway-Rollout verbunden wäre.

Ausbauszenario 4: Indoor-Gateways

Dieses Ausbauszenario ist als Ergänzung zu den oben genannten Szenarien 1-3 zu verstehen. Indoor-Gateways können zur gezielten Nachverdichtung in einzelnen Liegenschaften eingesetzt werden. Bei einer flächigen Netzabdeckung wird aus Kostengründen nie eine 100%-Durchdringung erreicht. Überall dort, wo dies der Fall ist, kann bei Bedarf mit günstigen Indoor-Gateways nachverdichtet werden.

3.3 Notwendige Arbeitspakete

Im Folgenden werden wichtige Arbeitspakete beschrieben, die für die Umsetzung des Folgeprojekts empfohlen werden. Neben der Umsetzung der Anwendungsfälle ist es wichtig, die Grundlagen für die Skalierbarkeit des gesamten Projekts zu schaffen. Die Klärung von Verantwortlichkeiten, Betreiberkonzepten und Geschäftsmodellen ist zu klären, aber auch Themen wie Massenprozesse, Datenzugriff und Verfügbarkeit müssen behandelt werden.

3.3.1 Umsetzung der Anwendungsfälle

Jeder Anwendungsfall wird in Form eines gesonderten (Unter-)Arbeitspakets bearbeitet.

3.3.2 Gateway-Rollout

Im Rahmen dieses Arbeitspakets werden auf Basis von Kapitel 3.2 weitere benötigte Gatewaystandorte ermittelt. Auf Basis der Standortanforderungen wird eine Hardwarespezifikation durchgeführt und die entsprechende Hardware beschafft. Anschließend wird diese mit Unterstützung lokaler Partner im Feld installiert.

Im Rahmen einer unabhängigen Aufgabe soll auch die Eignung von Windrädern als Gatewaystandort untersucht werden.

3.3.3 Betreibermodell, Kostenmodell, Verantwortlichkeiten, Rollen, Rechte

Um das im Pilotprojekt aufgebaute Netz und die Anwendungsfälle in den Regelbetrieb überführen zu können, müssen Besitz und Betreiberstrukturen definiert und etabliert werden. Die vielfältigen Rollen, Aufgaben, Verantwortlichkeiten und Schnittstellen die sich hier ergeben, müssen untersucht und in einem Gesamtmodell verankert werden. Dabei soll die gesamte Prozesskette von der Beratung über die Beschaffung, den Rollout und Betrieb von Gateways, Sensoren und Anwendungsfällen bis hin zur Visualisierung und der Übergabe von Daten in andere Systeme abgedeckt werden.

Im Zuge dieser Arbeit müssen ebenfalls Kosten- und Geschäftsmodelle für verschiedene Teilbereiche erarbeitet werden. Neben kommerziellen Anteilen durch Landwirtschaft, Unternehmen, Verwaltung und Dienstleistern muss auch ein Modell für die Nutzung durch Privatpersonen erarbeitet werden.

3.3.4 Roaming und Kollaboration mit Netzbetreibern

Um den Netzausbau effektiv voranzutreiben, Skaleneffekte zu nutzen und überflüssige Redundanzen zu vermeiden muss die Zusammenarbeit mit anderen Netzbetreibern vor Ort evaluiert werden. Eventuelle Zusammenschlüsse von Netzen durch Roaming würden mit geringem Aufwand den abgedeckten Netzbereich vergrößern und ggf. die Auslastung des Netzes verbessern. Im Rahmen dieses AP sollen mögliche Kooperationspartner gefunden werden und der Netzzusammenschluss technisch evaluiert, geplant und umgesetzt werden. Im Fokus steht dabei die Zusammenarbeit mit dem Community Netzwerk des TTN, sowie Kooperationsmöglichkeiten mit regionalen Verteilnetzbetreibern. Dieses AP muss in enger Abstimmung mit Kapitel 3.3.3 durchgeführt werden, da es sich um ein Thema des Netzbetriebs handelt.

3.3.5 Weiterentwicklung Visualisierungsplattform e2watch

Die bereits im Einsatz befindliche zentrale Visualisierungsplattform e2watch konnte sich bereits im Vorprojekt bewähren und wird für alle bisher umgesetzten Anwendungsfälle eingesetzt. Die umfangreiche Funktionalität erzeugt bereits jetzt einen großen Nutzen. Im Zuge der Erprobung der Anwendungsfälle, sowie der Planung neuer Anwendungsfälle, ergeben sich zusätzlich individuelle Anforderungen. In diesem Arbeitspaket, werden alle Anforderungen gesammelt, in Form eines Entwicklungsplans gebündelt und anschließend durch entsprechende Entwicklungsarbeiten umgesetzt. Wichtiges Thema ist die Integration der Daten in andere Systeme (z.B. ERP System für Abrechnungszwecke oder Open Data Portale). Aber auch mögliche Erweiterungen im Bereich Datenverarbeitung und Visualisierung werden evaluiert. Zusätzlich wird ermittelt, welche Anforderungen ggf. nicht durch e2watch abgedeckt werden können und durch die Hinzunahme zusätzlicher Software/Services umgesetzt werden muss (Kapitel 3.3.7).

3.3.6 App Entwicklung

Im Rahmen dieses AP sollen Anforderungen an eine App für Mobilgeräte ermittelt werden. Dies beinhaltet die Erstellung eines Zielgruppen- und Nutzungskonzepts und sollte den Funktionsumfang genau definieren. Auf dieser Basis wird dann in einem zweiten Schritt eine App entwickelt.

3.3.7 Individuelle Systemanforderungen

Alle Aufgaben und Funktionen, welche nicht durch e2watch (Kapitel 3.3.5) abgedeckt werden können, müssen durch die Integration in Bestandsysteme oder Hinzunahme zusätzlicher Software abgedeckt werden. Im Rahmen dieses AP sollen beispielsweise Integrationen in Abrechnungsplattformen oder in Workforce-Management-Systeme erfolgen. Diese Integration umfasst die Anforderungsanalyse, die Beratung sowie die softwaretechnische Umsetzung.

3.3.8 Anwendungsfälle für Bürger

Bürger und Privatpersonen sollen ebenfalls die Möglichkeit bekommen, die LoRaWAN-Infrastruktur mit eigenen Sensoren zu nutzen. Dazu muss eine technische Lösung implementiert werden welche den Bürgern erlaubt eigene Hardware im LoRaWAN-Netz zu registrieren und deren Daten zu visualisieren und zu exportieren. Dieses AP beschäftigt sich mit der Erarbeitung und Umsetzung eines technischen Konzepts um diese Anforderung zu erfüllen.

3.3.9 Open Data / Bürgerportal

Allgemeine Daten sollen den Bürgern zur Verfügung gestellt werden. Eine Möglichkeit wäre die Nutzung eines Bürgerportals. Relevante Daten können den Bürgern öffentlich zur Verfügung gestellt werden. Private Daten können in Form zugangsbeschränkter Bürgerservices ebenfalls bereitgestellt werden. In diesem AP soll ein entsprechendes Konzept erarbeitet und umgesetzt werden. Die technische Machbarkeit einer Verbindung zwischen e2watch und dem Bürgerportal wurde im Vorprojekt bereits evaluiert.

3.3.10 Projektkoordination / -management und Controlling

Dieses AP dient der projektinternen Koordination sowie der kontinuierlichen Abstimmung mit dem Projektträger und den lokalen Partnern. Es beinhaltet die Gesamtkoordination des Vorhabens und die Sicherstellung des technischen Fortschritts in Zusammenhang mit den finanziellen Aspekten des Projekts. Dieses übergeordnete Projektmanagement umfasst ebenfalls die Koordination aller Teilprojekte.

3.3.11 Kommunikation / Öffentlichkeitsarbeit

Dieses AP beinhaltet die Kommunikation der Motivation, der Ziele, der Ergebnisse sowie wichtiger Fortschritte an alle Stakeholder. Diese projektbegleitende Aufgabe soll zu Beginn des Projekts konzipiert werden.

3.3.12 Datenerfassung per „Fly-by-Drone“

Neben dem Aufbau eines flächendeckenden Netzes soll eine alternative Form der Datenauslesung in einem gesonderten AP getestet werden. Wie bereits beschrieben, lohnt es sich nicht immer ein LoRaWAN-Netz zu installieren. Die Alternative einer mobilen Auslesung, bei der ein Gateway auf einer Drohne befestigt Daten im Fly-By Verfahren ausliest, soll im Feld getestet werden. Dies umfasst neben der Erstellung eines technischen Konzepts auch die Umsetzung und Erprobung.

3.3.13 Übertragbarkeit sicherstellen

Die im Projekt entwickelten Ergebnisse müssen auch im größeren Maßstab sichergestellt werden. Insbesondere bei der Umsetzung neuer Anwendungsfälle und Erweiterungen von Anwendungsfällen aus dem Pilotprojekt, muss die Übertragbarkeit auf andere Kommunen sichergestellt werden. Dieses AP beinhaltet die Erarbeitung eines Konzepts zur Sicherstellung der Übertragbarkeit. Dieses soll unmittelbar im Projekt angewendet werden.

4 Ansprechpartner

Projektleitung Stadt Delbrück

Stabsstelle Digitalisierung
Miriam Mattiza
05250/996-134
miriam.mattiza@delbrueck.de

EDV und Telekommunikation
Michael Nettelnbreker
05250/996-137
michael.nettelnbreker@delbrueck.de

Projektleitung regio iT

Simon Wilbertz
Projektleiter / Consultant
0241/41359-1677
simon.wilbertz@regioit.de

Peter Fischer
Centerleiter – Energy + Mobility Solutions
0241/41359-1572
peter.fischer@regioit.de